ETLA Raportti | Report | 131 28.9.2022

FutureForest2040

SUOMEN METSÄALAN RAKENTEELLISET MUUTOKSET SEKÄ MARKKINA- JA TYÖLLISYYSNÄKYMÄT VUOTEEN 2040

Birgitta Berg-Andersson

Martti Kulvik

Jussi Lintunen

Janni Kunttu

Timokleia Orfanidou

Suositeltava lähdeviittaus:
Berg-Andersson, Birgitta, Kulvik, Martti, Lintunen, Jussi, Kunttu, Janni & Orfanidou, Timokleia (28.9.2022). ”FutureForest2040 – Suomen metsäalan rakenteelliset muutokset sekä markkina- ja työllisyysnäkymät vuoteen 2040”.

ETLA Raportti No 131.
https://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-131.pdf

Tiivistelmä

Metsät voidaan nähdä muun muassa puuraaka-aineen ja bioenergian lähteenä, terveyshyötyjä tuottavana virkistysalueena, hiilinieluna ja luonnon monimuotoisuuden ylläpitäjänä. Raportissa tarkastellaan kuinka muutokset näkemysten välisissä painotuksissa ja metsäalan toimintaympäristössä vaikuttavat metsäalan tuotantoon, puunkäyttöön ja työvoiman osaamistarpeiden kehitykseen.

Tulevaisuustarkastelu perustuu vuoteen 2026 ulottuvaan ennusteeseen ja vuoteen 2040 asti ulottuvaan skenaariotyöhön. Yhdistettynä tämän päivän näkemyksiin metsäomistajakunnan ja metsänhoitotapojen muutoksista, teknologisesta kehityksestä sekä jo tiedetyistä politiikkatoimista, ennakointityö luo monitahoisen kuvan metsäalan tulevaisuudesta.

Vaikka metsäteollisuustoimialojen näkymät tuleville vuosille ovat suhteellisen vakaat, on vuoteen 2040 mennessä nähtävissä merkittäviä muutoksia. Metsätaloudessa kehitystä ajavat muutokset metsänhoitotavoissa, metsänomistajakunnassa, maankäytön ilmasto- ja monimuotoisuustavoitteissa ja metsätuhoriskeissä.

Tuotannossa kehityskulut riippuvat voimakkaammin siitä, miten yhteiskunta ja siten lopputuotteiden kysyntä kehittyvät. Metsäteollisuuden arvonlisä voi kasvaa erityisesti, jos tuotannon sivuvirtoja saadaan ohjattua energiantuotannosta korkean arvonlisän tuotteisiin. Tätä kehitystä rajoittaa tuotantoprosessien oma energiantarve, joka pitää tyydyttää muilla ratkaisuilla, jos sivuvirtojen energiasta luovutaan merkittävästi.

Abstract

Structural Changes in the Finnish Forest-based Sector, and Market and Employment Impacts in 2040

Forests can be seen as a source of wood raw material and bioenergy, a recreational area with health benefits, a carbon sink, and a source of biodiversity. This report examines how different shifts in perceptions and in the wider forest sector environment affect forest sector production, wood use, and the development of workforce skills needs.

The forward-looking analysis is based on a projection up to 2026 and scenario work up to 2040. Combined with today's views on changes in forest ownership and management practices, technological developments and policy measures already agreed and planned, the foresight work creates a broad vision of the future of the forest sector.

Although the outlook for the forest-based industries is relatively stable for the coming years, significant changes are foreseen by 2040. Changes in forestry will be driven by changes in forest management practices and forest ownership, climate and biodiversity targets for land use, and changes in the risk of natural disturbances due to climate change.

In production, development paths depend more strongly on how society, and hence demand for final products, evolves. Value added in the forest industry can increase, in particular if the by-products of production can be diverted from energy production to high value-added products. This development will be limited by the energy needs of the production processes themselves, which will have to be met by other means if the energy from the by-products is abandoned in significant quantities.

KTL **Birgitta Berg-Andersson** on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen tutkija.

MD, MBA **Martti Kulvik** on Etlatieto Oy:n tutkimuspäällikkö ja Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen tutkija.

FT **Jussi Lintunen** on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen tutkija.

MMT **Janni Kunttu** on Euroopan Metsäinstituutin postdoc-tutkija.

M.Sc. (Civil Engineering) **Timokleia Orfanidou** on väitöskirjatyöntekijä EFI:llä.

Lic. (Econ.) **Birgitta Berg-Andersson** is a Researcher at Etla Economic Research.

MD, MBA **Martti Kulvik** is a Chief Research Scientist at Etlatieto Oy and a Researcher at Etla Economic Research.

Ph.D. (Econ.) **Jussi Lintunen** is a Researcher at Etla Economic Research.

Dr. **Janni Kunttu** (Agriculture and Forestry) is a Postdoc Researcher at EFI.

M.Sc. (Civil Engineering) **Timokleia Orfanidou** is a PhD Student (Bioproduct Technology, Aalto University) and a Researcher at EFI.

Birgitta Berg-Andersson, birgitta.berg-andersson@etla.fi

Martti Kulvik, martti.kulvik@etla.fi

Jussi Lintunen, jussi.lintunen@etla.fi

Janni Kunttu, janni.kunttu@efi.int

Timokleia Orfanidou, cleo.orfanidou@efi.int

Kiitokset: Tämä raportti on Metsämiesten Säätiön rahoittaman *FutureForest2040 – Suomen metsäalan rakenteelliset muutokset sekä markkina- ja työllisyysnäkymät vuoteen 2040* -hankkeen loppuraportti. Kiitämme lämpimästi Ville Kaitilaa hänen panoksestaan 2025-ennusteen laadinnassa.

Acknowledgements: This report is the final report of the project *FutureForest2040 – Structural changes, market and employment prospects in the Finnish forest sector up to 2040*, funded by the Metsämiesten Säätiö Foundation. We thank Ville Kaitila for his contribution in the 2025 forecast.

Avainsanat: Skenaariot, Metsäala, Ennakointi, Puunkäyttö, Metsänhoitokäytännöt

Keywords: Scenarios, Foresight, Forest sector, Wood uses, Forest management practices

JEL: L73, C53, P18

Sisällys

1 Johdanto 4

2 Hankkeen menetelmät 6

2.1 Etlan ekonometrinen ennustemalli vuoteen 2025 6

2.2 Skenaariot vuoteen 2040: Osallistava työpajamenetelmä 6

2.3 Työpajaskenaarioiden numeerinen mallinnus, lisäskenaarioiden luonti ja vaikutusarviointi 8

3 Hankkeen tuloksia: Skenaariot vuoteen 2040, kansainväliset skenaariopolut 9

3.1 Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous -skenaario 9

3.2 Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä -skenaario 10

3.3 Yhteenkuuluvuuden aikakausi -skenaario 10

4 Hankkeen tuloksia: Muutokset Suomen metsissä ja metsien hoidossa keskipitkällä aikavälillä 11

4.1 Politiikkakentässä nähtävät muutokset tänä päivänä 11

4.2 Politiikkakentän vaikutukset Suomen metsiin ja metsien hoitoon 12

4.3 Markkinoiden kysyntämuutokset ja niiden vaikutukset metsien käyttöön ja hoitoon 13

4.4 Metsänhoidon kehitys sekä tulevaisuuden tarpeet koulutuksessa 15

5 Hankkeen tuloksia: Muutokset metsäpohjaiseen tuotantoon Suomessa 16

5.1 Suomen metsäpohjainen tuotanto tänä päivänä 16

5.2 Metsäteollisuuden tuotannon ja työllisyyden näkymät vuoteen 2025 16

5.3 Skenaariot vuoteen 2040: Puupohjaisen tuoteportfolion muutokset sekä vaikutukset kansantaloudellisessa näkökulmassa 24

5.4 2040 skenaariot lukuina: Tuotanto, tuotannon arvo sekä työllisyys 29

6 Johtopäätökset 33

6.1 Suomalaisten metsien hoito ja käyttö 33

6.2 Suomen metsiin perustuva tuotanto 35

6.3 Ennakointi metsäalan työkaluna ja skenaarioiden opit tulevaa ajatellen 36

Kirjallisuus 38

1 Johdanto

Hankkeen tulosten kohokohtia: Suomen metsät ja metsänhoito

- Biodiversiteetin merkitys kasvaa politiikassa. Skenaarioissa ennakoitiin metsien käyttöön liittyviä rajoituksia, jotka olisi sidottu mm. biodiversitettiin tai tuotantovolyymeihin.

- Skenaarioissa ajateltiin hakkuukertymän kasvavan metsien voimistuvan kasvun ansiosta. Politiikan muutosten ja kestävän käytön rajojen valossa tämä vaikuttaa kuitenkin epätodennäköiseltä. Tulisikin varautua myös mahdollisuuteen, että hakkuukertymät vähenisivät nykyisestä.

- Kuitupuun tarpeen arvioitiin kasvavan tukkipuuhun nähden. Kuitupuun ja tukkipuun hinnat saattavat tulla lähemmäs toisiaan ja/tai läpimittarajat muuttua. Pieniläpimittaista puuta ei skenaarioissa korjattu enää teollisuuden energiakäyttöön, vaan hyödyntäjiksi voisivat tulla mm. metsäkemianteollisuus, biopolttoainevalmistajat sekä komposiittiteollisuus.

- Harvennusten suunnittelusta voi tulla vaikeampaa tiukentuvan lainsäädännön ja moninaistuvien korjuumenetelmien seurauksena. Korjuukustannukset voivat nousta myös kallistuvien polttoaineiden ja sähköllä toimivien korjuu- ja kuljetuslaitteistojen vaatimien investointien vuoksi.

- Digitalisaatio, automatiikka ja koneiden tietojärjestelmät saattavat vähentää tarvetta metsäammattilaisten kenttätyölle. Toisaalta varsinkin metsäsuunnittelussa metsänomistajien tarpeet laajenevat, ja tämä voi kasvattaa huomattavasti palveluliiketoimintaa. On tärkeää lisätä metsien monikäyttöön tähtäävää osaamista ja yhdistää se digitaalisiin alustoihin ja työkaluihin.

Hankkeen tulosten kohokohtia: Suomen metsäpohjainen tuotanto

- Resurssitehokkuuteen ja kiertotalouteen panostaminen on jatkossakin tärkeää.

- Sivuvirtojen ohjaaminen materiaalikäyttöön energiakäytön sijaan voi kasvattaa tuotannon kokonaisarvoa ja työllisyyttä.

- Ongelmaksi voi muodostua sivuvirtojen vapauttaminen energiakäytöstä; tällä hetkellä ne kattavat tehtaiden oman energiatarpeen ja tarjoavat ylijäämäenergiaa sähkönä ja lämpönä.

- Puuenergian korvaamisesta voisi metsäteollisuudelle koitua miljardiluokan kustannus. Tuotannon arvon kasvu voisi kattaa osin tätä lisäkustannusta. Suomen energiasektorin uudistumiseen tulisi panostaa jo nyt niin, että tulevaisuudessa hinnat pysyisivät kohtuullisina.

- Prosessien ollessa pitkälle automatisoituja korostuvat järjestelmätuntemus ja IT-taidot, jotka ovatkin jo suuressa roolissa. Skenaarioissa oletettiin esimerkiksi IT-osaajien ja koneinsinöörien integroituvan metsäalan palvelusektorille. Oleellista on eri asiantuntijoiden voimien yhdistäminen ja t&k-toiminta osaamisen vahvistamiseksi (mm. innovatiivinen rakentaminen, kaupunkisuunnittelu ja kierrätys).

Euroopan Metsäinstituutin ja Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen yhteinen FutureForest2040-hanke mallintaa metsäalan tulevaisuusnäkymiä vuoteen 2025 ja 2040. Hankkeen tavoitteena on arvioida tulevaisuuden skenaarioiden vaikutuksia Suomen metsäsektoriin ja koko kansantalouteen sekä toimialoihin keskittyen myös tulevaisuuden osaamistarpeisiin. Lisäksi hankkeessa pyritään identifioimaan tulevaisuuden kannalta potentiaaliset, täysin uudet metsäpohjaiset palvelut ja tuotteet sekä arvioidaan skenaarioiden vaikutuksia työllisyyteen ja Suomen kansantalouteen.

FutureForest2040 – Suomen metsäalan rakenteelliset muutokset sekä markkina- ja työllisyysnäkymät vuoteen 2040 -hanketta on rahoittanut Metsämiesten Säätiö.

Metsäteollisuuden ja muiden alojen väliset rajat hämärtyvät sekä tekniikan, digitalisaation että markkinoiden muutospaineiden seurauksena. Strateginen sopeuttaminen tulee aloittaa niin kansallisessa politiikassa, metsänhoidossa kuin yritysmaailmassakin, jotta pitkällä aikavälillä varmistetaan paitsi materiaalien saatavuus myös osaava työvoima, joka on ollut jo pitkään yksi Suomen tärkeimmistä kilpailuvalteista (Eloranta, 2012). Metsäteollisuuden globaalit markkinat, niihin liittyvät investoinnit sekä vaikutukset puun käyttöön ovat jo muuttuneet merkittävästi tällä vuosituhannella. Uudet tuotteet ovat nousemassa yhä merkittävämpään rooliin sekä globaalisti että Suomessa (Hänninen & Katila, 2013). Näitä tuotteita ovat esimerkiksi CLT-kerrostalorakentaminen, puupohjaiset tekstiilit, pakkaustuotteet ja modifioidut ligniinit sekä sivuvirroista eristetyt kemikaalit (Toppinen ym., 2018; Hurmekoski ym., 2018). Teollisuustuotannon lisäksi metsillä saattaa tulevaisuudessa olla nykyistä suurempi rooli myös erilaisissa palveluissa.

Aihealueen tutkimus on pitkälti keskittynyt erityisesti teknologioiden kehittymiseen, kun taas rakenteellisten muutosten yhteiskunnalliset ja taloudelliset vaikutukset ovat jääneet vähälle huomiolle (Hurmekoski & Hetemäki, 2013). Puun kasvatus ja metsätoimialan rakenteelliset muutokset tapahtuvat poikkeuksellisen pitkällä aikajänteellä, joten kestävän kehityksen mukainen strategia kilpailukyvyn takaamiseksi tulisi laatia ennakoinnin kehittyneimpiä menetelmiä hyödyntäen.

Muutos on moniulotteista ja sillä on ekologisia, sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia. Tällöin ennakoinnissa voi olla vaarallista pyrkiä ohjaamaan kehityspolkua liikaa yhteen tavoitteeseen, koska tiettyihin toimintaympäristön muutoksiin pyrkiminen voi jättää varjoon vieläkin paremman vaihtoehdon (Tiberius, 2011). Skenaarioajattelu on useita erilaisia lähestymistapoja käsittävä työkalu mahdollisten, todennäköisten ja toivottujen tulevaisuuksien hahmottamiseen ja niihin varautumiseen. Ymmärtämällä kehityksen takana olevia ajureita voimme varautua siihen, mihin olemme esimerkiksi metsiin perustuvan biotalouden kasvun myötä menossa. Samalla voimme pyrkiä varmistamaan menestyksen eri tilanteissa.

Tämän hankkeen tavoitteena oli ennakoida, miten erilaiset muutokset lopputuotekysynnässä ja toimintaympäristössä vaikuttavat Suomen kansantalouden ja metsäalan tuotantoon, liikevaihtoon, työvoiman osaamistarpeiden kehitykseen ja puun käyttöön vuoteen 2040. Tarkastelun aikajänne valittiin sillä perusteella, että osa nykyisistä kehityskuluista tulee väistämättä jatkumaan yli koko sen ajan. Toisaalta uusien tuotteiden ja teknologioiden läpimurto markkinoilla on jo osittain toteutumassa. Tämä tekee juuri tästä hetkestä otollisen tulevaisuuden realistiselle hahmottamiselle.

Hankkeessa tarkasteltiin aikajanaa nykyhetkestä vuoteen 2025 sekä edelleen vuoteen 2040. Nykyisyyttä ja vuotta 2025 tarkasteltiin Etlan ennustemetodologialla, jolloin nykytilan olosuhteet ja tähän asti tehdyt näkymät ja päätökset määräävät talouden kehityksen. Vuoteen 2040 ulottuvan ennakointityön keskeinen työkalu on osallistava skenaariomenetelmä, jonka avulla luotiin kolme tulevaisuusskenaariota. Näitä skenaarioita täydennettiin eksploratiivisilla, puun energiakäyttötarpeeseen sidotuilla lisäskenaarioilla sekä metsäsektorin tuotantorakenteen numeerisella materiaalivirtamallinnuksella. Materiaalivirta-analyysiä käytimme apuna arvioidessamme tuotannon arvon ja työllisyyden kehitystä.

2 Hankkeen menetelmät

2.1 Etlan ekonometrinen ennustemalli vuoteen 2025

Etla käytti omaa ekonometristä sektoriennustemalliaan 1) analysoidakseen Suomen sellu-, paperi- ja puuteollisuuden nykytilannetta ja 2) laatiessaan ennusteen vuoteen 2025 asti.

Malli perustuu ennusteeseen koko Suomen talouden kysynnän kehityksestä. Kysyntätekijät kattavat yksityisen ja julkisen kulutuksen, investoinnit ja viennin. Tätä varten kysynnän komponentit jaetaan panos-tuotostaulukoilla 35 eri toimialan kotimaisen tuotannon kasvuksi, jolloin saadaan toimialakohtaisia arvioita tuotannon kasvusta.

Etla rakensi erillisen analyysin keskittyen erityisesti toimialaluokituskategorioihin 16 (Puun sekä puu- ja korkkituotteiden valmistus paitsi huonekalut; olki- ja punontatuotteiden valmistus) sekä 17 (Paperin ja paperituotteiden valmistus). Analyysit jaettiin edelleen alaluokkiin ja mahdollisuuksien mukaan niiden alakategorioihin esimerkiksi tuotantoteknologian ja/tai vientiluokituksen mukaan. Lopuksi alakohtaisia arvioita tarkennettiin lisätiedoilla, kuten tuotantokapasiteetin muutoksilla.

Arviot kattoivat viennin, tuotannon, arvonlisäyksen ja työllisyyden toimialojen työllisyyden mukaan. Pystyimme myös arvioimaan hakkuukertymää toimialojen tuotannon kehitystä koskevien ennusteidemme perusteella, jotka on johdettu toimialaraporteista ja -ilmoituksista sekä Etla-aineistosta.

Tarkastelu tehtiin syksyllä 2020 ja keväällä 2021, jolloin talous oli Covid-kriisin keskellä, eikä vuoden 2020 lähtötilanne ollut vielä tarkasti tilastoitu. Covid-kriisin moninaiset vaikutukset ovat sittemmin selkiytyneet, mutta Venäjän hyökkäys Ukrainaan 2022 ja sen aiheuttama energiakriisi ovat merkittävästi muuttaneet tulevaisuusnäkymiä. Tämän vuoksi esitämme tässä raportissa päivitetyn ennusteen. Ulotamme samalla ennusteosuuden vuoteen 2026, lähteenä Etlan 19.9.2022 julkaistu Suhdanne-katsaus, eli vuoden pidemmälle kuin keväällä 2021 tehdyssä ennusteessa. Päivityksen lisäksi arvioimme myös aiempaa ennustettamme.

2.2 Skenaariot vuoteen 2040: Osallistava työpajamenetelmä

Tutkimus 2040 skenaarioista on julkaistu avoimena vertaisarvioituna tieteellisenä artikkelina (Kunttu ym., 2022).

Tulevaisuuden tutkimuksen menetelmät soveltuvat ennakointiin keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä ja tilanteessa, jossa tilastollista aineistoa ei ole vielä tarpeeksi esim. uusien tuotteiden osalta käytettäväksi numeerisissa mallinnuksissa. Ennakoinnissa vuoteen 2040 on tärkeää huomioida ne toimintaympäristön muutokset, joita metsäala kohtaa. Tässä hankkeessa sovellettiin tulevaisuuspyörä (Futures Wheel) nimistä menetelmää (Glenn, 1972). Tulevaisuuspyörä on osallistava skenaariomenetelmä, jossa joukko sidosryhmien edustajia rakentaa skenaarion pyörämäiseen muotoon aloittaen kysymyksen asettelusta (keskimmäinen skenaariotrendi) ja laajentamalla skenaariota määrittämällä ajatuskarttatyyppisesti keskitrendin seurauksia ulommille laidoille. Näille seurauksille määritetään niiden seuraukset, ja näin pyörä laajenee.

Tavoitteenamme oli välttää kapeaa ajattelua, jossa suomalaiset puunkäyttötavat kehittyisivät erillään globaalista ympäristöstä. Skenaarioiden olennainen kysymys oli, miten tulevaisuuden suuret trendit ja kansainväliset markkinavoimat muokkaavat Suomen metsäsektorin kehitystä. Näin ollen tulevaisuuspyörä -lähestymistapaa muutettiin keskittymään kolmelle maantieteelliselle tasolle (globaali, eurooppalainen ja suomalainen).

Tässä tutkimuksessa pääpaino oli Suomen metsäalan kehittymisessä, ja sidosryhmät valittiin sen mukaan. Osallistavissa menetelmissä on tärkeää varmistaa, että sidosryhmät edustavat tarpeeksi erilaisia taustoja (Rikkonen & Tapio, 2009). Aiempien tutkimusten perusteella tunnistettuja puupohjaisen biotalouden kehitykseen vaikuttavia tekijöitä ovat i) kansainvälinen ja kansallinen lainsäädäntö ja sääntely, ii) tutkimus- ja kehitystoiminta sekä iii) fossiilisista polttoaineista johdettujen tuotteiden kilpailukyky tai yhteistyö eri teollisuudenalojen ja tutkimussektorin välillä (Hagemann ym., 2016; Giurca & Späth, 2017; Kunttu ym., 2020). Nämä tekijät huomioiden kutsuimme työpajaan osallistujia seuraavilta osaamisaloilta: politiikka, metsätalous/talous, arvoketjujen kestävyysvaikutukset, metsäteknologia, ilmastontieteet, uudet puupohjaiset tuotteet sekä metsäalaan kytkeytyvät toimialat

(energia- ja muoviteollisuus). Asiantuntijoiden kattavuuden katsottiin riittävän, kun jokaiselta osaamisalueelta oli vähintään yksi sidosryhmä ja jokaisesta osallistujaryhmästä vähintään yksi osallistuja (ks. taulukko 1). Mukana oli tutkijoita, teollisuuden toimijoita ja sidosryhmiä (esim. yhdistyksiä). Yrityksistämme huolimatta emme saaneet mukaan esim. kemianteollisuuden toimijoita. Osallistujien joukossa oli kuitenkin osaajia mm. puupohjaisten tuotteiden parista ja heidän tietotasonsa näistä metsäsektoriin kytkeytyvistä toimialoista oli riittävä. Huomatessamme, että ikäjakauma oli vinoutumassa yli 30-vuotiaiden osallistujien suuntaan, kutsuimme kaksi alle 30-vuotiasta opiskelijaa työpajaan tuomaan uutta näkökulmaa tulevaisuuden kehityksestä.

Skenaariot luotiin työpajassa 19.12.2019. Osallistujat jaettiin kolmeen ryhmään, joista kahdessa oli neljä osallistujaa ja yhdessä viisi. Tavoitteena oli, että jokainen ryhmä kehittäisi johdonmukaisen skenaarion, jolloin tuloksena olisi kolme erilaista skenaariota.

Työpajan toteutuksen vaiheet olivat: I) työn taustojen esittely ja osallistujien orientoiminen tulevaisuuteen suuntaavaan ajattelutapaan, II) varsinaisen skenaariotyön aloitus, jossa määritettiin ihmiskuntaan vaikuttavat tärkeimmät maailmanlaajuiset trendit vuodelle 2040, III) näiden trendien vaikutukset politiikkaan sekä t&k-rahoituksen painopisteisiin Euroopan tasolla, IV) seuraukset Suomessa markkinaympäristöön ja erityisesti metsäpohjaiseen sektoriin ja V) numeeriset visualisoinnit puupohjaisten tuoteportfolioiden ja hakkuutasojen kehityksestä vuodelle 2040. Numeeriset visualisoinnit toteutettiin siten, että jokainen osallistuja määritti sekä hakkuutason muutoksen verrattuna nykypäivään että Suomen puuvirtojen käytön jakautumisen (ml. sivuvirrat ja jätepuu) eri tuoteryhmiin vuonna 2040 oman ryhmän skenaarion mukaisesti. Eri tuoteryhmiin sisältyivät seuraavat luokat: lämpö ja sähkö (suora energiakäyttö), nestemäiset biopolttoaineet, biokemikaalit, liukosellu ja sellu, mekaaninen massa, sahatuotteet, puupaneelit & muokatut puutuotteet (kuten monikerroslevy CLT ja viilupuu LVL), puupohjaiset sekoitekomposiitit ja hybridit.

Jotta kukaan yksittäinen osallistuja ei voinut dominoida skenaarioiden muodostumista, käytimme Ketso- ideointityökalupakkia, jonka ideana on, että osallistujat voivat lisätä mielipiteensä skenaariopolkuihin yksi kerrallaan. Tämä tekee prosessista läpinäkyvän ja antaa osallistujille mahdollisuuden hyödyntää toistensa ideoita ja olla siten luovempia (McIntosh & Cockburn-Wootten, 2016).

Skenaariot transkriptoitiin skenaariopoluiksi (tarinoiksi) ensin Excel-taulukoissa, jonka jälkeen muodostettiin täydelliset skenaarioiden kuvaukset taulukoiden ja työpajoissa tehtyjen keskustelumuistiinpanojen perusteella. Puutuoteportfolioiden visualisoinnit luotiin kunkin ryhmän hakkuutasoa ja tuoteryhmäjakoa koskevien vastausten aritmeettisten keskiarvojen mukaan.

Taulukko 1 **Sidosryhmämatriisi, jossa numeerinen arvo edustaa osallistuneiden sidosryhmäläisten määrää kyseisessä taustaosaamisessa ja asiantuntijatyypissä**

Taustaosaaminen	Tutkija	Nuoret alojen opiskelijat (alle 30-vuotiaat)	Teollisuuden edustajat	Muut asiantuntijat
Politiikka (kansallinen ja kv)	1			1
Metsätalous / taloustieteet	1	1		
Puupohjainen arvoketjukestävyys (sosiaalinen, taloudellinen ja ekologinen kestävyys)	1			
Metsäteknologia	1		1	
Ilmastotieteet	1			
Puupohjaiset uudet tuotteet ja innovaatiot			1	1
Energiateollisuus		1		1
Muoviteollisuus				1
Yhteensä osallistujat (13)	**5**	**2**	**2**	**4**

2.3 Työpajaskenaarioiden numeerinen mallinnus, lisäskenaarioiden luonti ja vaikutusarviointi

Työpajoissa luotujen skenaariovisualisointien perusteella toteutettiin materiaalivirtamallinnus, jonka avulla pystyttiin arvioimaan tarkemmin välituotteiden volyymeja sekä tuoteportfoliomuutosten vaikutuksia tuotannon kokonaisarvoon ja työllisyyteen. Myös materiaalivirtamallinnus itsessään antoi lisätietoa tuotannon uudistumisen mahdollisuuksista ja esteistä.

Työpajassa muodostui kolme tulevaisuuden skenaariota: (1) Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous, (2) Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä ja (3) Yhteenkuuluvuuden aikakausi. Sidosryhmäläiset (osallistujat) visualisoivat skenaariot arvioimalla, miten Suomen hakkuutaso ja puupohjaiset tuoteportfoliot voivat muuttua kussakin skenaariossa. Pelkkä tieto siitä, kuinka Suomen puuvirrat (sivuvirrat ja jätepuu mukaan lukien) voisivat jakautua kussakin skenaariossa eri käyttökohteisiin, ei anna vielä tietoa esimerkiksi tuotantovolyymeistä tai sosiaalisista ja taloudellisista vaikutuksista. Siksi tarvittiin yksityiskohtaisempaa materiaalivirtamallinnusta.

Mallinnuksen toteutimme Excel-pohjaisella materiaalivirtamallilla, jota käytettiin ensi kerran Hurmekosken ym. (2020) tutkimuksessa ja jota muokattiin edelleen soveltumaan Suomen tulevaisuusskenaarioiden mallinnukseen (Kunttu ym., 2021) julkaisuun. Malli sisältää kaikki Suomessa tuotetut kotimaiset puuvirrat korjuusta välituoteryhmiin ja loppukäyttöihin. Malli sisältää siis tiedot kolmesta eri osiosta: i) metsästä korjatun puun virtojen allokaation ainespuuta jalostavalle teollisuudelle, ii) sivutuotteiden allokaation energia- ja materiaalikäyttöön ja iii) allokaation välituoteryhmiin ja niiden lopputuoteryhmiin.

Lähtötilanne mallissa edustaa nykyistä puun käyttöä, joka on esitetty Kunttu ym. (2021) tutkimuksessa vertailuskenaariona. Tämän hankkeen työpajaskenaarioita mallinnettaessa tarkoitus oli uudelleenallokoida ensisijaisesti sivuvirtoja ja jätepuuta ja toissijaisesti metsästä korjattua puuta uusiin käyttökohteisiin niin kauan, että työpajoissa esitetyt tuoteportfoliovisualisoinnit toteutuvat. Puuvirtojen uudelleenallokoinnissa määrälliset ja laadulliset rajoitteet pyrittiin huomioimaan mahdollisimman hyvin.

Jätepuun osalta oletimme seuraavaa: Käsittelemättömät sahatuotteet soveltuvat paremmin materiaalikierrätykseen kuin käsitellyt puutuotteet, jotka voivat sisältää myrkyllisiä yhdisteitä ja näin aiheuttaa esim. sisustus- tai huonekalukäytössä terveysriskejä. Myös esim. muovi-puu-sekoitekomposiitteja tai liimatuotteita on vaike-

Taulukko 2 Lisäskenaarioiden oletukset

Oletustyyppi	Selitys
Tehtaiden oma energiakäyttö vs. CHP/kaukolämpöosuudet tuotannosta.	Nykypäivän vertailuskenaariossa on oletettu, että 40 % tuotetusta puupohjaisesta energiasta (pois lukien nestemäiset biopolttoaineet, jotka todennäköisesti ohjautuvat enemmän liikenteeseen) käytetään kattamaan tehtaiden omaa energiatarvetta. Vastaavasti 60 % oletettiin ohjautuvan CHP/kaukolämmön tuotantoon.
Teollisuustuotannon kokonaistarve puupohjaiselle energialle.	Yksinkertaistettu oletus: Tehdasenergian kokonaistarve puutonnia kohden arvioidaan nykytilan vertailuskenaarion kautta. Energiantarvekerroin lasketaan jakamalla tehdasenergian tarve puunkäytön kokonaismäärällä.
Energiatehokkuuden kasvun vaikutus CHP- ja kaukolämpötarpeeseen tulevaisuudessa.	Oletettiin, että CHP:n ja kaukolämmön kokonaisenergian tarve laskee keskimäärin 83 prosenttiin nykytasosta lisääntyneen energiatehokkuuden vuoksi (Koljonen ym., 2012; ÅF Pöyry, 2020). Näin CHP:n ja kaukolämmön puuraaka-aineen kysyntä arvioitiin kertomalla se 83 prosentilla.
Puupohjaisen energian kokonaiskysynnästä tulevaisuudessa.	Osassa aiemmista ennakointiraporteista oletettiin puupohjaisen energian tarpeen laskevan 75 prosenttiin nykytasosta vaihtoehtoisten energialähteiden lisääntyneen hyödyntämisen vuoksi (Koljonen ym., 2012). Tätä oletusta hyödynnettiin lisäskenaarioissa Energia: Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä sekä Energia: Yhteenkuuluvuuden aikakausi. Joidenkin arvioiden mukaan (ÅF Pöyry, 2020) päinvastoin ajateltiin puupohjaisen energian kysynnän kasvavan jopa 1,5-kertaiseksi nykytasosta. Tätä oletusta käytettiin lisäskenaariolle Energia: Biodiversiteetti & suunnitelmatalous.

ampi hyödyntää uudelleen materiaalituotannossa, jonka vuoksi nämä rajattiin vain energiakäyttöön. Oletimme, että tuotannosta noin 60 prosenttia menee vientiin Suomen rajojen ulkopuolelle, jolloin noin 40 prosenttia tuotteista olisi kotimaassa elinkaarensa loppupäässä jätevolyymeissa. Oletimme myös, että puolet materiaalista on lahonnutta tai muuten käyttökelvotonta käyttöiän loppuvaiheessa (eli rakennuksen purku- tai saneeraushetkellä) perustuen IPCC:n ohjeisiin oletetuista aineen puoliintumisajoista sekä rakennuspuun keskimääräisestä käyttöiästä (Pingoud ym., 2006; Viitanen, 2011). Materiaalikierrätyksen osalta jätepuuta käytettiin soveltuvin osin paneeleihin ja sekoitekomposiitteihin, ja loput hyödynnettiin energiana.

Nykypäivänä sivuvirrat ja jätepuu huomioiden yli puolet puuvirroista päätyy energiakäyttöön. Työpajaskenaarioissa osallistujat taas olivat olettaneet energiakäytön vähenevän radikaalisti. Koska tuotantokin vaatii energiaa, tulisi huomioida mahdollisuus, ettei puun energiakäyttöä ole mahdollista vähentää niin paljon kuin skenaarioissa arvioitiin. Siitä syystä teimme eksploratiiviset lisäskenaariot, joissa puun energiakäyttöä lisättiin työpajaskenaarioiden sisällä. Energiakäyttöä määritettäessä hyödynsimme VTT:n ja ÅF Pöyryn ennakointiraportteja Suomen vähähiilistymisestä ja energiasektorin kehityksestä (Koljonen ym., 2012; ÅF Pöyry, 2020; Koljonen ym., 2020). Taulukossa 2 on esitetty käytetyt oletukset tutkijaryhmän luomille lisäskenaarioille, jotka on tehty työpajaskenaarioiden pohjalta. CHP:lla tarkoitetaan yhdistettyä sähkön- ja lämmöntuotantoa.

3 Hankkeen tuloksia: Skenaariot vuoteen 2040, kansainväliset skenaariopolut

Tässä osiossa käydään läpi työpajassa luotujen 2040 skenaarioiden erityispiirteet maailmalaajuisella tasolla sekä kansainvälisen politiikan suuntaukset niin lainsäädännössä kuin t&k-rahoituksen painopisteissä. Skenaarioita muodostui yhteensä kolme: I) Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous, II) Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä ja III) Yhteenkuuluvuuden aikakausi.

3.1 Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous -skenaario

Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous -skenaariossa ilmastonmuutos aiheuttaa vaarallisia luonnonkatastrofeja ja kuivuutta, jotka heikentävät globaalia elintarviketuotantoa ja veden saatavuutta. Luonnonvarat ovat niukat, etenkin haavoittuvilla alueilla, joilla ilmastonmuutos aiheuttaa eniten vahinkoa. Sosiaalinen ja taloudellinen eriarvoisuus kasvaa resurssipulan vuoksi ja muita sosiaalisia kriisejä, sodat mukaan lukien, voi syntyä yhä enemmän. Sidosryhmät olettivat Kiinalla olevan niin taloudellinen kuin sotilaallinen valta-asema. Asuinpinta-ala vähenee, jolloin maahanmuuttoa ja ilmastopakolaisia esiintyy paljon. Toiset kärsivät tavaroiden ja palveluiden puutteesta, kun taas toiset kuluttavat enemmän kuin on tarpeen. Fossiiliset polttoaineet pyritään korvaamaan kokonaan ja tätä nopeuttamaan otetaan käyttöön hiilivero ja hiilidioksidin talteenottotekniikoita. Teknologian kaupallistaminen on ottanut suuria harppauksia ja esimerkiksi myös hiilihydraatteja tuotetaan talteen otetusta hiilidioksidista. Tässä skenaariossa globaaleiksi prioriteettisopimuksiksi oletettiin ”kulutuksen ja tuotannon ulkoisten vaikutusten hinnoittelu” ja ”vesisopimus”. Nämä ovat samantyyppisiä kuin Pariisin sopimus. Sidosryhmät arvioivat, että ilman poliittista järjestelmää, joka tukee myös heikoimpia, tuloerot ja suuret elintasoerot johtaisivat tämän skenaarion romahtamiseen. Siten kulutuksen ulkoiset vaikutukset sisällytettäisiin tuotteiden hintoihin. Globaalien konfliktien ehkäisemiseksi tulojen jakaminen kehitysmaille hallintoon, koulutukseen jne. katsottiin mahdolliseksi, mutta tämä saattaa olla vain tiettyjen maiden toimenpide eikä globaalisti sovittu tavoite.

Sidosryhmät olettivat, että EU:ssa otetaan käyttöön politiikkatoimia ylituotannon ja -kulutuksen rajoittamiseksi. Nämä sisältäisivät myös metsien käyttöä koskevia rajoituksia. Metsien käytön rajoitukset toteutettaisiin uusilla biodiversiteettitavoitteisiin sidotuilla direktiiveillä. Biologiseen monimuotoisuuteen kiinnitetään enemmän huomiota ja tämä johtaa uusiin metsänhoitokäytäntöihin, joissa hiilitasapaino ja luonnon monimuotoisuus ovat etusijalla. Hiilikauppaa sovelletaan ainakin EU-tasolla. Sidosryhmät olettivat, että puuta ei tässä skenaariossa pidettäisi automaattisesti hiilineutraalina, vaan esimerkiksi puupohjaisten polttoaineiden käytölle (mutta ei tuotannolle) asetetaan rajoituksia. Sidosryhmät kuitenkin olettivat, että puupohjaiset rakennus- ja hygieniatuot-

teet hyväksyttäisiin hiilineutraaleiksi sekä sääntelyssä että julkisen mielipiteen puolesta. Yleensä biomateriaalien tuotantoa ja käyttöä tehostetaan politiikan välineillä, ja jos ne toteutetaan tuotantotuilla, ne ovat volyymiperusteisia. Kaikessa teollisessa tuotannossa myös vaaditaan käyttämään parasta käytettävissä olevaa teknologiaa kestävyyden maksimoimiseksi.

Koska luonnonvarojen (kuten metsien) hyödyntäminen painottuu voimakkaasti materiaalituotantoon, ei energiaan, priorisoidut energialähteet keskittyvät muihin ratkaisuihin, kuten ydinenergiaan. Samaan aikaan fossiilisiin polttoaineisiin sovelletaan korkeaa hiilidioksidiverotusta ja kannustetaan moottoriajoneuvojen sähköistämiseen. Euroopassa t&k-rahoitusteemat keskittyvät resurssien kestävään käyttöön. Biomassaan liittyvä tutkimus keskittyy materiaalituotannon ja -jalostuksen, mukaan lukien puupohjaisen tuotannon, kestävyyteen. Energiateknologioissa tutkimus keskittyy joustaviin ydinvoimaratkaisuihin ja fuusioon. Kiertotalouden käsitteet tulevat todennäköisesti näkymään tutkimuksessa kaikilla tieteenaloilla, ja tavoitteena on optimoida ja kehittää globaalien arvoketjujen kestävyyttä hiilijalanjälki mukaan lukien. Tämä osoittaa, että ”hiilivuotoa” pyritään välttämään. Myös keinotekoisia hiilinieluja tutkitaan yhä enemmän. Myös Keski- ja Etelä-Euroopan kiertotalouden ratkaisut saavat huomiota ja konseptina ”kehitysyhteistyön ja osaamisen” parantaminen tulee olemaan itse tutkimusteema. Koska biodiversiteetti on yksi suurimmista huolenaiheista, myös biotooppien kehittäminen korostuu.

3.2 Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä -skenaario

Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä -skenaariossa ilmastonmuutos aiheuttaa lisää maailmanlaajuista muuttoliikettä sekä luonnonkatastrofeja ja erilaisia sosiaalisia konflikteja. Puhtaan veden saatavuus heikkenee radikaalisti ja lisääntyvä kuivuus haittaa maataloustoimintaa, mikä johtaa maaseutualueiden lisääntyvään autioitumiseen. Tämä katalysoi ruokapulaa, ja väestö keskittyy yhä enemmän suurkaupunkeihin. Yleisesti elinajanodote on kuitenkin korkea, myös idässä, ja väestö ikääntyy. Tässä skenaariossa oletettiin, että uusiutuvat energialähteet ja ydinvoima olisivat jo saattaneet korvata fossiiliset polttoaineet. Digitalisaatio muokkaa kulutustottumuksia ja lisää energiatehokkuutta. Tästä syystä kulutus kasvaisi edelleen. Maailmanlaajuisesti sovittu poliittinen prioriteetti on elintarvikkeiden tuotannon ja saatavuuden kehittäminen ja varmistaminen. Toisena tavoitteena on edelleen kehittää energiajärjestelmiä.

EU:n tasolla investoidaan kehitysmaihin muuttoliikkeen ja ylikansoittumisen välttämiseksi. Puhtaiden energiamuotojen edistämiseen käytetään uusiutuvan energian kannustimia tai vaihtoehtoisesti päästökiintiöitä. Muualla saavutetut kasvihuonekaasupäästöjen vähennykset otetaan huomioon kansallisissa sitoumuksissa (tällä hetkellä Pariisin sopimuksen artikla 6), sekä otetaan käyttöön korkeat päästöhinnat ja sitoudutaan hiilineutraaliuteen. Biomassalla, mukaan lukien puulla, on tärkeä rooli tuotannossa, koska fossiilisiin polttoaineisiin perustuvia tuotantojärjestelmiä täytyy korvata. Tätä varten otetaan käyttöön vahvoja kannustimia biomassan ja uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiseksi tuotannossa. Kiertotalouspolitiikalla on vahva asema ja neitseellisten resurssien ylikäyttö on taloudellisesti sanktioitu. Euroopan jätelainsäädäntö on yleisesti ottaen tiukka ja kierrätysvelvoite korkea. Materiaaliksi kierrätystä ei kuitenkaan pidetä automaattisesti parempana vaihtoehtona kuin energiaksi hyödyntämistä. Koska fossiilisten polttoaineiden korvaaminen energiantuotannossa vie suuren osan biopohjaisista resursseista, tarvitaan materiaali- ja energiantuotannon optimointia.

Materiaalien/energian optimointi näkyy myös priorisoiduissa t&k-teemoissa Euroopan tasolla sekä kierrätystekniikoissa, kuten kemiallinen kierrätys ja materiaalien kemiallinen erottelu. Biokemia saa paljon huomiota rahoitusteemoissa (esim. entsyymien hyödyntäminen materiaalituotannossa) sekä biolääketieteen ohella. Samalla tuetaan uusien materiaalien skaalaamista tuotantoon. Kiertotalouden tehostamisteemojen vuotuinen rahoitus on sidottu tiettyyn osuuteen bruttokansantuotteesta. Sama koskee energiajärjestelmien kehittämisteemoja, joissa korostuvat mm. vedyn hyödyntäminen ($H+CO_2$) ja omavarainen mikroverkon kehittäminen.

3.3 Yhteenkuuluvuuden aikakausi -skenaario

Yhteenkuuluvuuden aikakausi -skenaariossa väestön oletettiin ikääntyvän maailmanlaajuisesti. Ilmastonmuutos lisää muuttoliikettä ja voi aiheuttaa maailmanlaajuisen sodan uhan. Tekoäly ja robotit ovat osa jokapäiväistä elä-

mää parantaen mm. tuotantoprosessien turvallisuutta. Matkailu, erityisesti virtuaalimatkailu, on yleistä ja yritysyhteydet laajenevat. Yksi merkittävimmistä eroista tämän skenaarion ja muiden välillä on globaalisti näkyvä kulttuurimuutos. Perhesuhteet ja ystävät on priorisoitu työn edelle. Toisin sanoen, ”suoritusyhteiskunta” on historiaa. Myös ei-materialistinen elämäntapa on yleistynyt. Sidosryhmät uskoivat, että tässä skenaariossa seuraava sukupolvi olisi halukas panostamaan yhteistyöhön oman edun ajamisen sijaan. Tämän ajattelutavan ansiosta globaali ongelmanratkaisu olisi tehokkaampaa; esimerkiksi puhtaat energiateknologiat olisivat jo korvanneet fossiiliset polttoaineet, ja globaalia jäteongelmaa käsiteltäisiin kiertotalouden työkaluilla. Hiilen talteenottoteknologiat ja vetypolttoaineet ovat tässä skenaariossa laajalti käytössä. Ensimmäinen maailmanlaajuisesti sovittu politiikan prioriteetti oli rajoittaa kulutusta ja luonnonvarojen käyttöä (vähemmän on enemmän). Toisena prioriteettina on ruoan ja veden saatavuuden varmistaminen ja kolmantena maailmanlaajuisten hiilineutraaliusinvestointien lisääminen.

EU:n tasolla kulutuksen ulkoisten vaikutusten hinnoittelu perustuu lisäkulutukselle (kuluttaja maksaa) ja tuotannolle (tuottaja maksaa) asetettuun verotukseen. Toisaalta kauppaa säännellään vähemmän globaalien konfliktien estämiseksi. Esimerkiksi hiilitariffit puuttuvat päinvastoin kuin muissa skenaarioissa. Hiilidioksidin talteenottotekniikoille suunnataan kannustimia hiilineutraaliuden varmistamiseksi, kun taas kaatopaikalle sijoittaminen on kokonaan kielletty. Julkiset panostukset keskitetään yhteiskunnallisiin vaikutuksiin, ja yhteiskuntakritiikki otetaan vastaan. Euroopassa on myös enemmän erilaisia yhteisösopimuksia. Myös EU:n avustuspolitiikkaa on uudistettu painottaen yhteisön jäsenmaiden monipuolisten taitojen hyödyntämistä (monimuotoisuuden tukeminen). Toinen korkea poliittinen prioriteetti on asuinalueiden ekologia, jonka myötä vaaditaan, että 80 prosenttia asuinalueista on sinisiä tai vihreitä, ja tähän tarjotaan myös kannustimia. Kannustimia suunnataan myös digitalisaatioon kaikilla asuinalueilla, erityisesti ”älykkäiden rakennettujen ympäristöjen” muodossa. Uusiutuvan energian tulee tuottaa 100 prosenttia kotitalouksien energiasta.

EU:n priorisoiduissa t&k-teemoissa energiaomavaraisuus puhtailla energiamuodoilla ja uusiutuvilla energialähteillä on yksi kiertotalouden ja materiaaliresurssien tehokkuuden parantamisen tärkeimmistä intresseistä. Rahoitusta kohdennetaan mm. jätteiden hyödyntämiseen ja uudelleenkäyttöön sekä tuotteiden korjaamiseen ja eliniän pidentämiseen. Yhtenä kehitysteemana on myös ”älykkäät materiaalit” rakennuksissa. Uuden ”ei-materialistisen elämäntavan” mukaisesti rahoitus suunnataan uuteen tutkimuksen painopistealueeseen: ei-aineelliseen tuotantoon ja kulutukseen. Luonnon monimuotoisuus näkyy myös rahoitusteemoissa. Yhteiskunnallisiin vaikutuksiin panostamisen ohella hyvinvointi ja mielenterveys ovat kenties yksi t&k:n läpileikkausteemoista. Tämä liittyy mm. maaseudun kehittämiseen, jonka tarkoitus on edistää veden ja ruoan saatavuutta. Näin väestöä ohjataan asuttamaan maaseutua.

4 Hankkeen tuloksia: Muutokset Suomen metsissä ja metsien hoidossa keski-pitkällä aikavälillä

4.1 Politiikkakentässä nähtävät muutokset tänä päivänä

Nykyisessä politiikkakentässä metsätalouden ympäristöhallinto kasvaa. EU:n biodiversiteettistrategian tavoitteena on pysäyttää biologisen monimuotoisuuden väheneminen vuoteen 2030 mennessä (Euroopan komissio, 2020). Tämä saavutetaan tietyillä toimenpiteillä, kuten suojelualueiden lisäämisellä, ekosysteemien ennallistamisella ja uudella lainsäädännöllä. Osana maankäyttösektoria metsät ovat myös osa EU:n ilmastopolitiikkaa. Maankäytöstä, maankäytön muutoksesta ja metsätaloudesta (LULUCF) annetussa asetuksessa (EU) 2018/841 vaaditaan jäsenvaltioita varmistamaan, että LULUCF-sektorin poistumat ylittävät päästöt raportointikausilla 2021–2025 ja 2026–2030 (EU, 2018). Kesällä 2021 ehdotettu asetusmuutos vahvistaa LULUCF-sektorin roolia EU:n ilmastotavoitteiden saavuttamisessa ja pidentää asetusta vuoteen 2035 (Euroopan komissio, 2021a).

EU:n ilmastopolitiikka on kiristynyt, minkä johdosta EU:n päästökauppajärjestelmän päästöoikeuksien hinta on noussut viime vuosina. Tämä on johtanut fossiilisten

polttoaineiden ja turpeen käytön kannattavuuden laskuun verrattuna puupolttoaineisiin. Samaan aikaan on ollut jo pitkään viitteitä siitä, että puun käyttöä energiantuotannossa halutaan rajoittaa. Energiadirektiivi (REDIII) korostaa kestämättömän biomassan käytön välttämisen tärkeyttä (Euroopan komissio, 2021b). Siinä todetaan, että puubiomassaa tulisi käyttää sen korkeimman taloudellisen ja ekologisen lisäarvon mukaan seuraavassa prioriteettijärjestyksessä: (1) puupohjaiset tuotteet, (2) käyttöiän pidentäminen, (3) uudelleenkäyttö, (4) kierrätys, (5) bioenergia ja (6) hävittäminen (kaatopaikka). 14.9.2022 Euroopan parlamentti äänesti kannastaan puun käyttöön uusiutuvan energian direktiivissä. Uusiutuvan energian tavoiteosuus on 45 % kaikesta energiantuotannosta vuoteen 2030 mennessä, mutta metsästä korjattu puubiomassa (primary woody biomass) luetaan tähän uusiutuvan tavoitteeseen vain, jos sen tuotanto on vuoden 2017–2022 keskimääräisellä tasolla. Ylittävälle osuudelle ei saisi enää uusiutuvan energian tukea, ja metsästä korjattavan puubiomassan osuutta uusiutuvista on tarkoitus vähentää asteittain seuraavina vuosina. Nuorten metsien hoidon tuilla on suuri merkitys esimerkiksi ensiharvennuksen kannattavuudessa (Petty & Kärhä, 2011; Ahtikoski ym., 2021). Ensiharvennus tasaikäisrakenteisissa metsissä voi kääntyä kannattamattomaksi ilman tukea, sillä pieniläpimittaisen energiapuun osuus on verrattain suuri. Samaan aikaan ensiharvennusta tarvitaan tasaikäisrakenteisissa metsissä parantamaan puuston arvokasvua. Sillä on merkitystä myös puuston terveydelle, mikä hillitsee tuhoriskejä.

4.2 Politiikkakentän vaikutukset Suomen metsiin ja metsien hoitoon

Hankkeen tuottamissa skenaarioissa korostettiin metsien biologista monimuotoisuutta koskevaa politiikkaa hiilensidonnan ohella sekä tiukentunutta sääntelyä metsien käytön osalta. Esimerkiksi Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous -skenaariossa oletettiin, että taloudelliseen puuntuotantoon käytettävä ala voi kokonaisuudessaan pienentyä suojelutavoitteiden vuoksi, mutta samalla sidosryhmäläiset olettivat, että nettokasvua voitaisiin lisätä intensiivisen metsänhoidon keinoilla ja siten lisätä hakkuita nykypäivään nähden. Biodiversiteetti nousisi yhdeksi tavoitteeksi metsien hoidossa, ja skenaariossa oletettiin jopa julkista tukea olevan tarjolla metsänomistajille tähän tarkoitukseen. Näin ollen metsistä saatava taloudellinen hyöty ei olisi enää niin vahvasti sidottu puun tuotantoon. Luonnon monimuotoisuuden lisääminen julkisilla tuilla voisi tarjota metsänomistajille monipuolisempia metsänkäyttömahdollisuuksia, varsinkin jos luontomatkailu toisi samalla taloudellista hyötyä. Toisaalta, jos metsänkorjuuyhtiöille ja maanomistajille ei anneta riittävää kompensaatiota aineettomiin tavoitteisiin, tiukka lainsäädäntö voi johtaa tulonmenetyksiin (Rosenkranz ym., 2014).

Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous -skenaario oli skenaarioista tiukin metsäpolitiikan suhteen. Sidosryhmäläiset arvioivat, että säilyttääkseen julkisen hyväksynnän metsäteollisuus joutuu panostamaan erityisen paljon kestävyyteen sekä tuotannossa että korjuissa. Yksi mahdollisuus olisi myös se, että metsäteollisuus profiloituisi vahvemmin biodiversiteettipalvelujen tarjoajana. Puuntuotantoon käytettävän alan pienentyminen näyttääkin nykyisten viitteiden valossa mahdolliselta, mutta on kyseenalaista, toteutuuko nettokasvun ja hakkuutasojen lisääminen. Metsänhoitomenetelmiä ja puuntuotantoa käsitellään tarkemmin kappaleissa 4.3 ja 4.4.

Nykypäivän päätös energiapuun tuen rajoittamisesta kuvastaa myös Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous -skenaarion kaltaista kehitystä, jossa oletettiin rajoituksia puupohjaiselle energialle. Erona on, että em. päätökset koskevat vain metsästä korjattavaa puubiomassaa, joka kattaa harvennuksista saatavan energiapuun ja osan hakkuutähteistä, kun taas skenaarioissa puuenergian vähentäminen koski myös teollisuuden sivuvirtoja. Sivuvirtojen hyödyntämistä käsitellään tarkemmin kappaleessa 5.3.

Skenaarioiden ja nykyisten kansallisten poliittisten päätösten valossa poliittinen ohjaus voi kääntyä vahvasti suosimaan eri-ikäisrakenteisia metsiä ja yläharvennusta. Suomen metsälain uudistuminen on myös tukenut jatkuvan kasvatuksen ja yläharvennuksen lisäämistä. Jatkuvan kasvatuksen (jatkuvapeitteisen) on kansainvälisissä tutkimuksissa havaittu parantavan biodiversiteettiä (Seedre ym., 2018; Storch ym., 2020), jonka vuoksi metsänhoitomenetelmien monipuolistuminen olisi suotavaa. Mönkkönen ym. (2009) ovat havainneet, että vapaaehtoisella metsänsuojelulla, joka toteutetaan riittävällä kustannustehokkuudella ja oikein asetetuilla paikanvalintakriteereillä, voidaan tehokkaasti parantaa luonnon monimuotoisuutta myös Etelä-Suomen metsissä. Metsien kasvun ja taloudellisen mallinnuksen kehitys on myös osoittanut, että yläharvennuksella voidaan saavuttaa suurempia taloudellisia tuloja kuin alaharvennuksella ainespuuker-

tymän maksimoinnin kautta (Knoke, 2012), mutta sen soveltuvuudesta erilaisiin kasvuolosuhteisiin on vaihtelevia tuloksia esimerkiksi sen lisäämän juurikääpäriskin vuoksi (Nevalainen, 2017).

Ilmastonmuutoksen edetessä metsiin kohdistuvien luonnonhäiriöiden riski kasvaa (Lehtonen ym., 2020). Kuusen suurimmat riskit, kirjanpainajatuhot ja juurikääpä, näyttävät hyötyvän muutoksesta. Sekapuuston suosiminen vähentää joitain metsätuhoriskejä ja lisää luonnon monimuotoisuutta. Mikäli siis biodiversiteetti nousee skenaarioiden ennakoimalla tavalla metsien käytön yhdeksi päätavoitteeksi, sekametsiin voisi kohdistua erilaisia kannustimia tai suoria vaatimuksia. Kuitenkin abioottisten ja bioottisten riskien kannalta olisikin tärkeää, että lainsäädäntö sallii kasvupaikkakohtaisen metsänhoitotyylin valinnan. Metsien terveyden kannalta puulajit ja metsänhoitomenetelmät tulisi valita kasvupaikkasidonnaisesti, ei markkinoiden tai politiikan sanelemana. Skenaarioiden valossa on kuitenkin tärkeä varautua Suomessa myös siihen vaihtoehtoon, että päätäntävalta omista metsistä vähenisi.

4.3 Markkinoiden kysyntämuutokset ja niiden vaikutukset metsien käyttöön ja hoitoon

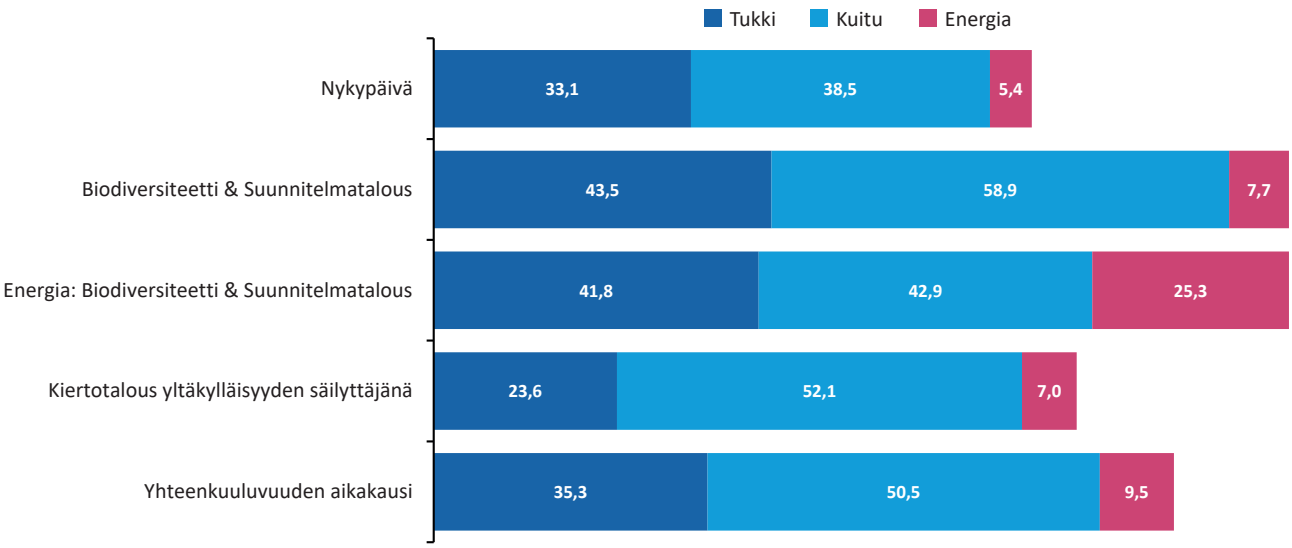
Vuoden 2019 hakkuutaso Suomessa oli 73 miljoonaa kuutiometriä (Official Statistics Finland: Natural Resources Institute Finland, 2020a). Skenaarioissa sidosryhmäläiset olettivat radikaalia 7,5–43 prosentin kasvua nykyisiin hakkuutasoihin nähden. Vaikka oletuksia perusteltiin metsänhoidon menetelmillä, kuten lisääntyneellä lannoituksella ja pidentyneillä kasvukausilla sekä lisääntyneellä ilmakehän CO_2-pitoisuudella, ne vaikuttavat hyvin epärealistisilta. Esim. Heinonen ym. (2018) osoittivat, että on mahdollista ylläpitää n. 80 miljoonan kuutiometrin hakkuutaso IPCC:n lievässä ilmastoskenaariossa, mutta vakavammissa ilmastoskenaarioissa vastaava ei enää ole mahdollista. Tähän suhteuttaen Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä -skenaario oli realistisin maltillisella 7,5 % hakkuutason kasvulla. Skenaarioiden tiukat poliittiset linjauksen huomioiden on kuitenkin myös mahdollista, että hakkuutaso on vuonna 2040 paljon nykyistä pienempi.

Puun kysyntä on kokenut viime vuosina myllerryksiä tiukentuneen ilmastolainsäädännön, koronan ja Ukrainan sodan myötä. Ukrainan sodan ja sitä seuranneiden pakotteiden ja vastapakotteiden seurauksena Euroopan energiamarkkinat ovat ajautuneet kriisiin. Etenkin maakaasun jyrkkä hinnannousu on johtanut korkeisiin sähkön ja lämpöenergian hintoihin Euroopassa. Nämä muutokset ovat lisänneet puuenergian kysyntää. Energiapuun hinta Suomessa saavuttikin uuden ennätyksen vuoden 2022 ensimmäisellä neljänneksellä (Luonnonvarakeskus, 2022a). Sähkömarkkinoiden epävarmuus talvena 2022–2023 on lisännyt myös kotitalouksien polttopuun kysyntää. Energiapuun hinnat ovat kuitenkin pysyneet maltillisina suhteessa kuitupuun hintoihin, jotka yhdessä tukkien hintojen kanssa ovat nousseet viimeisen kahden vuoden aikana (Luonnonvarakeskus, 2022b).

Hankkeen skenaarioissa puun energiakäytön ajateltiin laskevan (sivuvirrat ja jätepuu mukaan lukien) nykyisestä (n. 198 PJ) 70–92 %. Tämä vaikuttaisi myös metsistä korjattavan puubiomassan (primary woody biomass) korjuuseen. Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous sekä Yhteenkuuluvuuden aikakausi -skenaarioissa energiapuuta ei korjattu lainkaan, sen sijaan korjattiin pieniläpimittaista puuta sekoitekomposiittien, nestemäisten biopolttoaineiden sekä mm. biokemikaalien raaka-aineeksi. Näille oletimme vastaavaa hintaa, mitä energiapuusta on maksettu nykypäivänä ennen energiakriisiä vuonna 2021 (n. 2,2 eur/t). Mikäli nämä tuotantomuodot olisivat tuettuja niin kuin skenaarioissa arvioitiin, voisi ensiharvennuksillekin olla uudenlaisia tukimuotoja saatavilla erillään energiapuusta. Toisaalta näiden tuotteiden korkea arvo voisi johtaa myös luonnolliseen pieniläpimittaisen puun arvon kasvuun. Tällöin jaksollinen metsänkasvatus voisi edelleen säilyä jatkuvan kasvatuksen rinnalla, ja metsänomistajilla olisi taloudelliselta kannalta enemmän vaihtoehtoja metsänhoidossa. Silti näissäkin skenaarioissa korjattiin pieniläpimittaista puuta ja hakkuutähteitä vain 1 % kokonaishakkuissa, kun nykypäivänä vastaava osuus on n. 7 %. Todennäköisesti siis jaksollinen kasvatus menetelmänä vähentyisi suhteessa ainakin jonkin verran, mikäli skenaariot toteutuisivat. Kokonaishakkuukertymät tavaralajeittain on esitetty kuviossa 1.

Skenaarioissa sellu ja liukosellu dominoivat tuoteportfolioita. Skenaarioissa tämä johtaisi kuitupuun kysynnän kasvuun. Nykypäivänä tukkipuun osuus kokonaishakkuista on n. 43 %, kun taas skenaarioissa osuus oli pienentynyt 29–40 %:iin (kuvio 1). Vastaavasti kuitupuun osuus hakkuista oli kasvanut nykypäivän n. 50 %:sta 53–63 %:iin.

Kuvio 1 **Hakkuukertymä tavaralajeittain, huomioiden oletukset hakkuutason muutoksista skenaarioissa, m³**
Miljoonina tonneina tavaralajit oletettujen läpimittavaatimusten mukaan

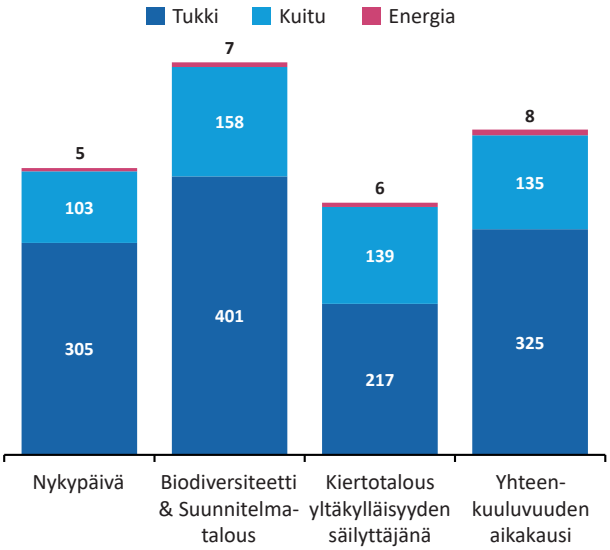


”Energia” tavaralaji viittaa pieniläpimittaiseen puuhun, jota 2040 skenaarioissa käytetään pääasiassa muuhun kuin energiaksi.

Edellä kuvattu metsänhoidon kehitys (jatkuva kasvatus yhdistettynä yläharvennukseen) tyypillisesti pyrkii kohdistamaan hakkuut tukkikokoluokan puihin, mikä on ristiriidassa skenaarioiden markkinakysynnän kanssa. Tässä tapauksessa voisi esimerkiksi käydä siten, että kuitu- ja tukkipuun hinnat lähenisivät toisiaan ja yhä suuriläpimittaisempaa puuta käytettäisiin kuiduttavan teollisuuden tarpeisiin, tai vaihtoehtoisesti selluteollisuus kärsisi materiaalipulasta. Materiaalipulan riski kasvaa myös, mikäli teollisuus pyrkii välttämään riippuvuutta tuontipuusta. Metsänomistajien kannalta markkinatilanne voi puolestaan olla tulojen kannalta suotuisa, mikäli sahojen puustamaksukyky paranee. Tämä on realistinen vaihtoehto skenaarioissa, sillä sahojen sivuvirroille oletettiin korkean lisäarvon käyttökohteita niiden siirtyessä energiakäytöstä materiaalituotantoon. Myös sellutehtaat todennäköisesti käyttäisivät kasvavissa määrin sahateollisuuden sivuvirtoja. Sahojen sivuvirroistaan saamat hinnat voisivat näiden seurauksena nousta. Kuviossa 2 on esitetty tulot hakkuista skenaarioissa nykypäivän kantohintojen perusteella. Nykypäivän kantohinnoilla, joissa tukkipuulla on korkein kantohinta, skenaariot luonnollisesti tuottavat alhaisemman keskimääräisen eur/m³ tuloksen kuitupuun osuuden kasvaessa.

Skenaarioissa korostui myös vahvasti aineettomien metsäpalvelujen saapuminen markkinoille. Metsien monikäyttö voisi tarjota suomalaisille metsänomistajille lisätuloja muutoinkin kuin julkisten biodiversitettitulojen

Kuvio 2 **Tulot hakkuista skenaarioissa nykypäivän kantohintojen perusteella, milj. euroa**



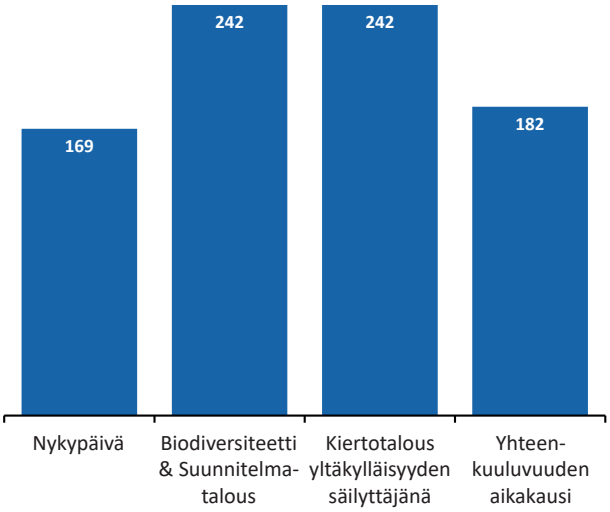
muodossa. Yhteenkuuluvuuden aikakausi -skenaariossa virtuaalimatkailun ja luontomatkailun oletettiin kasvattavan markkinaosuuttaan. Myös urbaanimetsien osuus kasvaisi, sillä skenaariossa vaadittiin infrastruktuurista 80 prosenttia olevan sinistä tai vihreää. Tutkimusten mukaan luontomatkailijoita motivoivat houkuttelevat maisemat, siisti ympäristö ja luonto ylipäätään sekä kestävän kehityksen periaatteiden tukeminen, ja kyselyiden mukaan maksuhalukkuutta maiseman ja luonnon monimuotoisuuden parantamiseen on (Mäntymaa ym., 2018). Korvaukset ekosysteemipalvelujen tuottamisesta ja matkailutulojen jakamisen parantaminen voisi lisätä matkailualan hyväksyttävyyttä paikallisesti ja parantaa metsätalous- ja matkailualojen yhdentymistä pitkällä aikavälillä (Mäntymaa ym., 2018).

4.4 Metsänhoidon kehitys sekä tulevaisuuden tarpeet koulutuksessa

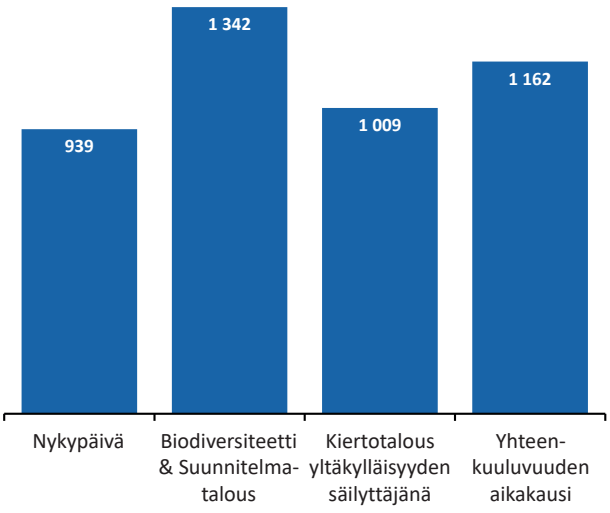
Korjuukustannukset ja työllisyys (kuviot 3 ja 4) mukailevat skenaarioiden hakkuutasoja ja on laskettu nykypäivän keskimääräisellä korjuun kustannuksella ja henkilötyövuosina. Näin ollen skenaarioissa korjuun kustannukset sekä työllisyys näyttävät kasvavan nykypäivään verrattuna. Tämä on hieman harhaanjohtavaa, sillä nykyinen aineisto Suomen olosuhteissa kattaa lähinnä jaksollisen kasvatuksen harvennushakkuut. Todellisuudessa korjuun kustannukset voisivat laskea skenaarioissa tehokkuutta parantavien digitalisaation ja uusien korjuuteknologioiden ansiosta. Toisaalta metsäkoneenkuljettajien työ voi muuttua yhä vaativammaksi tiukentuneen ja monimutkaistuneen lainsäädännön myötä, mikä tukisi taas korkeampaa yksikkökustannusta. Tämän lisäksi ilmastonmuutoksen edetessä mm. kelirikot voivat yleistyä, joka lisää korjuiden haastavuutta ja kaventaa aikaikkunaa, johon ne tulisi ajoittaa. On myös selvää, että fossiilisista korjuukoneista siirtyminen biopolttoaineilla toimiviin tai sähköisiin vaatii suuria alkuinvestointeja, jotka voivat näkyä yksikkökustannuksissa pitkäänkin, vaikka ne lopulta kasvattaisivat tehokkuutta. Pienyrittäjille investoinnit ja työvoiman kouluttaminen uusien koneiden käyttöön voivat käydä raskaaksi. Kouluttamisen osalta tiiviimpi oppilaitosyhteistyö lisääntyneiden harjoittelujen kautta voi auttaa jonkin verran siirtymää.

Myös metsänomistajien vaatimukset metsien monikäytön myötä voivat olla monimutkaisempia ja vaatia enemmän suunnittelua ja konsultointia. Näin ollen on mahdollista, että metsänhoidon operaatiot voivat myös viedä enemmän aikaa verrattuna nykypäivään. Toisaalta suunnittelun, tarkistuksien ja korjuun saralla digitalisaatio voi mahdollistaa monia tehtäviä toimistoista käsin toteutettaviksi. Näin arveltiin Metsätehon kyselytutkimuksessa ja uskottiin vastaavasti, että asiakaskohtaamisista tulisi tärkeämpi osa työtä (Ovaskainen & Pajuoja, 2020). On kuitenkin mahdollista, että maastotyötä tarvittaisiin tästä

Kuvio 3 Korjuukustannukset hakkuutason mukaan skenaarioissa, milj. euroa



Kuvio 4 Korjuuoperaatioiden työllistävyys eri skenaarioissa, henkilötyövuosia



huolimatta varsinkin suunnittelussa. Erityisesti jos lainsäädäntö tiukentuu esimerkiksi suojelutavoitteiden osalta eikä kaikkia erityislajeja tai luontoympäristöjä pystyttäisi luotettavasti havaitsemaan etänä.

Metsänomistajuudessa on meneillään sukupolvenvaihdos, joka vaikuttaa sekä metsien käyttöön että asenteisiin. Karppinen ym. (2020) mukaan suurimmat yksityismetsänomistukseen vaikuttavat muutokset Suomessa ovat: i) muuttoliike kaupunkeihin, ii) talouden rakenteiden muuttuminen, iii) metsänomistajien ikääntyminen, iv) metsänomistuksen kasvu ja naispuolisten omistajien osuuden kasvu, v) muuttuvat omistustyypit ja vi) kasvaneet omistajien tulo- ja koulutustasot. Uuden sukupolven metsänomistajilla on erilaiset tarpeet ja vaatimukset, ja metsäekosysteemipalveluja korostetaan enemmän kuin taloudellisia hyötyjä, erityisesti virkistyskäyttöä ja suojelua (Weiss ym., 2019). Uusien metsänomistajien erityispiirteitä ovat fyysinen pitkä etäisyys metsäkiinteistöistä, taloudellinen riippumattomuus metsäomaisuudesta ja muuttuva omistusmotivaatio (Keskitalo, 2019). Vaikka tutkimuksista on käynyt ilmi, että uusi metsänomistajasukupolvi on kiinnostunut muustakin kuin vain metsäomaisuutensa taloudellisesta näkökulmasta, monikäytön tukeminen ei ole yksiselitteistä. Motivaationa näyttää enemmänkin olevan sijoitussalkun hajauttaminen. Palvelusektorilla voi siis olla sijaa myös liiketoimintamalleille, jotka tarjoavat tietoa pitkän aikavälin sijoitusmahdollisuuksista sekä eri tekijöistä, jotka vaikuttavat kannattavuuteen. Hartikaisen (2021) mukaan uudet kaupunkimetsänomistajat ovat kiinnostuneita erilaisista digitaalisista metsätalouden palveluista ennen kaikkea metsänhoitokäytäntöjen apuna. Digitaalisten metsäpalveluiden roolin metsänomistajien kannustamisessa ja sitouttamisessa odotetaan olevan merkittävä. Uudet ominaisuudet, kuten metsien monikäytön suunnittelu perinteisen puuntuotannon lisäksi sekä metsiin liittyvä koulutus, voivat houkuttaa erityisesti uusia metsänomistajia käyttämään digitaalisia palvelualustoja. Skenaarioissa oletettiinkin palvelusektorin kasvavan huomattavasti ja työllistävän metsäammattilaisten lisäksi myös niin IT-alan kuin teknologian ammattilaisia. Palvelusektorin kehittyminen vaatii ennen kaikkea tietoisuutta metsäalan mahdollisuuksista. Tietoisuutta voisi lisätä esimerkiksi jo koulutuksesta lähtien tarjoamalla metsäinsinööreille ja metsänhoitajille yhteisiä biotalouskursseja muiden alojen opiskelijoiden kanssa.

5 Hankkeen tuloksia: Muutokset metsäpohjaiseen tuotantoon Suomessa

5.1 Suomen metsäpohjainen tuotanto tänä päivänä

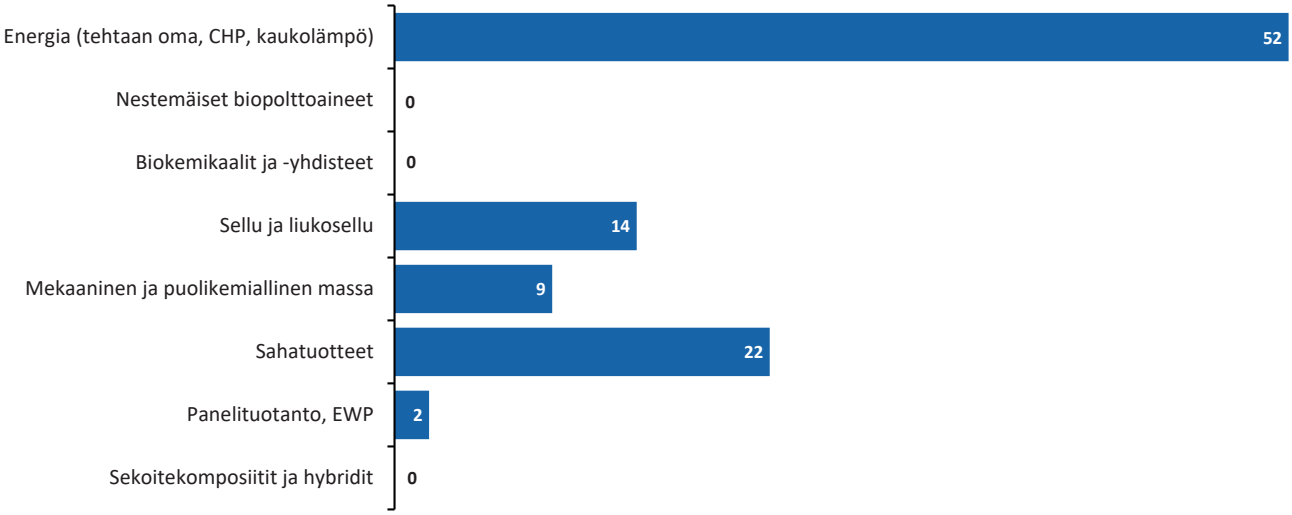
Raakapuun hakkuukertymä Suomessa vuosina 2016–2021 on ollut yli 70 miljoonaa kuutiometriä, paitsi vuonna 2020, jolloin kertymä oli 69 miljoonaa kuutiometriä (Official Statistics Finland: Natural Resources Institute Finland, 2020a). Metsäinventoinnin (VMI) mukaan Suomen puuston vuotuinen kasvu on ollut suurimmillaan 107,8 miljoonaa kuutiometriä jaksolla 2014–2018, mutta on viimeisimmässä inventoinnissa laskenut huippulukemista 103,5 miljoonaan kuutiometriin jaksolla 2016–2020 (Official Statistics Finland: Natural Resources Institute Finland, 2020b). Lähes puolet ainespuuta jalostavan teollisuuden prosessoimasta puusta päätyy sivuvirroiksi, kuten kuoreksi, sahanpuruksi, hakkeeksi ja mustalipeäksi (Hassan ym., 2019). Koska sivuvirrat käytetään pääosin energiantuotantoon, Suomessa tuotetuista puuvirroista noin puolet ohjautuukin energiakäyttöön (tehtaiden omaan lämmöntuotantoon, kaukolämmöksi ja yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon). Puupohjainen energia onkin Suomen tärkein uusiutuvan energian lähde ja kattoi Suomen kokonaisenergiasta 28 % vuonna 2019. Metsäteollisuuden omasta energiatarpeesta puupohjainen energia kattaa jopa 87 % (Official Statistics Finland: Natural Resources Institute Finland, 2022a). Sahatavaraksi raakapuusta päätyy 23 %, selluun ja liukoselluun 15 % ja mekaaniseen- ja puolikemialliseen massaan 10 %. Puulevyjen tuotantoon päätyy tällä hetkellä n. 2 %. Pienissä määrin Suomessa on myös nestemäisten biopolttoaineiden tuotantoa, mutta osuus on pieni ja pyöristyy tässä jaottelussa nollaan.

5.2 Metsäteollisuuden tuotannon ja työllisyyden näkymät vuoteen 2025

5.2.1 Kahden kauppa – työllisyys laskee mutta tuottavuus nousee

Paperiteollisuudessa henkilökunta on tasaisesti vähentynyt vuodesta 1975 alkaen – jatkuen myös tämän vuosi-

Kuvio 5 Puuvirtojen jakautuminen välituoteryhmiin vuonna 2019, %



Mukaan on luettu myös teollisuuden sivuvirrat ja jätepuu.

tuhannen puolella. Suomessa tehtyjen työtuntien määrä puolittui 2000-luvun alkuvuosista, ja tuottavuus vastaavasti nousi. Paperiteollisuuden erityispiirteenä on ollut tukitoimintojen ulkoistus, jolloin työntekijät kirjautuvat jollekin toiselle toimialalle. Tältä osin myös tuotos ja arvonlisäys kirjautuvat näille muille toimialoille. (Berg-Andersson ym., 2021)

Puutuoteteollisuuden työllisyys on laskenut säännönmukaisesti 1970-luvun loppupuolelta asti, eikä uusi vuosituhat muuttanut trendiä: vuodesta 2000 tähän päivään työllistyminen puutuoteteollisuuteen on laskenut vajaan kolmanneksen. (Berg-Andersson ym., 2021)

Vastaava kehitys koskee metsäsektoria kokonaisuudessaan: vuonna 1970 alat työllistivät 206 000 henkilöä, vuosituhannen vaihteessa 96 000 työntekijää ja viime vuoden lopulla (2021) sektori tarjosi 61 000 työpaikkaa (Luonnonvarakeskus, Tilastotietokanta).

Metsäsektorin työllisyyslukuja ovat pudottaneet ylikapasiteetti, digitalisaation aiheuttama paperin kysynnän väheneminen ja talouskehityksen hidastumiset (Berg-Andersson ym., 2021). Huonojen aikojen henkilöstövähennykset ovat näkyneet työllisyyskäyrien jyrkempinä laskuina, joita noususuhdanteetkaan eivät ole kääntäneet nousuiksi (Luonnonvarakeskus, Tilastotietokanta; kirjoittajien omat laskelmat).

Viime vuosina on avattu uusia biojalostamoita, jotka heijastavat metsäteollisuuden muuttuneita painopisteitä. Näkyvin perinteisten alojen painopistemuutos on paperinvalmistuksen korvautuminen kartonkituotannolla. Yhtiöt pyrkivät kuitenkin rakentamaan itsestään aiempaa laaja-alaisempaa kuvaa, jossa perinteisen metsäteollisuuden lisäksi toimitaan kokonaan uusilla liiketoiminta-aloilla. Toimialanprofiilien tulokkaita ovat esimerkiksi innovatiiviset puutuotteet, uudentyyppiset puupohjaiset tekstiilikuidut, biopolttoaineet ja lääketeknologiset tuotteet.

Myös luontomatkailu- ja virkistyspalvelut osana metsäsektoria ovat lisänneet työvoimaa Covid-pandemian aikana tapahtuneen laskun jälkeen (TEM verkkopalvelu). Suomen metsäteollisuus on kasvanut vuosien varrella, ja suuret yritykset ovat hyödyntäneet uusia teknologioita ja menetelmiä ja digitalisoituneet yhä enemmän. Tällä näyttää kuitenkin olevan potentiaalia vähentää alan työllisyyttä pitkällä aikavälillä.

5.2.2 Metsäteollisuuden juuristo on syvällä Suomen taloudessa

Osaraporttimme ensimmäisessä osiossa kuvailemme metsäteollisuustoimialojen roolia Suomen kansantaloudessa tarkastelemalla metsäteollisuuden kytköksiä muihin toimialoihin. Tarkastelun lähtökohtana on vuoden 2016 tilannetta kuvaava staattinen panos–tuotosmalli. Sen perusteella esitämme, kuinka metsäteollisuustoimi-

alat hankkivat käyttämänsä tuotantopanokset kotimaisilta toimialoilta ja ulkomailta. Vastaavasti esitämme, kuinka metsäteollisuustoimialojen tuottamien hyödykkeiden käyttö jakaantuu kotimaisille toimialoille sekä kotimaiseen loppukäyttöön ja vientiin. Tämän lisäksi tarkastelemme, kuinka panos–tuotosmallin perusteella metsäteollisuustoimialojen tuotantomuutokset vaikuttavat muiden toimialojen tuotantotasoihin, kun kaikkien toimialojen väliset kerrannaisvaikutukset huomioidaan.

Toisessa osiossa tarkastelemme metsäteollisuustoimialojen mennyttä, nykyistä ja tulevaa kehitystä. Painotamme toimialojen viimeaikaista kehitystä sekä tulevaisuuden näkymiä kapasiteettikehityksen ja vientikehityksen perusteella. Tarkastelut hyödyntävät Etlan tekemän kansantaloudellisen ennusteen ja toimialaennusteen työkaluja ja tuloksia. Tarkastelun lopuksi esitämme toukokuussa 2021 tehdyn arvion toimialojen tuotannon ja työllisyyden kehityksestä vuosina 2020–2025 sekä syyskuussa 2022 päivitetyn ennusteen vuosille 2021–2026.

5.2.3 Metsäteollisuustoimialat kansantaloudessa

Paperi- ja massateollisuuden tuotoksesta menee vientiin lähes 70 prosenttia, kun taas puutuoteteollisuudessa merkittävä osa tuotannosta käytetään Suomessa välituotteina, pääosin rakentamisessa (taulukko 3). Metsäteol-

Taulukko 3 Metsäteollisuuden ja koko tehdasteollisuuden tuotannossaan vuonna 2016 käyttämien panosten rakenne, %

Tuotannossa käytetyt panokset	(a) Puutuote-teollisuus	(b) Paperi-teollisuus	(c) Tehdasteollisuus keskimäärin
Kotimaisten tuotteiden käyttö yhteensä perushintaan	71,4	60,3	43,1
Alkutuotanto	30,9	8,0	4,9
Metsätalous ja puunkorjuu	30,8	8,0	2,7
Teollisuus	20,2	31,5	21,7
Sahatavaran sekä puu- ja korkkituotteiden valmistus	12,6	2,7	1,2
Paperin, paperi- ja kartonkituotteiden valmistus	1,0	15,2	2,5
Kemikaalien ja kemiallisten tuotteiden valmistus	0,3	2,8	1,4
Muiden koneiden ja laitteiden valmistus	0,5	3,1	2,1
Sähkö-, kaasu- ja lämpöhuolto	2,6	4,4	1,7
Muut	3,1	3,2	12,9
Rakentaminen	0,7	0,3	0,5
Palvelut	19,6	20,5	15,9
Tukkukauppa	6,7	4,3	2,7
Maaliikenne ja putkijohtokuljetus	3,3	5,0	2,0
Varastointi ja liikennettä palveleva toiminta	4,3	6,2	2,3
Tietojenkäsittelypalvelu	0,4	1,3	1,1
Muut	5,0	3,7	7,8
Tuontituotteiden käyttö yhteensä	7,4	15,6	26,3
Tuoteverot miinus tuotetukipalkkiot	0,3	0,6	0,5
Välituotekäyttö/loppukäyttö yhteensä ostajanhintaan	79,2	76,6	69,9
Palkansaajakorvaukset	14,5	10,0	16,1
Muut tuotantoverot miinus muut tuotantotukipalkkiot	-0,3	0,0	-0,3
Kiinteän pääoman kuluminen	4,1	6,3	7,6
Toimintaylijäämä	2,6	7,2	6,7
Bruttoarvonlisäys perushintaan	20,8	23,4	30,1
Tuotos perushintaan	**100,0**	**100,0**	**100,0**

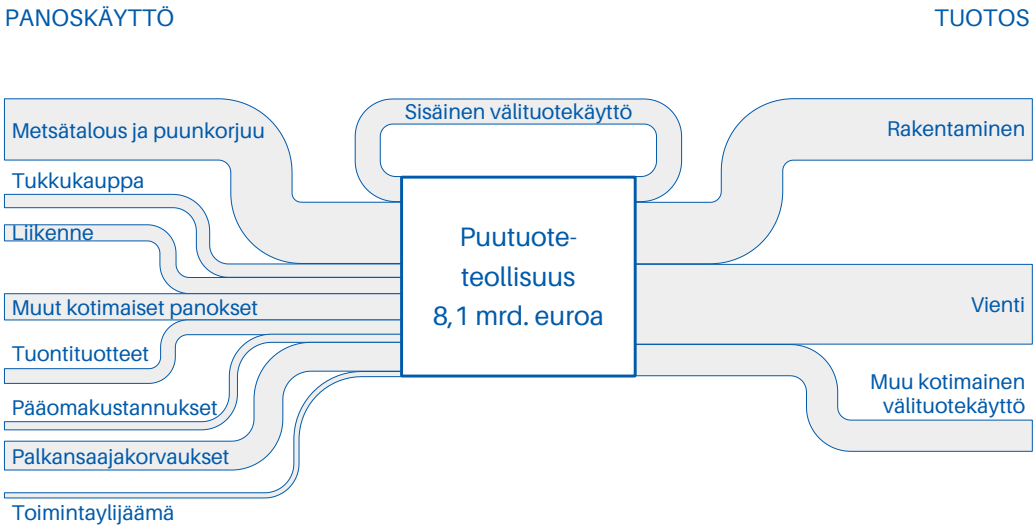
Vuonna 2016 tuotos oli puutuoteteollisuudessa 5,9 ja paperiteollisuudessa 13,3 miljardia euroa.

Lähde: Berg-Andersson ym. (2021).

lisuuden erikoisuus on juuri kotimaisten välituotteiden huomattava osuus tuotantoketjussa. Tästä johtuen lopputuotekysynnän muutoksilla on merkittäviä kerrannaisvaikutuksia myös muille Suomen toimialoille (Berg-Andersson ym., 2021).

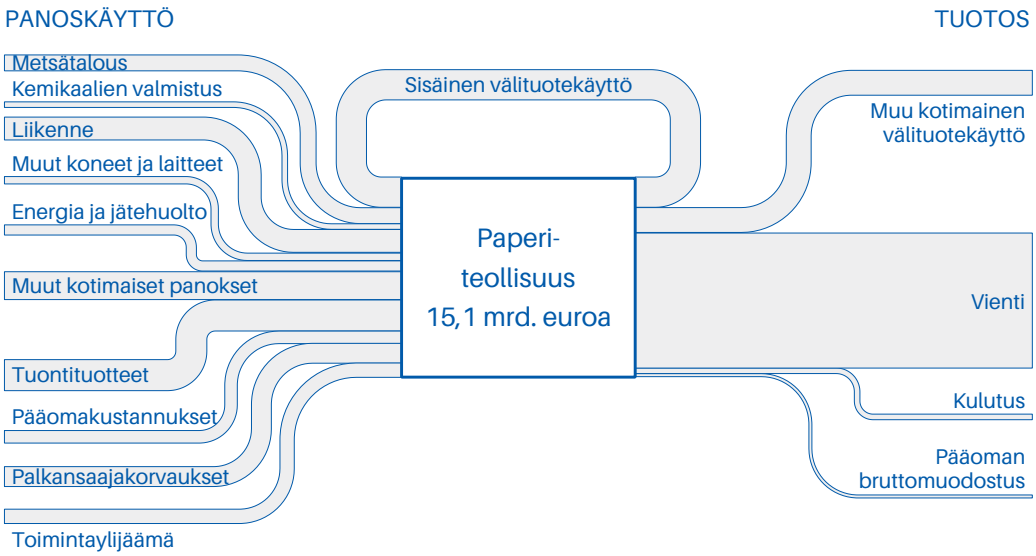
Metsätalous edustaa alkutuotantoa, arvonlisän alkulähdettä. Paperi- ja massateollisuuden tapauksessa suhteellinen muutos loppukysynnässä aiheuttaa laajoja kerrannaisvaikutuksia kansantaloudessamme sekä monen kanavan kautta että toimialan suuren tuotoksen seurauksena. Puutuoteteollisuuden arvoketjussa korostuu puolestaan suora kytkös metsätalouteen. Puutuoteteollisuuden tuotannossa käytetään eniten metsätalouden ja puunkorjuun tuotantopanoksia, ja siten kerrannaisvaikutukset jakautuvat harvemmille toimialoille.

Kuvio 6 Puutuoteteollisuuden hyödykevirrat vuonna 2021



Lähteet: Tilastokeskus, Etlan laskelmat ja Etla Suhdanne Toimialakatsaus Kevät 2022.

Kuvio 7 Paperiteollisuuden hyödykevirrat vuonna 2021



Lähteet: Tilastokeskus, Etlan laskelmat ja Etla Suhdanne Toimialakatsaus Kevät 2022.

Taulukon 3 luvut voidaan yhdistää tietoihin toimialojen tuotoksen kohdentumisesta eri käyttöihin (Berg-Andersson ym. 2021, taulukko 2) ja visualisoida edellä esitettyjen kuvioiden 6 ja 7 avulla. Kuviot havainnollistavat, mistä toimialan käyttämät panokset tulevat ja mihin niiden valmistama tuotos päätyy.

5.2.4 Päivitetty nykytilanne ja vuoteen 2026 ulotetut vienti- ja tuotantoennusteet

Suomessa UPM:n paperi- ja sellutehtaiden toiminta pysähtyi vuodenvaihteessa, ja Paperiliiton lakko jatkui huhtikuun loppupuolelle asti. Lakon vaikutus toimialan vientilukuihin on erittäin suuri. Koko paperiteollisuuden (ml. kartonki ja sellu) viennin määrä väheni kuluvan vuoden tammi-kesäkuussa 22 prosenttia, kun Tullin ilmoittama viennin arvo deflatoidaan Tilastokeskuksen vientihintaindeksillä.

Metsäteollisuus ry:n tilastojen mukaan massa- ja paperiteollisuuden viennin määrä väheni 24 prosenttia tammi-toukokuussa 2022. Paperin osuus oli 32,4 prosenttia, sellun 31,3 prosenttia ja kartongin 30,2 prosenttia. Kartongin viennin määrä nousi 5 prosenttia, sellun viennin määrä laski 25 prosenttia ja paperin vientimäärä supistui 53 prosenttia edellisvuodesta.

Toimialan viennin arvo nousi ensimmäisellä vuosipuoliskolla prosentin edellisvuoden vastaavasta ajanjaksosta. Venäjälle suuntautunut viennin arvo laski samanaikaisesti 46 prosenttia. Vielä viime vuonna Venäjän osuus paperiteollisuuden viennin arvosta oli 5,1 prosenttia, kuluvan vuoden tammi-kesäkuussa se oli enää 2,7 prosenttia.

Toimialan vientihinnat ovat ennätyskorkealla, tammi-heinäkuussa ne nousivat keskimäärin 30 prosenttia vuoden takaisesta. Paperin, kartongin ja sellun uusien tilausten arvo laski tammi-kesäkuussa yhteensä prosentin vuoden takaisesta. Kesäkuussa tilausten arvo oli kuitenkin 10 prosenttia edellisvuotista suurempi.

Etla arvioi syyskuussa 2022 julkaistussa suhdanne-ennusteessaan, että paperiteollisuustoimialan viennin määrä supistuu tänä vuonna vajaat 13 prosenttia vuoden takaisesta.

Puutavarateollisuuden vientimäärä puolestaan väheni tammi-kesäkuussa 2022 vajaat 10 prosenttia edellisvuodesta, kun Tullin ilmoittama viennin arvo deflatoidaan Tilastokeskuksen julkaisemalla puutavaratuotteiden vientihintaindeksillä. Etla arvioi siksi, että toimialan viennin määrä supistuu tänä vuonna 5,5 prosenttia.

Taulukko 4 Metsäteollisuuden vientiennuste 2022–2026

	Arvo[1]		Määrän muutos, %[2]						
	Mrd. e	%-osuus	Edellisestä vuodesta					Keskimäärin	
	2021	2021	2020	2021	2022[E]	2023[E]	2024[E]	2017–21	2022–26[E]
Puutavarateollisuus	3,8	5,5	-4,7	15,0	-5,5	0,9	2,4	1,7	-0,3
Paperiteollisuus	9,3	13,5	-11,8	8,9	-12,6	13,8	1,2	-0,5	0,5

[1] Toimialojen viennin arvo tullitilaston mukaan. [2] Määrän muutokset, Etlan laskelma.

Lähde: Etla Suhdanne Syksy 2022.

Taulukko 5 Metsäteollisuustoimialojen tuotosennuste 2022–2026

	Arvo		Määrän muutos, %						
	Mrd. e	%-osuus	Edellisestä vuodesta					Keskimäärin	
	2021	2021	2020	2021	2022[E]	2023[E]	2024[E]	2017–21	2022–26[E]
Metsäteollisuus	23,2	15,3	-6,0	5,4	-1,7	6,6	1,7	0,7	1,6
Puutavarateoll.	8,1	5,4	-1,8	1,8	10,2	2,2	1,1	0,7	2,6
Paperiteollisuus	15,1	9,9	-7,8	7,1	-6,8	8,9	2,0	0,7	1,1

Lähde: Etla Suhdanne Syksy 2022.

Paperiteollisuuden tuotanto, mukaan lukien sellu ja kartonki, supistuu Etlan syksyn 2022 ennusteen mukaan tänä vuonna vajaat 7 prosenttia. UPM:n ja Paperiliiton kiistasta johtuva lakko kesti lähes neljä kuukautta, mikä väistämättä pudottaa koko vuoden tuotantolukua. Venäjän hyökättyä Ukrainaan paperiyhtiöt ilmoittivat lopettavansa viennin Venäjälle, mikä myös näkyy tuotantoluvuissa. Länsi-Euroopassa, kuten myös Suomessa, rakentaminen kasvaa tänä vuonna edelleen hyvää vauhtia ja niinpä puutavarateollisuuden tuotanto kohoaa tänä vuonna 10 prosenttia.

5.2.5 Vuosina 2021 ja 2022 tehtyjen ennusteiden vertailu

Koko paperiteollisuuden viennin arvo kohosi 18 prosenttia vuonna 2021 kahden vuoden supistumisen jälkeen ja oli 9,3 miljardia euroa. Viennin arvon nousuun vaikutti sekä vientihintojen 8,5 prosentin nousu sekä vientimäärän 8,9 prosentin kasvu. Etla arvioi keväällä 2021, että vientihinnat laskisivat 2,5 prosenttia vuonna 2021, mutta toisin kävi. Lokakuussa 2021 toimialan vientihinnat ohittivat edellisen, vuoden 2019 tammikuun, huipun ja vuoden loppua kohti hinnat jatkoivat edelleen nousuaan. Heinäkuussa 2022 vientihinnat eivät vielä olleet kääntyneet laskuun. Tammi-heinäkuussa 2022 vientihinnat olivat 30 prosenttia korkeammat kuin edellisvuoden vastaavana ajanjaksona. Keväällä 2021 näytti vielä siltä, että koko toimialan viennin määrä vähenisi vuonna 2021, vaikka odotimmekin, että kartongin ja sellun vienti lisääntyy. Toteutunut viennin kehitys on siis ollut selvästi odotettua parempi.

Kevään 2022 lähes neljä kuukautta kestänyt lakko ei mitenkään ollut ennakoitavissa, ja tämän takia Etla arvioi kuluvan vuoden syyskuun ennusteessaan viennin määrän supistuvan vajaat 13 prosenttia tänä vuonna, eikä 0,6 prosenttia kuten edellisvuoden keväällä ennustettiin. Vastaavasti alan vientimäärä kasvaa ensi vuonna lähes 14 prosenttia poikkeuksellisen matalan vertailutason ansiosta. Edellisvuoden kevään ennuste oli 1,5 prosentin kasvu. Viennin kasvuluvut vuosille 2024–2025 ovat nyt hieman aikaisempaa matalammat, koska elpyminen koronavuoden kuopasta on ollut odotettua nopeampaa ja vahvempaa.

Taulukko 6 Kevään 2021 raporttimme ennuste paperiteollisuudelle 2021–2025

	Mrd. eur 2020	Muutos edellisestä vuodesta, % 2018	2019	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E	Keskimäärin, % 2016–20	2021E–25E
Viennin arvo	7,8	13,3	-5,6	-19,0							
Paperi	2,8	7,6	-7,1	-30,3							
Kartonki	2,8	8,3	-1,1	-3,1							
Jalosteet	0,4	3,4	1,7	-7,7							
Sellu ja mekaaninen massa	1,9	35,1	-10,3	-20,4							
Vientihinnat yhteensä		**8,6**	**-1,3**	**-8,1**	**-2,5**	**2,7**	**3,0**	**0,9**	**0,9**	**-0,6**	**1,0**
Viennin määrä		4,3	-4,4	-11,8	-2,9	-0,6	1,5	2,8	2,8	-2,3	0,5
Paperi				-25,4	-16,9	-9,5	-0,8	-0,5	-0,3		
Kartonki				-0,4	3,0	3,2	3,2	3,2	3,2		
Sellu ja mekaaninen massa				-4,0	4,9	3,3	2,0	4,9	4,6		

	Muutos edellisestä vuodesta, % 2018	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E	Keskimäärin, % 2016–20E	2021E–25E
Tuotos	-1,3	0,3	-8,8	0,5	-1,0	1,5	2,0	2,0	-0,8	1,0
Arvonlisäys	-9,0	-0,3	-12,4	1,5	1,0	1,0	2,0	2,0	-2,2	1,5
Työllisyys	-1,0	-1,0	-5,8	-7,7	-2,9	-2,2	-1,3	-1,3	-2,0	-3,1
Tuottavuuskasvu			-7,0	10,0	4,0	3,3	3,3	3,3	-0,2	4,7

Lähteet: Tilastokeskus, Tulli, Luonnonvarakeskus, Etlan laskelmat ja ennusteet 2021/toukokuu.

Taulukko 7 Paperiteollisuuden päivitetyt toteumat vuosille 2019–2021 ja ennuste vuosille 2022–2026

	Mrd. eur 2021	Muutos edellisestä vuodesta, % 2019	2020	2021	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	Keskimäärin, % 2017–21	2022E–26E
Viennin arvo	9,3	-5,6	-19,0	18,1							
Paperi	2,9	-7,1	-30,3	4,5							
Kartonki	3,3	-1,1	-3,1	19,4							
Jalosteet	0,4	1,7	-7,7	9,0							
Sellu ja mekaaninen massa	2,6	-10,3	-20,4	36,9							
Vientihinnat yhteensä		**-1,3**	**-8,1**	**8,5**	**27,6**	**-1,0**	**-7,8**	**-7,0**	**-7,0**	**1,7**	**6,8**
Viennin määrä		-4,4	-11,8	8,9	-12,6	13,8	1,2	1,0	1,0	-0,5	0,5
Paperi			-25,4								
Kartonki			-0,4								
Sellu ja mekaaninen massa			-4,0								

	Muutos edellisestä vuodesta, % 2019	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	Keskimäärin, % 2017–21E	2022E–26E
Tuotos	0,3	-7,8	7,1	-6,8	8,9	2	1	1,1	0,7	1,1
Arvonlisäys	-0,7	-2,4	6,4	-2	-2,1	1,2	1	1,1	0,5	-0,2
Työllisyys	-1,0	-3,2	-2,7						-2,0	
Tuottavuuskasvu										

Lähteet: Tilastokeskus, Tulli, Luonnonvarakeskus, Etla Suhdanne Syksy 2022.

Tuotoksen ennuste vuodelle 2020 (-8,8 %) osui aika lähelle toteutunutta lukua (-7,8 %). Sen sijaan arvonlisäyksen volyymi supistui vain 2,4 prosenttia, ennustettu luku oli -12,4 %. Etla arvioi, että tuotos supistuu tänä vuonna lähes 7 prosenttia lakon takia ja kasvaa siksi tuntuvasti ensi vuonna. Vuosien 2024–2025 tuotoksen ennusteluvut ovat molemmissa ennusteissa samaa suuruusluokkaa. Arvonlisäyksen volyymin ennusteita on nyt hieman laskettu vientiennusteen korjauksen myötä. Huomionarvoista on, että alan työllisyys supistui ennakoitua vähemmän vuosina 2020–2021.

Kevään 2021 ennusteeseen verrattuna Suomen vientikysyntä on ennustevuosina 2022–2024 heikentynyt maailmantalouden matalamman kasvun seurauksena. Jatkossakin paperiteollisuuden vienti ja tuotanto kehittyvät pääsääntöisesti maailman bkt:n kasvun tahdissa. Kysyntäsokit, kuten Venäjän hyökkäyssota Ukrainassa, aiheuttavat väistämättä korjaustarvetta lyhyen aikavälin ennusteisiin. Pidemmän aikavälin ennusteissa tilapäiset sokit eivät kovin paljon vaikuta trendeihin.

Puutuoteteollisuuden viennin arvo kohosi vuonna 2021 huikeat 56 prosenttia ja oli 3,8 miljardia euroa. Sahatavaran viennin arvo nousi tätäkin enemmän, 65 prosenttia ja oli 2,6 miljardia euroa. Vanerin viennin arvo kasvoi 26 prosenttia ja oli 0,5 miljardia euroa. Viilun ja muiden tuotteiden viennin arvo oli 0,7 miljardia euroa. Eniten viennin arvon nousuun vaikutti vientihinnat, jotka kohosivat keskimäärin peräti 36 prosenttia edellisvuodesta. Toimialan viennin määrä lisääntyi 15 prosenttia.

Etla arvioi maaliskuussa 2021 julkaistussa ennusteessaan, että puutuoteteollisuuden vientihinnat nousisivat samana vuonna keskimäärin 3,9 prosenttia. Tammikuussa 2021 hinnat olivat tosin nousseet runsaat 9 prosenttia vuoden takaisesta, mutta nousun odotettiin olevan tilapäinen ja ajateltiin että hinnat palautuvat helmikuussa alemmalle tasolle. Näin ei kuitenkaan käynyt, jo heinäkuussa 2021 puutavarateollisuuden vientihinnat olivat nousseet ennennäkemättömän korkealle. Uusi ennätys saavutettiin syyskuussa 2021, jonka jälkeen vientihinnat alenivat jonkin verran ja pysyivät puolen vuoden ajan

Taulukko 8 Kevään 2021 raporttimme ennuste puutuoteteollisuudelle 2021–2025

	Mrd. eur 2020	Muutos edellisestä vuodesta, % 2018	2019	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E	Keskimäärin, % 2016–20	2021E–25E
Viennin arvo	2,5	-1,0	-5,6	-9,3							
Sahatavara	1,6	1,2	-5,9	-9,9							
Vaneri	0,4	-0,7	-10,4	-13,5							
Viilu & muut	0,5	-6,5	8,8	-3,6							
Vientihinnat yhteensä		**4,5**	**-1,4**	**-4,5**	**3,9**	**1,8**	**1,4**	**1,3**	**1,3**	**-0,5**	**1,9**
Viennin määrä*		-5,2	-4,5	-4,7	5,6	3,0	3,0	2,6	2,6	0,0	3,3
Sahatavara				-4,7	5,7	3,0	3,0	2,6	2,5		
Vaneri				-5,6	6,0	3,4	3,3	3,2	3,1		
Viilu & muut				0,0	2,9	2,4	2,3	2,3	2,2		

* Vientiennusteet perustuvat viennin määrään, joka on laskettu deflatoimalla tullitilastojen viennin arvo Tilastokeskuksen vientihintaindeksillä. Nämä kasvuluvut poikkeavat kuutiomääristä lasketuista luvuista.

	Muutos edellisestä vuodesta, % 2018	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E	Keskimäärin, % 2016–20E	2021E–25E
Tuotos	-0,5	-3,4	-5,3	5,0	2,0	1,7	1,4	1,5	0,6	2,3
Arvonlisäys	0,8	-13,6	-3,8	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1	-0,7	1,8
Työllisyys	2,7	-3,5	-4,8	-1,6	-0,4	-0,2	0,0	0,1	-1,1	-0,4
Tuottavuuskasvu			1,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,4	2,2

Lähteet: Tilastokeskus, Tulli, Luonnonvarakeskus, Etlan laskelmat ja ennusteet 2021/toukokuu.

Taulukko 9 Puutuoteteollisuuden päivitetyt toteumat vuosille 2019–2021 ja ennuste vuosille 2022–2026

	Mrd. eur 2021	Muutos edellisestä vuodesta, % 2019	2020	2021	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	Keskimäärin, % 2017–21	2022E–26E
Viennin arvo	3,8	-5,6	-9,3	55,5							
Sahatavara	2,6	-5,9	-9,9	65,1							
Vaneri	0,5	-10,4	-13,5	26,0							
Viilu & muut	0,7	8,8	-3,6								
Vientihinnat yhteensä		**-1,4**	**-4,5**	**36,1**	**24,7**	**-8,0**	**-9,2**	**-8,0**	**-8,0**	**6,2**	**-2,5**
Viennin määrä*		-4,6	-4,7	15,0	-5,5	0,9	2,4	0,5	0,5	1,7	-0,3
Sahatavara			-4,7								
Vaneri			-5,6								
Viilu & muut			0,0								

* Vientiennusteet perustuvat viennin määrään, joka on laskettu deflatoimalla tullitilastojen viennin arvo Tilastokeskuksen vientihintaindeksillä. Nämä kasvuluvut poikkeavat kuutiomääristä lasketuista luvuista.

	Muutos edellisestä vuodesta, % 2019	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	Keskimäärin, % 2017–21E	2022E–26E
Tuotos	-3,7	-1,8	1,8	10,2	2,2	1,1	0,0	0,0	0,7	2,6
Arvonlisäys	-15,6	1,5	-42,4	6	-7,3	1,3	-0,1	-0,2	-8,7	-0,1
Työllisyys	-3,5	-3,7	5,7						0,2	
Tuottavuuskasvu										

Lähteet: Tilastokeskus, Tulli, Luonnonvarakeskus, Etla Suhdanne Syksy 2022.

syyskuun lukemien alapuolella. Kaiken kaikkiaan vientihinnat siis nousivat keskimäärin 36 prosenttia vuonna 2021. Ennustajalle ensimmäisen arvion ja toteutuneen kasvuluvun suuri ero on äärimmäisen harvinainen, näin suurta poikkeamaa ei ole aikaisemmin nähty.

Toimialan vientihinnat olivat korkeimmillaan kesäkuussa 2022, jolloin ne kohosivat 58 prosenttia edellisvuoden kesäkuusta. Korkeiden vientihintojen taustalla oli jo viime vuonna tarjontaa suurempi kysyntä. EU:n tänä vuonna Venäjää vastaan asettamien kauppapakotteiden seurauksena suuri osa venäläisistä metsäteollisuuden tuotteista poistuu EU:n markkinoilta. Etla arvioi syyskuussa 2022 julkaistussa ennusteessaan, että vientihinnat jäävät kuluvana vuonna noin 25 prosenttia viimevuotista korkeimmiksi.

Keväällä 2021 Etla arvioi, että puutuoteteollisuuden viennin määrä nousisi vajaat 6 prosenttia vuonna 2021. Euroopan markkinoilla vallinneen tarjontavajeen seurauksena viennin määrä kuitenkin lisääntyi 15 prosenttia. Vientimäärien kova kasvu taittui jo heti kuluvan vuoden alussa laskuun, ja niinpä viennin määrän odotetaan tänä vuonna supistuvan noin 5,5 prosenttia vuoden takaisesta. Vuonna 2023 vienti kasvaa aiemmin arvioitua vähemmän, koska kansainvälisen vientikysynnän kasvuarviota on alennettu.

Kansantalouden tilinpidon kesällä 2022 julkaistujen tilastojen mukaan puutuoteteollisuuden tuotos supistui vuoden 2020 keväällä vuonna 2021 arvioitua vähemmän, ja vastaavasti kasvuluku jäi vuonna 2021 ennustettua pienemmäksi. Toukokuussa 2021 Etla arvioi, että tuotos kasvaa vuosina 2021–2025 keskimäärin 2,3 prosentin vuosivauhtia. Tuoreimman ennusteen mukaan tuotos kasvaa vuosina 2022–2026 keskimäärin 2,6 prosenttia. Näkemyksessä ei ole suurta eroa, ottaen huomioon että viisivuotisjakso ulottuu uudessa ennusteessa vuoteen 2026 saakka.

Toteutuneiden tilastojen mukaan tiedetään nyt, että toimialan arvonlisäys kasvoi 1,5 prosenttia vuonna 2020 eikä supistunut. Viime vuonna arvonlisäyksen volyymi supistui vastoin kaikkia odotuksia peräti 42 prosenttia edellisvuodesta, vaikka vientihinnat nousivat poikkeuksellisen paljon. Tästä seuraa, että ennustevuosien arvioita on jouduttu muuttamaan. Myös vuoden 2021 toteutunut työllisyysluku yllätti. Etla arvioi keväällä 2021, että alan työllisyyden supistuminen jatkuisi vuonna 2021, mutta kansantalouden tilinpidon mukaan työllisten määrä nousikin 5,7 prosenttia.

5.3 Skenaariot vuoteen 2040: Puupohjaisen tuoteportfolion muutokset sekä vaikutukset kansantaloudellisessa näkökulmassa

5.3.1 Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous

Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous -skenaariossa sidosryhmäläiset arvioivat, että uusiutuvan energian, kuten aurinko-, tuuli- ja vesivoiman, tuottajat hyötyvät energiateknologian kehityksestä ja uusiutuvan energian edistämisestä Suomessa. Fossiilisiin polttoaineisiin perustuvat sektorit ja yritykset sekä lineaaritalouteen perustuvat tuottajat kärsisivät taloudellisia tappioita. Sidosryhmien mukaan vain täysin uudistumaan kykenevät yritykset menestyisivät. Menestyjiin tässä skenaariossa kuuluisivat yritykset, joiden tuotanto keskittyy innovatiivisiin biomateriaaliratkaisuihin, kuten tekstiileihin ja puupohjaisiin biokemikaaleihin. Ero kemian- ja metsäteollisuuden välillä näin ollen hämärtyy, ja metsäteollisuutta voitaisiin kutsua ”metsäkemian teollisuudeksi”. Myös innovatiivisia teknologioita ja kestäviä arvoketjuja kehittävät start-upit olisivat tässä skenaariossa vahvoilla. Sidosryhmät arvioivat, että julkiset maksut luonnon monimuotoisuuden tukemiseen ja suojelualueiden laajentamiseen voisivat olla korkeita ja kilpailla puuntuotannon kanssa. Metsä- ja maanomistajat voisivat hyötyä taloudellisesti luonnon monimuotoisuuden hinnoittelusta, minkä seurauksena kantohinnat voisivat nousta. Vuonna 2040 hakkuutason oletettiin nousevan 43 % nykyiseen hakkuutasoon verrattuna siitä huolimatta, että skenaariossa esitettiin tiukkoja rajoituksia metsien käytölle ja metsäpohjaiselle tuotannolle. Todennäköisintä tämän skenaarion toteutuessa olisi ehkä sittenkin, että hakkuutasot päinvastoin laskisivat käytettävissä olevan puuntuotantoalan pienentyessä.

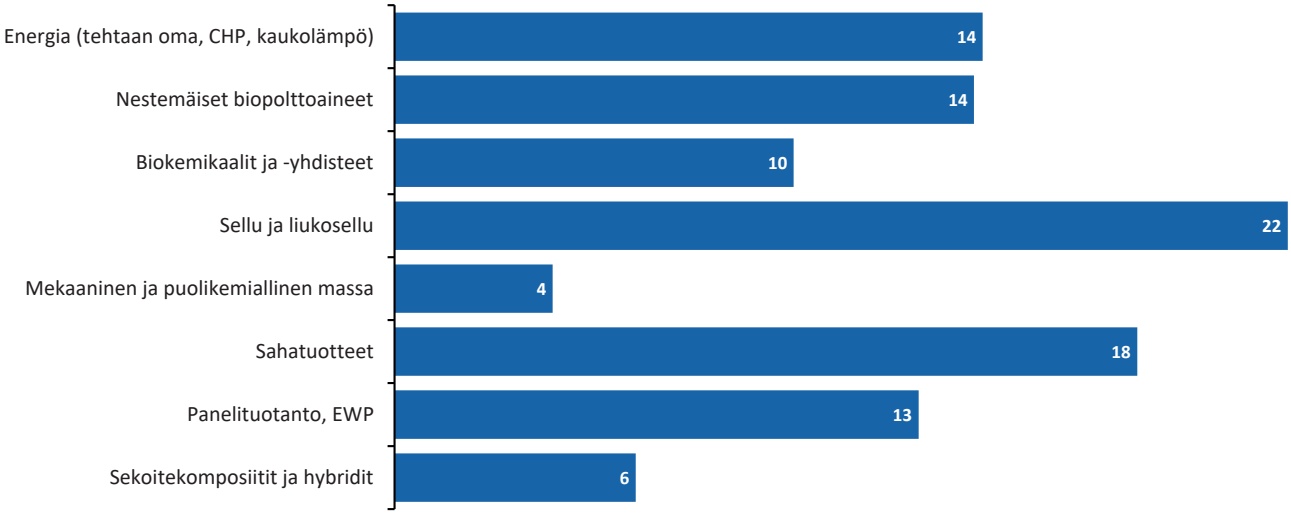
Kuvio 8 esittää skenaarion visualisointia, joissa sidosryhmäläiset allokoivat Suomessa korjatun puun eri käyttökohteisiin (välituotteisiin). Kuvio 8 esittää tutkimusryhmän tekemää omaa variaatiota skenaariosta, jossa puupohjaisen energian osuutta on kasvatettu Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous -skenaariossa.

Eniten puuvirtoja ohjautui tässä skenaariossa sahatavaraksi sekä selluun ja liukoselluun. Myös paneeleihin ja modifioituihin puutuotteisiin kuten monikerroslevyyn (CLT) ja viilupuuhun (LVL) ohjautui suhteessa suuri osuus puuvirroista, yhteensä 13 %. Puuta ohjautui energiantuotantoon enää 14 %, sillä skenaariossa olikin esitetty EU-tasolla rajoituksia puun energiakäyttöön. Sen

sijaan nestemäisiin biopolttoaineisiin sekä biokemikaaleihin ohjautui puuta verrattain paljon, 14 ja 10 %.

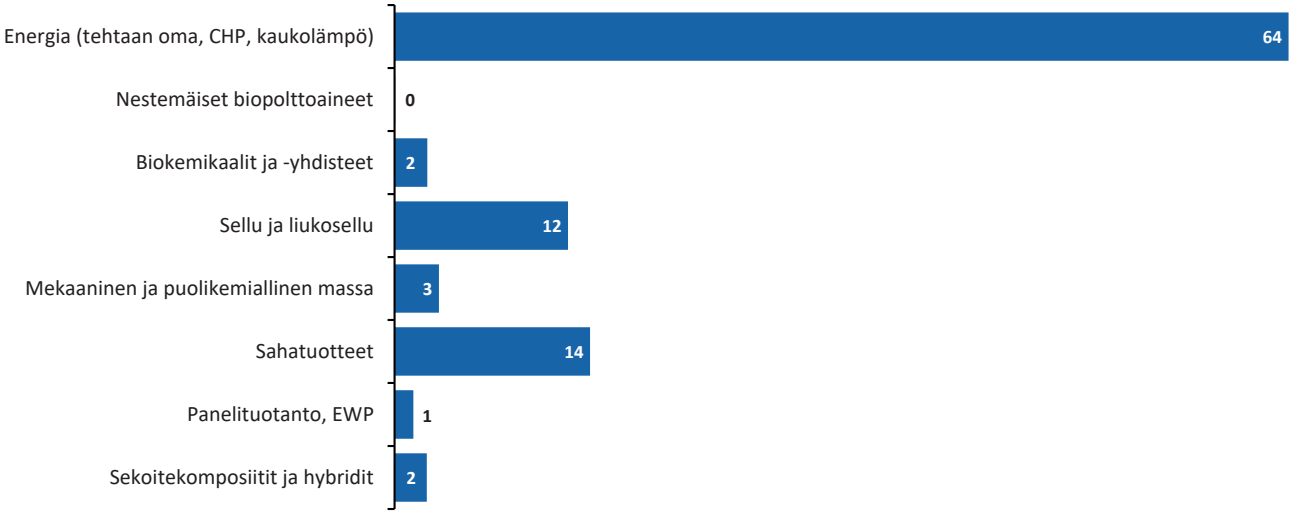
Lisäskenaariossa Energia: Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous -skenaariossa puuenergian osuutta muutettiin vastaamaan ÅF Pöyry (2020) ennakointiraportissa esitettyjä vaatimuksia puupohjaiselle energialle. Tällöin puuta ohjautui energiaksi yli 60 %. Puupohjaisten sivuvirtojen ohjautuessa tässä pääosin energiaksi, puuta ohjautui luonnollisesti vähemmän muihin käyttöihin. Tällaisessa skenaariossa sivuvirtoja hyödyntävät teollisuudet kärsisivät saatavilla olevan raakamateriaalin vähentymisestä. Sahatavaran tuotantoon taas sivuvirtojen käytön muutokset eivät raakamateriaalin saatavuuden puolella

Kuvio 8 **Puuvirtojen jakautuminen välituoteryhmiin skenaariossa Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous, %**



Mukaan on luettu myös teollisuuden sivuvirrat ja jätepuu.

Kuvio 9 **Puuvirtojen jakautuminen välituoteryhmiin skenaariossa Energia: Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous, %**



Mukaan on luettu myös teollisuuden sivuvirrat ja jätepuu.

vaikuttaisi samalla tavalla, mutta sillä voisi olla suuri vaikutus tuloihin. Sivuvirtojen myyntihinta vaikuttaa vahvasti sahojen tulokseen.

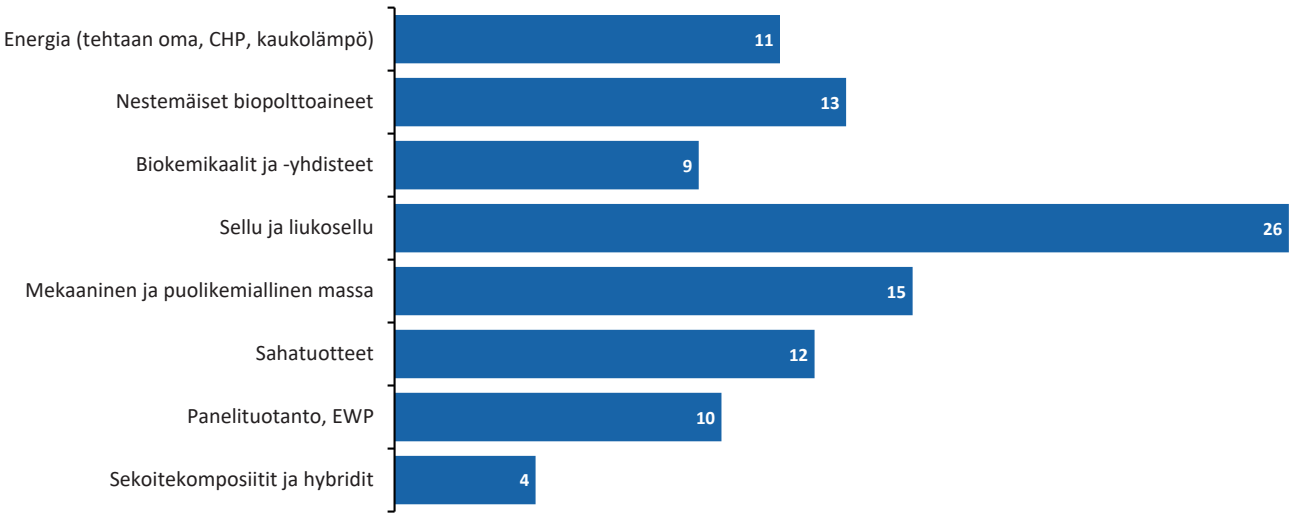
5.3.2 Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä

Suomessa ei-kierrätyskelpoisia materiaaleja valmistavat teollisuudenalat, mm. kertakäyttötavara- ja kaivosteollisuus, kärsisivät tässä skenaariossa. Suomen maaseudut saattavat kärsiä kuivuudesta, joka vahvistaa kaupungistumista ja lähituotannon vähentymistä. Yleisesti ottaen osaamis- ja koulutusviennin katsottiin kasvavan ja olevan yksi tärkeimmistä ”lisäarvotuotteista” Suomessa. Biokemian teollisuuden, erityisesti entsyymeihin liittyvän, sekä metsä- ja kemianteollisuuden yhdistettyjen arvoketjujen oletettiin menestyvän suurten tutkimus- ja kehityspanostusten ansiosta. Myös puhtaan teknologian ratkaisuilla sekä digitaalisen teknologian kehitysyhtiöillä olisi mahdollisuus kasvaa nopeasti. Digitalisaatio ja uudet energiateknologiat vauhdittaisivat myös palvelusektoria, erityisesti metsämatkailua. Digitalisaation kasvu voi säästää metsävaroja resurssitehokkuuden ansiosta. Sidosryhmät arvioivat hakkuutason kasvavan 7,5 % nykyiseen verrattuna tässä skenaariossa, joka on vielä maltillinen arvio muihin skenaarioihin verraten.

Skenaarion visualisoinnissa sidosryhmäläiset olettivat puuvirroista ohjautuvan energiaksi suhteellisen vähän (10 %) (kuvio 10), vaikka Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä -skenaarion erityispiirteenä oli se, että puun energiakäyttö oli sallitumpaa. Puuvirrat ohjautuivat visualisoinnissa suhteellisen tasaisesti kaikkiin tuoteryhmiin. Nestemäisiin biopolttoaineisiin ohjautui 12 %, biokemikaaleihin 8 sekä paneeleihin ja modifioituihin puutuotteisiin 10 %. Sekoitekomposiitteihin sen sijaan ei ohjautunut puuvirroista kuin 4 %. Kemialliseen selluun ja liukoselluun ohjautui puuvirroista suurin osa, 23 %, ja sahateollisuuden tarpeisiin sen sijaan vain 11 %. Toisaalta oletettiin, että sahatavara on vain pidemmälle jalostettua ja koostuu enemmän modifioiduista puutuotteista.

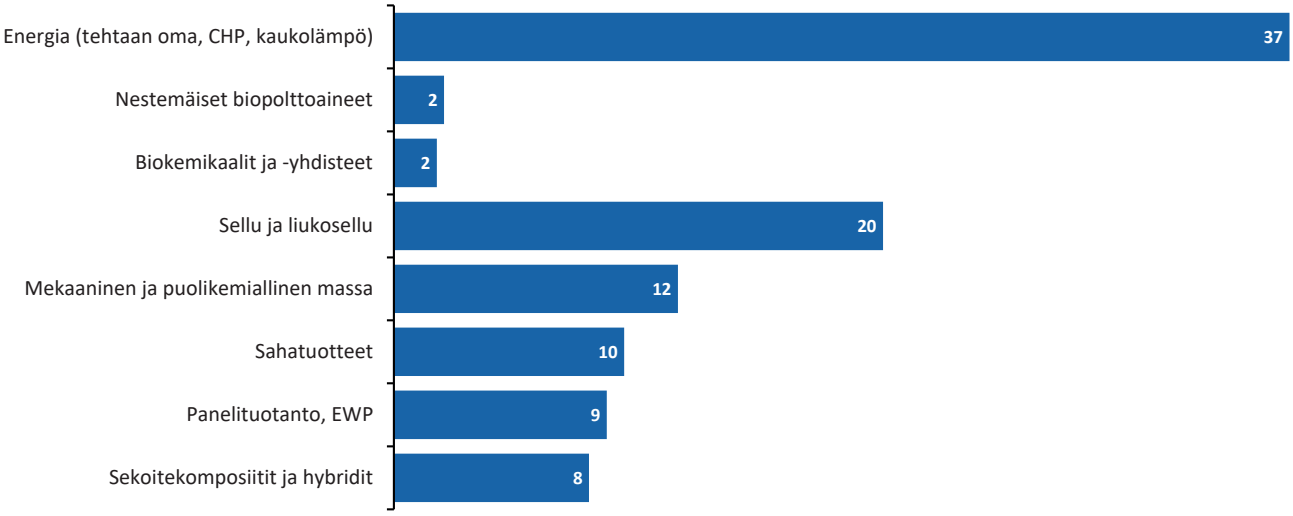
Tutkijaryhmän tekemässä lisäskenaariossa Energia: Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä ohjattiin sivuvirtoja enemmän energiatuotantoon niin, että määrä vastasi (Koljonen ym., 2012) ennakointiraportissa esitettyä puuenergian minimitarvemäärää. Tällöin energiaksi ohjautui puuvirroista yhteensä 37 % (kuvio 11). Luonnollisesti sivuvirtojen ohjautuminen energiaksi pienensi muiden tuotteiden osuutta tuoteportfoliossa alkuperäiseen skenaarioon verrattuna. Koska tuoteportfolio oli tasaisesti jakautunut alkuperäisessä skenaariossa ja lisäskenaarion energialisäys oli suhteessa maltillinen, eivät muutokset materiaalituotannossa olleet yhtä radikaaleja kuin esim. Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous -lisäskenaariossa.

Kuvio 10 Puuvirtojen jakautuminen välituoteryhmiin skenaariossa Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä, %



Mukaan on luettu myös teollisuuden sivuvirrat ja jätepuu.

Kuvio 11 Puuvirtojen jakautuminen välituoteryhmiin skenaariossa Energia: Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä, %



Mukaan on luettu myös teollisuuden sivuvirrat ja jätepuu.

5.3.3 Yhteenkuuluvuuden aikakausi

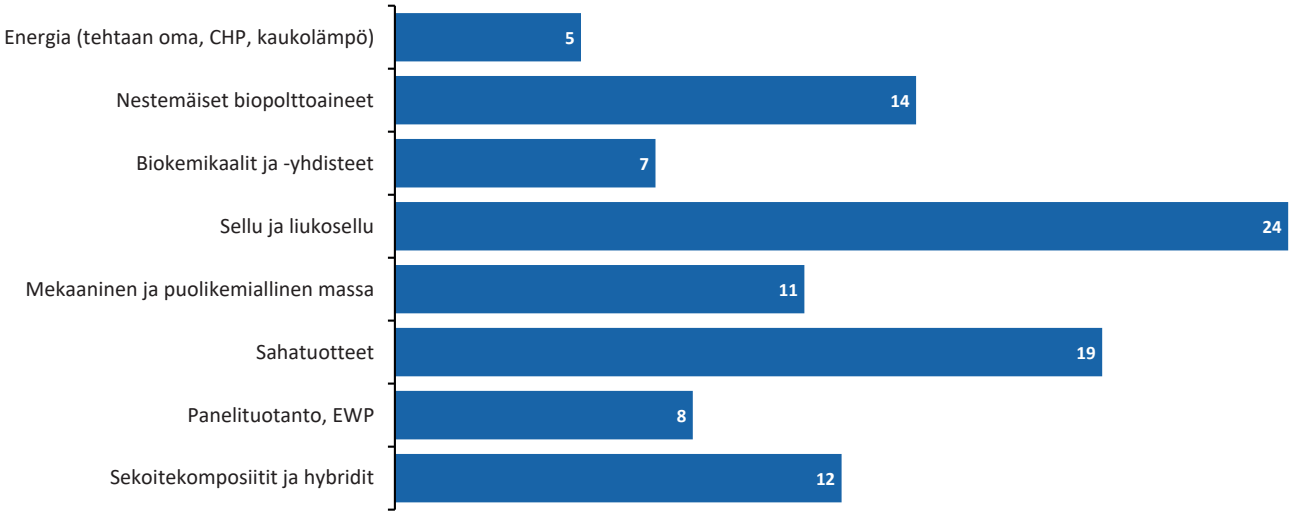
Yhteenkuuluvuuden aikakausi -skenaariossa sidosryhmäläiset arvioivat, että kulttuurin muutos (ei-materialistinen elämäntapa ja perheen arvostus työn yli) näkyy myös Suomessa. Tämä tarkoittaa, että sosiaaliset suhteet ovat tärkeämpiä kuin työ. Koska ei-materialistinen elämäntapa on kasvava trendi, suurimmat voittajat olisivat palvelu- ja tietotekniikan alat. Erityisesti matkailu- ja luontopalveluyritykset menestyisivät, mistä hyötyisivät myös metsänomistajat. Sidosryhmäläiset pitivät tässä skenaariossa mahdollisena, että työsuhteet yleisesti eivät olisi yhtä yhtenäisiä ja työnvälityspalveluja käytettäisiin paljon. Vaikka skenaariossa oletettiin maaseutujen vetovoiman lisääntyvän, on silti mahdollista, että esimerkiksi korjuuyritykset sekä metsänhoitopalveluyritykset eivät voisi työskennellä yhtä paikallisesti metsien monikäytön yleistyessä ja hehtaarialojen per omistaja pienentyessä, joka pirstaloi käsittelyn kohteena olevia metsiä ympäri Suomen.

Energia-alalla uusiutuvat muodot hallitsevat paikallisia markkinoita vahvasti tässä skenaariossa, mutta puulla ei ole siellä yhtä suurta roolia kuin esim. aurinko- ja tuulivoimalla, tai esim. vety- ja ydinenergialla. Tässä skenaariossa kaikki fossiilisiin polttoaineisiin perustuva tuotanto katsottiin kannattamattomaksi. Eurooppalaiset ”vihreän infrastruktuurin” vaatimukset (80 % sinistä tai vihreää infraa) voivat mahdollistaa puuttomien alueiden metsityksen myös kaupungeissa, mikä lisää hiilidioksidin ottoa. Kunnat tosin voisivat joutua taloudellisiin vaikeuksiin yrittäessään päivittää infrastruktuuria poliittisten vaatimusten mukaisiksi. Yleisesti ottaen sidosryhmät totesivat, että on täysin metsäsektorista itsestään kiinni, menestyykö se tässä skenaariossa vai ei. Vain ne liiketoimintakonseptit, jotka pystyvät uusiutumaan 100 %, voivat selviytyä. Jos rakennemuutos onnistuu, viennin arvo voi nousta rajusti. Vaikka yleinen hyvinvointi kasvaa joka tapauksessa kulttuurin muutoksesta johtuen, on myös mahdollista, että Suomen bkt laskee, jos vanhat liiketoimintamallit ja erityisesti asenteet säilyvät. Sidosryhmien mukaan metsänomistajat hyötyisivät tästä skenaariosta melkeinpä eniten, koska metsän hyödyntämiseen olisi enemmän mahdollisuuksia. Hakkuutason oletettiin nousevan keskimäärin 24 % tähän päivään verrattuna tässäkin skenaariossa.

Alkuperäisessä työpajaskenaariossa oletettiin, että puuvirroista ohjautuisi lämmön ja sähkön tuotantoon enää 5 % (kuvio 12). Puuvirroista ohjautuisi yhtä suuri osuus niin sahateollisuuteen kuin sellun ja liukosellun tuotantoon (18 %). Mekaaniseen ja puolikemialliseen massaan ohjautuisi puuvirroista vastaavasti 13 %, puupohjaisiin biokemikaaleihin 9 % ja nestemäisiin biopolttoaineisiin 16 %.

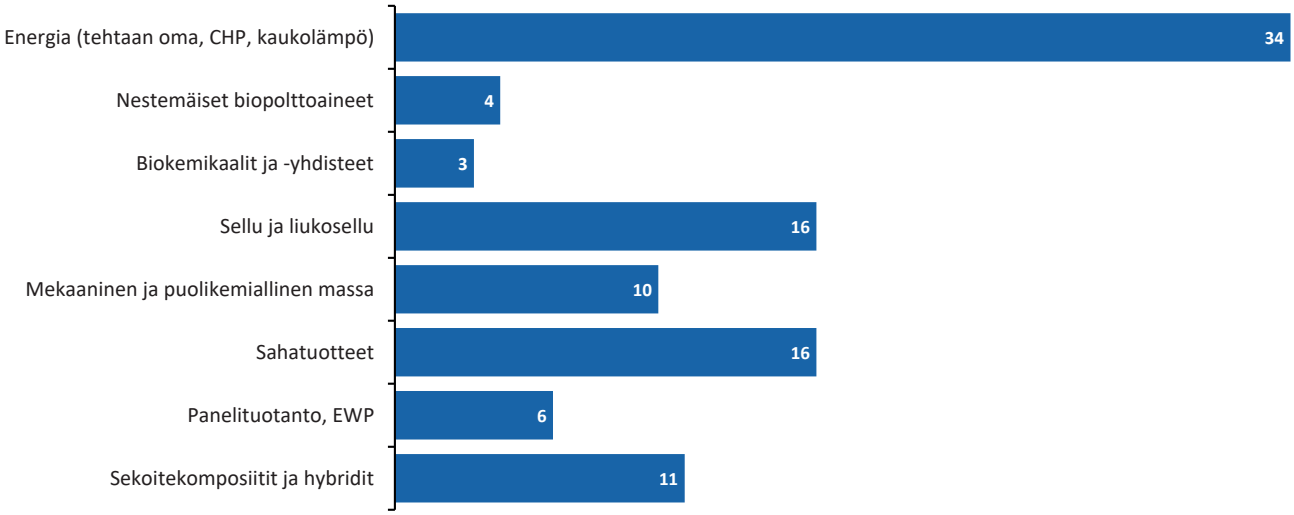
Tutkijaryhmän tekemässä lisäskenaariossa Energia: Yhteenkuuluvuuden aikakausi ohjattiin sivuvirtoja enemmän energiatuotantoon niin, että määrä vastasi (Koljonen ym., 2012) ennakointiraportissa esitettyä puuenergian minimitarvemäärää. Myös tässä skenaariossa energian kysyntä tyydytettiin lisäämällä sivuvirtojen energiakäyttöä. Kaikista puuvirroista 34 % ohjautui energiaan tässä skenaariossa (kuvio 13). Puuvirroista 16 % kohdistui edelleen selluun ja liukoselluun sekä sahatavaraan ja 11 % sekamateriaalikomposiitteihin. Tuoteportfolio säilyi suhteellisen monipuolisena lisääntyneestä energiankäytöstä huolimatta, ja tilaa oli vielä mm. nestemäisten biopolttoaineiden ja biokemikaalien tuotantoon, jotka perustuivat sivuvirtoihin.

Kuvio 12 Puuvirtojen jakautuminen välituoteryhmiin skenaariossa Yhteenkuuluvuuden aikakausi, %



Mukaan on luettu myös teollisuuden sivuvirrat ja jätepuu.

Kuvio 13 Puuvirtojen jakautuminen välituoteryhmiin skenaariossa Energia: Yhteenkuuluvuuden aikakausi, %



Mukaan on luettu myös teollisuuden sivuvirrat ja jätepuu.

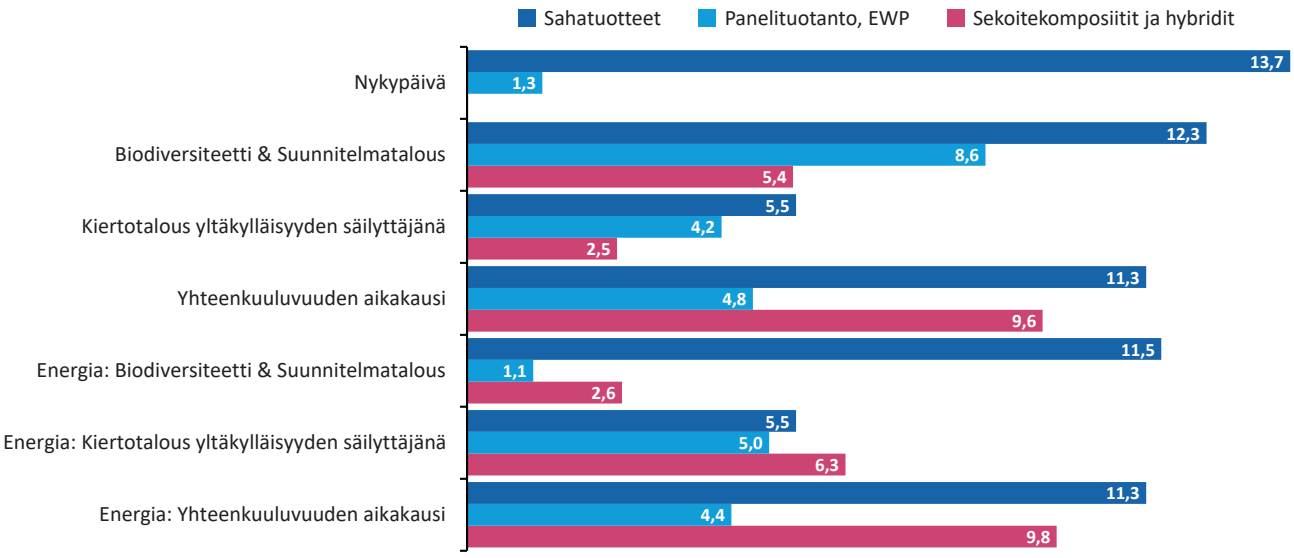
5.4 2040 skenaariot lukuina: Tuotanto, tuotannon arvo sekä työllisyys

Kaikissa skenaarioissa oletettiin hakkuutasojen kasvavan nykypäivään nähden, jonka vuoksi jokainen niistä tuotti korkeamman laskennallisen tuotannon kokonaisarvon nykypäivään verrattuna. Tämän vuoksi skenaarioiden tuotantovolyymit välituotteissa, tuotannon arvo sekä työllisyys on esitetty myös nykypäivän hakkuutasoon suhteutettuna (indikaattorit suhteutettu hakattuihin puumääriin ja verrattu niitä nykypäivän tasoon). Tulee myös huomioida, että koska vuodelle 2040 ei ole mahdollista arvioida yksittäisiä muuttujia euromääräisen arvon ja työllistävyyden kannalta tuotannon eri osa-alueilla, vertailussa on käytetty nykypäivän aineistoa. Siksi arvioita tulee tarkastella ainoastaan suuntaa antavina. Tämän lisäksi arviot koskevat ainoastaan metsäsektorin välituotteita, eikä esimerkiksi tuotannon ympärille tarvittavan palvelusektorin vaikutuksia ole laskelmissa mukana.

Alkuperäiset työpajaskenaariot tuottivat kokonaisuudessaan korkeamman arvon myös nykypäivän hakkuutasoon suhteutettuna, sillä sivuvirtoja käytettiin enemmän korkean arvon materiaalituotantoon kuin nykypäivänä. Nykypäivänä energiantuotanto hallitsee sivuvirtojen käyttöä vahvasti. Vaikka sahatavaran tuotanto skenaarioissa laski suhteessa nykypäivään, tilalle oletettiin pidemmälle jalostettuja rakennustuotteita (modifioituja puutuotteita), kuten monikerroslevyä (CLT) ja viilupuuta (LVL) sekä muita levytuotteita. Nykypäivän hakkuutasoihin suhteutettuna, kaikki muut skenaariot paitsi lisäskenaario Energia: Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous tuottivat 0,9–8,3 mrd. euroa korkeamman tuotannon kokonaisarvon sekä 2 400–40 800 työpaikkaa enemmän verrattuna nykypäivään. Tämä on selitettävissä sillä, että skenaarioissa tuotetaan suhteessa enemmän korkeamman arvon tuotteita, mukaan lukien paneelit, sekoitekomposiitit ja hybridit sekä biokemikaalit ja nestemäiset biopolttoaineet, kuin nykypäivänä. Energia: Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous -skenaariossa materiaalivirtoja oli muokattu niin, että yli 60 % kaikista puuvirroista ohjautui energiantuotantoon. Tämän vaikutuksesta kokonaisarvo ja työllisyys oli pienempi kuin nykypäivänä, sillä energiantuotannon prosessissa työllistävyys sekä tuotannon arvo ovat pienempiä materiaalituotantoon verrattuna. Tietysti on mahdollista, että materiaalituotannon ja energian arvot tulevat lähemmäksi toisiaan tulevaisuudessa, mikäli fossiilisille polttoaineille ei saada kehitettyä vaihtoehtoja.

Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä -skenaario myös erottui vertailussa, sillä alkuperäinen työpajaske-

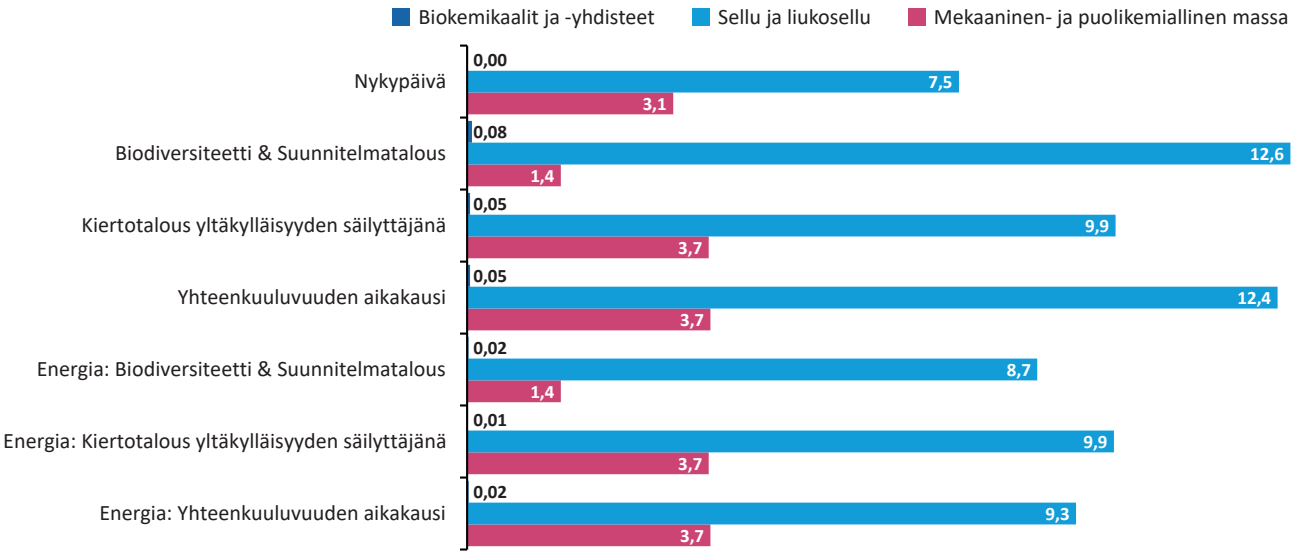
Kuvio 14 Kiinteiden puutuotteiden tuotanto skenaarioissa, milj. m³



Hakkuutasomuutokset huomioitu laskelmissa.

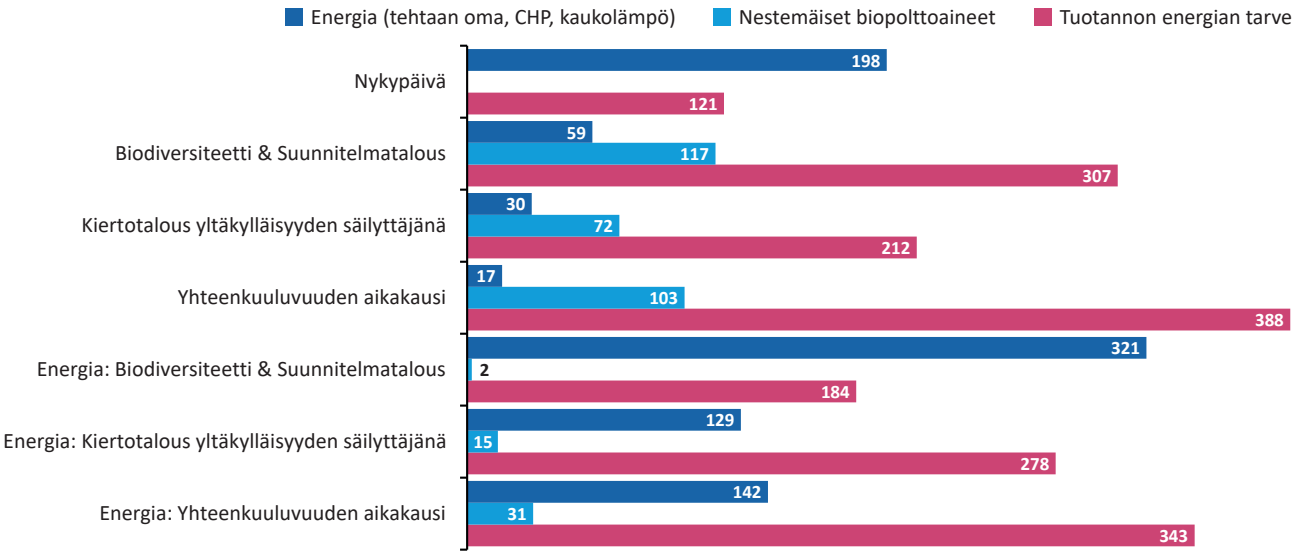
naario tuotti nykypäivään verrattuna vain 0,9 mrd. euroa korkeamman tuotannon arvon ja 2 390 työpaikkaa enemmän, kun taas siitä tehty kasvatetun energian skenaario tuotti vastaavasti jopa 3,3 mrd. euroa korkeamman arvon ja 20 256 työpaikkaa lisää nykypäivään verrattuna. Tämä johtuu siitä, että kemiallisen sellun ja liukosellun sekä sahatavaran tuotantoa on suhteessa paljon tuoteportfoliossa, jolloin pidemmälle jalostetuille tuotteille, kuten

Kuvio 15 Sellupohjaisten tuotteiden ja muiden biojalosteiden tuotanto skenaarioissa, milj. tonnia



Hakkuutasomuutokset huomioitu laskelmissa.

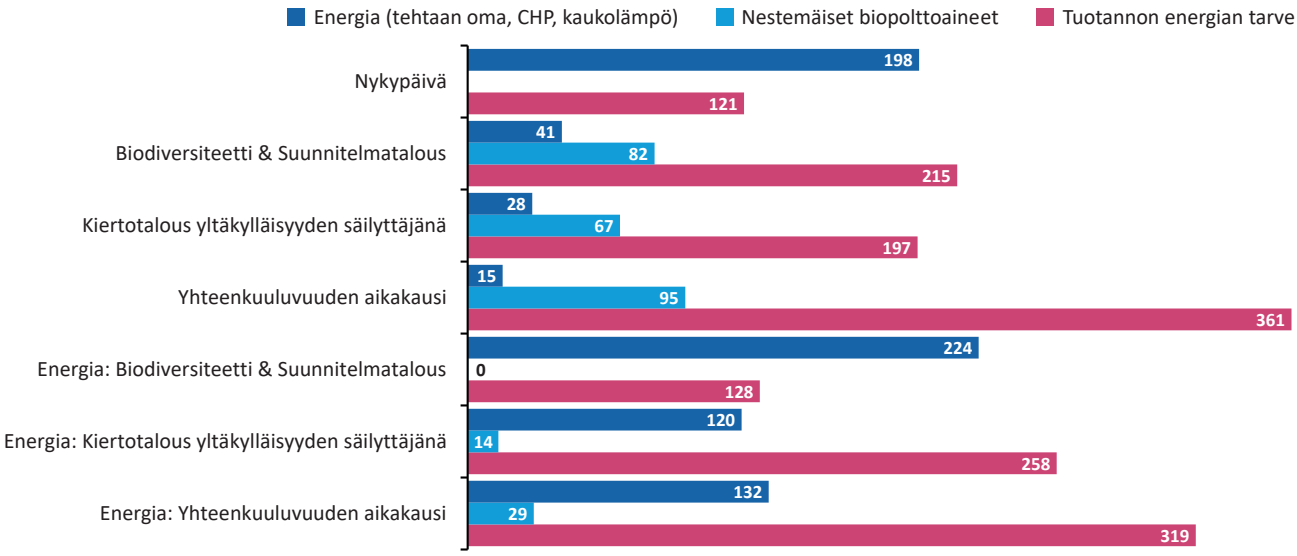
Kuvio 16 Energian ja nestemäisten biopolttoaineiden tuotanto skenaarioissa sekä skenaarioiden metsäpohjaisen tuotannon energian tarve, tuhatta terajoulea



Hakkuutasomuutokset huomioitu laskelmissa.

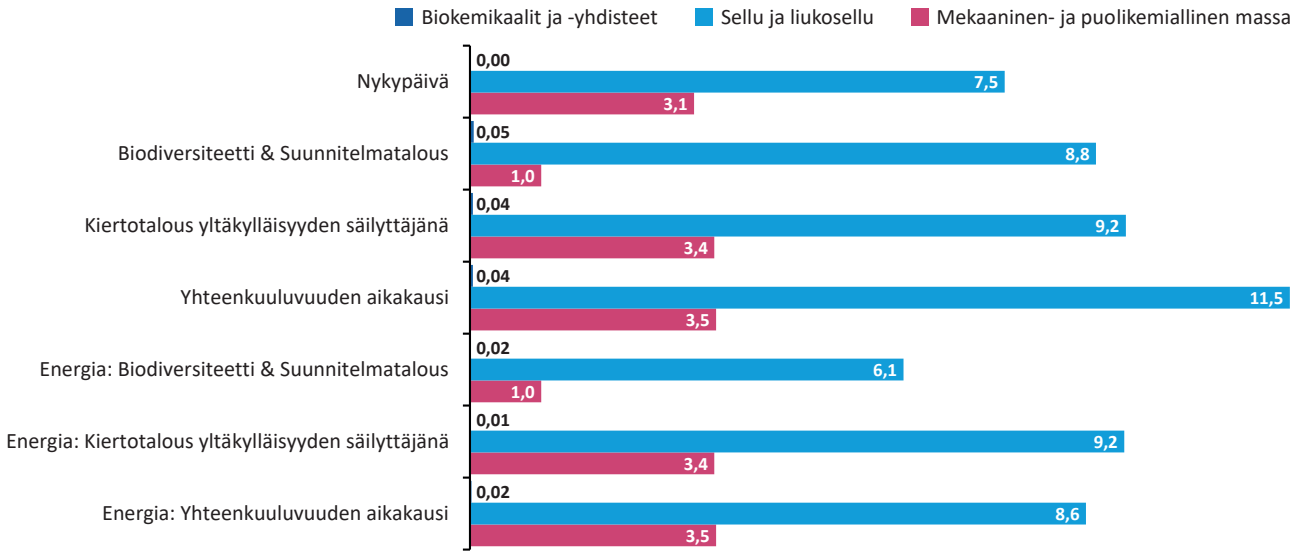
paneelit ja modifioidut puutuotteet, biokemikaalit sekä sekoitekomposiitit ja hybridit, jää vähemmän raakamateriaalia. Lisäskenaariossa tämä dynamiikka muuttui, ja pidemmälle jalostettuja tuotteita saatiin enemmän siitä huolimatta, että energian osuutta kasvatettiin. Ei siis ole yksiselitteistä, että hajautettu tuoteportfolio ja energian osuuden pienentäminen automaattisesti kasvattaisi tuotannon arvoa ja työllisyyttä.

Kuvio 17 Energian ja nestemäisten biopolttoaineiden tuotanto skenaarioissa, 1 000 terajoulea



Hakkuutasot suhteutettu nykypäivän tasoon vertailua varten.

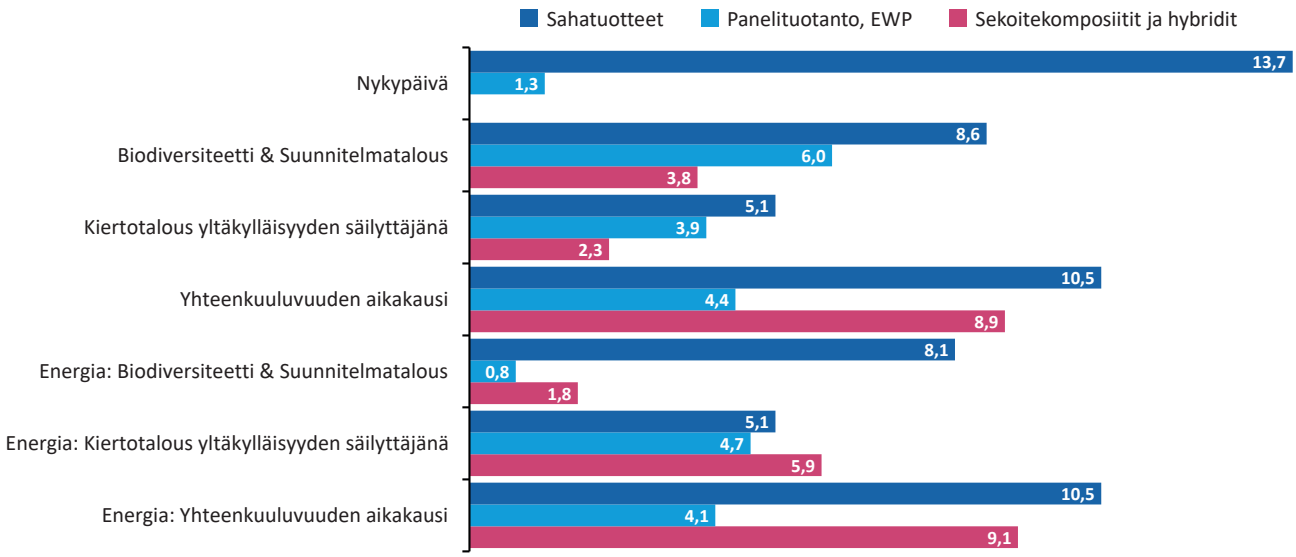
Kuvio 18 Sellutuotteiden ja muiden biojalosteiden tuotanto skenaarioissa, milj. tonnia



Hakkuutasot suhteutettu nykypäivän tasoon vertailua varten.

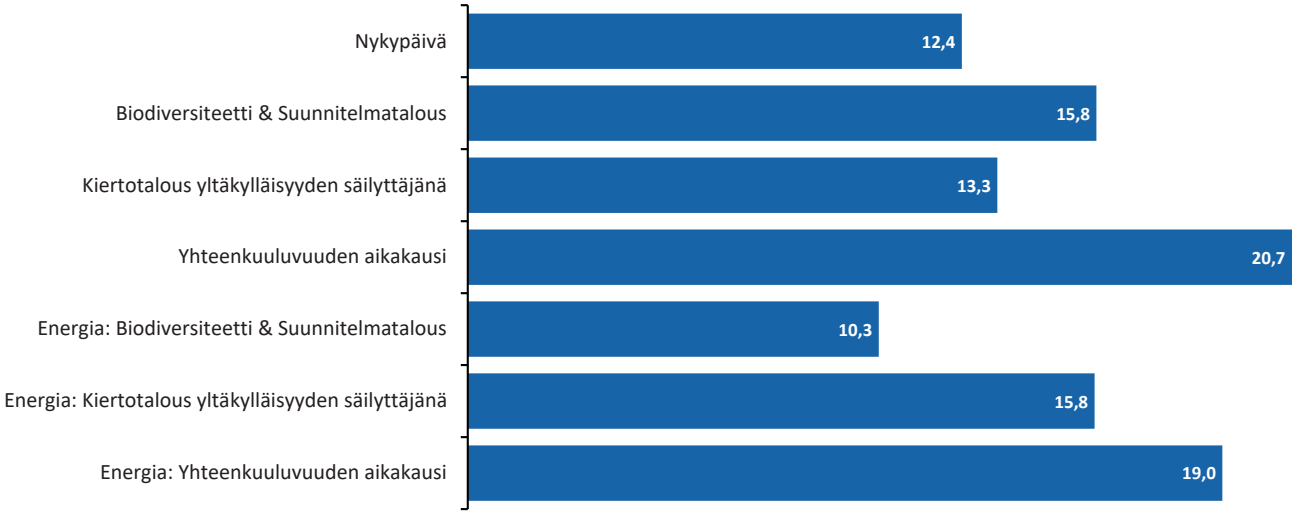
Tuotannon arvon ja työllisyyden kannalta Yhteenkuuluvuuden aikakausi -skenaario näytti tuottavan parhaan tuloksen. Myös lisäskenaariossa, jossa puun energiakäyttöä oli kasvatettu, saatiin 6,6 mrd. euroa korkeampi tuotannon kokonaisarvo ja 39 065 työpaikkaa lisää verrattuna nykypäivään. Skenaariossa kiinteiden puutuotteiden, ja erityisesti pidemmälle jalostettujen puutuotteiden, yhteenlaskettu osuus oli suurin verrattuna muihin, joka selittää eroa. Toisaalta esimerkiksi selluteollisuuden arvo laskelmissa on hämäävä, sillä esim. tekstiilituotanto kotimaassa sekä erilaiset hygieniatuoteratkaisut voisivat nostaa tuotannon arvoa huomattavasti.

Kuvio 19 Kiinteiden puutuotteiden tuotanto skenaarioissa, milj. m³



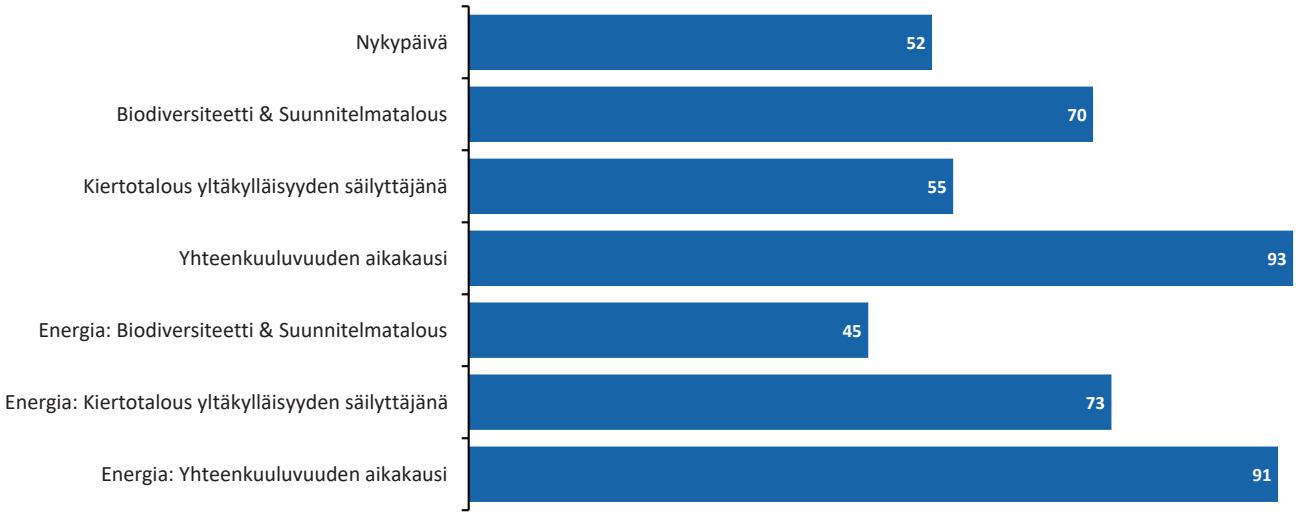
Hakkuutasot suhteutettu nykypäivän tasoon vertailua varten.

Kuvio 20 Metsäpohjaisen tuotannon (välituotteet) arvo skenaarioissa, mrd. euroa



Hakkuutasot suhteutettu nykypäivän tasoon vertailua varten.

Kuvio 21 Metsäpohjaisen tuotannon työllistävyys (välituotteet, työpaikkaa/skenaario), 1 000 hlöä



Hakkuutasot suhteutettu nykypäivän tasoon vertailua varten.

Huomionarvoisin seikka skenaarioissa on vertailu tuotantoon tarvittavan energian ja puulla tuotetun energian eroista. Nykypäivänä Metsäteollisuus tuottaa energiaa yli oman tarpeensa ja voi tarjota sitä mm. kaukolämpönä (kuvio 16 ja 17). Skenaarioista sen sijaan ainoastaan lisäskenaario Energia: Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous tuottaa vastaavan tilanteen, jossa puupohjaista energiaa tuotetaan metsäteollisuudessa yli tarpeen. Tämä skenaario vaati kuitenkin puuvirroista yli 60 % energiaksi, joka veti tuotannon arvon ja työllisyyden matalammalle kuin nykypäivänä. Jokaisessa skenaariossa oletettiin materiaalituotannon kasvattavan osuuttaan ja korkean arvon tuotteiden sekä pidemmälle jalostettujen tuotteiden lisääntyvän. Korkeampi jalostusaste kasvattaa samalla energian tarvetta. Skenaarioissa toki oletettiin energiateknologioiden ottaneen valtavia harppauksia ja energiapalettiin kuuluvan vuonna 2040 lisää niin ydinvoimaa, aurinko- ja tuulivoimaa kuin vetyenergiaakin. Skenaarioissa tulisi tuottaa muilla energiamuodoilla kuin puulla jopa 3–5 Olkiluoto 3:n verran energiaa, ja tämä pelkästään metsäteollisuuden tuotannon tarpeisiin. Investointien pitkien toteutumisaikojen ja nykyteknologioiden valossa ei ole itsestäänselvyys, että Suomessa olisi vuoteen 2040 mennessä vaihtoehtoisten energiamuotojen kapasiteettia korvaamaan puupohjaista energiaa noin suuressa skaalassa.

Mikäli teknologialäpilyöntejä tehtäisiin ja energiainvestointeihin ryhdyttäisiin heti, ei silti lopputulos ole itsestäänselvyys. Mikäli energian hinnat jatkavat kasvuaan, ostetun energian kustannus voisi olla metsäteollisuudelle miljardeja. Tuotannon arvon kasvu kattaisi osin tätä lisäkustannusta mutta olisi riippuvainen myös maksuhalukkuudesta markkinoilla. Tuotantokustannusten nousu olisi todennäköistä, ja esimerkiksi jokapäiväisten käyttötarvikkeiden, kuten hygieniatuotteiet ja tekstiilit osalta lopputuotteen korkein hyväksytty hinta ei välttämättä riittäisi kattamaan tätä. Näin ollen lopputuotteiden jalostus saattaisi tapahtua Suomen ulkopuolella, mikäli toisaalla valmistus tulisi edullisemmaksi.

6 Johtopäätökset

6.1 Suomalaisten metsien hoito ja käyttö

6.1.1 Sääntelyn muutokset ja metsien käyttötarpeet

EU:n politiikassa on jo näkyvissä muutoksia, joilla on vaikutusta metsien käyttöön. Ajurina toimivat niin tiukentunut ilmastopolitiikka kuin biodiversiteettitavoitteetkin. EU:n ilmastopolitiikka pyrkii ylläpitämään ja

voimistamaan metsien hiilinielua, ja biodiversiteettistrategian tavoitteena on pysäyttää biologisen monimuotoisuuden väheneminen vuoteen 2030 mennessä mm. suojelua lisäämällä. Skenaarioissa ennakointiin rajoituksia metsien käyttöön, jotka perustuisivat mm. biodiversiteettiin tai metsään perustuvan tuotannon volyymiä sitovaan ylärajaan. Arvioitiin, että metsänomistajille tarjottaisiin julkista tukea luonnon monimuotoisuuden ylläpitoon. Näin ollen metsistä saatava taloudellinen hyöty ei olisi enää niin vahvasti sidottu yksin puun tuotantoon. Toisaalta, jos metsänkorjuuyhtiöille ja maanomistajille ei luoda riittäviä kannustimia aineettomien tavoitteiden saavuttamiseksi, tiukka lainsäädäntö johtaa tulonmenetyksiin (Rosenkranz ym., 2014). Uuden sukupolven metsäomistajien on arvioitu pyrkivän hajauttamaan metsiensä käyttöä sijoitussalkun monipuolistamiseksi. Heitä saattaa kiinnostaa yhä enemmän myös esimerkiksi luontomatkailu liiketoimintana. Tämä saattaisi avata uusia tulonlähteitä, joiden myötä luonnon monimuotoisuuden lisääminen voisi saada markkinalähtöisesti lisäkannustimia.

Skenaarioissa ajateltiin, että vaikka puuntuotantoon käytettävä pinta-ala saattaisi pienentyä mm. suojelutavoitteiden vuoksi, puuston kasvun olisi mahdollista lisääntyä tulevaisuudessa. Ilmakehän kasvava CO_2-pitoisuus voi lisätä puuston kasvua kuten myös esim. typpilannoituksen lisäämisen kangasmetsissä ja taimiaineksen jalostus (Routa ym., 2011; Routa ym., 2019). Myös harvennuksen voimakkuudella ja ajoituksella sekä kehittyneemmillä koneilla ja uusilla harvennusmenetelmillä on mahdollista lisätä puuraaka-aineen saatavuutta (Routa ym., 2011; Prinz ym., 2018). Politiikan muutosten ja kestävän käytön rajojen valossa on kuitenkin epätodennäköistä, että hakkuutasoja voitaisiin kasvattaa nykyisestä. Tulisikin varautua siihen mahdollisuuteen, että hakkuukertymät vähenevät nykyisestä tasostaan.

Eri-ikäisrakenteisten metsien ja yläharvennuksen ajatellaan yleistyvän tulevaisuudessa. Metsänhoitomenetelmien monimuotoisuus on hyväksi metsätuhojen riskienhallinnan kannalta. Hyönteis- ja sienituhojen arvioidaan lisääntyvän tulevaisuudessa. Sekapuustoisuus ja eri-ikäisrakenteisuus voi suojata mm. hyönteistuholta. Tuhoriskien torjunta voi kasvattaa niin harvennushakkuiden kuin hoitosuunnitelmienkin kustannuksia, mutta samalla skenaarioissa oli todennäköistä puunhinnan nousu, joka kompensoisi kasvaneita kustannuksia.

Korjuukustannusten nousua voisivat aiheuttaa myös skenaarioissa oletetut tiukennukset suojelulainsäädännössä. Korjuussa metsänkoneenkuljettajalle voisi tulla entistä suurempi vastuu, ja aikaa vievää suunnittelua paikan päällä saatettaisiin tarvita entistä enemmän ennen korjuuta. Toisaalta modernit koneet ja digitalisaatio mahdollistavat tehokkaan datankeruun ja -prosessoinnin jo nyt. Tulevaisuudessa markkinoille voi tulla yhä automatisoidumpia koneita, jotka nopeuttavat työtä. Toisaalta on oletettavaa, että metsäkoneet (ja kuljetuskalusto) käyvät jatkossa biopolttoaineilla tai ne on sähköistettävä. Tällöin korjuuyrityksille on tiedossa suuria laiteinvestointeja, joista pienempien toimijoiden voi olla vaikea selvitä, mikäli kustannusten nousu ei näy palkkioissa.

Yläharvennuksessa hakkuut pyritään keskittämään tukkikokoluokan runkoihin. Mikäli sellun ja liukosellun tuotannot kasvaisivat nykyisestä niin kuin skenaarioissa oletettiin, voisi kuitupuun kysyntä kasvaa suhteessa tukkipuun kysyntään. Tukkipuusta ja kuitupuusta maksettavat kantohinnat voisivat tällöin lähentyä toisiaan samalla kun läpimittarajoja voitaisiin muuttaa.

Vuoden 2022 tilanteen valossa on epätodennäköistä, että teollisuudessa haluttaisiin lisätä riippuvuutta tuontipuusta, ja siksi kotimaan raaka-ainesaatavuus kasvattaa merkitystään. Pieniläpimittaiselle puulle voi edelleen tulla kysyntää myös mm. komposiittiteollisuuden ja biokemikaalien sekä nestemäisten biopolttoaineiden tuotannon tarpeisiin. Näin ollen metsänomistajat voisivat saada energiapuulle korvaajan kannustamaan nuorten metsien hoitoa. Mikäli kantohinnat kasvaisivat pieniläpimittaiselle puulle, ensiharvennus voisi tulla kannattavammaksi myös ilman tukia, joista saatetaan luopua tulevaisuudessa.

6.1.2 Työllisyysvaikutukset sekä koulutustarpeet metsänhoidossa ja puuhuollossa

Metsäkoneenkuljettajien työ voi muuttua vaativammaksi tiukentuvan ja monimutkaistuvan metsälainsäädännön myötä. Myös ennen harvennushakkuita ja muita korjuuoperaatioita saatetaan tarvita enemmän aikaa vievää ennakkosuunnittelua. Koneiden nopea uusiutumistahti ja niiden vaatimat IT-taidot ja analytiikka tuovat uudistustarpeita koulutuksesta lähtien.

On huomattava, että metsänhoitajat käyvät läpi korkeakouluopinnot ja heillä IT-taidot ja tehtävien moninaisuus

korostuvat jo nyt opinnoissa ja työelämässä. Sektorin hämärtyvillä rajoilla ja mm. ohjelmistokehityksessä voi olettaa työtehtävien lisääntyvän entisestään. Koulutukseen kaikilla asteilla voi olla hyödyllistä lisätä enemmän lainopillisia kursseja sekä informaatiokäsittelyä ja tietojenkäsittelytiedettä. Lainopillisista kursseista on hyötyä mm. puuhuollossa, kun tulee tunnistaa esimerkiksi korjuisiin liittyviä rajoitteita lain näkökulmasta.

Digitalisaatio ja ohjelmistoammattilaisten kytkeminen metsäalaan voi tehostaa metsäsuunnittelua ja metsien käytön optimointia. Toisaalta eri osaamisten yhdistely, eli esimerkiksi metsien monikäyttöön erikoistuneen metsänhoitajan ja tietojenkäsittelytieteilijän taidot, voidaan yhdistää vaikkapa digitaalisella suunnittelualustalla. Monipuolista tietotaitoa vaaditaan, mutta niin myös sen digitaaliseen muotoon saattamista sekä digitaalisten työkalujen hyödyntämistä. Lisäksi tiivis yhteistyö oppilaitosten ja yritysten välillä, harjoitteluiden ja käytännön oppikokemusten muodossa, on tärkeää, jotta työhön siirtyminen esimerkiksi metsäkoneenkuljettajilla olisi mahdollisimman nopeaa, eikä työvoiman koulutus muodostuisi liian korkeaksi kulueräksi pienemmille yrityksille.

Kahdessa hankkeen skenaariossa ajateltiin maaseudun autioitumisen jatkuvan, mikä voi tarkoittaa sitä, että tulevaisuudessa metsäalan töihin voi liittyä enemmän matkustamista. Alalla toimivat näkevät, että digitalisaatio ja tietopankit vähentävät tarvetta maastotyölle (Ovaskainen & Pajuoja, 2020), joskin tarkistuskäyntien määrä maastossa voisi tiukemman lainsäädännön myötä kasvaa. Kaupunkilaismetsänomistajat saattaisivat haluta yhä enemmän ja monipuolisemmin metsäsuunnittelupalvelua, digitaalisia käyttöalustoja sekä koulutuspalveluja. Palveluita tarvitsevien metsänomistajien osuus kasvanee metsänomistuksen rakennemuutoksen edetessä (Hänninen ym., 2020). Tämä kasvattaisi metsänhoidon palvelusektoria ja loisi uusia liiketoimintamalleja.

Metsäalan perustutkinnossa sekä metsätieteiden korkeakouluopinnoissa tulisi jatkossakin huomioida metsien moninaistuvat käyttötavat sekä metsänhoitomenetelmien laaja kirjo. Luonnon monimuotoisuus, hiilen sidonta sekä muut aineettomat palvelut yleistyvät puuntuotannon ohella, ja metsänhoitomenetelmien kirjo ja soveltuvuus lisäävät opintojen vaativuutta ja erikoisosaamisen lisäämistä. Asiakaskohtaamistaitoja tulisi myös painottaa kaikissa metsäalan koulutuksissa, sillä asiakaskunta tulee olemaan monimuotoisempaa. Digitalisaatio voi tehostaa metsäsuunnittelua ja metsien käytön optimointia, mutta samalla IT-taidot painottuvat yhä enemmän alalla. Teknologia- ja insinööriosaaminen voisi olla yksi Suomen vientivalteista, niin kuin skenaarioissa ajateltiin. Tämä vaatii kuitenkin eri alojen yhteistyötä jo koulutusvaiheessa.

6.2 Suomen metsiin perustuva tuotanto

6.2.1 Markkinoiden ja politiikan muutokset sekä vaikutukset investointiympäristöön ja tuotantoon

Vuoden 2040 skenaariossa metsiin perustuvan tuotannon arvo kasvoi verrattuna nykypäivään, vaikka hakkuumäärät normalisoitaisiin nykytasolle. Arvon kasvua selittää erityisesti se, että sivuvirtoja käytettiin energiantuotannon sijasta enemmän korkean arvon materiaalituotantoon, kuten modifioitujen puutuotteiden valmistukseen (sekoitekomposiitit, paneelit ja muut levytuotteet), biokemikaaleihin ja nestemäisiin biopolttoaineisiin. Skenaarioissa sahatavaran tuotanto laski suhteessa nykypäivään, mutta tilalle oletettiin pidemmälle jalostettuja rakennustuotteita, kuten monikerroslevyä (CLT), viilupuuta (LVL) ja muita levytuotteita. Sellu ja liukosellu dominoivat tuoteportfoliota skenaarioissa, ja tekstiilituotanto kotimaassa sekä erilaiset hygieniatuoteratkaisut voisivat myös nostaa tuotannon arvoa huomattavasti.

EU:n ilmastopolitiikka on jo kiristynyt huomattavasti, ja skenaarioissa oletettiinkin rajoituksia hakkuille. Sidosryhmäläiset näkivät, että metsäsektorin tulee jatkossakin perustella tuotantonsa kestävyys niin kuluttajille kuin poliittisille päättäjillekin. Tämä voisi onnistua esimerkiksi riittävän vaativien ekomerkkien ja sertifikaattien muodossa. Metsäteollisuus voisi myös kytkeytyä yhä vahvemmin mm. biodiversiteettipalvelujen tarjoajaksi ja näin mukautua metsänhoidon uuteen aikakauteen.

Samalla puuraaka-aineen riittävyys tulisi taata, ja teollisuuden tulisikin panostaa huomattavasti resurssitehokkuuteen ja sivuvirtojen jalostuskäyttöön, jotta tuotannon raaka-ainesaanti voidaan tulevaisuudessa turvata. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin sivuvirtojen vapauttaminen energiakäytöstä, jotka tällä hetkellä kattavat n. 90 % tehtaiden omasta energiakäytöstä ja tarjoavat ylijäämäenergiaa myös yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon muodossa ja kaukolämpönä.

On ollut pitkään viitteitä siitä, että puun käyttöä energiatuotannossa halutaan rajoittaa kansainvälisessä politiikassa. Biodiversiteetti & Suunnitelmatalous -skenaariossa oletettiin rajoituksia puupohjaiselle energialle, joka koski myös teollisuuden sivuvirtoja. Metsäsektorin tulisikin jo nyt aktiivisesti kehittää korvaajia puuenergialle. Vuoteen 2040 mennessä nykyisiin tehtaisiin tulisi tehdä uusia investointeja, ja sähköistäminen on yksi vaihtoehdoista, mikäli Suomen sähköntuotannossa on tarvittavaa kapasiteettia ja hinta kohtuullinen. Mikäli energian hinnat jatkavatkin kasvuaan, metsäteollisuuden ostaman energian kustannus saattaisi nousta miljardiluokkaan.

6.2.2 Työllisyysvaikutukset sekä koulutustarpeet

Metsäpohjaisen tuoteportfolion monipuolistuminen loisi lisää työpaikkoja niin investointien toteutusvaiheessa kuin tuotantovaiheessakin. Korkean jalostusasteen tuotteita korostavissa skenaarioissa tuotanto voisi luoda metsäalalle kymmeniä tuhansia suoria lisätyöpaikkoja. Tämän lisäksi monipuolistuva tuoteportfolio vaatisi ympärilleen paljon palveluliiketoimintaa niin arvoketjujen optimoinnissa kuin esim. kuljetuksessa. Paperiteollisuuden hiipuessa vanhoja paperitehtaita voisi muuntaa esimerkiksi tekstiilituotantoon sopiviksi (Kallio, 2021). On kuitenkin epäselvää, kuinka pitkälle puupohjaisia tuotteita kannattaisi Suomessa jalostaa, mikäli tuotantokustannukset esimerkiksi korkeiden energiahintojen myötä nousisivat. Toisaalta skenaarioissa ennakoitiin korkean tason tuotekehitystä, ja t&k-panokset voisivat kasvattaa niin Suomen teknologia- kuin osaamisvientiäkin.

Teollisuuden edustajat kommentoivat skenaarioista, että he eivät usko tuotannon monipuolistumisen vaativan suuria koulutuslinjamuutoksia. Tuotannon prosessit ovat jo nyt pitkälle automatisoituja, ja osaamista tarvitaan kaikilla aloilla tuotannon joka vaiheessa. Tällöin tehtaiden on helpointa kouluttaa työvoimaa oppilaitosyhteistyön, esimerkiksi harjoitteluiden ja opinnäytetöiden sekä oppisopimusten kautta. Prosessien ollessa pitkälle automatisoituja korostuvat järjestelmätuntemus ja IT-taidot, jotka ovatkin jo tänä päivänä suuressa roolissa.

Palvelusektorilla tilanne ei ole yhtä selkeä, sillä siellä on vaikeampi määrittää metsäalan ja muiden alojen rajoja, sekä vaaditaan monenlaisia osaajia yhdistämään voimansa. Esimerkiksi IT-alan osaajien oletettiin integroituvan vahvasti metsäalalle, kuten myös esimerkiksi koneinsinöörien. Tämän lisäksi palvelusektorin kehittyminen vaatisi erityisesti uutta yrittäjyyttä, joka puolestaan edellyttää liiketoimintaosaamista.

Suurimmaksi kehityskohdaksi siis kehkeytyy tietoisuus metsäalan mahdollisuuksista. Tietoisuutta metsäalasta voisi lisätä esimerkiksi jo koulutusvaiheessa järjestämällä enemmän yhteiskursseja biotalouden mahdollisuuksista metsäalan ja muiden alojen ammattilaisille. Teollisuuden olisi myös hyvä tiivistää yhteistyötä oppilaitosten kanssa ja aktiivisesti kertoa työvoimatarpeistaan ja tuotantonsa pullonkauloista.

Resurssitehokkuuden parantaminen nousee erääksi osaamisvaltiksi, erityisesti mikäli raaka-ainetta ei saisi enää hankittua yhtä paljon Suomen metsistä. Myös rakennusten purkupuun hyödyntäminen materiaalina voisi nousta sivuvirtojen ohella tärkeäksi kehityskohteeksi. Yhteenkuuluvuuden aikakausi -skenaariossa ennakoitiin vaatimuksia niin kierrätykselle kuin siniselle ja vihreälle infrastruktuurillekin. Myös Kiertotalous yltäkylläisyyden säilyttäjänä -skenaario painotti panostuksia kiertotalouteen. Esimerkiksi rakennusten eliniän pidentäminen ja älyratkaisujen käyttö vaatii osaavaa työvoimaa niin rakennussektorilla kuin kaupunkisuunnittelussakin. Tämä kuitenkin ensisijaisesti vaatisi t&k-panoksia, jotta uusia innovatiivisia ratkaisuja voidaan kehittää. Koulutuksen kytkeminen monialaiseen uuden kehittämiseen voisi tuoda uudenlaisia osaajia metsäalalle.

6.3 Ennakointi metsäalan työkaluna ja skenaarioiden opit tulevaa ajatellen

Ennakoinnilla ei pyritä ennustamaan, mitä tapahtuu, vaan ymmärtämään mahdollisia kehityspolkuja ja monimutkaisia toimintaympäristön muutoksia ja heijastevaikutuksia. Tämän hankkeen skenaariot ovat yksi osa mahdollisista skenaarioista, joita todellisuudessa on rajattomasti. Skenaarioista nousi kuitenkin yksi asia, johon tulisi kiinnittää huomiota ensin: raaka-aineen saatavuus yhä tehokkaamman materiaalikäytön ja kierrätyksen kautta. Suomessa olisi hyvä varautua skenaarioon, jossa hakkuutasoja reguloidaan voimakkaasti. Samalla tulisi miettiä, kuinka sivuvirtoja voitaisiin irrottaa materiaalituotantoon energiantuotannon sijasta, ja ottaa käyttöön energiamuotoja, jotka tehokkaasti ja erityisesti kustannustehokkaasti korvaisivat puuenergiaa.

Skenaariotutkimusta voi tehdä myös normatiivisesta, tavoitteellisesta näkökulmasta. Tällöin voitaisiin hyödyntää esimerkiksi taaksepäin tavoitetulevaisuudesta katsovaa ”Backcasting” (Robinson, 1990) skenaariotektiikkaa. Suosittelemmekin jatkotutkimuksen kannalta luomaan myös ongelmanratkaisuun pohjaavia skenaariopolkuja.

Osallistava skenaariotyö on arvokas askel keskustelun avaamiseen ja uuden oppimiseen. Siksi tulisikin tuoda yhteen mahdollisimman monimuotoiset sidosryhmät, joilla on erilaiset taustat. Näin jo skenaarioiden luontiprosessissa voidaan luoda keskustelusiltoja, etsiä yhteisiä ratkaisuja ja rauhoittaa kärjistynyttä keskustelukulttuuria.

Kirjallisuus

Ahtikoski, A., Laitila, J., Hilli, A. & Päätalo, M.L. (2021). Profitability of the First Commercial Thinning, a Simulation Study in Northern Finland. Forestry. 12(10):1389. https://www.mdpi.com/1999-4907/12/10/1389/htm

Berg-Andersson, B., Kaitila, V., Kulvik, M. & Lintunen, J. (2021). Suomen metsäteollisuuden näkymiä vuoteen 2025. Etla Raportti No 112. https://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-112.pdf

Eloranta, J. (2012). Investointeja Suomeen. Ehdotus strategiaksi ja toimintaohjelmaksi Suomen houkuttelevuuden lisäämiseksi yritysten investointikohteena. 9/2012. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. http://tech.teknologiateollisuus.fi/file/13514/Eloranta_Investointeja_Suomeen15022012.pdf.html

Etla Suhdanne Syksy 2022.

Etla Suhdanne Toimialakatsaus Kevät 2022.

EU (2018). EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EU) 2018/841 maankäytöstä, maankäytön muutoksesta ja metsätaloudesta aiheutuvien kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien sisällyttämisestä vuoteen 2030 ulottuviin ilmasto- ja energiapolitiikan puitteisiin sekä asetuksen (EU) N:o 525/2013 ja päätöksen N:o 529/2013/EU muuttamisesta. Annettu 30.5.2018. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018R0841

Euroopan komissio (2020). Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Vuoteen 2030 ulottuva EU:n biodiversiteettistrategia. Annettu 20.5.2020. COM/2020/380 final. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0380

Euroopan komissio (2021a). Ehdotus EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS asetuksen (EU) 2018/841 muuttamisesta siltä osin kuin on kyse soveltamisalasta, vaatimusten noudattamista koskevien sääntöjen yksinkertaistamisesta, jäsenvaltioiden tavoitteiden asettamisesta vuodelle 2030 ja sitoutumisesta ilmastoneutraaliuden saavuttamiseen yhteisesti vuoteen 2035 mennessä maankäytön, metsätalouden ja maatalouden sektorilla sekä asetuksen (EU) 2018/1999 muuttamisesta seurannan, raportoinnin, edistymisen seurannan ja uudelleentarkastelun osalta. Annettu 14.7.2021. COM/2021/ 554 final. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0554

Euroopan komissio (2021b). Ehdotus EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin (EU) 2018/2001, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2018/1999 ja Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 98/70/EY muuttamisesta uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämiseksi sekä neuvoston direktiivin (EU) 2015/652 kumoamisesta. COM/2021/557 final. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0557

Giurca, A. & Späth, P. (2017). A forest-based bioeconomy for Germany? Strengths, weaknesses and policy options for lignocellulosic biorefineries. J Clean Prod. 153:51–62.

Glenn, J.C. (1972). Futurizing teaching vs. futures courses. Soc Sci Rec. 9(3):26–29.

Hagemann, N., Gawel, E., Purkus, A., Pannicke, N. & Hauck, J. (2016). Possible futures towards a wood-based bioeconomy: A Scenario Analysis for Germany. Sustain. 8(1):1–24.

Hartikainen, L. (2021). Digital services for new types of Finnish private forest owners – A review of emerging demands in digital service offering. Espoo: Aalto University. [Viitattu 20.9.2022].

Hassan, M.K., Villa, A., Kuittinen, S., Jänis, J. & Pappinen, A. (2019). An assessment of side-stream generation from Finnish forest industry. J Mater Cycles Waste Manag. 21:265–280. http://dx.doi.org/10.1007/s10163-018-0787-5

Heinonen, T., Pukkala, T., Asikainen, A. & Peltola, H. (2018). Scenario analyses on the effects of fertilization, improved regeneration material, and ditch network maintenance on timber production of Finnish forests. Eur J For Res. 137(1):93–107.

Hurmekoski, E. & Hetemäki, L. (2013). Studying the future of the forest sector: Review and implications for long-term outlook studies. For Policy Econ. 34:17–29. http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2013.05.005

Hurmekoski, E., Jonsson, R., Korhonen, J., Jänis, J., Mäkinen, M., Leskinen, P. & Hetemäki, L. (2018). Diversification of the forest industries: role of new wood-based products. Can J For Res. 48(12):1417–1432. http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/cjfr-2018-0116

Hurmekoski, E., Myllyviita, T., Seppälä, J., Heinonen, T., Kilpeläinen, A., Pukkala, T., Tuomas, M., Hetemäki, L., Asikainen, A. & Peltola, H. (2020). Impact of Structural Changes in Wood-using Industries on Net Carbon Emissions in Finland. J Ind Ecol. 24(4):899–912.

Hänninen, R. & Katila, P. (2013). Metsäalan toimintaympäristön muutosanalyysi: Raportti maa- ja metsätalousministeriölle. Vantaa.

Hänninen, H., Valonen, M. & Haltia, E. (2020). Metsänomistajat palveluiden käyttäjinä: Metsänomistaja 2020-tutkimuksen tuloksia. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 63/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 63 s. https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-039-7

Kallio, A.M.I. (2021). Wood-based textile fibre market as part of the global forest-based bioeconomy. For Policy Econ. 123 (November 2020): 102364. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102364

Karppinen, H., Hänninen, H. & Horne, P. (2020). Suomalainen metsänomistaja 2020. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-961-3

Keskitalo, E.C. (2019). What Can an Understanding of the Changing Small-Scale Forest Owner Contribute to Rural Studies? The Swedish Case. Small-scale Forestry, [Viitattu 20.9.2022] 19(2):129–143. https://link.springer.com/article/10.1007/s11842-019-09427-3

Knoke, T. (2012). The Economics of Continuous Cover Forestry. In: Pukkala, T., von Gadow, K. (eds.) Contin Cover For. Springer Nature [Viitattu 31.7.2019]; p. 167–193. http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-2202-6_5

Koljonen, T., Aakkula, J., Honkatukia, J., Soimakallio, S., Haakana, M., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Kärkkäinen, L., Laitila, J., Lehtonen, H., Maanavilja, L., Ollila, P., Siikavirta, H. & Tuomainen, T. (2020). Hiilineutraali Suomi 2035 – Skenaariot ja vaikutusarviot.

Koljonen, T., Similä, L. (eds.), Sipilä, K., Helynen, S., Airaksinen, M., Laurikko, J., Manninen, J., Mäkinen, T., Lehtilä, A., Honkatukia, J., Tuominen, P., Vainio, T., Järvi, T., Mäkelä, K., Vuori, S., Kiviluoma, J., Sipilä, K., Kohl, J. & Nieminen, M. (2012). Low carbon Finland 2050: VTT clean energy technology strategies for society.

Kunttu, J., Hurmekoski, E., Heräjärvi, H., Hujala, T. & Leskinen, P. (2020). Preferable utilisation patterns of wood product industries' by-products in Finland. For Policy Econ. 110(January 2020):101946. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.101946

Kunttu, J., Hurmekoski, E., Myllyviita, T., Wallius, V., Kilpeläinen, A., Hujala, T., Leskinen, P., Hetemäki, L. & Heräjärvi, H. (2021). Targeting net climate benefits by wood utilization in Finland: Participatory backcasting combined with quantitative scenario exploration. Futures. 134(June):1–20.

Kunttu, J., Wallius, V., Kulvik, M., Leskinen, P., Lintunen, J., Orfanidou, T. & Tuomasjukka, D. (2022). Exploring 2040: Global Trends and International Policies Setting Frames for the Finnish Wood-Based Economy. Sustain 2022, 14(16):9999. https://www.mdpi.com/2071-1050/14/16/9999/htm

Lehtonen, I., Venäläinen, A. & Gregow, H. (2020). Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta. Raportteja 2020:5. Ilmatieteenlaitos, Helsinki 2020.

Luonnonvarakeskus (2022a). Energiapuun kauppa -tilasto. https://www.luke.fi/fi/tilastot/energiapuun-kauppa

Luonnonvarakeskus (2022b). Teollisuuspuun kauppa -tilasto. https://www.luke.fi/fi/tilastot/teollisuuspuun-kauppa

Luonnonvarakeskus, Tilastotietokanta (2022). https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/ [Viitattu 20.9.2022]

McIntosh, A.J. & Cockburn-Wootten, C. (2016). Using Ketso for engaged tourism scholarship. Ann Tour Res. 56:148–151. http://dx.doi.org/10.1016/j.annals.2015.11.003

Mäntymaa, E., Ovaskainen, V., Juutinen, A., Tyrväinen, L., Mäntymaa, E. & Tyrväinen, L. (2018). Integrating nature-based tourism and forestry in private lands under heterogeneous visitor preferences for forest attributes Integrating nature-based tourism and forestry in private lands under heterogeneous visitor preferences for forest attributes. J Environ Plan Manag. 4:724–746.

Mönkkönen, M., Ylisirniö, A.L. & Hämäläinen, T. (2009). Ecological Efficiency of Voluntary Conservation of Boreal-Forest Biodiversity. Conserv Biol. 23(2):339–347. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1523-1739.2008.01082.x

Nevalainen, S. (2017). Comparison of damage risks in even- and uneven-aged forestry in Finland. Silva Fenn. 51(3). https://www.silvafennica.fi/article/1741

Official Statistics Finland: Natural Resources Institute Finland (2020a). Total roundwood removals and drain. Off Stat Finl. [Viitattu 5.10.2020]. https://stat.luke.fi/hakkuukertyma-ja-puuston-poistuma

Official Statistics Finland: Natural Resources Institute Finland (2020b). Annual increment of growing stock on forest land and on poorly productive forest land by inventory, region and tree species. [Viitattu 12.10.2021]:1. https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/en/LUKE/LUKE__04 Metsa__06 Metsavarat/1.24_Puuston_vuotuinen_kasvu_metsa_ja_kitu.px/table/tableViewLayout2/

Official Statistics Finland: Natural Resources Institute Finland (2022a). Metsäteollisuuden tehdaspolttoaineiden käyttö Suomessa (Terajoulea) muuttujina vuosi ja polttoaine. PxWeb. Luke Stat. [Viitattu 16.9.2022]. https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04 Metsa__08 Muut__Energia/10.08_Metsateollisuuden_tehdaspolttoaineet_Suom.px/table/tableViewLayout2/

Official Statistics Finland: Natural Resources Institute Finland (2022b). Employed persons in the forest sector by year and industry. PxWeb. Luke Stat [Internet]. [Viitattu 16.9.2022]. https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/en/LUKE/LUKE__04 Metsa__08 Muut__Metsasektorin tyovoima/7.02_Metsasektorin_tyolliset.px/

Ovaskainen, H. & Pajuoja, H. (2020). Työnjako suomalaisessa puuhuollossa 2020 Kyselytutkimuksen tulokset. Vantaa; [Viitattu 19.9.2022]. www.metsateho.fi

Petty, A. & Kärhä, K. (2011). Effects of subsidies on the profitability of energy wood production of wood chips from early thinnings in Finland. For Policy Econ. 13(7):575–581.

Pingoud, K., Skog, K.E., Martino, D.L., Tonosaki, M., Xiaoquan, Z. & Ford-Robertson, J. (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_12_Ch12_HWP.pdf

Prinz, R., Spinelli, R., Magagnotti, N., Routa, J. & Asikainen, A. (2018). Modifying the settings of CTL timber harvesting machines to reduce fuel consumption and CO2 emissions. J Clean Prod. 197:208–217. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.210

Rikkonen, P. & Tapio, P. (2009). Future prospects of alternative agro-based bioenergy use in Finland-Constructing scenarios with quantitative and qualitative Delphi data. Technol Forecast Soc Change. 76(7):978–990. http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2008.12.001

Robinson, J.B. (1990). Futures under glass: A recipe for people who hate to predict. Futures. 1990 22(8):820–42. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/001632879090018D

Rosenkranz, L., Seintsch, B., Wippel, B. & Dieter, M. (2014). Income losses due to the implementation of the Habitats Directive in forests – Conclusions from a case study in Germany. For Policy Econ. 38:207–218.

Routa, J., Kellomäki, S., Peltola, H. & Asikainen, A. (2011). Impacts of thinning and fertilization on timber and energy wood production in Norway spruce and Scots pine: scenario analyses based on ecosystem model simulations. For An Int J For Res. 84(2):159–175. https://academic.oup.com/forestry/article/84/2/159/554703

Routa, J., Kilpeläinen, A., Ikonen, V.-P., Asikainen, A., Venäläinen, A. & Peltola, H. (2019). Effects of intensified silviculture on timber production and its economic profitability in boreal Norway spruce and Scots pine stands under changing climatic conditions. For An Int J For Res.:1–11.

Seedre, M., Felton, A. & Lindbladh, M. (2018). What is the impact of continuous cover forestry compared to clearcut forestry on stand-level biodiversity in boreal and temperate forests? A systematic review protocol. Environ Evid. 7(1):1–8. https://doi.org/10.1186/s13750-018-0138-y

Storch, I., Penner, J., Asbeck, T., Basile, M., Bauhus, J., Braunisch, V., Dormann, C.F., Frey, J., Gärtner, S., Hanewinkel, M. Koch, B., Klein, A,M., Kuss, T., Pregernig, M., Pyttel, P., Reif, A., Scherer-Lorenzen, M., Segelbacher, G., Schraml, U., Staab, M., Winkel, G. & Yousefpour, R. (2020). Evaluating the effectiveness of retention forestry to enhance biodiversity in production forests of Central Europe using an interdisciplinary, multi-scale approach. Ecol Evol. 10(3):1489–1509.

TEM verkkopalvelu (2022). Matkailu lukuina _ Työ- ja elinkeinoministeriön verkkopalvelu. https://tem.fi/matkailu-lukuina. [Viitattu 20.9.2022]

Tiberius, V. (2011). Path dependence, path breaking, and path creation: A theoretical scaffolding for futures studies? J Futur Stud. 15(4):1–8.

Toppinen, A., Röhr, A., Pätäri, S., Lähtinen, K. & Toivonen, R. (2018). The future of wooden multistory construction in the forest bioeconomy – A Delphi study from Finland and Sweden. J For Econ. 31(1):3–10.

Viitanen, H. (2011). Puurakenteiden kestoikä. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy, Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL ry.

Weiss, G., Lawrence, A., Hujala, T., Lidestav, G., Nichiforel, L., Nybakk, E., Quiroga, S., Sarvašová, Z., Suarez, C. & Živojinović, I. (2019). Forest ownership changes in Europe: State of knowledge and conceptual foundations. For Policy Econ. 99:9–20.

ÅF Pöyry (2020). Finnish Energy - Low carbon roadmap. [Viitattu 20.9.2021]. https://energia.fi/files/5064/Taustaraportti_-_Finnish_Energy_Low_carbon_roadmap.pdf

ETLA

Elinkeinoelämän tutkimuslaitos

ETLA Economic Research

ISSN-L 2323-2447,
ISSN 2323-2447,
ISSN 2323-2455 (Pdf)

Kustantaja: Taloustieto Oy

Puh. 09-609 900
www.etla.fi
etunimi.sukunimi@etla.fi

Arkadiankatu 23 B
00100 Helsinki