

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisusarja 2025:xx

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelma

Luonnos 7.11.2025

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Oikeudellinen konteksti	4
1.2	Ilmastotavoitteet	7
1.3	Keskeinen taustamateriaali	8
1.4	Valmisteluun liittyvät neuvottelut ja osallistaminen	9
1.4.1	Neuvottelu saamelaiskäräjien kanssa	9
1.4.2	Työpajat, seminaarit ja kansalaiskysely	11
1.4.3	Julkinen lausuntokierros	13
2	Kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien skenaariot.....	14
2.1	Skenaarioiden valmistelu	14
2.2	Vaihtoehtoiset skenaariot.....	16
2.2.1	Perusskenaario.....	16
2.2.2	Suomi edellä.....	20
2.2.3	Markkinat edellä	22
2.2.4	Ympäristö edellä.....	25
2.2.5	Yhteiskunta edellä	27
2.2.6	Yhteenvedo vaihtoehtoisista skenaariosta ja johtopäätökset	29
3	Toimialakohtaiset etenemisvaihtoehdot.....	38
3.1	Energiajärjestelmä.....	38
3.1.1	Energian hankinta.....	39
3.1.2	Energian kulutus.....	43
3.2	Teollisuus ja palvelut.....	46
3.3	Liikenne	51
3.4	Rakennukset	52
3.5	Maatalous.....	53
3.6	Maankäyttösektori	56
3.7	Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumisen tarve pitkän aikavälin ilmastosuunnittelussa	57
4	Menetelmien kehitysnäkymät	60
4.1	Skenaarioiden oleelliset menetelmät.....	60

LUONNOS

4.2	Tekniset hiilinelut.....	61
4.3	Sähköistyminen.....	62
4.4	Ydinenergia.....	68
4.5	Vetyteknologia.....	69
4.6	Maatalouden menetelmät.....	70
4.7	Maankäyttösektorin menetelmät.....	73
4.8	Johtopäätökset.....	74
Liitteet.....		76
	Liite 1. Lausuntoyhteenveto.....	76
Lähteet.....		77

LUONNOS

1 Johdanto

1.1 Oikeudellinen konteksti

Tässä ilmastolain mukaisessa pitkän aikavälin suunnitelmassa ei esitetä tai linjata yksittäisiä politiikkatoimia, eikä suunnitelmassa ole sen vuoksi vaikutusarvioita esimerkiksi kilpailukykyyn liittyen. Kyse on kasvihuonekaasupäästöihin ja nielujen aikaansaamiin poistumiin vaikuttavien mahdollisten yhteiskunnan kehityksen ja teknologioiden kehityskulkujen kartoittamisesta tulevan ilmasto- ja energiapolitiikan valmistelun ja valintojen taustaksi. Tutkijat ovat laatineet suunnitelmaa varten monitieteellisenä yhteistyönä neljä vaihtoehtoista tulevaisuusskenaariota. Skenaarioiden laadinnassa on hyödynnetty laajasti sidosryhmätyöskentelyä. Mikään skenaarioista ei edusta todennäköistä tulevaisuuden kuvaa, vaan määrittämällä skenaarioiden painotukset eri lailla, tutkijat pyrkivät kuvaamaan pikemminkin ääriskenaarioita, jotka kuitenkin voisivat jossain määrin toteutua vuoteen 2055 mennessä. Todennäköinen pitkän aikavälin kehitys riippuu merkittävästi globaalista talouden, teknologian sekä poliittisesta kehityksestä. Pitkän aikavälin kehitys on siten todennäköisesti näiden ääriskenaarioiden välissä. Suunnitelmassa ei oteta siksi myöskään kantaa, mikä vaihtoehtoista skenaarioista olisi toivottava tai mitkä toimialakohtaiset etenemisvaihtoehdot olisivat parhaita. Lähitulevaisuudessa vaikuttavia politiikkalinjauksia esitetään keskipitkän aikavälin suunnitelmissa eli Energia- ja ilmastostrategiassa, Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa ja Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmassa.

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman oikeudellinen perusta tulee ilmastolaista (423/2022). Ilmastolaissa säädetään tavoitteet ja puitteet Suomen ilmastopoliitiikan suunnittelulle ja sen toteutumisen seurannalle. Lain 7 §:n mukaan pitkän

LUONNOS

aikavälin ilmastosuunnitelma on osa lain määrittämää ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmää ja 9 §:n mukaan valtioneuvosto hyväksyy vähintään kerran kymmenessä vuodessa pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman. Lain 23 §:n siirtymäsäännöksen mukaan ensimmäinen pitkän aikavälin ilmastosuunnitelma on hyväksyttävä viimeistään vuonna 2025. Ilmastolain perusteluiden mukaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman ajallinen tarkastelunäkökulma eroaisi muista ilmastopolitiikan suunnitelmista. Suunnitelma edistäisi osaltaan lain 2 §:ssä asetettujen päästövähennystavoitteiden saavuttamista (tavoitteet kuvataan luvussa 1.2). Erityisesti 2 §:n 1 momentin 2 ja 3 kohdassa asetetut pitkän aikavälin päästövähennystavoitteet vuosille 2040 ja 2050 olisivat lähtökohtana suunnitelman valmistelussa.

Lain 9 §:n mukaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa tulee esittää lain 2 §:ssä tarkoitettujen tavoitteiden saavuttamiseksi seuraavat asiat:

- 1) *taakanjako-, päästökauppa- ja maankäyttösektorin yhteenlaskettujen kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien kehitystä koskevat skenaariot, jotka kattavat vähintään seuraavat 30 vuotta ja joissa otetaan huomioon kasvihuonekaasujen päästöjen vähentäminen, nielujen vahvistaminen ja ilmastomuutokseen sopeutuminen;*
- 2) *2 §:n 1 momentin 3 kohdassa tarkoitettuun kasvihuonekaasujen vähennystavoitteeseen sekä 1 kohdassa tarkoitettuun nielujen aikaansaamien poistumien kasvamista koskevaan tavoitteeseen perustuvat keskeiset toimialakohtaiset etenemisvaihtoehdot;*
- 3) *arvio kasvihuonekaasujen päästöjen vähennysmenetelmien ja nielujen vahvistamismenetelmien pitkän aikavälin kehitysnäkymistä;*
- 4) *muut kuin 1–3 kohdassa tarkoitetut tarpeelliset seikat.*

Säännöksen 2 kohdan mukaan suunnitelmassa olisi esitettävä keskeiset toimialakohtaiset etenemisvaihtoehdot. Tällä selvitetäisiin eri sektoreilta vaadittua panosta, jotta kasvihuonekaasujen vähennystavoite ja poistumien kasvamista koskeva tavoite voidaan saavuttaa.

LUONNOS

Säännöksen 3 kohdan mukaan suunnitelmassa olisi esitettävä arvio kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämistä ja nielujen vahvistamista koskevien menetelmien pitkän aikavälin kehitysnäkymistä. Kasvihuonekaasujen päästöjen vähennysmenetelmillä viitataan esimerkiksi teknisiin menetelmiin päästöjen vähentämiseksi sekä niitä vastaaviin kehityskulkuihin. Nielujen vahvistamismenetelmien kohdalla olisi esitettävä arvio sekä luonnon nielujen, eli pitkälti metsien, vahvistamismenetelmien kehityksestä, että teknologisten nielujen kehitysnäkymistä. Arvion perusteella olisi esitettävä johtopäätöksiä siitä, missä määrin mahdolliset uudet menetelmät voisivat edistää 2 §:n tavoitteiden ja erityisesti pitkän aikavälin päästövähennystavoitteiden saavuttamista.

Säännöksen 4 kohdan mukaan suunnitelmassa olisi esitettävä myös muut tarpeelliset seikat. Tällaisia seikkoja voisivat olla esimerkiksi energia-, teollisuus- ja infrastruktuuri-investointien kehitys ja niiden merkitys päästökehitykselle tai riskiarvio siitä, että ilmastonmuutos etenee ja sen haittavaikutukset voimistuvat ennakoituakin nopeammin.

Suomi on jo aikaisempina vuosina tehnyt päästövähennyspolkuja sisältäviä pitkän aikavälin tarkasteluja. Tällaisia tarkasteluja ovat parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintönä vuonna 2014 julkaistu Energia- ja ilmastotiekartta 2050¹ sekä vuonna 2020 julkaistu Suomen pitkän aikavälin strategia kasvihuonekaasujen vähentämiseksi². Jälkimmäinen dokumentti on toimitettu sekä EU:lle että Pariisin sopimuksen mukaisesti myös Yhdistyneiden Kansakuntien ilmastopöytäkirjan sihteeristölle.

Vuoden 2014 Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean vuoteen 2050 ulottuva tiekartta valmisteltiin Energia- ja ilmastopolitiikan laajapohjaisen tarkastelun varmistamiseksi, kansallisen yhteisymmärryksen lisäämiseksi sekä

¹ <https://tem.fi/documents/1410877/2628105/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf/1584025f-c5c7-456c-a912-aba0ee3e5052/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf?t=1463395012000>

² <https://tem.fi/documents/1410877/2132096/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020/8cd55d4d-6de7-657f-a86f-bc79497d4756/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020.pdf?t=1692094955051>

LUONNOS

pitkäjännitteisen ja ennustettavan politiikan vahvistamiseksi. Tiekartta toimi strategisen tason ohjeena matkalla kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa.

Vuonna 2020 valmistunut Suomen pitkän aikavälin strategia perustui Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseen energiaunionin ja ilmastotoimien hallinnosta (EU 2018/1999) eli hallintomalliasetukseen ja sen 15 artiklaan, jonka mukaan kunkin jäsenvaltion oli laadittava ja toimitettava komissiolle viimeistään 1 päivänä tammikuuta 2020 kattava pitkän aikavälin strategiansa. Suomen pitkän aikavälin strategiassa (Long Term Strategy, LTS) esitetään skenaarioita ja vaikutusarvioita vuodelle 2035 asetetusta kansallisesta hiilineutraalisuustavoitteesta sekä kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien kehityksestä vuoteen 2050 asti. Ilmastolain perustelujen mukaan Suomen pitkän aikavälin strategian voidaan joltain osin katsoa vastaavan ilmastolain vaatimuksia pitkän aikavälin suunnitelmalle.

1.2 Ilmastotavoitteet

Ilmastolain 2 §:ssä päästövähennystavoitteiksi on asetettu, että:

- 1) *ihmisen toiminnasta aiheutuvat kasvihuonekaasujen päästöt vähentyvät ja nielujen aikaansaamat poistumat kasvavat siten, että kasvihuonekaasujen päästöt ovat enintään yhtä suuret kuin poistumat viimeistään vuonna 2035 ja että poistumat kasvavat ja päästöt vähenevät edelleen myös sen jälkeen;*
- 2) *ihmisen toiminnasta aiheutuvat taakanjako- ja päästökauppasektorin yhteenlasketut kasvihuonekaasujen päästöt ilmakehään vähentyvät vuoteen 2030 mennessä vähintään 60 prosenttia ja vuoteen 2040 mennessä vähintään 80 prosenttia verrattuna vuoteen 1990;*
- 3) *ihmisen toiminnasta aiheutuvat taakanjako- ja päästökauppasektorin yhteenlasketut kasvihuonekaasujen päästöt ilmakehään vähentyvät vuoteen 2050 mennessä vähintään 90 prosenttia, mutta pyrkien tasoon 95 prosenttia verrattuna vuoteen 1990;*

LUONNOS

Yllä esitettyjen kansallisten hiilineutraalius- ja kokonaispäästötavoitteiden lisäksi ilmastolaissa viitataan myös Suomea sitoviin sopimuksiin sekä Euroopan unionin lainsäädännöstä johtuviin velvoitteisiin. Ilmastolain mukaan lain ja sen mukaisen ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmän tavoitteena on myös varmistaa osaltaan näiden velvoitteiden täyttyminen.

Suomi on osana EU:ta sitoutunut Pariisin ilmastopöytäkirjan tavoitteisiin ja pyrkii edistämään 1,5 asteen mukaisia ilmastotoimia. Keskeisenä elementtinä on osapuolten velvollisuus ylläpitää päästövähennyssitoumus, jota kiristetään vähintään viiden vuoden välein. Päästövähennystavoitteiden tulee vastata osapuolen korkeinta mahdollista tavoitetasoa.

EU:ssa on hyväksytty tiukennetut ilmastotavoitteet vuodelle 2030 sisältäen tavoitteen vähentää EU:n kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 55 prosenttia vuoteen 1990 verrattuna. EU:n pitkän aikavälin tavoitteena on puolestaan saavuttaa ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä. Edellä mainittujen lisäksi vuodelle 2040 on tarkoitus sisällyttää myös oma tavoitteensa vuoden 2030 ja 2050 tavoitteiden välitavoitteeksi. Euroopan komissio on antanut ehdotuksensa 90 prosentin vähennystavoitteesta, mutta jäsenvaltiot eivät ole vielä päättäneet asiasta (tilanne 31.10.2025). Jäsenvaltiokohtaisia tavoitteita on tällä hetkellä asetettu vain vuodelle 2030 taakanjako- ja maankäyttösektorille.

1.3 Keskeinen taustamateriaali

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman skenaariomallinnukset ja tausta-analyysit on laadittu vuosina 2024–2025 tutkimushankkeessa nimeltä Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO). KEITO-hanke on toteutettu Euroopan unionin REPower-rahoitusinstrumentin rahoituksella yhteistyössä Suomen ympäristökeskuksen (Syke) koordinoiman REPower-CEST (Clean Energy System Transition) ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) REPower-hankkeen kanssa. KEITO-kokonaisuutta on koordinoanut VTT ja työn toteutukseen on osallistunut laaja joukko tutkijoita VTT:ltä, Syke:stä, Luke:sta ja Geologian tutkimuskeskuksesta (GTK). Virkahenkilöistä koostuva seurantaryhmä on seurannut ja tukenut hanketta.

LUONNOS

KEITO-hankkeessa tutkijat ovat osallistaneet sidosryhmiä, teettäneet kansalaiskyselyn sekä tehneet yhteenvedon toimialojen vuosina 2023–2024 laatimista vähähiilitiekartoista eri näkökulmien ja visioiden kartoittamiseksi. Pitkän aikavälin skenaarioista ja niiden lähtökohdista vastaavat tutkijat.

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman valmistelussa on KEITO-hankkeen lisäksi hyödynnetty laajasti muita ajankohtaisia selvityksiä sekä ministeriöiden tietämystä.

1.4 Valmisteluun liittyvät neuvottelut ja osallistaminen

1.4.1 Neuvottelu saamelaiskäräjien kanssa

Työ- ja elinkeinoministeriön ja saamelaiskäräjien välinen neuvottelu pitkä aikavälin suunnitelmasta käytiin 24.6.2025³. Neuvotteluun osallistui myös maa- ja metsätalousministeriö.

Neuvottelujen puheenjohtaja Petteri Kuuva esitteli pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman valmistelua ja sen lähtökohtia. Perus- ja ihmisoikeuksien kannalta on tärkeää, että saamelaisten asema alkuperäiskansana sekä saamelaisten kulttuurimuotoon kuuluvien perinteisten elinkeinojen harjoittaminen turvataan myös pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman osalta.

Neuvottelussa saamelaiskäräjät piti pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmaa tärkeänä. Saamelaisia koskettaa erityisesti taakanjakosektorin osa-alueista liikenne, työkoneet ja rakennusten lämmitys, sekä soveltuvilta osin myös maatalouden toimenpiteet, kuten ruokaturva. Paikallinen ruokaturva on tärkeä asia, koska perinteinen ruokajärjestelmä pohjautuu perinteisiin elinkeinoihin ja nojautuu elinkeinojen elinvoimaisuuteen. Ruokaturva edellyttäisi konkreettisia

³ VN/1046/2025-TEM-10

LUONNOS

toimia; lähiruoka ja omavaraisuus tukee ilmastoystävällisyyttä eikä päästöjälki näissä ole iso.

Saamelaiskäräjien mukaan suunnitelmassa tulisi huomioida alueelliset kysymykset eri sektoreiden osalta kuten pitkät etäisyydet ja palveluiden heikko saatavuus, jotta peruspalveluiden käyttö ei muodostuisi kohtuuttoman kalliiksi. Saamelaiskäräjät muistutti myös, että suunnitelman osalta on varmistettava, että ilmastotavoitteita ei edistetä toimilla, jotka heikentävät saamelaiskulttuurin tai perinteisten elinkeinojen, kuten poronhoidon, edellytyksiä, ja siksi on tärkeää, että alkuperäiskansan kulttuuri huomioidaan. Pitkän aikavälin suunnitelmassa tulisi varmistaa, että ei edistettäisi toimenpiteitä, jotka heikentävät saamelaisten kielen, kulttuurin ja elinkeinon edellytyksiä. Pitkän aikavälin suunnitelman osalta on tärkeää huomioida myös sopeutumiskysymykset ja "do no significant harm" -periaate.

Maa- ja metsätalousministeriö kertoi ruokaturva-asian olevan työpöydällä. Tällä hetkellä on valmistelussa kestävä ja kannattava ruokastrategia, johon liittyen on maakunnallisia tapahtumia ja keskusteluja. Myös sopeutumisenäkökulma on tärkeä osa ilmastolakia ja keskeinen saamelaisten oikeuksien kannalta, sillä se liittyy keskeisesti saamelaisten oikeuteen harjoittaa kulttuuria ja elinkeinoja.

Työ- ja elinkeinoministeriö totesi, että pitkän aikavälin suunnitelmaan ei sisälly poliittisia toimenpiteitä, mutta saamelaisnäkökulma tullaan huomioimaan. Eri-tyisesti sopeutumisen huomioiminen on keskeistä, sillä mikäli siinä ei onnistuta, perinteisten elinkeinojen harjoittaminen voi käydä mahdottomaksi.

Lopuksi saamelaiskäräjät totesi, että neuvottelujen tavoitteena olevaa yhteisymmärrystä pitkän aikavälin suunnittelemasta ei tässä neuvottelussa voida todeta, koska yksityiskohtaisia kirjauksia ei ole vielä saatavilla. Neuvottelujen jälkeen jää vielä epäselväksi, miten saamelaiskäräjien esittämät näkökulmat ja ehdotukset sisällytetään suunnitelmaan.

Puheenjohtaja totesi, että vaikka yhteisymmärrystä ei voitu todeta, yhteistä tavoitetilaa on neuvottelujen aikana rakennettu hyvässä yhteishengessä ja että neuvottelussa esitettyjen näkemysten pohjalta voidaan edetä.

LUONNOS

1.4.2 Työpajat, seminaarit ja kansalaiskysely

Skenaariotyöpajat

KEITO-hankkeen keskeisen tietopohjan ja ymmärryksen kartuttamiseksi tutkijaryhmä järjesti tammi-toukokuussa 2025 kaksi sidosryhmätyöpajaa ja tuloseseminaari, joissa osallistettiin laajasti eri sidosryhmiä. Tilaisuuksiin osallistui henkilöitä noin 60 organisaatiosta. Työpajoissa sovellettiin osallistavan ennakoinnin menetelmiä ja niiden tarkoituksena oli muodostaa laadullisia skenaarioita pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman laskelmien pohjaksi.

Ensimmäisen työpajassa laadittiin alustavat laadulliset kuvaukset neljästä skenaarioluonnoksesta, jotka kuvaavat vaihtoehtoisia kehityskulkuja vuoteen 2055 mennessä; yhteiskunnan, energiatalouden ja kasvihuonekaasupäästöjen osalta. Työpajassa pienryhmät rikastivat tutkimusryhmän skenaarioluonnoskuvauksia siten, että ne tarjoaisivat riittävästi elementtejä pitkän aikavälin skenaariolaskelmien tekemiseen. Eri pienryhmissä keskustelut painottuivat eri tavoin. Teknologiset ja taloudelliset tekijät painottuivat, mutta sosiaalisen ulottuvuuden käsittely jäi pienemmälle huomiolle. Ympäristönäkökulma oli mukana kaikissa pienryhmissä.

Toisessa työpajassa määriteltiin pienryhmissä toimenpiteitä, joiden avulla julkishallinto, yritykset ja kuluttajat voivat edesauttaa ilmastotavoitteiden saavuttamista eri skenaarioissa kuvatuissa kehityskuluissa. Tämän lisäksi pienryhmiltä pyydettiin huomioita skenaarioiden kehityskulkuihin liittyen toimista, joista tulisi luopua tai joita tulisi muuttaa, jotta ehdotettu uusi toimenpide edistäisi haluttua kehitystä. Lopuksi tutkijat keräsivät ryhmätyöskentelyssä esille tulleet näkökulmat koherentiksi kuvaukseksi kunkin skenaarion vaatimista toimenpiteistä.

Ensimmäisen ja toisen työpajan ja tulosten perusteella hankkeen tutkijat pystyivät laatimaan laadulliset, riittävän erilaiset tulevaisuuspolut Suomelle. Kolmas sidosryhmätilaisuus oli toukokuussa pidetty tuloseseminaari. Siinä tutkijat esittivät määrällisten laskelmien alustavia tuloksia yleisölle. Lisäksi tilaisuuden aikana osallistujille esitettiin kysymyksiä Mentimeter -applikaation avulla.

LUONNOS

Kansalaiskysely

Osana KEITO-hanketta toteutettiin kyselytutkimus, joka kartoitti suomalaisten suhtautumista mahdollisiin energia- ja ilmastopoliittisiin tavoitteisiin, toimenpiteisiin ja ratkaisuihin. Tutkimuksella selvitettiin myös kansalaisten motivaatiota, valmiuksia ja mahdollisuuksia päästöjen vähentämiseen ja kestävään elintapaan.

Kyselyn, joka sisälsi noin 60 lähinnä monivalintakysymystä käsittäen noin 100 arvioitavaa vaihtoehtoa, toteutettiin internet-paneelissa 17.2.– 20.2.2025 ja siihen vastasi yhteensä 1079 kansalaista.

Tärkeimmiksi tavoitteiksi puhtaan energiasiirtymän toteuttamisessa kansalaiset valitsivat Venäjä-riippuvuudesta irtautumisen (47 %), luontokadon ehkäisyn (47 %), energiaomavaraisuuden nostamisen (45 %), ilmastomuutoksen hillinnän (39 %) ja kulutuksen kohtuullistamisen (38 %). Tärkeimmiksi keinoiksi ja teknologioiksi puhtaan energiantuotannon ja -käytön saavuttamiseksi arvioitiin aurinkoenergia (42 %), energiansäästö (39 %), pienydinvoima (34 %), energiatehokkuuden edistäminen (32 %) ja maalämmön lisääminen (31 %).

Yleisten energia- ja ilmastopoliittisten tavoitteiden ja niitä tukevien toimenpiteiden lisäksi kyselyllä kartoitettiin myös kansalaisia puhtaassa siirtymässä huolettavia asioita, joita olivat esimerkiksi kriittiseen infrastruktuuriin kohdistuvat uhat (59 %), vastakkainasettelujen lisääntyminen (56 %) ja vaikutusten oikeudenmukainen jakautuminen (48 %). Lisäksi kysyttiin kuluttajien omassa päättävällä olevien toimenpiteiden toteuttamista esimerkiksi ruokavalion, muun kulutuksen, asumisen ja liikenteen osalta.

Tulosseminaarit

KEITO-hankkeen alustavista tuloksista kerrottiin kaikille avoimessa tulosseminaarissa toukokuussa 2025. Tällöin yleisöllä oli myös mahdollisuudet kommentointiin. KEITO-hankkeen lopullisten tulosten esittely toteutettiin webinaarissa 27.10.2025.

LUONNOS

1.4.3 Julkinen lausuntokierros

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman luonnoksesta oli lausuntopyyntö Lausuntopalvelu.fi-palvelussa 7. – 23.11.2025. Lausuntopalautteen perusteella luonnosta muokattiin ja yhteenveto annetuista lausunnoista esitetään suunnitelman liitteessä 1.

LUONNOS

2 Kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien skenaariot

2.1 Skenaarioiden valmistelu

Ilmastolain (423/2022) 9 § 1 kohdan mukaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa on esitettävä ”*taakanjako-, päästökauppa- ja maankäyttösektorin yhteenlaskettujen kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien kehitystä koskevat skenaariot, jotka kattavat vähintään seuraavat 30 vuotta ja joissa otetaan huomioon kasvihuonekaasujen päästöjen vähentäminen, nielujen vahvistaminen ja ilmastomuutokseen sopeutuminen*”.

Pitkän aikavälin skenaariot (LTS-skenaariot) laadittiin osana KEITO (Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja keinot) -hanketta⁴. Skenaariotyö perustui monitieteelliseen yhteistyöhön hankkeen tutkijatahojen kanssa sekä laajaan sidosryhmätyöskentelyyn. Pitkän aikavälin vaihtoehtoiset skenaariot määriteltiin erilaisten tulevaisuusnäkymien ja -polkujen mukaisiksi, joissa varioitiin keskeisiä lähtöoletuksia liittyen asumiseen, liikkumiseen, teolliseen rakenteeseen, maa- ja metsätalouteen sekä kansalaisten arvoihin ja asenteisiin.

LTS-skenaariot sisältävät neljä vaihtoehtoista kehityssuuntaa kohti kestäväää ja vähähiilistä yhteiskuntaa. Ulottuvuuksina ovat muutoksen ohjautuminen joko poliittisen sääntelyn tai markkinatoimijoiden kautta sekä arvojen jatkuvuus tai muutos. Näiden perusteella muodostuvat skenaariot kuvaavat erilaisia painotuksia: kansallinen ja EU:n omavaraisuus, ekologinen kestävyys ja globaali tasa-arvo, markkinavetoinen vihreä kasvu ja alueellisen tasa-arvon ja kansalaisten hyvinvoinnin edistäminen. Skenaariomatriisi (kuva 1) havainnollistaa, miten erilaiset arvot ja ohjauskeinot voivat suunnata tulevaisuutta. Mikään skenaarioista ei kuitenkaan edusta todennäköistä tulevaisuuden kuvaa,

⁴ <https://hiilineutraalisuomi.syke.fi/projektit/repower-cest/keito-hankeyhteistyö/publications.vtt.fi/pdf/technology/2025/T443.pdf>

LUONNOS

vaan määrittämällä skenaarioiden painotukset eri lailla, pyrittiin kuvaamaan pikemminkin ääriskenaarioita, jotka kuitenkin voisivat jossain määrin toteutua vuoteen 2055 mennessä.



Kuva 1. Skenaariomatriisi: LTS-skenaarioiden vaihtoehtoiset kehityssuunnat.

Tutkijat mallinsivat KEITO-hankkeessa varsinaiset LTS-skenaariot edellä kuvattujen vaihtoehtoisten kehityssuuntien perusteella. Skenaarioille oli keskeistä määrittää yhdyskunta- ja teollisen rakenteiden sekä maa- ja metsätalouden kehitykset, joilla on iso vaikutus Suomen energia- ja kasvihuonekaasupäästötaseisiin. Oletukset yhdyskuntarakenteessa näkyvät erityisesti asumisen ja liikkumisen muodoissa ja kehityksissä. Teollisuuden rakenne ja investoinnit uusiin teknologioihin vaikuttavat erityisesti energiankysyntään, mutta myös KHK-päästöihin. Maa- ja metsätalouden merkitys puolestaan korostuu erityisesti KHK-päästötaseessa sekä maatalouden päästöjen näkökulmasta että maankäyttösektorin KHK-päästöjen ja -poistumien näkökulmasta.

LTS-skenaarioiden muodostaminen ja niiden keskeiset lähtöoletukset on kuvattu yksityiskohtaisesti KEITO pitkän aikavälin raportin⁵ luvuissa 5 ja 6.

⁵ <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2025/T443.pdf>

LUONNOS

2.2 Vaihtoehtoiset skenaariot

Tässä luvussa on esitetty vaihtoehtoisten KEITO-hankkeen LTS-skenaarioiden kokonaispäästöjen ja maankäyttösektorin päästöjen/poistumien kehitykset vuoteen 2055 saakka. Skenaarioita verrataan ilmastolain kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen vähennystavoitteisiin sekä hiilineutraalius 2035 -tavoitteeseen. Lisäksi on esitetty perusskenaariona KEITO-hankkeen keskipitkän aikavälin päästöskenaariot.

LTS-skenaarioiden yksityiskohtaiset kehitykset on kuvattu KEITO LTS-raportin luvussa 7 maatalouden ja maankäyttösektorin osalta sekä 8.2 kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen ja taakanjakosektorin päästöjen osalta. KEITO LTS-raportissa on myös vertailtu kattavasti neljän eri skenaarion päästökehitystä ja niiden erojen syitä.

2.2.1 Perusskenaario

Ilmastolain hallituksen esityksen perusteluissa⁶ todetaan, että *Suunnitelmassa tulisi esittää myös perusskenaario kuvaamaan kehitystä vähintään seuraavien 30 vuoden päähän nykyisten toimien vaikutuksesta.*

Energia- ja ilmastostrategian sekä Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman (KAISU) valmistelua varten KEITO-hankkeessa mallinnettiin perusskenaario (WEM-skenaario) sekä hallituksen harkitseamia politiikkatoimia ja joitain ylimääräisiä, mutta vaikutuksiltaan pieniä, toimia sisältävä politiikkaskenaario (WAM-skenaario). Skenaariot ja niiden lähtöoletukset on kuvattu yksityiskohdaisesti raportissa Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – keskipitkän aikavälin vaikutusarviot⁷

Alla olevissa taulukoissa ja kuvissa on esitetty KEITO-hankkeen perus- ja politiikkaskenaarioiden mukaiset päästökehitykset. Vuoden 2025 Energia- ja ilmastostrategiassa on puolestaan esitetty arvio päästökehityksestä hallituksen

⁶ HE 27/2022 vp, <https://www.finlex.fi/fi/hallituksen-esitykset/2022/27>

⁷ <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2025/T442.pdf>

LUONNOS

harkitsemilla politiikkatoimilla. Arvio on lähellä KEITO-hankkeen politiikkaskenaariota.

Energia- ja ilmastostrategian mukaisella kehitysarviolla saavutetaan ilmaston kokonaispäästöjen 60 %:n vähennystavoite vuodelle 2030 verrattuna vuoden 1990 tasoon. Vuodelle 2040 asetettu tavoite 80 %:n päästöjen vähennyksestä ja vuoden 2050 90–95 %:n tavoite ovat nekin saavutettavissa, mutta niihin liittyy huomattavan paljon epävarmuutta niin EU-sääntelyn, teknologiakehityksen ja yritysten investointihalukkuuden suhteen.

Vuoden 2035 hiilineutraaliustavoitteen toteutuminen edellyttäisi Energia- ja ilmastostrategian kehitysarvion mukaista uraa selvästi suurempaa kokonaispäästöjen (ml. maankäyttösektori) nettovähennystä – noin 34 Mt CO₂-ekv. vuonna 2035. Muutos on haasteellinen toteutettavaksi pelkästään suorilla päästövähennyksillä ja teknisillä nieluilla ottaen huomioon jäljellä oleva aika, joten vaikuttaa todennäköiseltä, että tavoitteen saavuttamiseksi myös maankäyttösektorin netto nieluja pitäisi pystyä lisäämään merkittävästi. Sama pätee myös hiilinegatiivisuuden saavuttamiseen välittömästi vuoden 2035 jälkeen. Energia- ja ilmastostrategian luonnoksessa on esitetty tarkemmat kuvaukset kokonaispäästöjen kehityksestä sekä kuvattu myös taakanjako- ja maankäyttösektoreita erikseen.

LUONNOS

Taulukko 1. Kasvihuonekaasupäästöjen tase (pl. LULUCF) vuosina 2010–2055 pääluokittain WEM- ja WAM-skenaarioissa.

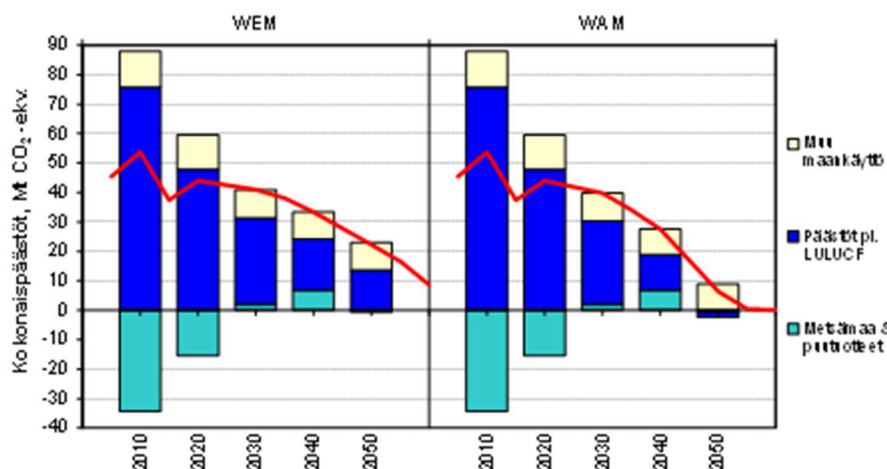
Päästöluokka	Mt CO ₂ -ekv.			WEM-skenaario						
	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
1A Polttoaineiden polton päästöt	60,1	40,5	34,3	24,3	17,3	12,4	8,7	7,0	5,2	3,8
1A1 Energiateollisuus	30,9	17,7	13,1	7,1	4,9	3,6	1,9	1,8	1,6	1,1
1A2 Teollisuus ja rakentaminen	10,3	6,7	6,3	5,4	3,6	2,5	2,0	1,7	1,3	1,2
1A3 Kotimaan liikenne	12,7	10,8	10,4	8,6	6,5	4,6	3,3	2,3	1,2	0,4
1A4 Muut sektorit	5,0	4,2	3,8	2,7	1,9	1,5	1,3	1,1	1,1	1,0
1A5 Muu polttoainekäyttö	1,2	1,0	0,7	0,6	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
1B Polttoaineiden haihtumapäästöt	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
2 Teollisuusprosessit ja tuotekäyttö	6,1	5,6	5,0	5,2	5,1	2,9	2,1	2,1	2,1	2,2
3 Maatalous	6,4	6,4	6,4	5,9	5,6	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
5 Jätteiden käsittely	2,8	2,3	1,9	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7
Epäsuorat CO ₂ päästöt	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhteensä pl. LULUCF-sektori	75,6	55,1	47,8	37,0	29,4	21,9	17,3	15,5	13,6	12,2
Päästöluokka	Mt CO ₂ -ekv.			WAM-skenaario						
	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
1A Polttoaineiden polton päästöt	60,1	40,5	34,3	25,7	16,7	9,4	4,1	-3,0	-9,2	-11,0
1A1 Energiateollisuus	30,9	17,7	13,1	7,3	4,8	2,2	0,3	-2,4	-6,2	-7,5
1A2 Teollisuus ja rakentaminen	10,3	6,7	6,3	5,5	3,2	1,2	-0,6	-3,6	-4,9	-5,0
1A3 Kotimaan liikenne	12,7	10,8	10,4	9,6	6,7	4,6	3,2	2,0	1,0	0,4
1A4 Muut sektorit	5,0	4,2	3,8	2,7	1,6	1,3	1,0	0,9	0,9	1,1
1A5 Muu polttoainekäyttö	1,2	1,0	0,7	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
1B Polttoaineiden haihtumapäästöt	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
2 Teollisuusprosessit ja tuotekäyttö	6,1	5,6	5,0	5,0	4,8	2,8	1,9	1,9	1,6	1,7
3 Maatalous	6,4	6,4	6,4	5,8	5,4	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
5 Jätteiden käsittely	2,8	2,3	1,9	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7
Epäsuorat CO ₂ päästöt	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhteensä pl. LULUCF-sektori	75,6	55,1	47,8	38,2	28,3	18,5	12,1	4,9	-1,7	-3,4

LUONNOS

Taulukko 2. Maankäyttösektorin tulokset WEM- ja WAM-skenaarioissa maankäyttöluokittain. Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025a).

WEM-skenaario	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Yhteensä	12,00	13,00	14,00	15,80	13,74	10,02	6,74	4,46
Metsämaa	1,22	7,40	9,16	10,18	7,85	3,71	0,07	-2,55
Viljelysmaa	8,65	6,69	5,91	6,03	6,39	6,51	6,48	6,50
Ruohikkoalueet	0,70	0,77	0,77	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73
Kosteikot	2,20	2,08	1,65	1,37	1,30	1,33	1,49	1,54
Rakennetut alueet	0,82	1,22	1,20	0,97	0,78	0,76	0,72	0,73
Puutuotteet	-1,60	-5,17	-4,68	-3,52	-3,34	-3,04	-2,76	-2,49
WAM-skenaario	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Yhteensä	12,00	13,00	13,99	15,25	13,12	9,39	6,11	3,83
Metsämaa	1,22	7,42	9,22	10,23	7,88	3,73	0,07	-2,55
Viljelysmaa	8,65	6,68	5,85	5,35	5,71	5,84	5,81	5,84
Ruohikkoalueet	0,70	0,77	0,77	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73
Kosteikot	2,20	2,08	1,65	1,46	1,33	1,36	1,52	1,58
Rakennetut alueet	0,82	1,22	1,19	0,96	0,78	0,75	0,73	0,72
Puutuotteet	-1,60	-5,17	-4,68	-3,52	-3,34	-3,04	-2,76	-2,49

LUONNOS



Kuva 2. Kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien kokonaistase WEM- ja WAM-skenaariossa 2010–2050.

2.2.2 Suomi edellä

Suomi edellä -skenaariossa (FIN) turvallisuusympäristön muutokset ja kansainvälisten suhteiden kiristymisen korostavat kansallisia intressejä. Taloudessa painottuvat korkeamman jalostusasteen vientituotteet ja tuotantorakenteet muuttuvat EU-markkinoiden suuntaan. Yhteiskunnallisesti väestö vähenee ja työvoiman riittävyys on haaste. Teknologian kehitys, kuten energian varastointi, sähköistyminen ja kiertotalous, tukevat huoltovarmuutta ja resurssitehokkuutta. Arvoissa korostuvat perinteiset arvot sekä alueellisen ja sukupolvien välisen eriarvoisuuden lisääntyminen.

Kokonaispäästöjen kehitys

Taulukossa 3 on esitetty FIN-skenaariossa kasvihuonekaasupäästöt taakanjakosektorilla alasektoreittain sekä päästökaupasektorilla vuosina 2005–2050.

LUONNOS

Taulukko 3. FIN-skenaarion kasvihuonekaasupäästöt (Mt CO₂-ekv.).

FIN – Sektorit	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kotimaan liikenne pl. avia	12.7	12.5	10.7	10.3	9.5	6.5	4.4	3.1	2.1	1.1
Työkoneet	2.6	2.5	2.5	2.7	2.5	1.8	1.5	1.2	1.0	0.9
Rakennusten lämmitys	4.1	3.7	2.6	2.2	1.3	0.6	0.4	0.2	0.2	0.1
Muut energiaperäiset	3.6	3.6	3.2	3.1	2.6	1.8	1.3	0.9	0.8	0.7
F-kaasut	1.2	1.4	1.2	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Muut prosessit ja tuotteet	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Maatalous	6.4	6.5	6.4	6.4	5.9	5.7	5.9	6.0	6.0	6.0
Jätteiden käsittely	3.1	2.9	2.3	1.9	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7
Taakanjakosektori yhteensä	34.3	33.5	29.6	28.2	24.4	18.5	15.2	13.1	11.6	10.2
Päästökauppa-sektori	35.6	42.3	25.6	19.6	13.9	11.1	7.0	4.9	3.9	3.4
Tekniset nielut	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
Kaikki yhteensä	69.9	75.8	55.2	47.8	38.3	29.5	22.1	17.7	15.3	13.4

FIN-skenaariossa ollaan vuonna 2030 vielä hyvin lähellä ilmastolain kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen tavoitetta, mutta vuoden 2030 jälkeen niistä jäädyään yhä selvemmin jälkeen. Vuoden 2035 tavoite hiilineutraaliudesta edellyttäisi tulosten mukaan 22 Mt CO₂-ekv. nieluja maankäyttösektorilla, mutta maankäyttösektori on noin 2 Mt CO₂-ekv. netto-nielu. FIN-skenaariossa ilmastolain päästövähennystavoitteita ei kyetä saavuttamaan, mikä johtuu monien eri tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Keskeisimpinä tekijöinä ovat päästöoikeuksien maltilliset hinnat, jotka eivät tuo riittävää taloudellista ohjausta, sekä teknisten nielujen jääminen kannustinmekanismien ulkopuolelle. Heikompaan päästökehitykseen vaikuttavina lisätekijöinä ovat energiantensiivisen teollisuuden korostuva merkitys teollisessa rakenteessa, liikenteen maltillisemmaksi jäävä sähköistyminen, jonkin verran suppeneva kestävä bioenergian saatavuus sekä korkeaan omavaraisuuteen tähtäävä maatalouspolitiikka, joka johtaa korkeimpiin maatalouden päästöihin.

Vuoteen 2030 saakka päästönvähennykset painottuvat suurelta osin energiantuotannon sektoreille, sähkön ja lämmön tuotantoon sekä öljynjalostukseen, joissa tehokkaana ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä päästöoikeuksien hinta. Vuoteen 2030 saakka päästönvähennykset painottuvat suurelta osin energiantuotannon sektoreille, sähkön ja lämmön tuotantoon sekä öljynjalostukseen, joissa tehokkaana ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä päästöoikeuksien hinta. Teollisuuden energia- ja prosessiperäiset päästöt jäävät FIN-skenaariossa suurimmiksi ja ovat vuonna 2040 noin 3 Mt CO₂-ekv. ja 2050 noin 2 Mt CO₂-ekv. Teknisten nielujen hyödyntäminen on vähäisintä FIN-skenaariossa, jossa kuitenkin tuotetaan CCU-pohjaisia (hiili-diksidin talteenotto ja hyödyntäminen) sähköpolttoaineita laajimmin.

LUONNOS

Taakanjakosektorin päästöjen kehitys

FIN-skenaariossa taakanjakosektorin hiilidioksidipäästöt alenevat verrattain tasaisesti vuodesta 2020 aina vuoteen 2050 saakka. Poliittikatoimien ohjausvaikutus, joka syntyy taakanjakosektorilla pääosin energiaverosta ja jakeluvelvoitteista sekä 2030 alkaen näitä vahvasti tukevasta ETS2-päästökauppa-mekanismista. Maatalouden päästöjen kehitys eroaa omavaraisuutta korostavassa FIN-skenaariossa muista skenaarioista. Päästöt eivät vähene merkittävästi vuoden 2005 tasosta, vaan jopa kääntyvät lievään kasvuun 2035 jälkeen.

Maankäyttösektorin kehitys

FIN-skenaariossa maankäyttösektori on päästölähde ja kääntyy noin -2 Mt CO₂-ekv. nieluksi vuonna 2035. Nettonielu kasvaa melko tasaisesti koko tarkastelujakson ajan. FIN-skenaarion maankäyttösektorin tulokset maankäyttöluokittain on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Maankäyttösektorin tulokset FIN-skenaariossa maankäyttöluokittain (Mt CO₂-ekv.). Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025).

	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Suomi edellä (FIN)								
Yhteensä	12,00	4,78	2,71	-1,95	-6,61	-12,15	-17,01	-20,40
Metsämaa	1,22	0,65	-2,85	-6,83	-11,27	-17,09	-22,29	-26,13
Viljelysmaa	8,65	6,37	5,45	5,61	5,78	5,73	5,72	5,76
Ruohikkoalueet	0,70	0,77	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82
Kosteikot	2,20	2,08	1,65	1,37	1,30	1,33	1,49	1,54
Rakennetut alueet	0,82	1,22	1,20	0,97	0,78	0,76	0,72	0,73
Puutuotteet	-1,60	-6,30	-3,51	-3,86	-3,99	-3,68	-3,46	-3,12

2.2.3 Markkinat edellä

Markkinat edellä -skenaariossa (BIZ) vapaakauppa ja teknologianeutraalius tukevat talouskasvua, ja yritysten ilmastotavoitteet ohjaavat kehitystä. Teknologian ja palveluiden vienti sekä uudet investoinnit, kuten datakeskukset ja vedyn tuotanto, vahvistavat taloutta ja tukevat vihreää siirtymää. Suomi panos-

LUONNOS

taa terveys- ja hyvinvointiteknologioihin, korkeaan koulutukseen ja työperäiseen maahanmuuttoon, mutta alueellinen kehitys ja maaseudun tyhjeneminen tuovat haasteita.

Kokonaispäästöjen kehitys

Taulukossa 5 on esitetty BIZ-skenaarion kasvihuonekaasupäästöt taakanjakosektorilla alasektoreittain sekä päästökauppasektorilla vuosina 2005–2050.

Taulukko 5. BIZ-skenaarion kasvihuonekaasupäästöt (Mt CO₂-ekv.).

BIZ – Sektorit	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kotimaan liikenne pl. avia	12.7	12.5	10.7	10.3	9.5	6.3	4.3	2.6	1.2	0.3
Työkoneet	2.6	2.5	2.5	2.7	2.5	1.8	1.3	0.8	0.7	0.6
Rakennusten lämmitys	4.1	3.7	2.6	2.2	1.4	0.7	0.4	0.2	0.2	0.1
Muut energiaperäiset	3.6	3.6	3.2	3.1	2.5	1.7	1.1	0.9	0.8	0.6
F-kaasut	1.2	1.4	1.2	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Muut prosessit ja tuotteet	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Maatalous	6.4	6.5	6.4	6.4	5.8	5.1	4.9	5.0	5.0	4.9
Jätteiden käsittely	3.1	2.9	2.3	1.9	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7
Taakanjakosektori yhteensä	34.3	33.5	29.6	28.2	24.3	17.7	13.8	11.1	9.3	8.0
Päästökauppasektori	35.6	42.3	25.6	19.6	13.9	10.3	4.0	1.2	0.5	0.3
Tekniset nielut	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	-3.2	-10.1	-13.9	-17.4
Kaikki yhteensä	69.9	75.8	55.2	47.8	38.2	27.7	14.6	2.2	-4.2	-9.2

BIZ-skenaariossa saavutetaan kaikki ilmastolain kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen vähennystavoitteet. Vuoden 2035 tavoite hiilineutraaliudesta edellyttäisi tulosten mukaan noin 15 Mt CO₂-ekv. nieluja maankäyttösektorilla, mutta maankäyttösektori on 12 Mt CO₂-ekv. päästölähde.

BIZ-skenaarioissa päästöoikeuksien korkeat hinnat ohjaavat kehitystä tehokkaasti päästöjen vähennyksiin. Muita keskeisimpiä tekijöitä tavoitteiden saavuttamiseksi ovat BIZ-skenaariossa voimakas sähköistyminen, laajat investoinnit uuteen energiateknologiaan ja tekniset nielut. Teknisten nielujen hyödyntämisen kokonaismäärä nousi BIZ-skenaariossa ylivoimaisesti suurimmaksi, noin 10 Mt CO₂-ekv.:iin vuonna 2040 ja 17 Mt CO₂-ekv.:iin vuonna 2050. DACCS (hiilidioksidin talteenotto suoraan ilmakehästä ja varastointi) tuli korkeiden päästöoikeuksien hintojen vuoksi kilpailukykyiseksi jo vuoteen 2040 mennessä ja sitä hyödynnettiin tällöin BIZ-skenaariossa noin 4 Mt:n laajuudessa vuosina 2040–2050, ja BECCS:n (bioperäisen hiilidioksidin talteenotto savu- tai prosessikaasuista ja varastointi) osuus nousi siten samalla aikavälillä noin 6 Mt CO₂-ekv.:sta noin 13 Mt CO₂-ekv.:iin.

LUONNOS

Vuoteen 2030 saakka päästönvähennykset painottuvat suurelta osin energi-
antuotannon sektoreille, sähkön ja lämmön tuotantoon sekä öljynjalostukseen,
joissa tehokkaana ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä pääs-
töoikeuksien hinta.

Taakanjakosektorin päästöjen kehitys

BIZ-skenaariossa taakanjakosektorin hiilidioksidipäästöt alenevat verrattain
tasaisesti vuodesta 2020 aina vuoteen 2050 saakka. Poliittikkatoimien ohjaus-
vaikutus, joka syntyy taakanjakosektorilla pääosin energiaverosta ja jakelu-
velvoitteista sekä 2030 alkaen näitä vahvasti tukevasta ETS2-päästökauppa-
mekanismista. Ohjaavuus näkyy erityisesti BIZ-skenaariossa, jossa päästöoi-
keuksien hinta on korkea.

Maankäyttösektorin kehitys

BIZ-skenaariossa maankäyttösektori on päästölähde vuonna 2025 ja jää pie-
neksi päästölähteeksi koko tarkastelujakson ajan. Nettopäästöt kasvavat tar-
kastelujakson alussa ja pienenevät vasta 2035 jälkeen metsäteollisuuden suu-
resta tuotantovolyyymista johtuen. Vuonna 2035 maankäyttösektori on BIZ-ske-
naarion mukaan 12 Mt CO₂-ekv. päästölähde.

BIZ-skenaarion maankäyttösektorin tulokset maankäyttöluokittain on esitetty
taulukossa 6.

*Taulukko 6. Maankäyttösektorin tulokset BIZ-skenaariossa maankäyttöluokittain (Mt CO₂-ekv.).
Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion
arvoja (Tilastokeskus 2025).*

	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Yhteensä	12,00	8,89	9,40	11,45	9,43	5,74	2,29	0,18
Metsämaa	1,22	3,66	5,60	7,45	5,58	1,78	-1,76	-4,16
Viljelysmaa	8,65	6,48	5,21	4,59	4,08	3,51	3,02	2,64
Ruohikkoalueet	0,70	0,82	1,03	1,28	1,53	1,80	2,09	2,38
Kosteikot	2,20	2,08	1,65	1,37	1,30	1,33	1,49	1,54
Rakennetut alueet	0,82	1,22	1,20	0,97	0,78	0,76	0,72	0,73
Puutuotteet	-1,60	-5,36	-5,30	-4,22	-3,84	-3,45	-3,27	-2,96

LUONNOS

2.2.4 Ympäristö edellä

Ympäristö edellä -skenaariossa (ENV) kestävän kehityksen ja ilmastotavoitteiden saavuttaminen vaatii laaja-alaista muutosta politiikassa, taloudessa, yhteiskunnassa, teknologiassa ja arvoissa. EU:n ja Suomen rooli ilmastojohtajina on vahva, mutta onnistuminen edellyttää oikeudenmukaisuutta, vahvaa regulaatiota ja yhteiskunnallista hyväksyntää. Haasteina ovat talouden ja turvallisuuden epävarmuudet sekä globaalit jännitteet, mutta mahdollisuuksia luovat innovaatiot, kiertotalous ja arvopohjan muutos.

Kokonaispäästöjen kehitys

Taulukossa 7 on esitetty ENV-skenaarion kasvihuonekaasupäästöt taakanjakosektorilla alasektoreittain sekä päästökauppasektorilla vuosina 2005–2050.

Taulukko 7. ENV-skenaarion kasvihuonekaasupäästöt (Mt CO₂-ekv.).

ENV – Sektorit	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kotimaan liikenne pl. avia	12.7	12.5	10.7	10.3	9.4	6.1	4.2	2.6	1.3	0.3
Työkoneet	2.6	2.5	2.5	2.7	2.5	1.7	1.2	0.8	0.6	0.5
Rakennusten lämmitys	4.1	3.7	2.6	2.2	1.4	0.6	0.4	0.2	0.1	0.1
Muut energiaperäiset	3.6	3.6	3.2	3.1	2.4	2.0	1.4	1.2	1.1	0.9
F-kaasut	1.2	1.4	1.2	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Muut prosessit ja tuotteet	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Maatalous	6.4	6.5	6.4	6.4	5.7	5.1	4.5	4.4	4.3	4.1
Jätteiden käsittely	3.1	2.9	2.3	1.9	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7
Taakanjakosektori yhteensä	34.3	33.5	29.6	28.2	24.0	17.7	13.5	10.6	8.8	7.3
Päästökauppasektori	35.6	42.3	25.6	19.6	13.9	11.3	5.2	2.2	1.3	1.2
Tekniset nielut	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-1.1	-1.7
Kaikki yhteensä	69.9	75.8	55.2	47.8	37.9	28.9	18.7	12.4	9.0	6.9

ENV-skenaariossa saavutetaan kaikki ilmastolain kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen vähennystavoitteet. Vuoden 2035 tavoite hiilineutraaliudesta edellyttäisi tulosten mukaan vajaan –19 Mt CO₂-ekv. nieluja maankäyttösektorilla. Hiilineutraaliustavoite saavutetaan, koska maankäyttösektori on vajaan –22 Mt CO₂-ekv. nielu.

ENV-skenaarioissa päästöoikeuksien korkeat hinnat ohjaavat kehitystä tehokkaasti päästöjen vähennyksiin. ENV-skenaariossa investoinnit uuteen teknologiaan ovat maltillisemmat ja teknisille nieluille jää vain hyvin pieni rooli.

LUONNOS

Vuoteen 2030 saakka päästönvähennykset painottuvat suurelta osin energiantuotannon sektoreille, sähkön ja lämmön tuotantoon sekä öljynjalostukseen, joissa tehokkaana ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä päästöoikeuksien hinta.

Taakanjakosektorin päästöjen kehitys

ENV-skenaariossa taakanjakosektorin hiilidioksidipäästöt alenevat verrattain tasaisesti vuodesta 2020 aina vuoteen 2050 saakka. Poliitiikkatoimien ohjausvaikutus, joka syntyy taakanjakosektorilla pääosin energiaveroista ja jakeluvelvoitteista sekä 2030 alkaen näitä vahvasti tukevasta ETS2-päästökauppa-mekanismista. Ohjaavuus näkyy erityisesti ENV-skenaariossa, jossa päästöoikeuksien hinta on korkea.

ENV-skenaariossa maatalouden päästöjä saadaan vähennetyksi 35 % vuoteen 2050 mennessä. Tämä on suurin päästövähennys tarkastelluista skenaarioista.

Maankäyttösektorin kehitys

ENV-skenaariossa maankäyttösektori on päästölähde vuonna 2025, mutta se kääntyy nieluksi jo vuonna 2030. Nettonielu kasvaa melko tasaisesti koko tarkastelujakson ajan. Vuonna 2035 maankäyttösektori on -22 Mt CO₂-ekv. hiilinielu. Hiilitaseeseen vaikuttavat ennen kaikkea pienet hakkuumäärät, mutta myös metsien tiukka lisäsuojelu, hakkuiden kohdentuminen ja metsänhoidon käytännöt, kuten lannoitus. Vuonna 2035 metsämaa on merkittävä nettonielu (-31 Mt CO₂-ekv.).

ENV-skenaarion maankäyttösektorin tulokset maankäyttöluokittain on esitetty taulukossa 8.

LUONNOS

Taulukko 8. Maankäyttösektorin tulokset ENV-skenaariossa maankäyttöluokittain (Mt CO₂-ekv.). Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025).

	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Yhteensä	12,00	2,58	-10,47	-21,72	-32,33	-41,44	-49,16	-54,52
Metsämaa	1,22	-2,42	-15,75	-30,54	-39,07	-47,83	-55,55	-61,25
Viljelysmaa	8,65	7,08	4,85	5,02	4,64	4,23	3,83	3,81
Ruohikkoalueet	0,70	0,85	1,04	1,04	1,24	1,44	1,65	1,85
Kosteikot	2,20	2,08	1,65	1,40	1,33	1,36	1,52	1,54
Rakennetut alueet	0,82	1,22	1,20	0,97	0,78	0,76	0,72	0,73
Puutuotteet	-1,60	-6,22	-3,46	0,39	-1,25	-1,40	-1,32	-1,20

2.2.5 Yhteiskunta edellä

Yhteiskunta edellä -skenaariossa (PPL) yhteiskunnallisissa arvoissa korostuvat uuden talousajattelun tarve (esim. degrowth), jossa korostuu yksilöiden ja yhteisöjen huomioiminen päätöksenteossa. Sosiaalisesti painotetaan alueellisen tasa-arvon, resilienssin ja perinteisten elinkeinojen huomioimista. Teknologian rooli nähdään oikeudenmukaisuuden edistäjänä, ja energiasiirtymissä korostetaan teknologianeutraaliutta sekä riittävän pitkää siirtymäaikaa. Ympäristön osalta päätösten pitkäaikaisvaikutukset, vihreän imperialismien torjunta ja paikallisten ratkaisujen merkitys nousevat esiin.

Kokonaispäästöjen kehitys

Taulukossa 9 on esitetty PPL-skenaariossa kasvihuonekaasupäästöt taakanjakosektorilla alasektoreittain sekä päästökaupasektorilla vuosina 2005–2050.

Taulukko 9. PPL-skenaariossa kasvihuonekaasupäästöt (Mt CO₂-ekv.).

PPL – Sektorit	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kotimaan liikenne pl. avia	12.7	12.5	10.7	10.3	9.4	6.2	4.4	3.1	1.8	0.6
Työkoneet	2.6	2.5	2.5	2.7	2.5	1.7	1.5	1.1	0.8	0.7
Rakennusten lämmitys	4.1	3.7	2.6	2.2	1.4	0.7	0.4	0.2	0.2	0.2
Muut energiaperäiset	3.6	3.6	3.2	3.1	2.4	1.8	1.3	1.0	1.0	0.9
F-kaasut	1.2	1.4	1.2	0.9	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Muut prosessit ja tuotteet	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Maatalous	6.4	6.5	6.4	6.4	5.7	5.1	4.6	4.5	4.3	4.2
Jätteiden käsittely	3.1	2.9	2.3	1.9	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7
Taakanjakosektori yhteensä	34.3	33.5	29.6	28.2	24.0	17.6	14.0	11.6	9.7	8.0
Päästökaupasektori	35.6	42.3	25.6	19.6	13.9	9.4	5.0	2.4	1.5	1.1
Tekniset nielut	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.9	-2.5	-3.6	-4.6
Kaikki yhteensä	69.9	75.8	55.2	47.8	37.9	27.0	18.1	11.4	7.6	4.4

LUONNOS

PPL-skenaariossa saavutetaan kaikki ilmastolain kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen vähennystavoitteet. Vuoden 2035 tavoite hiilineutraaliudesta edellyttäisi tulosten mukaan noin $-18 \text{ Mt CO}_2\text{-ekv.}$ nieluja maankäyttösektorilla, mutta maankäyttösektori on vain $-2 \text{ Mt CO}_2\text{-ekv.}$ nielu.

PPL-skenaariossa on matalammat päästöoikeuksien hinnat, joten taloudellinen ohjaus on heikompi. Bioenergiapotentiaali toisaalta oletettiin tässä skenaariossa suurimmaksi, minkä ansiosta bioenergian merkitys nousee päästövähennysten kannalta merkittäväksi. Hajautetun energiatuotannon osalta myös kiinteistöjen aurinkovoiman merkitys kasvaa muita skenaarioita suuremmaksi, kun taas tuulivoimainvestoinnit jäävät maltilliselle tasolle. Teknisistä nieluista DACCS ei tule PPL-skenaariossa kustannuksiltaan kilpailukykyiseksi, mutta BECCS sen sijaan saa huomattavan roolin päästöjen lisävähennyskeinona lähinnä metsäteollisuudessa, mitä tukee tässä skenaariossa oletettu muita suotuisammin kehittyvä bioenergiapotentiaali.

Vuoteen 2030 saakka päästönvähennykset painottuvat suurelta osin energiantuotannon sektoreille, sähkön ja lämmön tuotantoon sekä öljynjalostukseen, joissa tehokkaana ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä päästöoikeuksien hinta.

Taakanjakosektorin päästöjen kehitys

PPL-skenaariossa taakanjakosektorin hiilidioksidipäästöt alenevat verrattain tasaisesti vuodesta 2020 aina vuoteen 2050 saakka. Poliittikkatoimien ohjausvaikutus, joka syntyy taakanjakosektorilla pääosin energiaveroista ja jakeluvelvoitteista sekä 2030 alkaen näitä vahvasti tukevasta ETS2-päästökauppa-mekanismista.

Maankäyttösektorin kehitys

PPL-skenaariossa maankäyttösektori on päästölähde vuonna 2025, mutta se kääntyy nieluksi jo vuonna 2035. Nettonielu kasvaa melko tasaisesti koko tarkastelujakson ajan. Vuonna 2035 maankäyttösektori on $-2 \text{ Mt CO}_2\text{-ekv.}$ hiilinielu. Vuonna 2035 metsämaa toimii nettonieluna ($-9 \text{ Mt CO}_2\text{-ekv.}$).

PPL-skenaarion maankäyttösektorin tulokset maankäyttöluokittain on esitetty taulukossa 10.

LUONNOS

Taulukko 10. Maankäyttösektorin tulokset PPL-skenaariossa maankäyttöluokittain (Mt CO₂-ekv.). Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa KHK-inventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025).

	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Yhteensä	12,00	7,36	2,37	-1,95	-10,34	-18,96	-24,92	-29,13
Metsämaa	1,22	1,90	-2,95	-8,86	-15,86	-24,29	-30,42	-34,72
Viljelysmaa	8,65	6,86	5,08	4,92	4,63	4,13	3,87	3,50
Ruohikkoalueet	0,70	0,76	0,85	1,00	1,16	1,34	1,56	1,78
Kosteikot	2,20	2,08	1,65	1,37	1,30	1,33	1,49	1,54
Rakennetut alueet	0,82	1,22	1,20	0,97	0,78	0,76	0,72	0,73
Puutuotteet	-1,60	-5,46	-3,46	-1,36	-2,35	-2,23	-2,14	-1,95

2.2.6 Yhteenveto vaihtoehtoisista skenaariosta ja johtopäätökset

Kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen kehitys

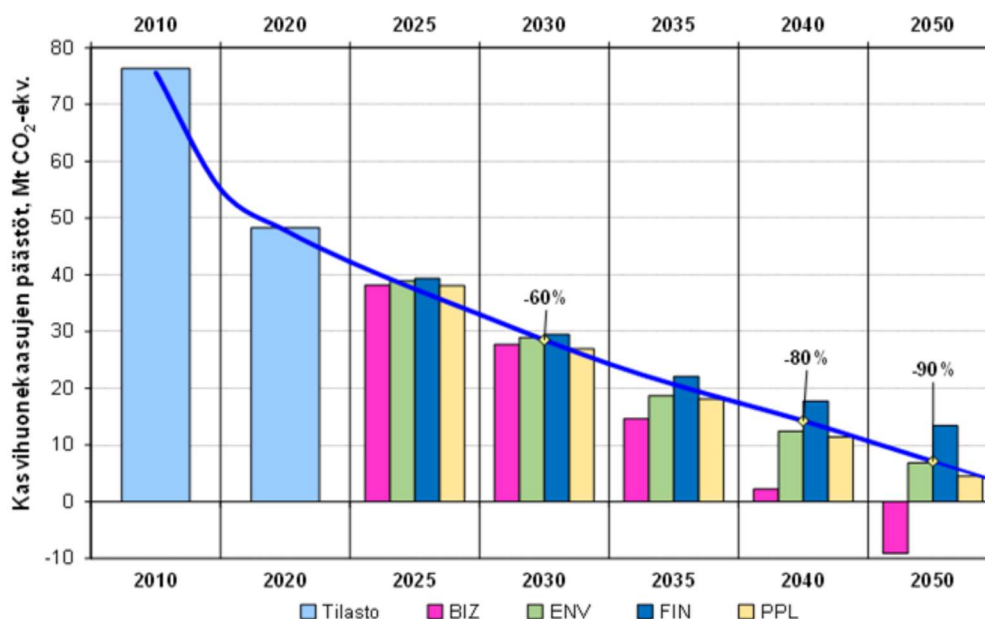
Ilmastolain (423/2022) 2 § 2-3 kohdan mukaan tavoitteena on, että:

2) ihmisen toiminnasta aiheutuvat taakanjako- ja päästökauppasektorin yhteenlasketut kasvihuonekaasujen päästöt ilmakehään vähentyvät vuoteen 2030 mennessä vähintään 60 prosenttia ja vuoteen 2040 mennessä vähintään 80 prosenttia verrattuna vuoteen 1990;

3) ihmisen toiminnasta aiheutuvat taakanjako- ja päästökauppasektorin yhteenlasketut kasvihuonekaasujen päästöt ilmakehään vähentyvät vuoteen 2050 mennessä vähintään 90 prosenttia, mutta pyrkien tasoon 95 prosenttia verrattuna vuoteen 1990;

Kuten edellä luvuissa 2.2.2 – 2.2.5 esitettiin, mallinnetuista KEITO LTS-skenaarioista kaikki ilmastolain asettamat kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen vähennystavoitteet vuosille 2030, 2040 ja 2050 saavutettiin muissa, paitsi Suomi edellä (FIN) -skenaariossa. Tässäkin ollaan vuonna 2030 vielä hyvin lähellä tavoitetta, mutta vuoden 2030 jälkeen kasvihuonekaasujen päästötavoitteista jäädään yhä selvemmin jälkeen johtuen erityisesti laskentaoletuksista teknisiin hiilinieluihin, joiden oletettiin toteutuvan vain vähäisessä määrin (kuva 3).

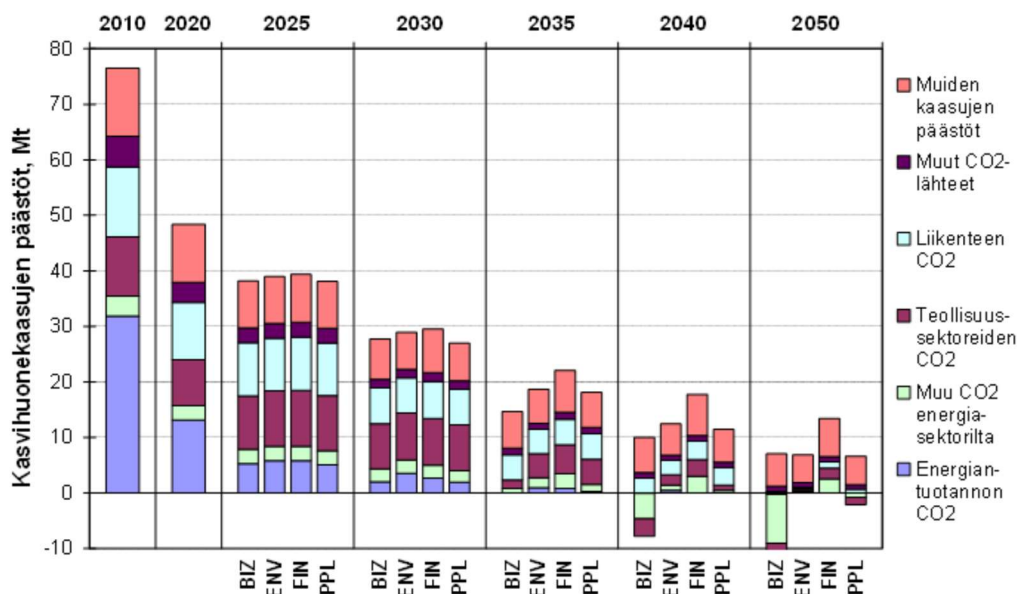
LUONNOS



Kuva 3. Kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen kehitys LTS-skenaarioissa 2000–2055 (Mt CO₂-ekv., GWP=AR5).

Kasvihuonekaasupäästöjen pääluokkien mukainen jaottelu (kuva 4) osoittaa, että vuoteen 2030 saakka päästövähennykset painottuvat suurelta osin energiantuotannon sektoreille, sähkön ja lämmön tuotantoon sekä öljynjalostukseen, joissa tehokkaana ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä päästöoikeuksien hinta. Hiilidioksidin talteenotolla voi olla merkittävä rooli ilmastomuutoksen hillinnässä. Teknisten nielujen hyödyntämisen kokonaismäärä nousi BIZ skenaariossa ylivoimaisesti suurimmaksi, noin -10 Mt CO₂-ekv.:iin vuonna 2040 ja -17 Mt CO₂-ekv.:iin vuonna 2050.

LUONNOS

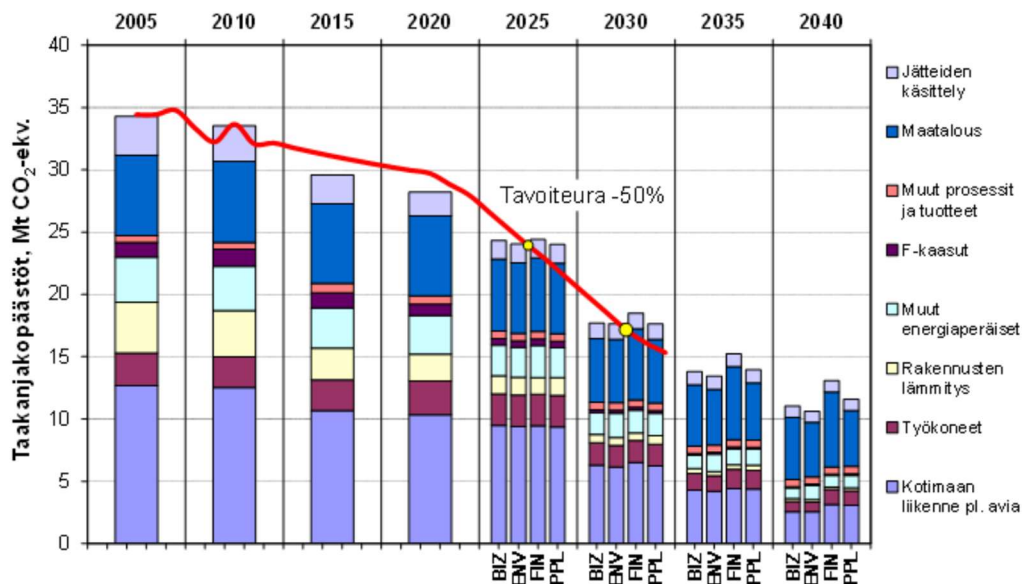


Kuva 4. Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys pääluokittain LTS-skenaarioissa 2010–2050 (Mt CO₂-ekv., GWP=AR5).

Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys taakanjakosektorilla

KEITO LTS-skenaariossa taakanjakosektorin kokonaispäästöt vuoteen 2030 mennessä olivat 17,6–18,5 Mt CO₂-ekv., joka on vain 0,5–1,4 Mt CO₂-ekv. suurempi kuin taakanjakosektorin päästövähennystavoite. Viime vuosien tavoiteuran alittaneista päästöistä syntynyt päästösäästö voisi kuitenkin riittää kompensoimaan tämän eron. Vuoden 2030 jälkeiselle ajalle ei ole toistaiseksi tiedossa EU:n asettamaa taakanjakosektorin kansallista tavoitetta. KEITO LTS-laskelmien perusteella taakanjakosektorin KHK-päästöt vähenivät 61–69 % vuonna 2040 ja vastaavasti 70–80 % vuonna 2050 vuoden 2005 tasoon verrattuna. Suurimmat päästövähennykset vuonna 2040 ja 2050 taakanjakosektorilla saavutettiin Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa, mutta Yhteiskunta edellä (PPL) ja Markkinat edellä (BIZ) -skenaarioissa KHK-päästöt olivat hyvin lähellä ENV-skenaarion päästötasoa. Taakanjakosektorin sisällä eroja on sen sijaan havaittavissa liittyen esimerkiksi maatalouden ja kotimaan liikenteen osalta, vaikka molempien sektoreiden KHK-päästöt vähenevät merkittävästi (ks. taulukot 3, 5, 7 ja 9 sekä kuva 5).

LUONNOS



Kuva 5. Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys taakanjakosektorilla LTS-skenaarioissa 2005–2040.

Maatalouden päästöjen kehitys eroaa skenaarioiden välillä melko huomattavasti skenaarioiden taustaoletusten mukaan. Omavaraisuutta korostavassa FIN-skenaariossa päästöt eivät vähene merkittävästi vuoden 2005 tasosta, vaan jopa kääntyvät lievään kasvuun 2035 jälkeen. ENV-skenaario edustaa toista ääripäätä, jossa maatalouden päästöjä saadaan vähennetyksi 35 % vuoteen 2050 mennessä, mutta myös PPL-skenaariossa maatalouden päästöjen vähennys on lähes yhtä huomattava. BIZ-skenaariossa päästökehitys asettuu ääripäiden välimaastoon (23 %:n vähennys vuoteen 2050 mennessä).

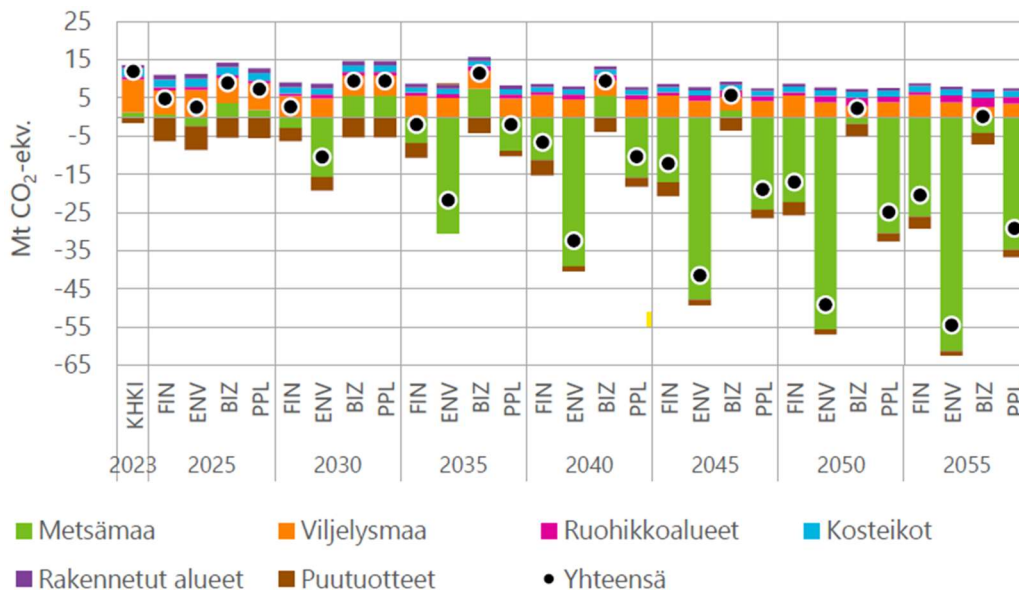
Absoluuttisina määrinä taakanjakosektorin merkittävimmät päästövähennykset saavutetaan kaikissa skenaarioissa kotimaan liikenteessä, yli 12 Mt CO₂-ekv. vuodesta 2005 vuoteen 2050. Seuraavilla sijoilla ovat rakennusten lämmitys, noin 4 Mt, ja muut energiaperäiset päästöt, vajaat 3 Mt CO₂-ekv. sekä jätteiden käsittely, noin 2,4 Mt CO₂-ekv. Vaikeimmin vähennettävänä päästöinä näyttäytyvät tuloksissa päästöt muista prosesseista ja tuotteista, joiden vähentämiseen ei ollut oletettu juuri mitään kannustinta tai muita politiikkatoimia, ja jonka vuoksi ne eivät juuri eroa myöskään skenaarioiden välillä.

Maankäyttösektorin päästö- ja poistumakehitys maankäyttöluokittain

Maankäyttösektori on päästölähde kaikissa skenaarioissa vuonna 2025 (taulukot 4, 6, 8 ja 10 sekä kuva 6), mutta kääntyy nieluksi jo vuonna 2030 ENV-

LUONNOS

skenaariossa ja vuonna 2035 PPL- ja FIN-skenaarioissa. BIZ-skenaariossa sektori on päästölähde koko tarkastelujakson ajan. ENV-, PPL- ja FIN-skenaarioissa nettonielu kasvaa melko tasaisesti koko tarkastelujakson ajan, kun taas BIZ-skenaariossa nettopäästöt kasvavat tarkastelujakson alussa ja pienenevät vasta 2035 jälkeen. Vuonna 2035 maankäyttösektori on -22 Mt CO₂-ekv. hiilinielu ENV-skenaariossa, -2 Mt CO₂-ekv. hiilinielu sekä PPL- että FIN-skenaariossa ja 12 Mt CO₂-ekv. päästölähde BIZ-skenaariossa.



Kuva 6. Maankäyttösektorin päästö- ja poistumakehitys maankäyttöluokittain LTS-skenaarioissa. Positiivinen luku on päästö ja negatiivinen poistuma (nielu). Vuosi 2023 vastaa kasvihuonekaasuinventaarion arvoja (Tilastokeskus 2025).

Hiilineutraalius 2035

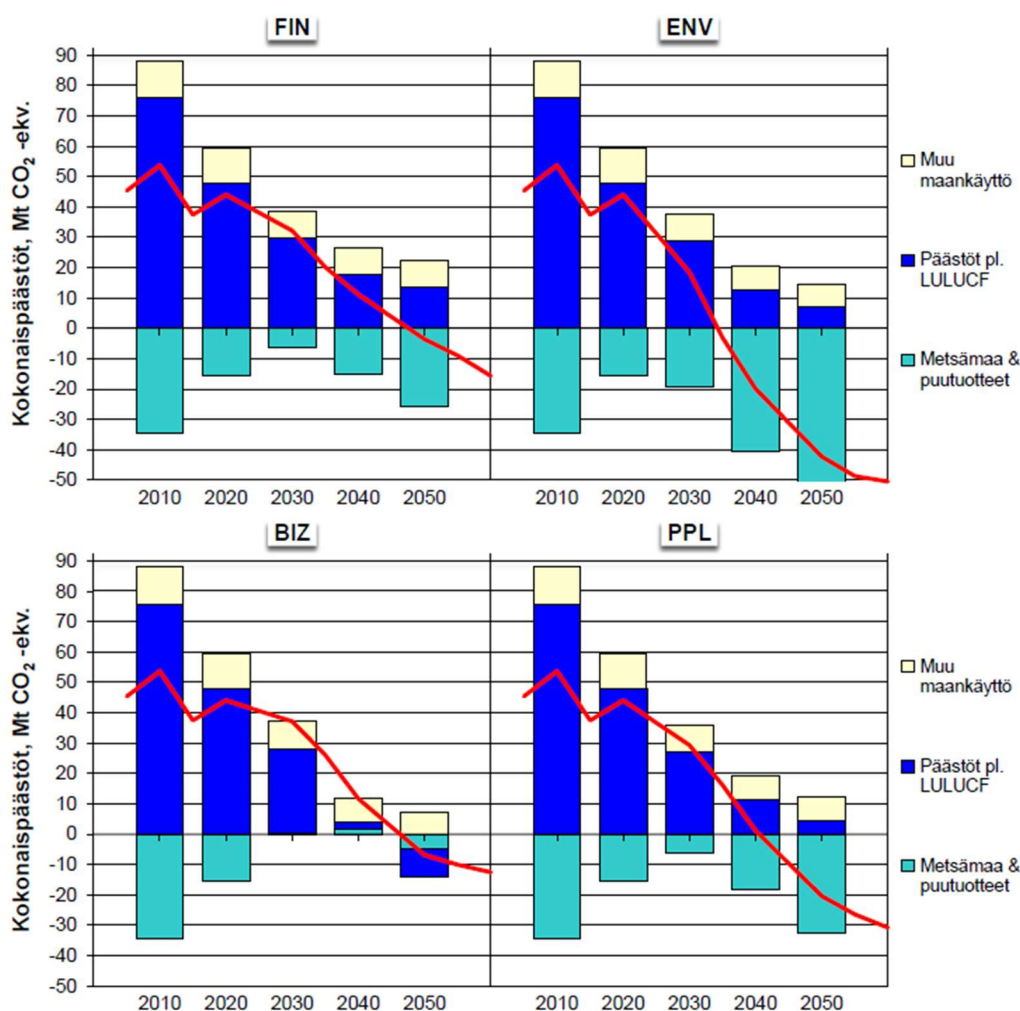
Ilmastolain 2 § 1 kohdan mukaan tavoitteena on, että

- 1) *ihmisen toiminnasta aiheutuvat kasvihuonekaasujen päästöt vähentyvät ja nielujen aikaansaamat poistumat kasvavat siten, että kasvihuonekaasujen päästöt ovat enintään yhtä suuret kuin poistumat viimeistään vuonna 2035 ja että poistumat kasvavat ja päästöt vähenevät edelleen myös sen jälkeen*

Kuvassa 7 on esitetty kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen tase KEITO LTS-skenaarioissa maankäyttösektori mukaan lukien. Kuvasta nähdään, että

LUONNOS

Suomi saavuttaisi hiilinegatiivisuuden pitkällä aikavälillä kaikissa KEITO LTS-skenaariossa. Vuoden 2035 hiilineutraalisuustavoite saavutetaan sen sijaan ainoastaan Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa, jossa maankäyttösektori on vuonna 2035 21,7 Mt CO₂-ekv. suuruisen nettonielu, jolloin kokonaispäästötase olisi -3,1 Mt CO₂-ekv. Tässä skenaariossa erityisesti metsämaa muodostuu nettonieluksi alhaisten hakkuiden vuoksi, jotka laskevat nykyiseltä noin 72 milj. m³ tasolta runsaaseen 50 milj. m³:in vuoteen 2030 mennessä. Huomiota on syytä kiinnittää siihen, että ENV-skenaariossa oletettiin vain vähäiset investoinnit teknisiin hiilinieluihin ja nekin toteutuivat mallinnuksen mukaan vasta vuoden 2035 jälkeen.



Kuva 7. Kasviuonekaasupäästöjen kokonaistaseen kehitys ml. LULUCF-sektori.

LUONNOS

Suomen tulisi ilmastolain mukaan saavuttaa nettonegatiiviset päästötavoitteet jo vuoden 2035 jälkeen, joka toteutuu ainoastaan Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa. Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa nettonegatiiviset päästöt kuitenkin saavutetaan hieman vuoden 2040 jälkeen sekä Markkinat edellä (BIZ) ja Suomi edellä (FIN) -skenaarioissa ennen vuotta 2050. Nielujen aikaansaamat poistumat kasvavat ja päästöt vähenevät edelleen kaikissa skenaarioissa hiilineutraaliuuden saavuttamisen jälkeen.

Suomen Ilmastopaneeli on arvioinnut⁸ Suomen edellytyksiä saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä. Ilmastopaneelin mukaan edellytyksenä on, että maankäyttösektorilla ryhdytään viivyttämättä korjaaviin toimiin, taakanjakosektorilla otetaan välittömästi käyttöön vahvempia ohjauskeinoja muun muassa liikenteen ja maatalouden päästöjen hillitsemiseksi, päästökauppa-sektorilla toimivien suurten päästäjien puhtaat investoinnit etenevät suotuisasti aikataulussa ja teknologisia nieluja saadaan aikaiseksi vuoteen 2035 mennessä.

Ilmastopaneeli arvioi, että päästökauppa-sektorilla olisi saavutettavissa 5 Mt CO₂-ekv. päästöt vuonna 2035. Tämä saavutetaan KEITO LTS-skenaarioissa BIZ- ja PPL-skenaarioissa (4 Mt CO₂-ekv. ja 5 Mt CO₂-ekv.). ENV- ja FIN-skenaarioissa päästöt ovat hiukan suuremmat (5,2 Mt CO₂-ekv. ja 7 Mt CO₂-ekv.). Teknisten hiilinielujen osata Ilmastopaneeli on arvioinut potentiaaliksi noin -3,4 Mt CO₂-ekv. BIZ-skenaariossa on oletettu teknisiä nieluja vajaa 6 Mt CO₂-ekv., FIN ja PPL-skenaarioissa vajaa 2 Mt CO₂-ekv. ja ENV-skenaariossa vain vähän. Huomionarvoista on, että BIZ-skenaarion laaja teknisten nielujen hyödyntäminen perustuisi pääasiassa biogeenisen hiilidioksidin talteenottoon, joka on mahdollista laajemman metsäteollisuuden ja sen edellyttämien suurempien runkopuun hakkuiden vuoksi. Tämä puolestaan kasvattaa maankäyttösektorin päästöjä.

⁸ Suomen hiilineutraaliuspolku – Arvio hiilineutraaliuden saavuttamisesta ja sen keinoista. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/suomen-hiilineutraaliuspolku-arvio-hiilineutraaliuden-saavuttamisesta-ja-sen-keinoista/>

LUONNOS

Ilmastopaneelin mukaan taakanjakosektorilla päästöt voisivat olla vuonna 2035 13,2 Mt CO₂-ekv. ENV- ja BIZ-skenaarioissa tästä tasosta jäädään hiukan (13,5 Mt CO₂-ekv. ja 13,8 Mt CO₂-ekv.) ja PPL- ja FIN-skenaarioissa enemmän (14 Mt CO₂-ekv. ja 15,2 Mt CO₂-ekv.).

Maankäyttösektorin osalta Ilmastopaneeli arvioi, että maankäyttösektorin nettonielun tulisi olla noin -15 Mt CO₂-ekv. vuonna 2035. Tähän päästään vain ENV-skenaariossa, jossa nettonielu on noin -22 Mt CO₂-ekv. Muissa skenaarioissa nettonielu on vain vähäinen (PPL ja FIN noin -2 Mt CO₂-ekv.) tai vielä merkittävä päästölähde (BIZ vajaa 12 Mt CO₂-ekv.). Ilmastopaneelin arvioissa maankäyttösektorin nettonielun taustalla oli oletus noin 64 milj. m³ hakkuutasosta vuonna 2035. ENV- ja PPL-skenaarioissa vuotuiset runkopuun hakkuut ovat tätä pienempiä (runsas 50 milj. m³ ja 63 milj. m³) ja BIZ- ja FIN-skenaarioissa merkittävästi suurempia (81 milj. m³ ja runsas 70 milj. m³).

Suomen ilmastopaneelin mukaan⁹ hakkuiden lisääminen pysyvästi nykytasoa (73 miljoonaa m³ vuodessa) korkeammaksi vähentää metsien hiilinielua joka vuosi vähintään tämän vuosisadan ajan verrattuna siihen, että hakkuita ei lisättäisi. Vastaavasti pienentämällä hakkuita pystyttäisiin parantamaan metsiemme hiilinielua vähintään tämän vuosisadan ajan. Fossiilisten materiaalien ja polttoaineiden korvaaminen nykyisen kaltaisilla puutuotteilla ja -polttoaineilla vähentää päästöjä, mutta vältetyt päästöt ovat niin alhaiset, etteivät päästövähennykset ja puutuotteiden hiilivarastot pysty kompensoimaan hakkuiden lisäämisen kautta aiheutettuja hiilinielumenetyksiä ainakaan 150 vuoden aikajänteellä, jos hakkuutaso jää pysyvästi nykyistä suuremmaksi.

Toisaalta metsätaloudesta ja metsäteollisuudesta syntyy arvonlisää ja työllisyyttä kansantalouteen. Käynnissä olevan tutkimushankkeen¹⁰ alustavien tulosten mukaan hakkuiden vähentäminen Suomessa ja EU alueella korvautuisi

⁹ Metsät ja ilmasto: Hakkuut, hiilinielut ja puun käytön korvaushyödyt, Suomen Ilmastopaneelin raportti 3/2022, <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/metsat-ja-ilmasto-hakkuut-hiilinielut-ja-puun-kayton-korvaushyodyt/>

¹⁰ Manuscript under review: Kallio & Rannestad. 2025. "Potential impacts of the EU's biodiversity strategy on the EU and global forest sector and biodiversity", Norwegian University of Life Sciences: <https://main-bvxea6i-kdsvgmpf4iwws.eu-5.plat-formsh.site/sites/default/files/2025-03/Kallio%20Rannestad%20%2019%2011%202024%20Manuscript%20under%20review.pdf>

LUONNOS

pääosin lisähakkuilla ja tuotannolla muualla, jossa metsien hiiliensidonta vähenisi, päästöt lisääntyisivät ja biodiversiteetti heikkenisi.

LUONNOS

3 Toimialakohtaiset etenemisvaihtoehdot

Ilmastolain (423/2022) 9 § 2 kohdan mukaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa on esitettävä keskeiset toimialakohtaiset etenemisvaihtoehdot perustuen kasvihuonekaasujen vähennystavoitteeseen sekä poistumien kasvamista koskevaan tavoitteeseen.

Tässä luvussa kuvataan eri toimialojen etenemisvaihtoehtoja ja minkälaisia päästökehityksiä on odotettavissa. Luvussa 4 kuvataan yksityiskohtaisemmin merkittävimpien teknologioiden ja päästövähennysmenetelmien kehitysnäkömät.

3.1 Energiajärjestelmä

Edellä kuvatut erilaiset etenemisvaihtoehdot eroavat jonkin verran toisistaan energiajärjestelmän kehitysnäkömän osalta. Esimerkiksi Markkinat edellä (BIZ)-vaihtoehdossa painotetaan merkittävässä määrin toimialojen tiekarttoja, nykyisenkaltaisia markkinanäkymiä ja yhteiskunnallisia arvoja sekä oletusta toimivista globaaleista markkinoista. Tämä näkyy erityisesti panostuksina BECCS ja DACCS -teknologioihin, tuuli- ja aurinkovoimaan, ydinvoimaan sekä myös yleisemmin digitalisaatioon ja kasvaviin tuotantovolyymeihin.

Ympäristö edellä (ENV) -vaihtoehdossa painotetaan arvo- ja normimuutoksia sekä merkittävää poliittista ohjausta nimenomaan ympäristön näkökulmasta niin kotimaisesti kuin globaalistikin. Tämä heijastuu esimerkiksi pienempinä tuotantovolyymeina, mistä hyvänä esimerkkinä on metsäteollisuus.

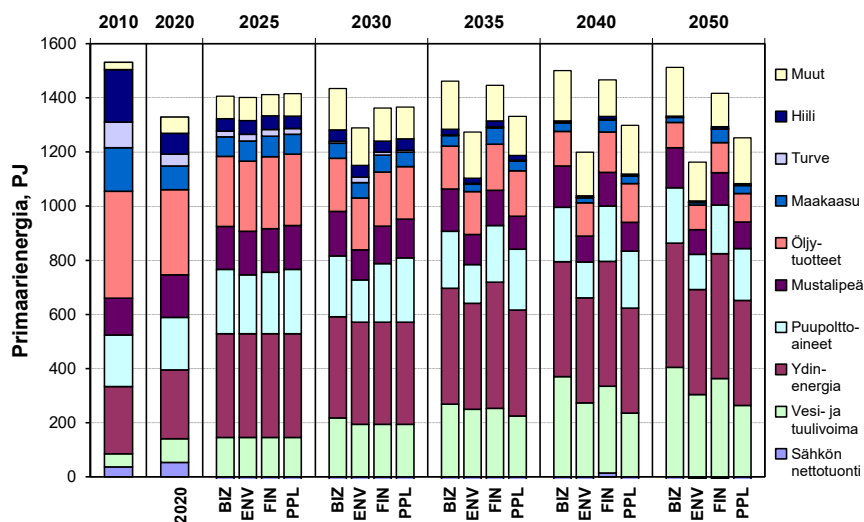
Suomi edellä (FIN) -vaihtoehdossa lähtökohtana on panostus omavaraisuuteen ja huoltovarmuuteen sekä Suomessa että koko EU:ssa. Panostukset puhtaaseen siirtymään oletetaan mittaviksi, mutta ensisijaisena tavoitteena on irtautuminen fossiilisista tuontipolttoaineista kaikilla energiasektoreilla. Tämä näkyy mm. panostuksina uusiutuvaan energiaan, ydinvoimaan, vetytalouteen mukaan lukien synteettisten polttoaineiden tuotanto sekä fossiilittomaan teräksen ja öljynjalostukseen.

LUONNOS

Yhteiskunta edellä (PPL)-vaihtoehdossa lähtökohtana ovat merkittävät yhteiskunnalliset muutokset sekä arvoissa ja normeissa että toisaalta myös koko yhteiskunta- ja elinkeinorakenteessa. Poliittisen ohjauksen sijasta kehitystä ohjaavat enemmän vapaaehtoiset toimet, mikä johtaa nykyistä hajautetumpaan teolliseen ja yhdyskuntarakenteeseen.

3.1.1 Energian hankinta

Kuva 8 esittää kaikkien mallinnettujen etenemisvaihtoehtojen primaarienergian kokonaiskulutuksen, joka on vuonna 2025 noin 400 TWh. Tämän jälkeen kulutus alkaa Markkinat edellä -vaihtoehtoa lukuun ottamatta pienentyä. Ydinvoima on alhaisen laskennallisen hyötysuhteensa takia merkittävä yksittäinen primaarienergian kulutusta lisäävä tekijä, joka heijastuu skenaarioiden kokonaiskulutusten eroissa. Uutta ydinvoimaa on oletettu rakennettavan Markkinat edellä -vaihtoehdossa 1000 MW ja Suomi edellä -vaihtoehdossa 1200 MW, joten ydinvoiman lisäykset eivät kuitenkaan ole kovin suuria.



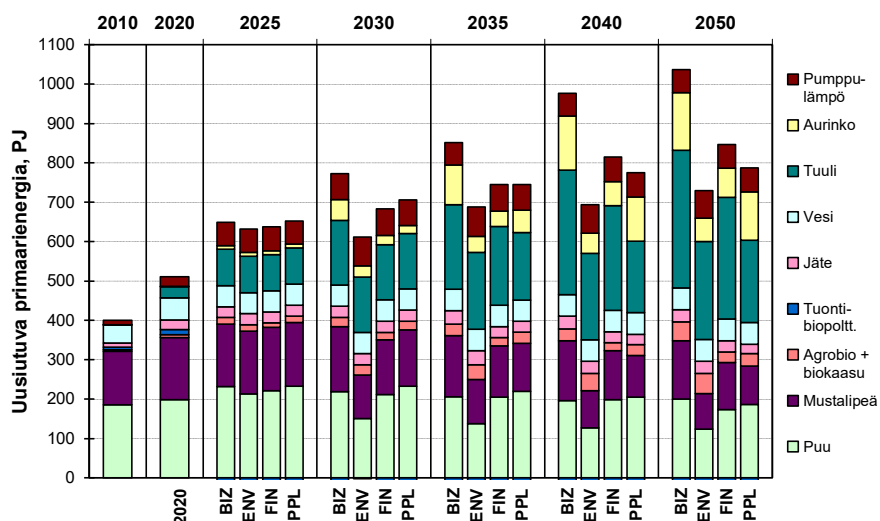
Kuva 8. Primaarienergian kokonaiskulutuksen kehitys energialähteittäin kaikissa mallinnetuissa etenemisvaihtoehdoissa vuoteen 2050 asti.

Uusiutuvan tuuli- ja aurinkoenergian hyödyntämisen voimakas kasvu aiheuttaa jo jonkinasteista primaarienergian käytön tehostumista. Sama kasvu tukee myös osaltaan monien käyttökohteiden sähköistymistä, mikä parantaa tuntuvasti loppukäytön energiatehokkuutta ja näkyy huomattavasti merkittäväm-

LUONNOS

pänä tehostumisena. Vuoteen 2030 mennessä primaarienergian kokonaiskulutuksessa merkittävimmin vähenevät turpeen ja kivihiilen energiakäyttö, mutta myös maakaasun kokonaiskäyttö vähenee tuntuvasti.

Kuva 9 havainnollistaa, miten kaiken kaikkiaan uusiutuvan energian osuuden kasvu jatkuu kaikissa etenemisvaihtoehdoissa huomattavana. Kasvu on merkittävä Markkinat edellä (BIZ) -vaihtoehdossa ja jonkin verran maltillisempaa Suomi edellä (FIN) ja Yhteiskunta edellä (PPL) -vaihtoehdoissa. Ympäristö edellä (ENV) -vaihtoehdossa kasvu on selvästi matalinta.



Kuva 9. Uusiutuvan primaarienergian ja kierrätyspolttoaineiden hyödyntämisen kehitys mallinnetuissa etenemisvaihtoehdoissa vuoteen 2050 asti.

Turpeen ja kivihiilen käytön väheneminen tarkoittaa bioenergian käytön merkittävän roolin säilymistä kaikissa etenemisvaihtoehdoissa, mikä johtuu pääosin kauko- ja prosessilämmön merkityksestä Suomen energiajärjestelmässä. Polttoaineiden korvaaminen laajassa mittakaavassa sähköllä voi olla joko heikosti kannattavaa tai prosessilämmön osalta myös teknisesti vaikeaa biopolttoaineiden hyödyntämiseen verrattuna. Esimerkiksi sähkökattiloiden huipunkäyttöajat ovat tyypillisesti matalia. Toisaalta kehitykseen liittyy epävarmuuksia, mitä ainakin osittain havainnollistaa Ympäristö ensin -vaihtoehto, jossa bioenergian käyttöä vähentävät oletettu puupolttoaineiden nykyistä selvästi niukempi saatavuus sekä metsäteollisuuden muita skenaarioita pienemmät tuotantomäärät, mikä tarkoittaa nykytasoa noin 30 % pienempää puuperäisen

LUONNOS

energian kulutusta vuonna 2035. Puuperäisen energian kulutus kääntyy kuitenkin kaikissa muissakin vaihtoehtoissa loivaan laskuun vuoteen 2030 mennessä.

Energiapuun ja jäteliemien tarjonnasta suuri osa syntyy suoraan juuri metsäteollisuuden tuotannon ja siten ainespuun tarpeen kasvun myötä sivutuotevirtoina. Myös metsähakkeen saatavuus määräytyy suurelta osin ainespuun hakuu-määrästä. Ainespuuksi huonosti soveltuvaa harvennusten pienpuuta lukuun ottamatta runkopuuta ei ole skenaarioissa oletettu voitavan käyttää primaarisesti energiaksi. Energiapuun lisätuonnilla puun energiakäyttöä voitaisiin kasvattaa, mutta Venäjän-kaupan sulun ja kestävyysnäkökohtien perusteella tuonti on rajoitettu korkeintaan noin 2 TWh:n määrään kaikissa etenemisvaihtoehtoissa. Energiapuun niukkuutta voidaan hieman kompensoida muulla bioenergialla (biokaasu, agrobiomassa), jonka käyttö kasvaa eniten juuri Ympäristö edellä -vaihtoehdossa.

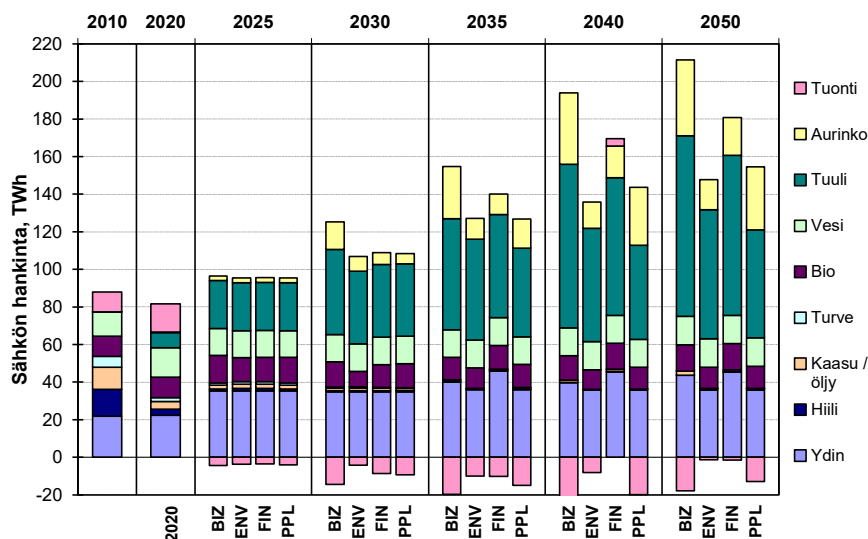
Tuuli- ja aurinkoenergian asemaa uusiutuvan energian hankinnassa korostuu etenemisvaihtoehtoissa entisestään – osuus nousee vuoteen 2030 mennessä 25–31 %:iin ja vuonna 2050 45–51 %:iin. Korkein osuus saavutetaan Markkinat edellä -vaihtoehdossa, jossa muun muassa merituulivoiman investointien oletetaan tulevan jo 2030-luvulla laajassa mitassa kannattaviksi. Vuonna 2050 osuus jää pienimmäksi Ympäristö edellä ja Yhteiskunta edellä -vaihtoehtoissa. Kaikkiaan tuulivoimatuotanto nousee vuoteen 2050 mennessä korkeimmaksi Markkinat edellä -vaihtoehdossa (lähes 100 TWh, josta merituulta 40 TWh), ja seuraavaksi korkeimmaksi Suomi edellä -vaihtoehdossa (85 TWh, josta 20 TWh merituulta).

Aurinkovoiman tuotannon osalta etenemisvaihtoehdot voidaan jakaa kiinteistökohtaiseen aurinkosähköön painottuviin (Yhteiskunta edellä ja Ympäristö edellä) sekä teollisiin, suuren kokoluokan tuotantolaitoksiin painottuviin skenaarioihin (Markkinat edellä ja Suomi edellä). Kiinteistökohtainen aurinkoenergian tuotanto kasvaa voimakkaimmin hajautetun energiantuotannon Yhteiskunta edellä -vaihtoehdossa, jossa se nousee vuoteen 2050 mennessä noin 20 TWh:n määrään ja aurinkosähkö yhteensä noin 34 TWh:iin. Tässä etenemisvaihtoehdossa Suomen kiinteistöjen arvioitu aurinkosähköpotentiaali on siten hyödynnetty lähes kokonaisuudessaan. Ympäristö edellä -vaihtoehdossa kiinteistökohtainen aurinkosähkö tuottaa noin 12 TWh ja teollinen tuotanto mu-

LUONNOS

kaan lukien runsaat 16 TWh. Suunnilleen samoihin kiinteistökohtaisen tuotannon tasoon päästään myös Markkinat edellä ja Suomi edellä -vaihtoehtoissa, mutta niissä teollisen kokoluokan tuotanto kasvaa paljon enemmän ja selvästi suurimmaksi edellisessä, jossa aurinkosähkön tuotanto on hieman yli 40 TWh vuonna 2050.

Kuva 10 havainnollistaa sähkön kokonaishankintaa ja -kulutusta, jotka nousevat kaikissa etenemisvaihtoehtoissa puhtaan siirtymän myötä vähintään noin 100 TWh:n tasolle vuoteen 2030 mennessä. Vuotuinen sähkötase on positiivinen eli vuotuinen vienti on vuotuista tuontia suurempaa vuodesta 2025 lähtien – poikkeuksena ainoastaan Suomi edellä -vaihtoehdon vuosi 2040.



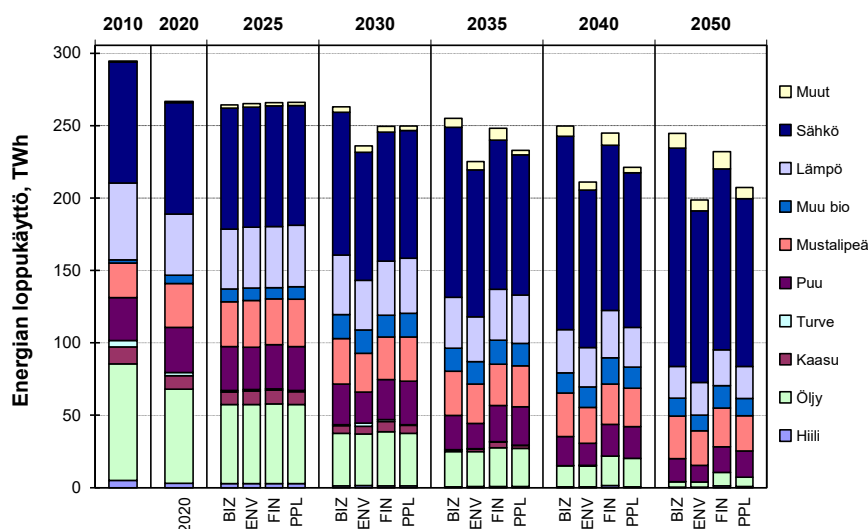
Kuva 10. Sähköenergian kokonaishankinnan kehitys mallinnetuissa etenemisvaihtoehtoissa vuoteen 2050 asti.

Energiatalouden sähköistyminen on jo 2020-luvun loppupuolella tuntuvaa muun muassa liikenteen käyttövoimissa, ja sähkönkulutusta lisäävät myös uudet datakeskusinvestoinnit, joita tehdään eniten Markkinat edellä -vaihtoehtodossa. Sähköistyminen jatkuu vuoden 2030 jälkeenkin voimakkaana siten, että kokonaiskulutus kasvaa vuoteen 2050 mennessä Markkinat edellä -vaihtoehtodossa yli 190 TWh:iin ja Suomi edellä -vaihtoehtodossa noin 180 TWh:iin, mutta Ympäristö edellä ja Yhteiskunta edellä -vaihtoehtodossa kulutus jää alle 150 TWh:n tasolle, joka sekin on kuitenkin yli 70 % enemmän kuin esimerkiksi vuonna 2024.

LUONNOS

3.1.2 Energian kulutus

Energian loppukulutuksen kokonaismäärä vähenee jonkin verran kaikissa mallinnetuissa etenemisvaihtoehdoissa. Kuva 11 havainnollistaa vaihtelua eri vaihtoehtojen välillä. Vähentäminen on selvästi hitainta Markkinat edellä -vaihtoehdossa ja puolestaan voimakkainta energiakäytön tehostamista korostavassa Ympäristö edellä -vaihtoehdossa, jossa kulutus laskee vuoteen 2050 mennessä jopa hieman alle 200 TWh:n tason. Kokonaiskulutuksen vähentyessä sähkön kulutus kuitenkin kasvaa kaikissa etenemisvaihtoehdoissa, joten loppukulutuksen tehostuminen kohdistuu erityisesti polttoaineisiin ja lämpöön, joita samalla korvataan ainakin osittain sähköllä.



Kuva 11. Energian loppukulutus energialähteittäin mallinnetuissa etenemisvaihtoehdoissa vuoteen 2050 asti (IEA:n tilastoissa käytetyn määritelmän mukaisesti). Kuvan "Muut" sisältää aurinkolämmön, vedyn ja sähköpolttoaineet. Teollisuuden käyttämä ja paikallisesti tuotantolaitosten yhteydessä tuotettu vety on sisällytetty sähkönkäyttöön.

Sähkön osuus loppukäytön energialähteistä nousee suurimmaksi Markkinat edellä - ja Ympäristö edellä -vaihtoehdoissa eli 60–62 %:iin vuonna 2050. Fossiilisten polttoaineiden ja turpeen kulutus vastaavasti vähenee samoissa vaihtoehdoissa voimakkaimmin – yhteensä laskettuna alle 2 %:n tasolle vuonna 2050. Loppuosa kulutuksesta on siten lähinnä uusiutuvia polttoaineita, sähköpolttoaineita tai lämpöä, joten vuoteen 2050 mennessä loppukulutuksessa on lähes kokonaan luovuttu fossiilisista polttoaineista. Fossiilisesta energiasta luopuminen on puolestaan hitainta Suomi edellä -vaihtoehdossa,

LUONNOS

mutta siinäkin fossiilisten polttoaineiden ja turpeen yhteisosuus jää vuonna 2050 vain alle 5 %:n.

Kaukolämmön ja myydyn teollisuushöyryn kulutus vähenee melko hitaasti mutta tasaisesti kaikissa etenemisvaihtoehdoissa. Vuoteen 2050 mennessä lämpöenergian loppukulutus putoaa kuitenkin jo lähes puoleen. Kaukolämmön kulutus vähenee sekä energiatehokkuuden paranemisen että kaukolämmityksen yleisen kilpailukyvyn heikkenemisen vuoksi, vaikkakin melko hitaasti vuoteen 2040 saakka. Metsähakkeen saatavuuden oletettu tuntuva väheneminen nykytasosta on Yhteiskunta edellä -vaihtoehtoa lukuun ottamatta eräs merkittävistä kilpailukykyä heikentävistä tekijöistä. Kaukolämmön kulutuksen väheneminen supistaa samalla yhdyskuntien yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon potentiaalia. Toisaalta kaukolämmön asemaa taajamien kiinteistöjen lämmityksessä tukevat useimmissa etenemisvaihtoehdoissa oletettu uudisrakentamisen painottuminen kerrostaloihin, kaukolämpöpumppujen alennettu sähköveroluokka sekä datakeskusten hukkalämmön laaja talteenotto.

Sektorikohtaista energian loppukulutusta tarkasteltaessa merkille pantavaa on erityisesti liikenteen ja asumisen kulutuksen voimakas tehostuminen, kun taas teollisuudessa ja palveluissa hyötyenergian kysynnän kasvu kompensoi tai jopa ylittää tehostumisen aikaansaaman kulutuksen vähentymisen. Sähkön loppukulutus kasvaa etenemisvaihtoehdoissa erityisen merkittävästi liikenteessä ja teollisuudessa sekä datakeskuksissa. Liikenteen sähkönkulutus nousee vuoteen 2050 mennessä 11–15 TWh:iin. Energian loppukäytön sektorijakaumassa teollisuuden merkitys korostuu sekä Markkinat edellä että Suomi edellä -vaihtoehtojen tulevaisuuskuvassa entisestään. Teollisuudessa keskeisiä vaikutuksia ovat kaikissa etenemisvaihtoehdoissa prosessilämmön tuotannon sähköistyminen ja fossiilisten polttoaineiden korvaaminen biopolttoaineilla tai vedyllä. Prosessiteollisuudessa muita sähkön kulutusta lisääviä muutoksia ovat hybridisähköuunien käyttö mineraaliteollisuudessa, masuuniteräksen tuotannosta luopuminen tai korvaaminen vetypelkistyksellä, sekä elektrolyyttinen vedyn valmistus petrokemian teollisuudessa.

Sähkön loppukulutus alkaakin kasvaa melko nopeasti 2020-luvun loppupuolelta alkaen ja ylittää vuoteen 2030 mennessä 100 TWh:n tason Yhteiskunta edellä -vaihtoehtoa lukuun ottamatta. Kulutuksen kasvu on voimakkainta Markkinat edellä -vaihtoehdossa, jossa korkeat päästöoikeuksien hinnat yh-

LUONNOS

dessä uusiutuvan sähköntuotannon laajojen investointien kanssa tekevät voimakkaan energiatalouden sähköistymisen kannattavaksi. Loppukulutus nousee 105 TWh:iin vuonna 2030, 160 TWh:iin vuonna 2040 ja 180 TWh:iin vuonna 2050. Kasvusta merkittävä osa syntyy energiateollisuudessa ja kemian teollisuudessa, joissa erityisesti vedyn ja sähköpolttoaineiden tuotanto sekä DACCS lisäävät sähkön tarvetta. Lisäksi huomattavaa kasvua tapahtuu palveluissa ja liikenteessä, joista edellisessä etenkin datakeskusinvestointien vuoksi ja jälkimmäisessä liikenteen sähköistymisen myötä. Suomi edellä -vaihtoehdossa kulutus nousee lähes yhtä korkeaksi sähköllä tuotetun vedyn viennin sekä perusmetallien uuden tuotannon myötä. Ympäristö edellä ja Yhteiskunta edellä -vaihtoehtoissa sähkön loppukulutuksen kasvu jää huomattavasti maltillisemmaksi mutta saavuttaa kuitenkin 134–140 TWh:n tason vuonna 2050.

Asumisen ja palveluiden energian loppukulutus laskee tulosten mukaan Markkinat edellä -vaihtoehtoa lukuun ottamatta jonkin verran vuoteen 2050 mennessä, vaikka asuin- ja palvelurakennuskanta kasvavat ja datapalvelut laajenevat. Vähennykseen vaikuttavina tekijöinä ovat maltilliset uudisrakentamisen kehitysarviot, korjausrakentamisella saavutettava energiatehokkuuden parantaminen, uudisrakentamisen energiatehokkuusstandardit sekä kaiken energiankäytön sähköistyminen. Etenemisvaihtoehtoissa on lisäksi huomioitu lämmitystarpeen asteittainen väheneminen ilmaston lämpenemisen myötä

Mallinnustulosten taustana olevat rakennuskannan kehitystä koskevat oletukset on pidetty Suomi edellä -etenemisvaihtoehdossa samoina kuin perusskenaariossa (luku 2.2.1). Markkinat edellä -vaihtoehdossa kannan oletettiin kasvavan kasvukeskuksiin keskittyen. Ympäristö edellä -vaihtoehdossa kasvu oletettiin maltillisemmaksi ja nykyrakenteen mukaiseksi, ja myös Yhteiskunta edellä -vaihtoehdossa oletettiin hieman maltillisempaa mutta rakenteeltaan hajautunutta kasvua. Rakennusten energiatehokkuuden oletettiin paranevan erityisen paljon Markkinat edellä -vaihtoehdossa mutta muissa etenemisvaihtoehtoissa perusskenaarion tapaan.

Palveluiden laitesähköön sisältyvä datakeskusten kulutus kasvaa eniten Markkinat edellä -vaihtoehdossa, jossa oletetaan alan investointien toteutuvan laajimmassa mittakaavassa. Muissa skenaarioissa datakeskusten kehitysarviot perustuivat brittiläisen ICIS-konsulttiyhtiön laatimiin maakohtaisiin projektioihin

LUONNOS

(ICIS 2025¹¹). Keskusten hukkalämmöstä oletettiin voitavan hyödyntää merkittävä osa yhdyskuntien lämmitykseen.

Sähköistymiskehitys vaikuttaa myös kotimaanliikenteen loppukulutukseen, joka vähenee kaikissa etenemisvaihtoehdoissa kokonaisliikennesuoritteiden oletetusta kasvusta huolimatta. Ympäristö edellä ja Yhteiskunta edellä -vaihtoehdoissa kulutus vähenee nopeimmin – jälkimmäisessä pääosin liikennesuoritteiden vähäisemmän kasvun takia mutta edellisessä myös voimakkaamman sähköistymisen ansiosta. Vety- ja sähköpolttoaineiden merkitys on puolestaan suurin Markkinat edellä -vaihtoehdossa. Vaikka Suomi edellä -vaihtoehdossa vetytalous etenee ripeimmin, sen vaikutukset painottuvat kuitenkin muille sektoreille. Suomi edellä -vaihtoehdossa polttomoottorien osuus liikenteen käyttövoimista jää muita etenemisvaihtoehtoja suuremmaksi, ja samalla biopolttoaineiden rooli pysyy Markkinat edellä ja Ympäristö edellä -vaihtoehtoja huomattavasti suurempana. Kaikki liikennemuodot mukaan luettuna biopolttoaineiden kokonaiskulutus Suomen kotimaanliikenteessä kuitenkin vähenee vuoden 2030 jälkeen kaikissa etenemisvaihtoehdoissa.

3.2 Teollisuus ja palvelut

Energiaintensiivisen prosessiteollisuuden kehityksellä on suuri merkitys paitsi kasvihuonekaasujen päästöihin myös energiankysyntään. Lisäksi toimialojen vähähiilitiekarttojen perusteella tavoitteet irtautua fossiilisten polttoaineiden käytöstä ovat merkittävät ja toteutuessaan vaikuttavat ilmastolain mukaisten päästötavoitteiden saavuttamiseen.

Suurin teollisuuden murros näkyy etenemisvaihtoehdossa (FIN), jossa investoidaan paitsi fossiilittomaan teräksen ja polttoaineiden tuotantoon (I. biojalosteet, synteettiset polttoaineet), jotka ovat mukana kaikissa skenaarioissa, myös fossiilittoman ammoniakkin ja jopa alumiinin tuotantoon. Myös vaihtoehdossa, jossa panostetaan TKI-toimintaan ja digitalisaatioon (BIZ), teollisen tuotannon arvonnaisa kasvaa.

¹¹ Data centres: Hungry for power. Forecasting European power demand from data centres to 2035. <https://www.icis.com/explore/resources/data-centres-hungry-for-power/>

LUONNOS

Etenemismuutoksissa, joissa lähtökohdaksi on käytetty arvojen muutokset (PPL) kohti resurssitehokkuutta ja yleisesti pienempää kulutusta, energiantensiivisen teollisuuden tuotteilla on alhaisempi kysyntä ja siksi myös alhaisemmat tuotantomäärät.

Palvelusektorille kuuluvien datakeskusten kehitysarvot ovat korkeimmat etenemismuutoksissa (BIZ), jossa panostetaan TKI-toimintaan ja digitalisaatioon. Datakeskusten sähkönkulutus nousisi 14 terawattituntiin vuonna 2035 ja 30 terawattituntiin vuonna 2050. Muissa etenemismuutoksissa datakeskusten sähkön kulutuksen kasvu olisi maltillisempaan ja olisi 6,5 terawattituntia vuonna 2025 ja runsas 10 terawattituntia vuonna 2050. Datakeskusten investoinneilla on vaikutusta energiasektorilla hukkalämpöjen hyödyntämiseen kaukolämpösektorilla.

Oletukset metsäteollisuuden tuotannon kehityksestä ja kehityksen edellyttämistä hakkuumääristä vaikuttavat sekä kansantalouteen, puuperäisten polttoaineiden tarjontaan energiasektorille sekä maankäyttösektorin päästöihin. KEITO LTS-skenaarioissa metsäteollisuuden kapasiteettia ja tuotantomääriä sekä puun energiakäyttöä varioitiin siten, että ne johtivat eri suuruisiin hakkuukertymiin. Tämän vuoksi skenaarioiden välillä on eroja metsäteollisuuden tuotantorakenteessa, metsäteollisuuden ja energiantuotannon puunkäytön välisessä suhteessa sekä oletuksessa puun tuonnissa.

Huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavassa etenemismuutoksissa (FIN) runkopuun hakkuukertymäksi on oletettu 72 milj. m³. Tämä vastaa energia- ja ilmastostrategian yhteydessä laskettua PEIKKO WEM-L skenaarion mukaista hakkuukertymää¹². Etenemismuutoksissa korostuu kansallinen etu, ja puunhankinnan oletetaan keskittyvän kotimaahan, eikä puuta tuoda ulkomailta lainkaan. Tämä puolestaan heijastuu metsäteollisuuden käytössä olevaan puumäärään. Metsäteollisuuden tuotannossa korostuvat pitkäikäiset puutuotteet: sahatavaran tuotanto kasvaa, mutta sellun tuotanto pienenee PEIKKO WEM-L-skenaarioon verrattuna.

¹² Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä (PEIKKO) <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-219-0>

LUONNOS

Teknologista kehitystä korostavassa etenemisvaihtoehdossa (BIZ) hakkuukertymäksi on oletettu noin 80 milj. m³, joka vastaa energia- ja ilmastostrategian skenaarioiden taustaoletuksena olevaa hakkuukertymää. Myös mekaanisen ja kemiallisen metsäteollisuuden perinteisten tuotteiden tuotanto kehittyy energia- ja ilmastostrategian skenaarioiden mukaisesti. Tässä etenemisvaihtoehdossa on mukana korkean arvonlisän tuotteiden tuotantoa, kuten talteen otetun ligniinin jatkojalostusta sekä nykyisin vientiin päätyvän sellun jalostusta tekstiilikuituiduiksi ja kehittyneiksi pakkausmateriaaleiksi.

Hajautettua yhteiskunnallista kehitystä koskevassa etenemisvaihtoehdossa (PPL) hakkuukertymä vuonna 2035 on noin 62 milj. m³. Hakkuukertymä on valittu vastaamaan Suomen ilmastopaneelin arviota hakkuukertymän tasosta, joka Ilmastopaneelin mukaan mahdollistaisi Suomen ilmastoneutraaliustavoitteen toteutumisen¹³. Metsäteollisuuden tuotannossa painottuvat pitkäikäiset puutuotteet, ja niiden tuotanto säilyy likimain nykytasolla. Paperin ja kartonkien tuotantomäärien sen sijaan oletetaan vähentyvän noin kolmanneksen. Puun tuontioletus on sama kuin teknologista kehitystä korostavassa etenemisvaihtoehdossa (BIZ).

Ympäristövaikutuksia minimoimassa etenemisvaihtoehdossa (ENV) hakkuukertymä vuonna 2035 on runsas 50 milj. m³. Etenemisvaihtoehdossa korostuu maankäyttösektorin hiilinielujen vahvistaminen. Puuta ei oleteta ilmastosyiden vuoksi tuotavan ulkomailta lainkaan. Metsäteollisuuden tuotantomäärä on selvästi pienempi kuin muissa etenemisvaihtoehdoissa, jotta hiilineutraalisuustavoite vuoteen 2035 mennessä saavutettaisiin. Sahatavaran tuotannon oletetaan vuoden 2025 jälkeen supistuvan nykytasosta vajaa 20 % ja sellun tuotannon yli neljänneksen.

Oletukset metsäteollisuuden kehityksestä ja hakkuutasoista vaikuttavat erityisesti maankäyttösektorin päästökehitykseen. Maankäyttösektorin päästökehitystä on käsitelty luvussa 3.7. Teollisuuden päästöt pienenevät nopeimmin teknologista kehitystä korostavassa etenemisvaihtoehdossa (BIZ).

¹³ Suomen hiilineutraaliuspolku – Arvio hiilineutraaliuden saavuttamisesta ja sen keinoista. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/suomen-hiilineutraaliuspolku-arvio-hiilineutraaliuden-saavuttamisesta-ja-sen-keinoista/>

LUONNOS

Taulukossa 11 on esitetty esimerkkejä toimialojen 2024 julkaistuissa tiekar-toissa tunnistetuista teknologisista ratkaisuksista ja TKI-panostukset vähähiili-syyden edistämiseksi.

Taulukko 11. Esimerkkejä toimialojen 2024 julkaistuissa tiekartoissa tunnistetuista teknologisista ratkaisuksista ja TKI-panostukset vähähiilisyiden edistämiseksi.

Toimiala	Tunnistettut teknologiset ratkaisut	TKI-panostukset
Energia-teollisuus	Tuulivoimateknologiat, biopolttoaineiden tuotantoteknologiat, sähkökattilat, ydinvoimaloiden käyttöön jatkaminen, uudet suuret ydinvoimayksiköt, pumppuvoimalat, teollisen tason aurinkovoimalat, teolliset lämpöpumput, pienet modulaariset ydinreaktorit, hiilentalteenotto (tekninen hiilensidonta, CCU)	Tuetaan uuden energiateknologian tutkimusta ja kehitystä
Teknologia-teollisuus (ml. kaivos-teollisuus)	Puhtaan vedyn tuotantoa tukevat teknologiat, terästeollisuuden vetyä hyödyntävät teknologiat, kysyntäjoustoa ja tuotantoa optimoivat tekniset ratkaisut, energian varastoinnin teknologiat kuten akkuteknologiat, prosessien tehostamisen ja energia- ja materiaalitehokkuuden datapohjaiset ratkaisut, robotiikka ja automaatio, digitaaliset kaksoiset, IoT, AR, VR, lohkokejutt	TKI-panostukset erityisesti vetytalouteen liittyen
Rakennus-teollisuus Rakli ry	CCS/CCU-teknologiat sementtiteollisuudessa, vetypelkistys teräksen valmistuksessa	
Palvelualat	Energiatehokkuuden parantaminen toimi- ja tuotantotiloissa, verkkoteknologioissa ja datakeskuksissa, hukkalämmön hyödyntäisen teknologiat, ohjelmistojen optimointi ja vihreä laskenta,	TKI-tukea kädenjälkeä kasvattavaan palvelukehitykseen
Metsä-teollisuus	Sellun, paperin ja mekaanisten puutuotteiden tuotannon uudet teknologiat, hiilen talteenoton uudet	Yritysvetoisen PPP-innovaatiomallin toimeenpano

LUONNOS

Toimiala	Tunnistettut teknologiset ratkaisut	TKI-panostukset
	teknologiat, dataan ja tekoälyyn liittyvät uudet tekniset ratkaisut (prosessioptimointi ja digitalisaatio), sähköistäminen. Hiilen talteenoton teknologiat, BECCS ja BECCU	TKI-politiikan pitkäjänteisyys ja osaavan työvoiman saatavuus ruokkivat mm. uusien tuotteiden kehittämistä ja saamista tuotantoon
Bioenergia-ala	Biogeenisen hiilidioksidin tekninen talteenotto ja varastointi (BECCS-teknologia), yleisesti hiilidioksidin talteenoton teknologiat	Kannustejärjestelmä CCUS-arvoketjun ylös ajolle, ml. kansallista tukea innovaatorahoituksen hakuun ja innovaatiotoimintaan
Kaupan liitto	Sähköisen kaupankäynnin teknologiat, logistiikan ja digitaalisten maksujen kehittyminen, automatisointi ja tietoanalyysityökalut	Investointituet ja kannustimet vähähiilisyyspanostamiseksi
Sahateollisuus	Ei mainintoja	Puurakentamisen kasvattaminen: TKI-kannusteet ja julkisen sektorin rooli esim. pientalotonttien kaavoittaminen
Elintarvike-teollisuus	Biokaasun tuotanto, hiilidioksidin talteenotto ja varastointi, sähköisen liikenteen infrastruktuuri. Uudet vähähiiliset tuotanto- ja kasvatusteknologiat.	Investointituet kotimaisten raaka-ainevaihtoehtojen ja kestävien ruokainnovaatioiden jatkojalostukseen Investointitukia arvoketjun vähähiilisyttä edistäviin teknologioihin TKI-toiminnan verovähennyksestä kannustavampi
Maatalous	Viljan kuivauksen ohjaus- ja säätötekniikka, peltoviljelyn sähköistämisen mahdollistavat uudet akku- ja latausteknologiat, miehittämättömät koneet ja älyohjaus pellon muokkauksen vähentämiseksi	Ei varsinaisesti mainintoja, uusi tiekartta toisenlaisella fokuksella. Päivitys keskittyi EU:n yhteiseen maatalouspolitiikkaan (CAP), maatalouden hiilimarkkinoihin ja maatalouden energian-tuotanto- ja käyttömuotojen kehittymiseen.
Kemian-teollisuus	Hiilen poisto ilmakehästä (DACCS, BECCS), hiilen sitominen ja hyödyntäminen prosesseissa (CCS, CCU), uusiutuvien ja puhtaiden energialähteiden hyödyntämistä parantavat teknologiat, uusiutuvan ja kierrätetyn raaka-aineen prosessointitekologiat, sähköistäminen, tuotantoprosessien uudistaminen vähäenergisillä vaihtoehtoilla.	Tutkimus- ja tuotekehitys ja sen rahoitus avaintekijä kemianteollisuuden ilmasto- ja raaka-ainesiirtymässä. TKI-rahoitusta tarvitaan koko tuotekehitysprosessin ajalle, tutkimuksesta kaupallistamiseen ja pilotointiin. TKI-ympäristön tulee ennustettavasti tukea 10–15 vuoden aikaikkunaa
Matkailu- ja ravintola-palvelut	Energiatehokkaat uudet teknologiat, uusiutuvia energiamuotoja hyödyntävät teknologiat kuten kalliosta saatava maalämpö.	Kestävyyssajattelu on nykyisin jo olennainen osa ammatillisia perustutkintoja. Ilmasto- ja ympäristöosaamiseen liittyvät taidot tulevat voivat muuttaa myös toimialan ammattiprofiileja.

LUONNOS

3.3 Liikenne

Tieliikenteen päästökehitykseen vaikuttavat eri käyttövoimien rekisteröinti-osuudet, ajoneuvojen ensirekisteröintien ja maahantuontien kokonaismäärä, ajosuoritteiden määrä sekä uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoitteen tavoitetaso. Mikäli liikenteen teknologiset ratkaisut ovat keskiössä (BIZ), korkeampi hiilidioksidin talteenoton määrä lisää sähköpolttoaineiden sekä vedyn käyttöä ja teknologinen kehitys näkyy nopeampana sähköistymisenä henkilö- ja tavaraliikenteessä. Etenemisvaihtoehdossa vetyajoneuvot yleistyvät nopeammin sähkönn rinnalla käyttövoimana. Sähkö- ja vetyajoneuvojen käyttö pitkällä aikavälillä toisi energiatehokkuutta tieliikenteeseen kokonaisenergiankulutuksen laskiessa -40 % vuodesta 2025 vuoteen 2055. Myös uusiutuvien polttoaineiden jakelu tieliikenteeseen kasvaa yli 50 %:iin pitkällä aikavälillä.

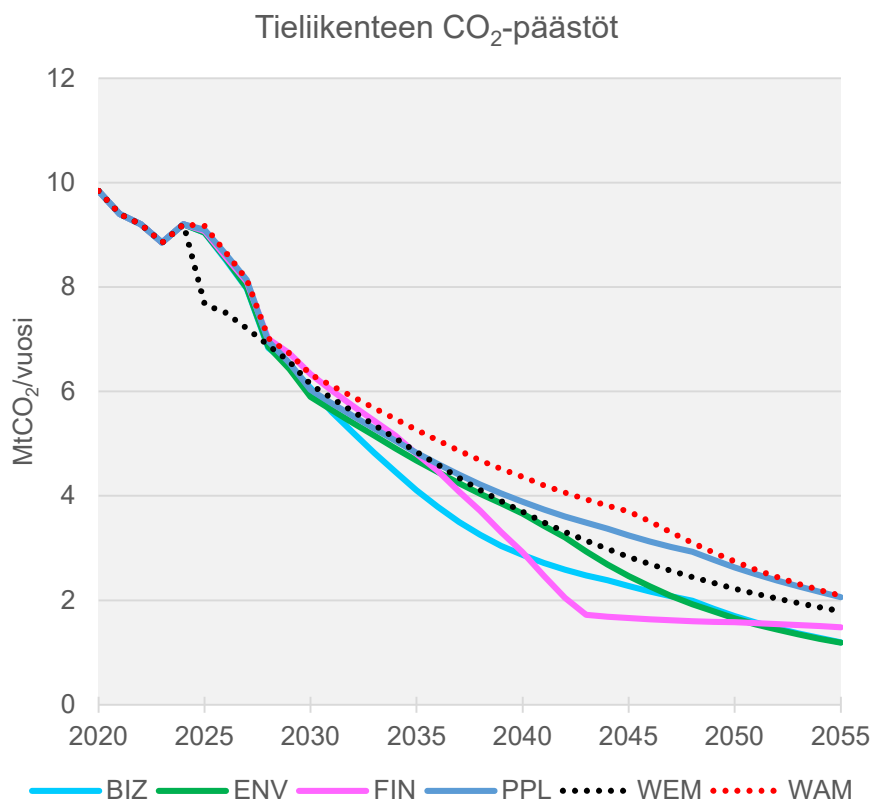
Mikäli painopisteenä on huoltovarmuuden ja omavaraisuuden korostaminen (FIN), edistyiisi liikenteessä synteettisten ja sähköpolttoaineiden sekä jakeluvelvoitteen kautta uusiutuvien polttoaineiden käyttö. Näiden edistämistoimien vuoksi polttomootoriautoja myytäisiin vielä vuoteen 2045 saakka ja tämä johtaisi hitaampaan sähköistymiseen pitkällä aikavälillä.

Etenemisvaihtoehdossa, jossa ympäristövaikutusten minimoimiseksi (ENV) vähennettäisiin biopolttoaineiden ja biopolttoaineiden käyttöä, liikenteen päästövähennyksiä tavoiteltaisiin pääasiassa henkilöauto- ja tavaraliikenteen nopean sähköistymisen kautta. Julkisen liikenteen käytön kasvu vähentäisi henkilöautojen ajosuoritteita. Pitkällä aikavälillä liikenteen energiankulutus vähenisi etenemisvaihtoehdossa voimakkaimmin.

Hajautetun yhteiskuntarakenteen (PPL) lyhyemmät etäisyydet vähentäisivät ajosuoritteita henkilö- ja tavaraliikenteessä. Tässä etenemistavassa myös auton omistustarve ja autojen ensirekisteröinnit olisivat vähäisemmät.

Etenemisvaihtoehdoista liikenteen hiilidioksidipäästöt vähenisivät nopeimmin etenemisvaihtoehdoissa, joissa panostettaisiin teknologisiin ratkaisuihin (BIZ) tai päästöttömiin synteettisiin ja sähköpolttoaineisiin sekä biopolttoaineisiin (FIN). Vaihtoehdossa, jossa yhteiskuntarakenne olisi hajautettu (PPL), päästöt vähenisivät hitaimmin.

LUONNOS



Kuva 12. Tieliikenteen päästöjen kehitys eri etenemismahdollisuuksissa.

3.4 Rakennukset

Rakennuskannan päästökehitys ja kasvihuonekaasujen päästövähennysmahdollisuudet riippuvat jossain määrin yhdyskuntarakenteen kehittymisestä. Valtakunnan tasolla nykyisen kaltaisessa kehityksessä (FIN) väestön kasvu ja muuttoliike keskittyy harvalukuisiin kaupunkeihin ja teollisuuspaikkakunnille, samalla maaseutu autioituu entisestään. Väestökasvun keskittyminen lisää sekä uudisrakentamista että purkavaa uudisrakentamista. Uudisrakentamisessa siirrytään lähes nollaenergiarakennuksista päästöttömiin rakennuksiin. Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuus paranee verrattain hitaasti, mutta fossiilisten energialähteiden käytöstä lämmityksessä luovutaan ripeään tahtiin, kun taustalla ovat energiaomavaraisuuden lisääminen ja ilmastotavoitteet.

LUONNOS

Nykyisen kaltainen yhdyskuntarakenteen kehittyminen mahdollistaa myös etenemisvaihtoehdon (ENV), jossa uudisrakentamisen sijaan asunto- ja tilatarpeet täytetään kiertotalouden periaatteiden mukaisesti ensisijaisesti hyödyntämällä olemassa olevaa rakennuskantaa. Jäljelle jäävät tilatarpeet tyydytetään energiatehokkailla uudisrakennuksilla. Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuutta parannetaan mm. käyttötarkoituksuuuutosten yhteydessä. Fossiilisten energialähteiden käytöstä lämmityksessä luovutaan ripeään tahtiin, kun taustalla on nopeasti tiukkenevat päästötavoitteet.

Mikäli väestö keskittyy nykyistä voimakkaammin kasvukeskuksiin (BIZ), luo tämä kysyntää uudisrakentamiselle. Tällöin asuntotuotannossa painottuvat kerrostalot. Uudet rakennukset ovat hyvin energiatehokkaita ja toimivat osan vuodesta energian tuottajina. Väestön keskittyminen kaupunkeihin kasvattaa poistumaa rakennuskannasta, joka osaltaan vähentää olemassa olevien rakennusten energiankulutusta. Olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuteen panostaan erityisesti kasvupaikkakunnilla.

Mikäli yhdyskuntarakenne kehittyy hajautuneemmaksi (PPL) muun muassa etätyömahdollisuuksien vuoksi, käyttäjiä löytyy myös maakuntien pientaloille. Palveluja tuotetaan tehokkaasti kokoamalla ne yhteisiin tiloihin sekä integroidaan niitä kotiinkuljetuksiin. Pientalojen osuus uudisrakentamisessa kasvaa.

KEITO LTS-hankkeen skenaariolaskelmien perustella rakennusten lämmityksen päästöt vähenevät kaikissa edellä kuvatuissa etenemisvaihtoehdoissa vuodesta 2025 vuoteen 2050 noin 4 Mt CO₂-ekv.

3.5 Maatalous

Luvussa 2 kuvatuissa skenaarioissa maatalouden päästökehitykseen vaikuttavat muun muassa oletukset ruuan omavaraisuudesta, solumaatalouden kehityksestä, maatalouspolitiikasta ja kuluttajien ruokavaliomuutoksista.

Suomi edellä (FIN) -skenaariossa kuluttajien ruokavalioiden ei oleteta muuttuvan lainkaan vuodesta 2022. Arvot ja asenteet eivät muutu myöskään solumaataloudelle suosiollisiksi. Julkinen valta pyrkii erilaisin lisäkannustimin ja

LUONNOS

tuin lisäämään niiden maataloustuotteiden tuotantoa, joissa Suomi ei ole lähellä omavaraisuutta. Luomutuotannon osuus jää hyvin vähäiseksi FIN-skenaariossa.

Markkinat edellä (BIZ) -skenaariossa kuluttajien ruokavaliot eivät myöskään muutu, mutta kotieläintuotteiden kulutuksesta merkittävä osa korvautuu solumaatalouden tuotteilla. Turvepeltojen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen kohdennetaan kustannusvaikuttavuusperusteisesti tukea. Luomun osuus elintarvikkeiden kysynnästä ja tuotannosta jää alhaiseksi.

Ympäristö edellä (ENV) -skenaariossa kotieläintuotteiden kulutus vähenee huomattavasti, jolloin palko- ja leipäviljojen kulutus kasvaa merkittävästi. Kaikki eläinperäisten tuotteiden vähentyneen käytön aiheuttaman proteiinin saannin vähenemä ei kuitenkaan korvaudu, vaan proteiinin saanti jää vähän alemmaksi kuin 2022 tilanteessa, jossa proteiinin saanti ylittää reilusti suositukset keskimäärin. Skenaariossa on käytössä myös typpivero, joka vähentää kaikkien kasvien lannoitusta. Solumaatalouden ei oleteta yleistyvän. Luomutuotannon osuus ruoan kulutuksesta ja tuotannosta nousee 30–40 prosenttiin.

Yhteiskunta edellä (PPL) -skenaariossa terveellinen ja ravitsemussuositusten mukainen ruokavalio yhdistyy ylisukupolvisen vastuullisuusajattelun kanssa. Eläinperäisten tuotteiden vähentyessä ruokavalioissa, niitä korvataan pitkälti palko- ja muiden viljojen käytöllä.

Sian- ja siipikarjanlihantuotanto laskee muissa kuin huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavassa etenemisvaihtoehdossa (FIN-skenaario). Suuressa osassa Suomea leipäviljan, palko- ja öljykasvien tuotanto on riskialtista suuren vuosien välisen satovaihtelun vuoksi. Satojen määrä ja laatu voivat olla heikkoja, jolloin suuri osa tuotannosta kelpaa vain rehuksi. Alhaiset ja epävarmat sato-odotukset eivät houkuttele viljelijöitä näiden kasvien tuotannon lisäämiseen suuressa osassa maata. Tällöin maitosektori käyttää sika- ja siipikarjanlihan tuotannosta ja niitä palvelevasta rehuviljan tuotannosta vapautuvan pelton, jos maitotuotteiden EU-hinnat ja maidontuotannon tuotantosidonnaiset tuet eivät merkittävästi alene. Vahvaan maidontuotannon kehitykseen tuloksissa ovat syynä rakennekehityksen ja viennin mahdollisuudet.

Huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavan etenemisvaihtoehdon (FIN) omavaraistavoitteiden saavuttaminen on vaikeaa. Kasvit ja tuotteet, joissa on

LUONNOS

alhainen omavaraisuusaste ovat usein niitä, joilla on alhaiset sadot, ja/tai suuret satoriskit Suomessa.

Skenaariossa on otettu epäsuorasti huomioon ilmastonmuutoksen sopeutumiin liittyviä näkökohtia. Laskelmissa on oletettu, että satotasot eivät lähtökohtaisesti laske tai nouse (poikkeuksena palko- ja öljykasvit huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavassa etenemisvaihtoehdossa), vaan pysyvät vuoteen 2055 asti viimeisen 15 vuoden keskiarvojen tasolla. Tämä edellyttää jonkinasteista vähintäänkin reaktiivista sopeutumista lämpenevään ilmastoon ja piteneviin kasvukausiin sekä äärevöityviin sääolosuhteisiin, jotka yleistyvät suurella todennäköisyydellä vuoteen 2055 asti Suomen ja maailman kasvihuonekaasupäästöjen kehityksestä likimain riippumatta.

Maataloussektorin kasvihuonekaasupäästöt vähenevät kaikissa etenemisvaihtoehdoissa nykytasoon verrattuna. Huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavassa etenemisvaihtoehdossa (FIN) päästövähennys jää kuitenkin vähäiseksi, sillä viljelyyn käytettävän peltopinta-alan määrä ei merkittävästi muutu ja eläintuotanto säilyy lähes nykyisellään. Suurimmat päästövähennykset saavutetaan hajautettua yhteiskuntarakennetta (PPL) ja ympäristövaikutusten minimointia (ENV) korostavissa etenemisvaihtoehdoissa. Ympäristövaikutusten minimointia korostavassa vaihtoehdossa (ENV) päästöjä alentavat erityisesti väkilannoitteiden vähäinen käyttö sekä laajemmat turvepeltojen vettämis- ja kosteikkoviljelyalat, mikä näkyy muita etenemisvaihtoehtoja alhaisempina maatalousmaiden N₂O-päästöinä. Hajautettua yhteiskuntarakennetta korostavassa etenemisvaihtoehdossa (PPL) päästöjä vähentävät maltillisempi väkilannoitteiden käyttö alhaisempi nautojen kokonaismäärä, mikä näkyy pienempinä ruuansulatuksen ja lannankäsittelyn päästöinä verrattuna muihin etenemisvaihtoehtoihin.

Huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavassa etenemisvaihtoehdossa (FIN) maataloussektorin kasvihuonekaasupäästöt vähenevät vain vähän ja pysyvät nykyisellä noin 6 Mt CO₂-ekv. tasolla. Muissa etenemisvaihtoehdoissa maatalouden päästöt alenevat 1,5–2,5 Mt CO₂-ekv. vuoteen 2055 mennessä.

LUONNOS

3.6 Maankäyttösektori

Edellä luvussa 3.3 on käsitelty metsäteollisuuden kehitystä eri etenemisvaihtoehtoissa ja niiden edellyttämiä kotimaisia hakkuumääriä. Luvussa 3.6 kuvatuilla maatalouden etenemisvaihtoehtoilla on vaikutusta maatalouden päästöjen lisäksi myös maankäyttösektorin päästöihin.

Maankäyttösektori on päästölähde kaikissa etenemisvaihtoehtoissa vuonna 2025, mutta sektori kääntyy nieluksi jo vuonna 2030 ympäristövaikutusten minimointia korostavissa etenemisvaihtoehtoissa (ENV) sekä vuonna 2035 hajautettua yhteiskuntarakennetta (PPL) sekä huoltovarmuutta ja omavaraisuutta (FIN) korostavassa etenemisvaihtoehdossa. Teknologista kehitystä korostavassa etenemisvaihtoehdossa (BIZ) sektori jää pieneksi päästölähteeksi koko tarkastelujakson ajan.

Skenaarioiden suuret erot selittyvät pääasiassa metsämaan hiilitaseella. Hiilitaseeseen vaikuttavat ennen kaikkea hakkuumäärät, mutta myös metsien tiukka lisäsuojelu, hakkuiden kohdentuminen ja metsänhoidon käytännöt, kuten lannoitus. Vuonna 2035 metsämaa on merkittävä nettonielu ympäristövaikutusten minimointia (ENV) korostavassa etenemisvaihtoehdossa (–31 Mt CO₂-ekv.), jossa hakkuutaso oletetaan olevan noin 50 milj. m³, ja toimii netto-nieluna myös hajautettua yhteiskuntarakennetta (PPL) korostavassa etenemisvaihtoehdossa (–9 Mt CO₂-ekv.), jossa hakkuutaso oletetaan olevan noin 62 milj. m³, sekä huoltovarmuutta ja omavaraisuutta (PPL) korostavassa etenemisvaihtoehdossa (–7 Mt CO₂-ekv.), jossa hakkuutaso oletetaan olevan noin 72 milj. m³. Toisaalta metsämaa on melko iso päästölähde teknologista kehitystä (BIZ) korostavassa etenemisvaihtoehtoissa vuonna 2035 (runsas 7 Mt CO₂-ekv.), jossa hakkuutaso oletetaan olevan noin 80 milj. m³.

Myös puutuotteiden osalta skenaarioiden välillä on melko merkittäviä eroja. Ympäristövaikutusten minimointia korostavassa (ENV) etenemisvaihtoehdossa puutuotteet ovat pieni päästölähde vuonna 2035 (0,4 Mt CO₂-ekv.) lähinnä vähentyneiden hakkuumäärien seurauksena. Hajautettua yhteiskuntarakennetta korostavassa etenemisvaihtoehdossa (PPL) puutuotteet ovat pieni nielu (–1 Mt CO₂-ekv.) ja runsaimpien hakkuiden etenemisvaihtoehtoissa (FIN- ja BIZ) selvästi tätä suurempi nielu (–4 Mt CO₂-ekv.). Puutuotteiden hiilinielu pienenee tarkastelujakson loppua kohti kaikissa skenaariossa, koska

LUONNOS

tuotannon kasvaessa myös nielu kasvaa, mutta tuotannon pysyessä samalla tasolla vanhan hiilivaraston poistuma alkaa pienentää nielua.

Viljelysmaan päästöt pienenevät huomattavasti ajan myötä ENV-, BIZ- ja PPL-skenaarioissa, kun taas ruohikkoalueiden päästöt kasvavat. Tämä on seurausta viljelyalan vähenemisestä ja alueiden muuttamisesta pääasiassa hylätyksi pelloksi, jotka kuuluvat ruohikkoalueiden luokkaan. Lisäksi ympäristövaikutusten minimointia korostavassa etenemisvaihtoehdossa (ENV) merkittävä osa hylätyistä pelloista metsitetään. Huoltovarmuutta ja omavaraisuutta korostavassa etenemisvaihtoehdossa (FIN) viljelysalaa ei siirry muihin maankäyttöluokkiin samassa määrin, joten viljelysmaan ja ruohikkoalueiden päästöt pysyvät vakaampina.

Rakennettujen alueiden päästöt ovat samat kaikissa skenaarioissa. Kosteikoiden päästöt ovat ympäristövaikutusten minimointia korostavassa etenemisvaihtoehdossa (ENV) hieman korkeammat (0,3 Mt CO₂-ekv.) kuin muissa skenaarioissa vuosina 2035–2050, koska turvepeltojen vettämisalajat ovat tässä etenemisvaihtoehdossa suurempia ja niiden päästöt siirtyvät kosteikkoluokkaan vettämisen yhteydessä.

Kuvassa 6 on esitetty eri etenemisvaihtoehtojen maankäyttösektorin päästö- ja poistumakehitys maankäyttöluokittain.

3.7 Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumisen tarve pitkän aikavälin ilmastosuunnittelussa

Pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman taustaksi laaditut skenaariot ulottuvat vuoteen 2055. Ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyvät jo nykyilmastossa, ja vuosisadan puolivälin tienoilla ne alkavat näkyä entistä selvemmin ja laajemmin. Vaikutukset ulottuvat kaikkiin yhteiskunnan sektoreihin, kuten talouteen ja elinkeinoihin, infrastruktuuriin, huoltovarmuuteen sekä luonnon monimuotoisuuteen.

Ilmastonmuutoksen voimakkuus riippuu globaalien hillintätoimien onnistumisesta. Siksi hillintätoimia on tärkeää jatkaa ja vahvistaa ilmastonmuutoksen

LUONNOS

haitallisten vaikutusten minimoimiseksi. Suomen vuosikeskilämpötilan arvioidaan kohoavan noin kahdesta kuuteen astetta vuosisadan loppuun mennessä skenaariosta riippuen¹⁴. Suomessa vuoden keskilämpötilan arvioidaan nousevan sadassa vuodessa noin 1,6 kertaa niin paljon kuin maapallolla keskimäärin.

Ilmastomuutoksesta aiheutuu merkittäviä muutoksia: talvet lauhtuvat, lumi-peite ja routa vähenee, helleaallot yleistyvät ja sademäärät kasvavat erityisesti talvella. Rankkasateet ja kuivuusjaksot voivat esiintyä samanaikaisesti eri alueilla, mikä vaikeuttaa esimerkiksi vesitalouden hallinnan ja maatalouden suunnittelua. Pitkällä aikavälillä tehokas ilmastoriskien hallinta voi muodostua edellytykseksi hillintätoimien onnistumiselle, esimerkiksi metsien kasvun ja hiilinielujen säilymisen osalta.

Taustaskenaarioissa ilmastomuutoksen vaikutukset on huomioitu vain osittain. Tämä johtuu epävarmuuksista siinä, miten ilmasto ja yhteiskunnalliset tekijät kehittyvät. Sopeutumistoimien riittävä laajuus, ajoitus ja paikallinen toteutus ovat vaikeasti ennakoitavissa, eikä niitä ole voitu sisällyttää skenaarioihin kattavasti mallinnuksen keinoin. Mallinnusmenetelmiä ja skenaariotyön metodologiaa tulisi kehittää, jotta ne tukisivat paremmin päätöksentekoa ja huomioisivat myös varautumisen ilmastomuutoksen laajoihin vaikutuksiin.

Kustannustehokas ilmastomuutoksen vaikutuksiin varautuminen edellyttää ennakoivaa sopeutumista, eli toimenpiteitä ennen kuin vaikutukset realisoituvat. Sopeutumistoimien tehokkuus riippuu muun muassa siitä, ryhdytäänkö niihin ajoissa ja ovatko ne oikein mitoitettuja ja kohdennettuja. Sopeutumistoimien suunnittelua vaikeuttavat epävarmuudet, jotka liittyvät tulevaisuuden ilmaston kehitykseen, yhteiskunnallisiin muutoksiin ja sopeutumiskyvyn tasoon. Siksi ilmastoriski- ja haavoittuvuusarviointia sekä skenaarioiden päivittämistä viimeisimmän tiedon mukaan tulee tehdä säännöllisesti päätöksenteon ja suunnittelun tueksi.

Kansallisesti sopeutumistoimia tehdään systemaattisesti Kansallisen ilmastomuutokseen sopeutumissuunnitelman KISS2030 mukaisesti. Suunnitelma on

¹⁴ Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ilmastomuutokseen sopeutumissuunnitelmasta vuoteen 2030. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-585-6>

LUONNOS

ilmastolain mukainen ja ohjaa sopeutumisen edistämistä julkisen sektorin toimijoiden osalta. KISS2030:n aikajänne ulottuu vuoteen 2030, ja sen perustuu riski- ja haavoittuvuusarviointiin. Valmistelussa on kuultu erityisen haavoittuvien ryhmien edustajia, kuten saamelaiskäräjiä, nuoria sekä vammais- ja vanhusneuvostoja.

Ilmastonmuutoksen taloudelliset, sosiaaliset ja ekologiset vaikutukset kasvavat jatkuvasti. Toimettomuuden kustannukset voivat olla merkittäviä. Hyvä yhteiskunnallinen ja taloudellinen toimintakyky tukee sopeutumiskyvyn ylläpitämistä ja auttaa varautumaan ilmastonmuutoksen vaikutuksiin. Sopeutuminen voi tarjota myös mahdollisuuksia – esimerkiksi innovaatioiden, uusien liiketoimintamallien ja teknologisten ratkaisujen kautta.

Sopeutumista tulee vahvistaa kaikilla yhteiskunnan sektoreilla ja hallinnon tasoilla. Lisäksi tarvitaan tiivistä yhteistyötä yksityisen ja julkisen sektorin välillä, jotta toimet ovat vaikuttavia, tehokkaita ja oikeudenmukaisia.

LUONNOS

4 Menetelmien kehitysnäkymät

4.1 Skenaarioiden oleelliset menetelmät

Ilmastolain (423/2022) 9 § 3 kohdan mukaan pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa on esitettävä arvio kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämistä ja nieluja vahvistamista koskevien menetelmien pitkän aikavälin kehitysnäkymistä. Säännöksen 4 kohdan mukaan suunnitelmassa olisi esitettävä myös muut tarpeelliset seikat, kuten esimerkiksi energia-, teollisuus- ja infrastruktuuri-investointien kehitys ja niiden merkitys päästökehitykselle.

Seuraavissa alaluvuissa esitetään potentiaalisina pidettyjen suorien päästövähennysmenetelmien ja nieluja vahvistamismenetelmien kehitysnäkymiä: tekniset hiilinielut, sähköistyminen, ydinenergia, vetyteknologia, maatalouden menetelmät ja maankäyttösektorin menetelmät. Näiden lisäksi myös kiertotalouden ja digitalisaation merkitys voi nousta tulevaisuudessa moninkertaiseksi nykyisestä.

Kiertotalous tarjoaa mahdollisuuksia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi haastamalla perinteistä "ota–valmista–hävitä" -mallia. Tuotteiden ja materiaalien elinkaaren pidentäminen esimerkiksi korjaamalla, uudelleenkäyttämällä ja kierrättämällä vähentää raaka-aineiden tarvetta ja samalla myös niiden hankintaan liittyviä päästöjä. Samaan aihepiiriin usein liitetty resurssitehokkuus puolestaan tarkoittaa, että tuotannossa ja kulutuksessa käytetään vähemmän energiaa ja materiaaleja, mikä suoraan pienentää hiilijalanjälkeä.

Käytännön kiertotalous- ja resurssitehokkuusesimerkkeinä voidaan mainita materiaalien uusiokäyttö, kuten käytettyjen renkaiden tai purkujätteen hyödyntäminen rakennusmateriaaleina, mikä vähentää sekä jätteen määrää että uusien materiaalien valmistuksesta syntyviä päästöjä. Etenkin rakennusalalla purkujätteen hyödyntäminen uusissa rakennuskohteissa voi vähentää merkittävästikin sementin tuotannon tarvetta, joka on yksi suurista yksittäisistä päästölähteistä globaalisti.

Myös digitaaliset teknologiat, kuten tekoäly, esineiden internet (IoT) ja data-analytiikka, voivat tulevaisuudessa tehostaa päästöjen hallintaa monin tavoin.

LUONNOS

Älykkäät energiajärjestelmät ja automaatio mahdollistavat kulutuksen nopeinkin muutokset nykyistä paremmin, ja digitaaliset mallit tarjoavat mahdollisuuden simuloida tuotantoprosesseja ja tunnistaa päästövähennyspotentiaaleja ennen kuin usein kalliita muutoksia tehdään fyysisesti. Älykkäiden järjestelmien avulla saadaan myös edistettyä sektori-integraatiota. Lisäksi digitaaliset alustat tukevat kiertotaloutta mm. jakamistalouden, materiaalipankkien ja tuotteiden jäljitettävyyden kautta.

Käytännössä esimerkiksi rakennuksissa käytettävät älykkäät sensorit voivat seurata energiankulutusta ja ohjata lämmitystä ja valaistusta tarpeen mukaan, mikä vähentää turhaa energiankäyttöä. Tekoälypohjainen logistiikkaoptimointi puolestaan auttaa suunnittelemaan kuljetusreitit ja kuormaukset tehokkaammin, mikä vähentää liikenteen päästöjä. Lisäksi blockchain-teknologiaa hyödyntävät jäljitettävyyssratkaisut mahdollistavat kierrätettävien tuotteiden alkuperän ja käsittelyn seuraamisen.

4.2 Tekniset hiilinielut

Suomen ilmastotavoitteet edellyttävät merkittäviä päästövähennystoimia kaikilla sektoreilla. Vaikka luonnon hiilinielut ovat keskeinen osa ilmastopolitiikkaa, niiden kapasiteetti on rajallinen ja viimeaikaisen kehityksen valossa myös altis nopeillekin muutoksille. Tästä syystä tekniset hiilinielut – erityisesti bioenergiaan perustuva hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (BECCS) – voivat nousta tärkeiksi täydentäviksi ratkaisuksiksi tulevaisuudessa.

Suomen nykyinen asema teknisien hiilinielujen kannalta on nykyisellään kaksijakoinen, vaikka tulevaisuuden teknologian kehittyminen voi myös muuttaa nykytilannetta.

Suomalaisessa teollisuudessa syntyy vuosittain jopa 30 Mt biogeenistä hiilidioksidia, mikä tarjoaa merkittävän potentiaalin teknisten nielujen hyödyntämiselle, sillä hiilidioksidin talteenottaminen savukaasuista on huomattavasti energia- ja siten kustannustehokkaampaa kuin ilmakehästä. Etenkin metsäteollisuudessa on suuria yksittäisiä lähteitä, joista esimerkiksi pelkästään kahden tai kolmen suurimman hiilidioksidivirran talteenotto sekä varastointi voisi tarkoittaa useamman megatonnin vuosittaista nielua. Potentiaalia parantaa

LUONNOS

myös se, että Suomessa on hyvät edellytykset puhtaan sähköntuotannon liisäämiselle, sillä hiilidioksidin talteenottoprosessit kuluttavat sähköä merkittävässä määrin.

Suomessa ei ole geologisesti soveltuvia varastoalueita hiilidioksidille, mikä tarkoittaa, että varastointi nykyisin käytössä olevin menetelmin edellyttää kuljetusta esimerkiksi Pohjanmeren alueelle. Toisaalta kehitteillä on vaihtoehtoisia ratkaisuja, joiden kaupallistuminen voisi laajentaa teknisten nielujen kotimaisia arvoketjuja ja siten tehdä myös talteenotosta nykyistä houkuttelevampaa. Esimerkiksi erilaisilla mineralisointiteknologioilla voidaan sitoa hiilidioksidia pysyvästi mm. kaivosjätteisiin tai rakennusmateriaaleihin.

Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin kustannusarviot vaihtelevat, mutta pelkästään edellä mainitun kahden tai kolmen suurimman laitoksen talteenotto tarkoittaisi nyky menetelmin joka tapauksessa useamman sadan miljoonan euron vuotuista kustannusta. Teknisten hiilinielujen kehitystä rajoittaakin tällä hetkellä merkittävästi myös taloudellisten kannustimien puute infrastruktuurin kehittymättömyyden ja teknologisten epävarmuuksien ohella. Valtiontuki on ainoastaan rajallinen edistämiskeino, joten teknisten nielujen laajamittaisempi yleistyminen vaatii muitakin toimenpiteitä. Nieluille kohdentuvia nykyistä selvempiä kannusteita voitaisiin luoda esimerkiksi sopivalla EU:n laajuisella sääntelyllä, kuten pysyvien nielujen integroinnilla päästökauppajärjestelmään.

Näin ollen tekniset nielut tuskin ovat lähivuosien ratkaisu, mutta niillä voi olla suurikin merkitys etenkin hiilinegatiivisuuden tavoittelemisessa vuoden 2035 jälkeen. Teknisten nielujen ja sitä kautta biogeenisen hiilidioksidin tarjonnan yleistyminen vaikuttaisi todennäköisesti suotuisasti myös esimerkiksi sähköpolttoaineiden tuotantoon.

4.3 Sähköistyminen

Sähköistyminen, joko suoraan tai epäsuorasti vetytalouden kautta, on keskeinen keino päästöjen vähentämisessä teollisuudessa, lämmöntuotannossa ja liikenteessä. Tässä luvussa kuvataan suoran sähköistymisen ja siihen liittyvän lämpöpumpputeknologian mahdollisuuksia pitkällä aikavälillä. Sähköistymisellä voidaan korvata fossiilisten ja biomassaan perustuvien polttoaineiden käyttöä sekä parantaa energiatehokkuutta. Sähköistymisen edellytyksenä on

LUONNOS

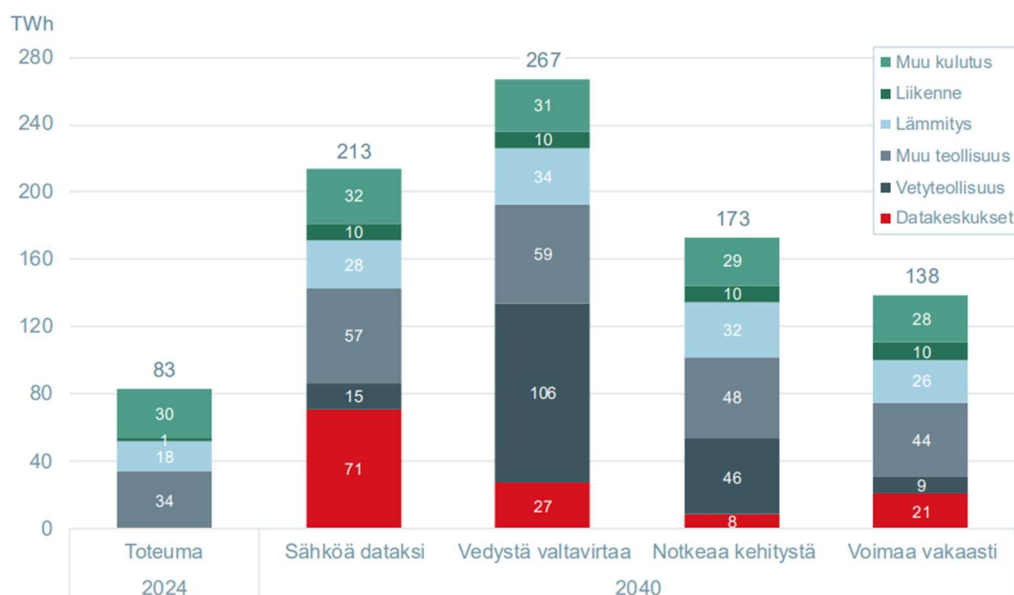
kohtuuhintaisen ja päästöttömän sähköntuotannon toimitusvarma saatavuus sekä riittävä sähköverkkoinfrastruktuuri. Tähän on Suomessa hyvät edellytykset.

Koko Suomen sähköistymispotentiaalista ja mahdollisesta tulevaisuuden kehityksestä saa hyvän kokonaiskuvan Fingridin sähköjärjestelmävisiosta vuodelle 2040¹⁵. Sähköjärjestelmävisiossa tarkastellaan Suomen vaihtoehtoisia kehityspolkuja kohti puhdasta energiajärjestelmää sekä luodaan näkemys kantaverkon kehittämistarpeista pitkällä aikavälillä. Sähköjärjestelmävision taustalle laadituissa skenaarioissa tärkeimpiä muuttujia ovat sähköön kulutuksen kasvu (kuva 13) ja kulutusjousto. Fingridin sähköjärjestelmävisiossa on arvioitu skenaarioita, jossa sähkönkulutus kasvaa voimakkaasti, jotta kantaverkon kehittäminen ja verkkoinvestoinnit eivät muodostu puhtaiden teollisten investointien pullonkaulaksi. Fingridin skenaariot eroavat siten sähkönkulutuksen osalta KEITO LTS-skenaarioista. LTS-skenaarioiden mukaiset sähkönkulutusskenaariot ovat ENV ja PPL-skenaariossa huomattavasti Fingridin alhaisempia (noin 120 TWh vuonna 2040). BIZ- ja FIN-skenaariossa sähkönkulutus kasvaa voimakkaammin (noin 160 TWh vuonna 2040), mutta jää silti merkittävästi alhaisemmaksi kuin Fingridin voimakkaan sähkönkulutuksen kasvun skenaariot vuonna 2040 (Sähköä dataksi 213 TWh ja Vedystä valtavirtaa 267 TWh).

Sähköä dataksi ja Voimaa vakaasti -skenaarioissa kulutuksen oletetaan olevan pääosin joustamatonta. Vedystä valtavirtaa ja Notkeaa kehitystä -skenaarioissa kulutuksen oletetaan olevan pääosin joustavaa.

¹⁵ Fingridin sähköjärjestelmävisio vuodelle 2040, Loppuraportti Lokakuu 2025 (https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittamisen/sahkojarjestelmavisio-2025/fingrid-sahkojarjestelmavisio-2040.-loppuraportti-10_2025.pdf)

LUONNOS



Kuva 13. Sähkön kulutus 2024 toteuma ja skenaariot 2040 Fingridin sähköjärjestelmävisiossa

Fingridin sähköjärjestelmävisiossa uusi energiantensiivinen teollisuus on merkittävin ajuri kasvuille. Skenaariosta riippuen suurin kasvu tulee datakeskuksesta, vetyteollisuudesta tai muusta uudesta teollisuudesta. Toimialojen kehitys ja Suomen kilpailukyky määrittävät sektorikohtaisen kasvun. Myös muu yhteiskunta sähköistyy nykyisessä teollisuudessa, lämmityksessä ja liikenteessä.

Fingridin sähköjärjestelmävisioissa on arvioitu myös sähkön siirtotarpeiden kehittymistä pitkällä aikavälillä. Tuotanto- ja kulutusinvestointien sijainnilla on keskeinen vaikutus sähkönsiirtotarpeisiin ja sitä kautta tarvittaviin verkkoinvestointeihin. Skenaarioissa Keski-Suomen poikkileikkauksen yli tapahtuvan sähkönsiirron tarve kasvaa merkittävästi. Korkean kasvun skenaarioissa siirtotarve voi nousta 17–18 GW:iin, mikä on noin viisinkertainen nykytilanteeseen verrattuna. Maltillisemmissa skenaarioissa siirtotarve on 10–11 GW. Suurimmat siirtotarpeet syntyvät tilanteissa, joissa pohjoisessa on paljon tuotantoa ja etelässä samanaikaisesti paljon kulutusta. Korkean pohjois-eteläsuunteisen sähkönsiirron tilanteiden todennäköisyyttä lisäävät muun muassa kulutusta nostava kylmä sää, runsas tuulivoimatuotanto, maltillinen sähkön hinta sekä tuotantokeskeytykset Etelä-Suomessa.

Ratkaisut, joilla pystyttäisiin rajamaan siirtotarvetta sähkönsiirron huipputilanteissa, vähentäisivät tarvittavia verkkoinvestointeja merkittävästi. Kaikissa skenaarioissa siirron pysyvyyskäyrän huippu on hyvin terävä eli korkeimman

Kuvassa 14 on esitetty yhteenvetona Fingridin sähköjärjestelmävisiossa tunnistettuja kantaverkon lisävahvistustarpeita kehittämissuunnitelman vahvistuksien lisäksi. Useammassa kuin yhdessä skenaariossa tarvittavat verkkoratkaisut on esitetty kartassa tummanvihreällä ja yksittäisissä skenaarioissa esiin nousseet verkkoratkaisut vaaleanvihreällä.



Fingridin on laadittava kantaverkkoansa ja sen yhteyksiä toisiin sähköverkkoihin koskeva kymmenvuotinen kehittämissuunnitelma (sähkömarkkinalaki (588/2013) 41 §). Kehittämissuunnitelma on päivitettävä kahden vuoden välein. Kehittämissuunnitelman tavoitteena on mahdollistaa ilmastotavoitteiden ja hyvinvointia luovien puhdasta sähköä hyödyntävien investointien toteutuminen. Fingridin vuosia 2026–2035 koskeva kehittämissuunnitelma julkaistaan vuoden 2025 loppuun mennessä. Suunnitelmaluonnoksen mukaan pääosa investoinneista kohdistuu uusiin siirtoyhteyksiin sähköntuotantopainotteisilta

LUONNOS

alueita Länsi- ja Pohjois-Suomesta kulutuspainotteisille alueille Etelä-Suomeen sekä uusien teollisuus- ja sähköntuotantohankkeiden edellyttämiin sähköasemiin. Vuosien 2025–2028 aikana Fingridin arvio investoinneista on 1,7 mrd. euroa.

Motiva Oy on laatinut selvityksen Suomen teollisuuden sähköistymisestä ja sen vaikutuksesta energiatehokkuuteen ja hukkalämpöjen hyödyntämiseen¹⁶. Teollisuudessa suoran sähköistymisen potentiaalisimmat kohteet ovat erilaiset lämpökäsittely- ja kuivatusprosessit sekä uunit, joissa lämmön lähteenä ovat fossiiliset polttoaineet. Näitä prosesseja on useilla eri teollisuuden aloilla. Lämpökäsittelyprosesseja on käytössä laajasti metalli- ja teknologiateollisuudessa. Näiden osalta sähkölämmitys on jo ollut vaihtoehtoinen tapa toteuttaa lämmitys.

Metsäteollisuudessa paperin ja kartongin päällystyskerroksen kuivauksessa on käytössä maakaasu- tai nestekaasukäyttöisiä kuivaimia. Erityisesti sähkölämmitteistä ilmakeivainteknologian laajamittaista käyttöä puoltaa kaasukäyttöisiä järjestelmiä pienemmät käyttö- ja huoltokustannukset. Osassa metsäteollisuuden prosesseja kuivaukseen tarvittavat lämpötilat ovat hyvin korkeita. Tämä rajoittaa hukkalämpöjen hyödyntämistä lämpöpumpuilla.

Kemianteollisuuden energiankulutuksesta merkittävä osa on polttoaineita, joten sähköistymisellä on pidemmällä aikavälillä merkittävä rooli. Energian kulutus liittyy usein teollisuusprosessiin, jossa prosessin toiminta ja turvallisuus ovat aina etusijalla. Hukkalämpöjä voidaan hyödyntää tehokkaimmin erilaisissa erotusprosesseissa (haihdutus, tislaukset ja kuivaus), joissa vaaditut lämpötilatasot ovat maltillisia ja lämpöpumppuratkaisuille löytyy sovelluskohteita. Vastaavasti osa prosesseista vaatii korkeita lämpötiloja, joihin sähköisillä ratkaisuilla ei välttämättä ole mahdollista päästä.

Metallien jalostuksessa energiankulutus jakaantuu suhteellisen tasan polttoaineiden ja sähkön välillä. Esimerkiksi terästeollisuudessa on jo merkittävä sähkönkäyttö osassa prosesseja (mm. sulatus, uunit jne.). Vetypelkistykseen perustuvassa teräksen valmistuksessa prosessi voidaan sähköistää epäsuorasti.

¹⁶ Motiva Oy, Suomen teollisuuden sähköistyminen ja sen vaikutus energiatehokkuuteen ja hukkalämpöjen hyödyntämiseen, 5/2021. https://www.motiva.fi/files/19644/Suomen_teollisuuden_sahkoistyminen_ja_sen_vaikutus_energiatehokkuuteen_ja_hukkalampojen_hyodyntamiseen_-raportti_2021.pdf

LUONNOS

Metalliteollisuudessa on prosesseja, jotka on mahdollista sähköistää. Esimerkkeinä ovat sähköiset esilämmitys- ja lämpökäsittelyuunit.

Elintarviketeollisuus on sekä hukkalämmön hyödyntämisen että sähköistymisen kannalta merkittävä teollisuudenala, jolla lämmönkäytöllä on merkittävä rooli. Sähköistymisen näkökulmasta myös suora sähköistyminen on mahdollista elintarviketeollisuudessa, sillä esimerkiksi erilaiset prosessin esilämmitysratkaisut voivat toimia sähköllä ja esimerkiksi nykyiset maakaasu-uunit voivat korvautua sähköuuneilla. Teollisuuden alalla olevat lämmön ja kylmän varaaajat mahdollistavat kysyntäjoustoratkaisujen hyödyntämisen, jossa olisi mahdollisuus hyödyntää yhtenä ratkaisuna myös sähkökattilaa.

Energiateollisuudessa voidaan hyödyntää sähkökattiloita laajasti kaukolämmöntuotannossa. Sähkökattiloiden määrä on lisääntynyt nopeasti kaukolämmöntuotannossa ja vuonna 2024 sähkökattiloilla tuotettiin jo 4 % kaukolämmöstä. Yleisesti voidaan todeta, että sähköisten lämmitysratkaisujen etuna on lämmöntuoton parempi hyötysuhde verrattuna polttotekniikkaan.

Suomen mahdollisuutena hukkalämpöjen hyödyntämisessä on kattava kaukolämpöverkosto. Tämä mahdollistaa sekä hukkalämmön hyödyntämisen teollisen mittakaavan lämpöpumpuilla että kaukolämpöverkon ja lämpöakkujen laa-
taamisen sähköllä kysyntäjoustotilanteissa. Kaukolämpöverkosto on tärkeän linkki sektori-integraatiossa teollisuuden sekä energiantuottajien ja -jakelijoiden välillä.

Polttoainekäyttöisissä työkoneissa kehityssuunta on myös sähkökäyttöisiin laitteisiin. Tämä nousee isoksi mahdollisuudeksi etenkin kaivosteollisuudessa. Maanalaisissa laitteissa sähköistyminen tuo lisäksi etuja kevyempien ilmanvaihtovaatimusten suhteen. Toisaalta valmistavassa teollisuudessa on käytössä erilaisia työkoneita (esim. trukit), joita on mahdollista sähköistää.

Myös liikenteen sähköistäminen tarjoaa merkittävän potentiaalin kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen, erityisesti kaupunkiliikenteessä ja henkilöautojen käyttövoimana. Sähköajoneuvot tuottavat käytön aikana huomattavasti vähemmän päästöjä kuin polttomoottoriajoneuvot, ja kun sähkö on päästötöntä (Suomessa jo lähes täysin), koko ajoneuvon elinkaaren aikaiset päästöt pienenevät merkittävästi. Esimerkiksi Suomessa sähköbussien käyttöönotto kaupunkiliikenteessä on jo vähentänyt paikallisia päästöjä ja melua. Myös

LUONNOS

sähköiset jakeluautot ovat yleistymässä, mikä mahdollistaa päästöjen vähentämisen logistiikassa erityisesti kaupunkien keskustoissa. Raskaan liikenteen sähköistäminen etenee hitaammin ja on huomattavasti henkilöliikennettä haastavampaa, mutta esimerkiksi sähköisiä kuorma-autoja on jo käytössä joillain lyhyillä reiteillä ja satamien sisäisessä liikenteessä. Raskaan liikenteen pitempien matkojen sekä meri- ja lentoliikenteen tapauksessa tarvittaneen päästöjen vähentämiseksi lisäksi esimerkiksi sähköpolttoaineita. Yksityisautolussa sähköautojen yleistyminen on nopeampaa, ja valtiolliset tukitoimet sekä latausverkon laajentuminen vauhdittavat kehitystä. Kehittyvät sähköautomallit tarjoavat entistä pitemmän toimintamatkan ja nopeamman latauksen, mikä tekee sähköautoista entistä käytettävämpiä vaihtoehtoja. Myös sähköautojen hankintahinnat näyttävät kääntyneen lasku-uralle, vaikka kehitys onkin vielä tässä suhteessa maltillista.

4.4 Ydinenergia

Ydinenergian osalta ratkaisuja hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamiseen ja yhteiskunnan sähköistymisen tarpeisiin haetaan samanaikaisesti olemassa olevista suurista laitoksista sekä uuden sukupolven pienreaktoreista (SMR).

Perinteiset suuret voimalaitokset muodostavat Suomen sähköntuotannon vakaan selkärangan vielä pitkään. Olemassa olevan kapasiteetin ikääntyminen kuitenkin muodostaa haasteen. Olkiluodon yksiköiden luvat päättyvät 2038 ja Loviisan yksiköiden 2050. Loviisan laitokset on suunniteltu purettavan nykyisen käyttöjakson jälkeen. Vaikka laitosten käyttöä jatkaminen on kustannustehokkain tapa ylläpitää päästötöntä tuotantoa, se vaatii merkittäviä perusteita erityisesti turvallisuuden osalta.

Loviisan laitosisyksiköiden poistuminen tuotantokäytöstä vuonna 2050 pienentäisi Suomen sähköntuotantoa nykyisellään noin 10 %:lla. Uusien suurten, korvaavien laitosten rakentaminen on hidasta; vaikka päätös tehtäisiin lähivuosina, uusi sähköä tuottava ydinvoimalaitosyksikkö valmistuisi aikaisintaan 2040-luvulla. Siten vuoteen 2050 mennessä Loviisan laitoksen korvaaminen suurella ydinvoimalaitoksella on kuitenkin mahdollista.

Pienreaktorit (SMR) avaavat ydinenergialle täysin uusia käyttökohteita perinteisen sähköntuotannon rinnalla. Niiden suurin potentiaali piilee kaukolämmön

LUONNOS

sekä vaikeasti sähköistettävien energiamuotojen, kuten teollisuuden prosessilämmön, päästöttömässä tuotannossa. SMR:t tarjoavat työkalun kaupunkien ja teollisuuden irrottamiseksi fossiilisista polttoaineista.

Ensimmäisiä SMR-laitoksia odotetaan käyttöön 2030-luvulla. 2040-luvun tulee olla niiden laajan kaupallisen käyttöönoton vuosikymmen. Tämä edellyttää, että teknologia, kustannuskilpailukyky ja luvitushallit osoittautuvat toimiviksi 2030-luvun demonstraatiokohteissa, mahdollistaen nopean ja kustannustehokkaan rakentamisen ja käytön.

Vuoteen 2050 mennessä Suomen ydinenergiakenttä on todennäköisesti nykyistä monipuolisempi. Tässä visiossa suuret laitokset tuottavat edelleen valtaosan kantaverkon perusvoimasta, kun taas useat pienemmät SMR-laitokset toimittavat paikallisesti lämpöä kaupunkeihin ja höyryä teollisuuden tarpeisiin.

Fuusioenergia on vielä kehitysvaiheessa oleva energiantuotantomuoto, jonka teknisiä haasteita ratkotaan aktiivisesti eri tutkimuslaitoksissa ja kasvavassa määrin myös yrityksissä. Tulevaisuudessa fuusioenergian odotetaan tarjoavan puhdasta, turvallista ja lähes rajatonta energiaa ilman kasvihuonekaasupäästöjä. Ensimmäisiä kaupallisia fuusiovoimaloita jouduttaneen kuitenkin odottamaan vielä vähintään pari vuosikymmentä. Fuusioenergian rooli Suomen energiahuollossa vuonna 2055 lienee siten rajallinen.

4.5 Vetyteknologia

Elektrolyysiin perustuvalla vedynvalmistuksella voi olla merkittävä rooli Suomen kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemisessä vuoteen 2055 mennessä. On kuitenkin huomionarvoista, että puhtaan vedyn valmistus sisältää huomattavia energiahäviöitä. Näin ollen merkittävimmät hyödyt keskittyvät lähinnä sektoreille, joilla lähtökohtaisesti energiatehokkaampi suora sähköistys on vähintään osittain haasteellista tai kallista, kuten sähköpolttoaineiden osalta lento- ja meriliikenne sekä raskas tieliikenne. Teollisuuden oleellisia prosesseja voivat olla esimerkiksi öljynjalostus, teräksen vetypelkistys tai lannoitteiden valmistus.

Mikäli uutta kysyntää syntyy, Suomella on mahdollisuus lisätä puhtaan vedynvalmistuksen mittakaavaa merkittävästi jatkuvasti kasvavan uusiutuvan

LUONNOS

energian tuotantokapasiteetin määrän ansiosta. Suomessa on jo myönnetty investointitukia useille vetyprojekteille, joiden tarkoituksena on tuottaa sähköpolttoaineita.

Vedystä jalostettujen tuotteiden, kuten sähköpolttoaineiden, valmistuksen mahdollistamiseksi tarvitaan myös riittävä infrastruktuuri. Vetytalouteen liittyvissä keskusteluissa nousee usein esiin, että vetyverkkojen kehitys alkaa toteutuessaan keskeisten kulutuskohteiden ja puhtaan sähkön tuotantoalueiden yhteyteen syntyvistä ns. vetylaaksoista. Esimerkki maantieteellisesti keskeisestä alueesta on Pohjanlahden ympäristö ja seudulla toimivat metalliteollisuuden laitokset. Suomen valtion omistamaan Gasgrid-konserniin kuuluva Gasgrid Vetyverkot Oy on julkaissut suunnitelman kansallisen vedyn siirtoverkon rakentamiseksi, jonka on tarkoitus alkaa vuonna 2027. Vetyverkkojen rakentaminen lisää mahdollisuuksia joustavaan ja kustannustehokkaaseen integraatioon sähköjärjestelmän ja vetytalouden välillä.

Uusien projektien ja infrastruktuurin edistämistoimenpiteistä huolimatta vetyteknologian laajamittaisempaan merkitykseen nimenomaan Suomen päästöjen vähentämisessä liittyy huomattavia epävarmuuksia. Vaikka vety tunnustetaan jo EU-lainsäädännössä osana RNFB0-määritelmää, sähköpolttoaineiden valmistuksessa tarvittavan hiilidioksidin tarjontaan vaikuttavat myös sen hyödynnettävyys ja kannattavuus teknisinä nieluina (luku 4.2). EU:n päästökaupparjestelmän puolestaan odotetaan nostavan fossiilisten polttoaineiden käyttökustannusta jatkuvasti, mikä parantanee vaihtoehtojen vetyyn perustuvien ratkaisujen kannattavuutta tulevaisuudessa. Toisaalta kaikkeen vedynkäytön kannattavuuteen vaikuttavat myös mm. haasteellisten prosessien tai sektoreiden vaihtoehtojen ratkaisujen ja elektrolyyserien investointikustannusten muutokset sekä sähkön hintatason kehittyminen.

4.6 Maatalouden menetelmät

Maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi pitkällä aikavälillä tarvitaan sekä jo tiedossa olevia keinoja ja niiden tehostamista, että uusia keinoja. Toimenpidevalikoima tulee monipuolistumaan ja samalla vaikutusten mittaaminen, todentaminen ja raportointi tehostuvat. Tähän vaikuttaa positiivi-

LUONNOS

sesti niin teknologinen kehitys, kuten robotiikka, automatisaatio ja mittaamiseen käytettävät anturit sekä digitalisaation tuomat mahdollisuudet muun muassa suurten datamäärien käsittelyyn ja tekoälyn kautta.

Erilaiset digitaaliset työkalut auttavat tiloja seuraamaan tilakohtaisia päästöjään ja valitsemaan vaikuttavia toimenpiteitä päästöjen tehokkaaseen vähentämiseen. Esimerkiksi kivennäismaiden hiilivaraston kehitystä pystytään seuraamaan entistä tarkemmin tilakohtaisten digitaalisten työkalujen ja analyysimenetelmien avulla.

Turvemaista syntyvien päästöjen vähentämisessä tehokkaimpina keinona säilyvät jatkossakin pohjaveden pinnan korkeuden säätämiseen liittyvät toimet, joiden vaikutuksien seuranta tulee tarkentumaan kustannustehokkaiden ja helppokäyttöisten pohjavedenpinnan säätö- ja seurantateknologioiden avulla.

Kasvinjalostuksella on keskeinen rooli saatettaessa markkinoille uusia lajikeita, jotka ovat paremmin sopeutuneet ilmastonmuutokseen ja jotka toimivat tehokkaammin hiilensidonnassa. Tulevaisuudessa kasvinjalostajat hyödyntävät yhä enemmän uusia teknologioita kuten geenimerkkejä, genomivalintaa ja erilaisia geenieditointimenetelmiä, kehittäessään uusia viljelykasvilajikkeita. Nämä innovaatiot nopeuttavat ja tehostavat jalostusprosessia sekä mahdollistavat uusien, toivottujen ominaisuuksien tuomisen jalostusaineistoon. Kun satoisuus ja satovarmuus paranevat, myös viljelykasvien kyky sitoa hiiltä tehostuu. Ilmastonmuutoksen myötä Suomessa avautuu lisäksi mahdollisuus viljellä uusia kasvilajeja.

Kotieläimiin liittyviä päästöjä voidaan vähentää parantamalla entisestään eläinten rehuhyötysuhdetta kotieläinjalostuksen, tuotantovaiheen mukaisen ruokinnan ja hyvän eläinterveyden kautta. Lisäksi markkinoille tulee uusia päästöjä vähentäviä rehulisäaineita. Tekniikat ja laitteet kasvihuonekaasupäästöjen ja myös ammoniakkin poistamiseen eläinsuojista kehittyvät vauhdilla ja niiden käyttö tiloilla yleistyy. Lannan ja maatalouden muiden sivuvirtojen varastoinnissa, käsittelyssä ja hyödyntämisessä otetaan käyttöön uusia päästöjä vähentäviä tekniikoita biokaasutuksen lisäksi ja myös biokaasutuksen päästöjä vähennetään uusilla teknologioilla ja menetelmillä. Kiertotalouden mukaisen hyödyntämisen edistymisen esimerkiksi ravinteiden kierrätyksen tehostuminen korvaa neitseellisten ja usein energiantensiivisten raaka-aineiden käyt-

LUONNOS

töä ja vähentää päästöjä. Esimerkiksi lannan separointi tiloilla mahdollistaa ravinteiden tehokkaamman hyödyntämisen ja tehostaa logistiikkaa tilan sisäisesti tai kuivajae voidaan hyödyntää myös kauempana tilasta.

Uudet täsmäviljelytekniikat tarkentavat niin lannoituksen, kasvinsuojeluaineiden kuin vedenkin käyttöä viljelykasvien tarpeiden ja satopotentialin mukaisesti. Sään ääri-ilmiöiden lisääntyessä pellon vesitaloudesta sekä maan rakenteesta tulee huolehtia entistä paremmin ja pidentyneisiin kuivuuskausiin on varauduttava kastelulla. Toisaalta sadanta voi myös kasvaa syksyllä ja talvella, jolloin toimiva ojitus on erittäin tärkeää. Lannoitemarkkinoita tulee muuttamaan vihreä ammoniakki, joka on tuotettu hiilineutraalisti tai vähäpäästöisesti uusiutuvien energialähteiden avulla. Lisäksi tarjolla on erilaisia inhibiittoreita, joilla voidaan parantaa tyyppipäästöjen hallintaa ja vähennetään kasvihuonekaasupäästöjä, jos ne ovat toimivia Suomen kosteassa ja viileässä maaperässä.

Maatalouden käyttämästä energiasta yhä suurempi osa tuotetaan uusiutuvilla lähteillä. Työkonetekniikan kehittyminen ja uusiutuvien polttoaineiden saatavuuden kasvu mahdollistavat kaasu-, vety- ja sähkökäyttöisten työkonien yleistymistä maataloudessa. Työkoneet myös automatisoituvat ja käytössä on robotiikkaa, joilla on mahdollisuus vähentää polttoaineiden kulutusta ja näin parantaa energiatehokkuutta.

Valtaosa ruoasta tuotetaan yhä perinteisesti pelloilla, laitumilla ja eläinsuojissa, mutta solumaatalouden ja muiden uusien ruuantuotantotapojen käyttö yleistyy ja niiden markkina kasvaa. Nämä innovatiiviset ratkaisut tarjoavat vaihtoehtoja, jotka voivat täydentää tai osin korvata perinteistä ruoantuotantoa tulevaisuudessa.

Osa uusista tekniikoista parantavat myös maatilan taloutta: hyödyt voivat tulla tuotantopanosten säästön, parantuneiden tuotosten tai muuten tuotannon tehostumisen kautta. Jokaisen tekniikan kohdalla ei kuitenkaan ole näin, jolloin on tärkeää luoda kannustimia uuden tekniikan käyttöönottamiseksi.

Ruokavaliomuutos kasvispainotteisempaan suuntaan voi muuttaa maatalouden tuotantoa ja maankäyttöä vähempipäästöiseen suuntaan. Vähentävätkö kuluttajat kotieläintuotteiden kulutusta riippuu kuluttajien maku- ja ruokailutottumusten kehittymisestä. Kansallisesta ruokavaliomuutoksesta huolimatta

LUONNOS

kasvihuonekaasupäästöjen väheneminen voi olla hidasta, jos vienti vetää, rakennkekehitys etenee ja maankäytön muutos jää pieneksi.

Kuluttajilla on tärkeä rooli maatalouden kasvihuonekaasupäästökehityksessä. Kehittyvän datatalouden myötä kuluttajille on tarjolla entistä enemmän tietoa muun muassa ruuan kestävydestä, tuotantotavasta ja ravintoarvoista, mutta iso kysymys on kasvaako tietoinen kuluttaminen ja maksuhalukkuus samalla tahdilla ja vaikuttaako se ruokavalintoihin.

4.7 Maankäyttösektorin menetelmät

Pitkällä aikavälillä metsien käsittelymenetelmät ovat monipuolistuneet entisestään. Metsätaloudessa jatkuvapeitteisen metsänhoidon menetelmät ja seka-metsien kasvattaminen tulevat edelleen yleistymään. Massadatan hyödyntäminen sekä digitalisaation ja automaation kehitys avaavat metsälalle uusia mahdollisuuksia. Tulevaisuudessa työkoneet kykenevät yhä itsenäisempään toimintaan ja täsmämetsänhoito yleistyy. Myös metsänjalostuksen odotetaan edistyvän ja jalostetun metsänviljelyaineiston käytön lisääntyvän. Metsänjalostuksella parannetaan muuttuvassa ilmastossa tärkeitä metsäpuiden ominaisuuksia, kuten laajaa ympäristöolojen sietokykyä sekä hyvää kasvua, elävyyttä, kestävyyttä erilaisille tuhoille.

Noin neljännes Suomen puuntuotannon metsämaasta on suometsiä, joiden hoitoon kohdistuu kasvavaa painetta ilmaston, luonnon monimuotoisuuden ja vesistövaikutusten näkökulmasta. Tämä edellyttää osaamisen monipuolistamista sekä uusien teknologioiden kehittämistä turvemaiden puunkorjuuseen ja vesitalouden hallintaan.

Ilmastomuutoksen myötä metsien hyönteis-, sieni- ja tuulituhojen esiintymisten todennäköisyys kasvaa, joten varautuminen ja riskien hallinta korostuu. Tämä luo kysyntää uusille teknologioille sekä riskien arvioinnin ja hallinnan uusille työkaluille. Entistä tarkempi ja laadukkaampi paikkatieto mahdollistaa tulevaisuudessa riskialueiden paremman kartoittamisen. Uusien työkalujen kehittäminen tukee metsänomistajia ja alan toimijoita tietoon perustuvassa päätöksenteossa.

LUONNOS

Ilmastonmuutoksen hillintä ja siihen sopeutuminen edellyttää uusien tuotteiden ja palveluiden sekä kokonaan uusien liiketoimintamallien kehittämistä metsäbiotaloudessa. Pitkällä aikavälillä metsäteollisuuden tuotantorakenteen odotetaan monipuolistuvan ja arvonnisan kasvavan. Puutuoteteollisuuden uudet innovaatiot edesauttavat pitkäikäisten puutuotteiden osuuden kasvattamisessa.

4.8 Johtopäätökset

Energia- ja teollinen infrastruktuuri uusiutuvat hyvin hitaasti ja uusien investointien pitoaika on useita kymmeniä vuosia, joten seuraavat kymmenen vuotta tulevat jo pitkälti määrittämään pitkän aikavälin polun ja siihen liittyvän päästökehityksen. Vuoteen 2030 saakka päästövähennykset painottuvat suurelta osin energiantuotannon sektoreille, sähkön ja lämmön tuotantoon sekä öljynjalostukseen, joissa tehokkaana ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä päästöoikeuksien hinta. Keskeisimpänä päästöjen vähentämismenetelmänä teollisuudessa ja lämmöntuotannossa on suora sähköistyminen, joka mahdollistaa myös hukkalämpöjen tehokkaan hyödyntämisen. Myös liikenteessä sähköistäminen on merkittävin kasvihuonekaasupäästöjen vähentämismenetelmä, erityisesti kaupunkiliikenteessä ja henkilöautojen käyttövoimana. Raskaan liikenteen pitempien matkojen sekä meri- ja lentoliikenteen tapauksessa tarvittaneen päästöjen vähentämiseksi lisäksi epäsuoraa sähköistämistä esimerkiksi sähköpolttoaineiden avulla.

Laajamittainen sähköistyminen edellyttää suuria panostuksia sähköjärjestelmän kehittämiselle. Sähköistymisen edellytyksenä on kohtuuhintaisen ja päästöttömän sähköntuotannon toimitusvarma saatavuus sekä riittävä sähköverkkoinfrastruktuuri. Puhtaan sähköntuotannon lisäämiseen on Suomessa hyvät edellytykset niin tuuli- ja aurinkovoiman kuin ydinenergian osalta. Sähköverkkoa pitää vahvistaa sekä kanta- ja jakeluverkkotasolla.

Keskipitkällä ja erityisesti pitkällä aikavälillä päästöjen vähentämismenetelminä painottuvat epäsuora sähköistyminen vetytalouden kautta ja siihen liittyvät tekniset nielut. Vetytalouden kehittyminen edellyttää erityisesti puhtaan teollisuuden lopputuotteiden markkinoiden kehittämistä niin EU:ssa kuin globaalisti.

LUONNOS

Hiilidioksidin talteenotolla voi olla merkittävä rooli ilmastonmuutoksen hillinnässä. KEITO LTS-raportin mukaan bioperäisen hiilen talteenotto ja varastointi (BECCS) voi muodostua keskeiseksi keinoksi 2040-luvulla. Fossiilisia polttoaineita korvaava hiilidioksidin hyötykäyttö (CCU) on myös tärkeää, mutta päästöt vapautuvat verrattain nopeasti takaisin ilmakehään, ja ilman bioperäisen hiilen varastointia päästötavoitteita ei näin ollen saavuteta. Toistaiseksi teknisten nielujen käyttöönottoa rajoittavat investointikustannukset, poliittisen ohjauksen puute, lupakäytännöt ja hiilidioksidin kuljetukseen vaadittavan infrastruktuurin puuttuminen. Skenaarioiden mukaan CCS-tekniikan laajamittainen hyödyntäminen voisi kuitenkin laskea kokonaispäästöjä vuoteen 2050 mennessä useita miljoonia tonneja vuodessa.

Keskeisin haaste liittyy kuitenkin maankäyttösektorin kehitykseen liittyvään epävarmuuteen ja siten myös vuodelle 2035 asetetun hiilineutraalisuustavoitteen ja sen jälkeisen hiilinegatiivisuustavoitteen saavuttamiseen. Maankäyttösektorin kehitykseen vaikuttaa voimakkaimmin metsien käyttö, mutta myös erityisesti orgaanisten viljelysmaiden käytössä tapahtuvilla muutoksilla menetelmillä on merkittävä rooli. Toimintaympäristön kysynnän ja tarjonnan vaihtelut – joiden ennakoiminen on vaikeaa – ohjaavat mm. metsäteollisuuden tuotantoa, hakkuiden määrää ja pellonkäyttöä, ja siten myös maankäyttösektorin päästöjen ja poistumien tasetta. Edellä mainituilla teknisillä hiilinieluilla voidaan tukea maankäyttösektorin luonnon nielujen aikaansaamia poistumia.

LUONNOS

Liitteet

Liite 1. Lausuntoyhteenveto

LUONNOS

Lähteet

Ilmastolaki (423/2022), antopäivä 10.6.2022. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2022/423>

Hallituksen esitys eduskunnalle ilmastolaiksi, HE 27/2022 vp (3.3.2022). <https://www.finlex.fi/fi/hallituksen-esitykset/2022/27>

Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – pitkän aikavälin ilmastosuunnitelman taustaselvitys. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, VTT Technology 443 (27.10.2025). <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2025/T443.pdf>

Kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan uudet toimet ja skenaariot (KEITO) – keskipitkän aikavälin vaikutusarviot. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, VTT Technology 442 (2.10.2025). <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2025/T442.pdf>

Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä (PEIKKO). Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024:26 (20.6.2024). <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-219-0>

Yhteenveto toimialojen vähähiilitiekartoista 2024. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2024:45 (29.10.2024). <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-829-5>

Fingridin sähköjärjestelmävisio vuodelle 2040. Loppuraportti 10/2025, Fingrid (10/2025). <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/sahkojarjestelmavisio/>

Suomen hiilineutraaliuspolku – Arvio hiilineutraaliuden saavuttamisesta ja sen keinoista. Suomen Ilmastopaneelin julkaisuja 1/2025. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/suomen-hiilineutraaliuspolku-arvio-hiilineutraaliuden-saavuttamisesta-ja-sen-keinoista/>

Suomen teollisuuden sähköistyminen ja sen vaikutus energiatehokkuuteen ja hukkalämpöjen hyödyntämiseen, Motiva 05/2021 (26.2.2021).

LUONNOS

https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/kaikki_julkaisut/suomen_teollisuuden_sahkoistuminen_ja_sen_vaikutus_energiatehokkuuteen_ja_hukkalampojen_hyodyntamiseen.9236.shtml

Selvitys hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön kansallisesta ilmasto- ja talouspotentiaalista. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, Asiakasraportti VTT-CR-00468-24 (21.8.2024). https://teknologiateollisuus.fi/wp-content/uploads/2024/09/VTT-projektiraportti_Selvitys-hiilidioksidin-talteenoton-ja-hyotykayton-potentiaalista.pdf

Tietokooste hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin teknologioista. Ilmastopaneeli, Tietokooste (4.7.2025). <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/tietokooste-hiilidioksidin-talteenoton-ja-varastoinnin-teknologioista/>

Päästäjästä tuottajaksi – Hiilidioksiditaloudella arvonlisää Suomen metsäsektorille. Luonnonvarakeskus ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, ISBN 978-951-38-8835-0 (2024). https://publications.vtt.fi/julkaisut/muut/2024/VTT_Luke_Hiilidioksiditalous.pdf

Energia- ja ilmastotiekartta 2050 – Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintö 16.10.2014, työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Energia ja ilmasto 31/2014. <https://tem.fi/documents/1410877/2628105/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf/1584025f-c5c7-456c-a912-aba0ee3e5052/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf?t=1463395012000>

Selvitys energiapolitiikan vaihtoehdoista, työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Energia ja ilmasto 25/2015. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-227-977-4>

Suomen pitkän aikavälin strategia kasvihuonekaasujen vähentämiseksi, työ- ja elinkeinoministeriö. Toimitettu EU-komissiolle 1.4.2020. <https://tem.fi/documents/1410877/2132096/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020/8cd55d4d-6de7-657f-a86f-bc79497d4756/Suomen+pitk%C3%A4n+aikav%C3%A4lin+strategia+kasvihuonekaasujen+v%C3%A4hent%C3%A4miseksi+1.4.2020.pdf?t=1692094955051>

LUONNOS

Finland's long-term low greenhouse gas emission development strategy, Ministry of Economic Affairs and Employment. Submitted to UNFCCC 6.10.2020. <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies>

Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ilmastomuutokseen sopeutumissuunnitelmasta vuoteen 2030: Hyvinvointia ja turvallisuutta muuttuvassa ilmastossa. Valtioneuvoston julkaisu 2023:73. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-585-6>

Data centres: Hungry for power. Forecasting European power demand from data centres to 2035. Independent Commodity Intelligence Services, ICIS. <https://www.icis.com/explore/resources/data-centres-hungry-for-power/>

Metsät ja ilmasto: Hakkuut, hiilinielut ja puun käytön korvaushyödyt, Suomen Ilmastopaneelin raportti 3/2022. <https://ilmastopaneeli.fi/hae-julkaisuja/metsat-ja-ilmasto-hakkuut-hiilinielut-ja-puun-kayton-korvaushyodyt/>

Potential impacts of the EU's biodiversity strategy on the EU and global forest sector and biodiversity. Manuscript under review, 2025. Kallio & Rannestad, Norwegian University of Life Sciences. <https://main-bvxea6i-kdsvgmpf4iwws.eu-5.platformsh.site/sites/default/files/2025-03/Kallio%20Rannestad%20%2019%2011%202024%20Manuscript%20under%20review.pdf>