

YHTEENVETO PÄÄTTÄJILLE

UUSIUTUVIIN ENERGIALÄHTEISIIN SIIRTYMISEN NOPEUTTAMINEN EUROOPASSA

LUT YLIOPISTO &
VIHREÄT / EUROOPAN
VAPAA ALLIANSSI
2022

KIRJOITTAJAT

Manish Ram, Dmitrii Bogdanov, Rasul Satymov, Gabriel Lopez,
Theophilus Mensah, Kristina Sadovskaia, Christian Breyer



In the event of inconsistency or
discrepancy between the English version
and any other language version, the
English language version shall prevail.

Euroopan unionia kohtaa suuri energiahaaste, jonka eri näkökulmat ulottuvat energiavarmuuteen, ilmastonmuutoksen hillitsemiseen, energian kohtuuhintaisuuteen ja energiaturvallisuuteen. EU:lla on edessään vaikea tehtävä: sen on muotoiltava pitkän aikavälin visio ilmastoneutraaliudesta estämättä lyhyen aikavälin energiavarmuutta rajojensa sisällä ja jopa niiden ulkopuolella. Euroopan vihreän kehityksen ohjelmassa visioitujen tavoitteiden tasosta keskustellaan jatkuvasti–Siirtyminen kohti suurempaa uusiutuvan energia osuutta on jo hyvässä vauhdissa monissa Euroopan maissa, etenkin sähköntuotannossa. Euroopalla on mahdollisuus ottaa maailmanlaajuisesti johtava asema nopeuttamalla energijärjestelmiensä siirtymää kohti sataprosenttisesti uusiutuvaa energiaa. Tämä tuo monia hyötyjä Euroopan taloudelle mutta myös muille talousalueille ympäri maailmaa. Tätä taustaa vasten **Vihreät / Euroopan vapaa allianssi -ryhmä (Vihreät/EVA) antoi LUT-yliopistolle (LUT) tehtäväksi** tutkia ja määrittää eri kunnianhimoitason sisältäviä energiasiirtymän polkuja Euroopassa energiatehokkaan ja täysin uusiutuvaan energiaan perustuvan energijärjestelmän saavuttamiseksi. Kaikki tarkastellut polut ovat yhdenmukaisia ilmastoneutraaliuden kanssa.

Tämän tutkimuksen yleinen tavoite on esittää toteuttamiskelpoisimmat teknologiset-taloudelliset vaihtoehdot määrittämällä kustannuksiltaan pienimmät energiyhdistelmät siirryttäessä sähkön-tuotanto-, lämmöntuotanto-, liikenne- ja teollisuussektoreilla pitkällä aikavälillä kohti koko Euroopan yhdenmukaista energijärjestelmää. Tutkimuksessa esitetään lajissaan ensimmäisiä **teknologiarikkaita, monialaisia, monia maantieteellisiä alueita kattavia ja kustannusoptimaalisia** analyysejä, joissa EU:n energiasiirtymään johtavat polut eritellään alueellisesti (27 jäsenvaltiota ja 20 aluetta ympäri Eurooppaa) ja ajallisesti tunnin tarkkuudella.

Energiasiirtymää Euroopassa ja erityisesti EU:ssa tarkastellaan kolmessa eri skenaariossa, joissa käytetään seuraavia parametrejä ja ehtoja¹:

- **VIITESKENAARIO [REF]:** EU:n energijärjestelmä jatkuu nykyisten markkinasuuntausten ja sovitun politiikan suuntausten mukaisesti vuoteen 2030 saakka. Uusiutuvan energian osuus energian kokonaiskysynnästä koko EU:ssa on 40 %, ja rakennusten energiatehokkuus paranee nykyisen peruskorjaustahdin tuplaantuessa. Uusiutuvan energian osuus vuoteen 2050 mennessä on 98 %, mikä mahdollistaa hiilidioksidipäästöjen vähentämisen lähes 40 prosentilla vuoteen 2030 mennessä vuoteen 2020 verrattuna, ja noin 60 prosentilla vuoteen 1990 verrattuna.² Tämä skenaario ei pysy kunnianhimoisessa ilmastotavoitteessa rajoittaa lämpötilan nousu alle 1,5 celsiusasteeseen. Fossiilisten polttoaineiden käyttö lopetetaan vähitellen kokonaan vuoteen 2050 mennessä, kun taas nykyiset ydinvoimalat toimivat teknisen käyttöikänsä loppuun saakka, eikä EU:ssa rakenneta uusia ydinvoimaloita.

1 Skenaarioiden välillä ei oleteta olevan merkittäviä kuluttajien mieltymyksiin liittyviä muutoksia, sen sijaan energiapalvelujen tason oletetaan tulevaisuudessa olevan korkeampi ja energiatehokkuuden siten parempi.

2 Tässä tutkimuksessa keskitytään fossiilisten polttoaineiden kulutuksesta energiateollisuuden sektoreilla kaikkialla EU:ssa aiheutuviin hiilidioksidipäästöihin. Tiedoissa on hieman epävarmuutta verrattuna vuoden 1990

● **UUSIUTUVAN ENERGIAN JÄRJESTELMÄ – VUODEN 2030 SKENAARIO [RES-2040]:** Kaikki jäsenvaltiot lisäävät ponnistelujaan uusiutuvan energian osuuden nostamiseksi energian kokonaiskysynnästä koko EU:ssa 56 prosenttiin³ vuonna 2030 ja 100 prosenttiin vuoteen 2040 mennessä. Rakennusten tehokkuus paranee nykyisen peruskorjaustahdin (1 % vuodessa) kolminkertaistuessa, ja energiaan liittyvät hiilipäästöt vähenevät noin 50 prosentilla vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoteen 2020, ja 65 prosentilla verrattuna vuoteen 1990. Vähentäminen jatkuu siten, että energiaan liittyvät hiilipäästöt ovat nollassa vuoteen 2040 mennessä. Fossiilisten polttoaineiden ja ydinvoimaloiden käyttö lopetetaan vähitellen kokonaan vuoteen 2040 mennessä kaikkialla EU:ssa.

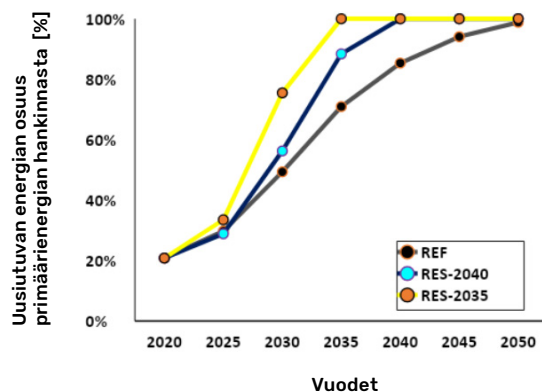
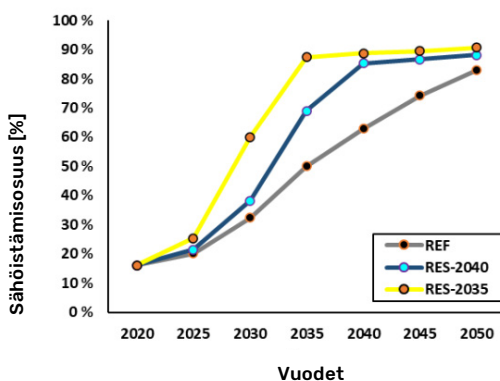
● **UUSIUTUVAN ENERGIAN JÄRJESTELMÄ – VUODEN 2035 SKENAARIO [RES-2035]:** EU tehostaa toimiaan ja omaksuu maailmanlaajuisesti johtavan aseman ilmastomuutoksen hillitsemisessä ja energiavarmuuden mahdollistamisessa kaikkialla Euroopassa. EU nostaa uusiutuvan energian osuuden energian kokonaiskysynnästä kaikkialla EU:ssa noin 60 prosenttiin vuonna 2030 ja 100 prosenttiin vuoteen 2035 mennessä, parantaa rakennusten tehokkuutta nelinkertaistamalla nykyisen peruskorjaustahdin (1 % vuodessa) ja energiaan liittyvät hiilidioksidipäästöt vähenevät 70 prosentilla vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2020 ja 78 prosentilla verrattuna vuoden 1990 tasoihin. Vähentäminen jatkuu siten, että päästöt ovat nollassa vuoteen 2035 mennessä, mikä on Pariisin sopimuksessa määritellyn ilmastotavoitteen mukaista, eli että maapallon lämpötila ei nouse yli 1,5 celsiusastetta. Uusiutuvan energian osuus sähköntuotannosta kaikissa EU:n jäsenvaltioissa on 100 % vuonna 2030, ja kaikilla muilla sektoreilla pyritään uusiutuvan energian 100 prosentin osuuteen vuoteen 2035 mennessä. Fossiilisten polttoaineiden ja ydinvoimaloiden käyttö lopetetaan nopeasti vuoteen 2035 mennessä kaikkialla EU:ssa.

Näistä kolmesta energiasiirtymäskenaariosta johdettavat tärkeimmät suuntaukset ja johtopäätelmät ovat seuraavat

■ Uusiutuvan energian suuri osuus mahdollistaa tulevien energijärjestelmien tehokkaan sähköistymisen

Sähköistyminen mullistaa nykyisen 80 prosenttisesti fossiiliin energialähteisiin ja ydinvoimaan perustuvan energijärjestelmän. Sähköistyminen energiasektorilla, joka koostuu sähköntuotannosta, lämmöntuotannosta, liikenteestä ja teollisuudesta, johtaa suurimpaan 87 prosentin uusiutuvien osuuteen RES-2035-skenaariossa vuonna 2035, 85 prosenttiin RES-2040-skenaariossa vuonna 2040 ja 83 prosenttiin REF-skenaariossa vuonna 2050 (ks. kaavio ES1). Uusiutuvan energian käyttöönotto edistää sähköistymistä ja eri energiasektoreiden integraatiota. Sataprosenttisesti uusiutuviin perustuva energijärjestelmä saavutetaan kaikkialla EU:ssa vuoteen 2035 mennessä RES-2035-skenaariossa, vuoteen 2040 mennessä RES-2040-skenaariossa ja vuoteen 2050 mennessä REF-skenaariossa (ks. kaavio ES1). Lisäksi suora sähköistäminen edistää energiatehokkuutta useimmilla sektoreilla.

3 Tämä sisältää lämpöpumppujen käyttämän ilmasta saatavan lämmön.



Kaavio ES1: Sähköistämisosuudet (vasemmalla) ja uusiutuvan energian osuudet (oikealla) kolmessa skenaariossa.

Sähköistämisen ja uusiutuvan energian osuuden merkittävä kasvu mahdollistaa perustavanlaatuisen mullistuksen energiajärjestelmässä, jossa siirrytään **fossiilisten polttoaineiden molekyyliden** ylivallasta **uusiutuvan sähkön elektronien** ylivaltaan, mistä saadaan myös energiatehokkuushyötyä.

Primäärienergian kulutuksen muuttuminen kaikkialla EU:ssa

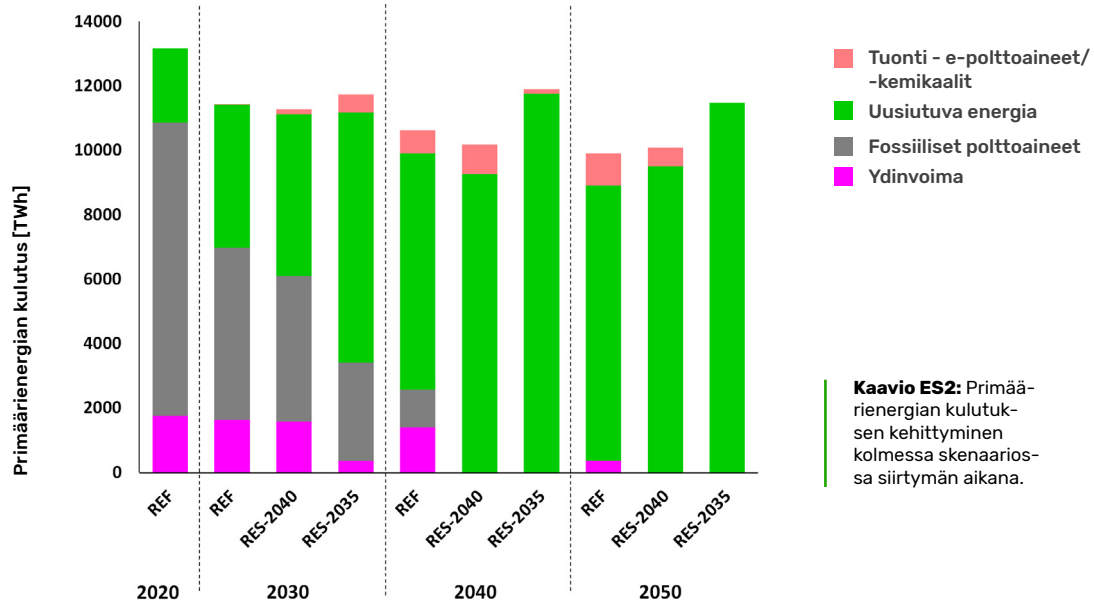
Huolimatta energiapalvelujen kokonaiskysynnän kasvusta sähköntuotanto-, lämmöntuotanto-, liikenne- ja teollisuussektoreilla primäärienergian kulutus⁴ vähenee sähköistymisen osuuden kasvaessa, koska tehokkuus paranee. Energiasiihtymä johtaa tehokkaisiin energiajärjestelmiin, joissa sektorit ovat pitkälle integroituja ja jotka perustuvat tulevaisuudessa kaikkialla EU:ssa uusiutuvalla energialla tuotettuun sähkөөn. Primäärienergian kulutus vähenee noin 13,200 terawattitunnista vuonna 2020 lähes 9,200 terawattituntiin vuoteen 2050 mennessä REF-skenaariossa, noin 9,500 terawattituntiin vuoteen 2040 mennessä RES-2040-skenaariossa⁵ ja lähes 12,000 terawattituntiin vuoteen 2035 mennessä RES-2035-skenaariossa (ks. kaavio ES2). RES-2040- ja RES-2035-skenaarioiden kohdalla primäärienergian kulutus vähenee edelleen tehokkuuden lisääntyessä vuoteen 2050 saakka.

Yhteenvedon voidaan todeta, että edullisen sähköistymisen ja sektorien yhdistämisen edistäminen johtaa sähkön kysynnän vahvaan kasvuun, ja uusiutuva energia on tulevaisuuden energiajärjestelmissä ensisijainen energiamuoto. Uusiutuvien osuus saavuttaa 100 % nopeasti vuoteen 2035 mennessä RES-2035-skenaariossa, vuoteen 2040 mennessä RES-2040-skenaariossa ja lähes 100 % REF-skenaariossa vuoteen 2050 mennessä (jolloin muutamia ydinvoimaloita ollaan vielä vähitellen poistamassa käytössä). Tiettyjen sähköpolttoaineiden ja sähkökemikaalien tuontiosuudet mahdollistavat kustannustehokkaat sataprosenttisesti uusiutuvaan energiaan perustuvat järjestelmät

⁴ Primäärienergian kulutus ei sisällä teollisuuden muita raaka-aineita kuin energian eikä esimerkiksi lämpöpumpuissa käytettävää ympäröivästä ilmasta saatavaa lämpöä.

⁵ Lisäksi energiajärjestelmässä käytetään noin 1700 TWh ilmasta saatavaa lämpöä, noin 150 TWh raaka-aineita, joihin kuuluu sähköpolttoaineita ja sähkökemikaaleja, ja noin 40 TWh biohiiltä terästeollisuudessa vuonna 2040.

kaikkialla EU:ssa⁶. Näiden sähköpolttoaineiden ja sähkökemikaalien tuontiosuudet ovat huomattavasti pienempiä kuin fossiilisten polttoaineiden tämänhetkinen tuonti EU:ssa.



— Tehokkuuden lisääntyminen edistää integroitua energiajärjestelmää EU:ssa

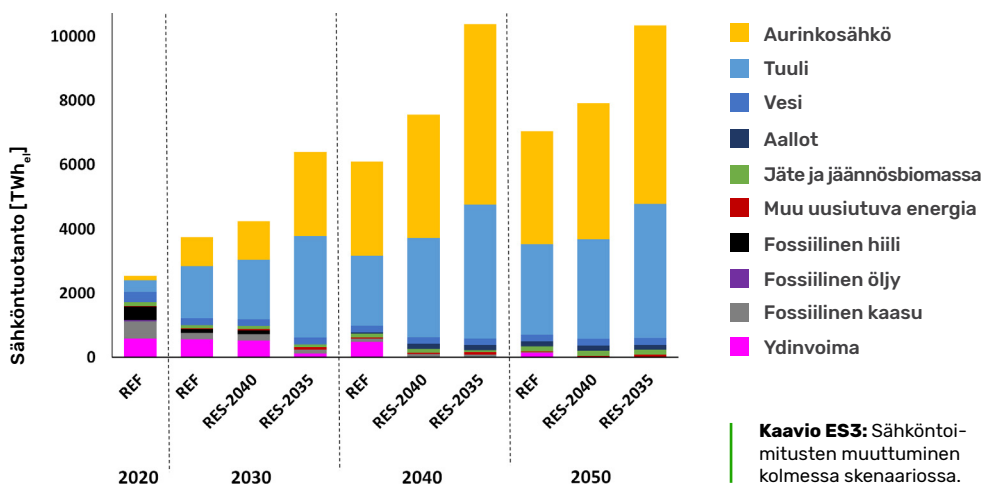
Primäärienergian kysyntä on näihin saakka heijastanut nykyistä sirpaloitunutta energiajärjestelmää: missä vallitsevia fossiilisia polttoaineita muutetaan tehottomasti sähköntuotantosektorilla tarvittavaksi sähköksi, lämmöntuotantosektorilla lämmityslaitteissa tarvittavaksi lämmöksi ja liikennesektorin energiana tarvittavaksi moottoripolttoaineeksi. Primäärienergian kysyntä muuttuu siirtymän aikana siten, että se heijastaa enenevässä määrin integroitunutta energiajärjestelmää, joka mahdollistetaan sähköistymisellä ja sektorien integraatiolla. Sähköistymistä edistää lähinnä siirtyminen fossiilisista polttoaineista ja ydinvoimaan perustuvasta sähköntuotannosta uusiutuviin energialähteisiin perustuvaan sähkön sähköntuotantosektorilla, polttomoottoreista sähkömoottoreihin liikennesektorilla ja sähkölämmitykseen yhdistettynä lämpöpumppuihin lämmöntuotantosektorilla. Uusiutuvan energian ihanteellisen käytön ja energiajärjestelmän tehokkaan toiminnan varmistavat sektorien integraatio sekä uusiutuvista lähteistä tuotetun sähkön muuttaminen lämmöksi ja polttoaineiksi, erityisesti suuren ja kohtuullisen, joustamattoman energiankysynnän aikoina. Tehokkuuden merkittävä lisääminen sähköistymisen, rakennusten peruskorjauksen ja sektori-integraation ansiosta mahdollistaa energiajärjestelmän primäärienergian kysynnän vähenemisen sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Tämä näkyy energian kokonaiskysynnässä, joka kuvastaa energian kulutuspään kysyntää. Nykyisessä sirpaloituneessa ja fossiilisten polttoaineiden vallitsemassa energiajärjestelmässä tarvitaan paljon primäärienergiaa energian kokonaiskysynnän kattamiseksi, kun taas pitkälti sähköistetyssä energiajärjestelmässä, jossa sektorit on integroitu, energian kokonaiskysynnän kattamiseen tarvitaan vähemmän primäärienergiaa, ja kokonaiskysyntä riippuu siirtymän laajuudesta ja vauhdista. Nopeutettu siirtyminen uusiutuvaan energiaan fossiilittomuuden edistämiseksi tarkoittaa

6 Sähköpolttoaineiden ja sähkökemikaalien tuontiosuudet primäärienergian kulutuksesta: REF-skenaariossa 0 % vuonna 2030 ja 8 % vuonna 2050, RES-2040-skenaariossa 1 % vuonna 2030 ja 3 % vuonna 2050 ja RES-2035-skenaariossa 8 % vuonna 2030 ja 0 % vuonna 2050.

energiankulutuksen lisääntymistä sähköpolttoaineiden ja sähkökemikaalien valmistuksessa ja niitä taas tarvitaan päästöjen vähentämiseksi sektoreilla, joilla hiilestä irtautuminen on vaikeaa lyhyellä aikavälillä. Tämä johtaa pienempiin tehokkuushyötyihin energian kokonaiskulutuksessa. Toisaalta se asettaa EU:n teknologisesti erinomaiseen asemaan, jossa siitä voi keskipitkällä aikavälillä tulla sähköpolttoaine- ja sähkökemikaaliteknologian viejä. Pitkällä aikavälillä taas kaikkien prosessien sähköistymisen edistäminen ja sähköpolttoaineiden hyödyntämisen vähentäminen mahdollistaa edelleen EU:n integroidun energiajärjestelmän energiatehokkuuden parantamisen.

— Sähkötoimitusten muuttuminen kaikkialla EU:ssa

Aurinkosähköstä ja tuulivoimasta tulee kaikissa kolmessa skenaariossa sähköntuotannon yleisimpiä lähteitä kustannuskilpailukykyensä ansiosta. Aurinkosähkö tuottaa suurimman kapasiteetin energiasiirtymän aikana, lähes 3 terawatista REF-skenaariossa vuonna 2050 yli 4,5 terawattiin RES-2035-skenaariossa vuonna 2035, ja myös suurimman osuuden tuotannosta eli yli 50 % REF-skenaariossa vuonna 2050 ja 54 % RES-2035-skenaariossa vuonna 2035 (ks. kaavio ES3). Energiasiirtymän toisen moottorin, tuulivoiman, asennettu kapasiteetti vaihtelee lähes 800 gigawatista REF-skenaariossa vuonna 2050 yli 1 000 gigawattiin RES-2035-skenaariossa vuonna 2035, ja sen osuus tuotannosta on kolmessa skenaariossa 38–41%. Energiantuotantoa täydentävät muut uusiutuvat energianlähteet, kuten vesivoima, aaltoenergia ja bioenergia. Toisaalta fossiiliset polttoaineet on poistettu kokonaan EU:n energiajärjestelmästä kaikissa kolmessa skenaariossa, kun taas ydinvoimat toimivat edelleen teknisen käyttöikänsä loppuun saakka REF-skenaariossa ja niiden käyttö lopetetaan vähitellen vuoteen 2040 mennessä RES-2040-skenaariossa ja vuoteen 2035 mennessä RES-2035-skenaariossa. Ydinvoimaloiden uudisrakennuksia ei oteta huomioon missään kolmesta skenaariosta, koska ydinvoima ei ole kustannuskilpailukykyistä verrattuna sähköntuotantoon uusiutuvista lähteistä ja ydinvoimaloiden rakennusajat ovat pisimmät kaikkialla EU:ssa. Tämän tutkimuksen tulokset vahvistavat jälleen kerran, että ydinvoima ei ole kustannustehokas vaihtoehto eikä esiinny nopeaan energiasiirtymään johtavilla poluilla, koska sen talousarvioilytykset ovat äärimmäisen mutkikkaita ja rakennusajat ”ikuisia”, ja ydinvoima aiheuttaa lisäksi kestävyys- ja turvallisuusongelmia.

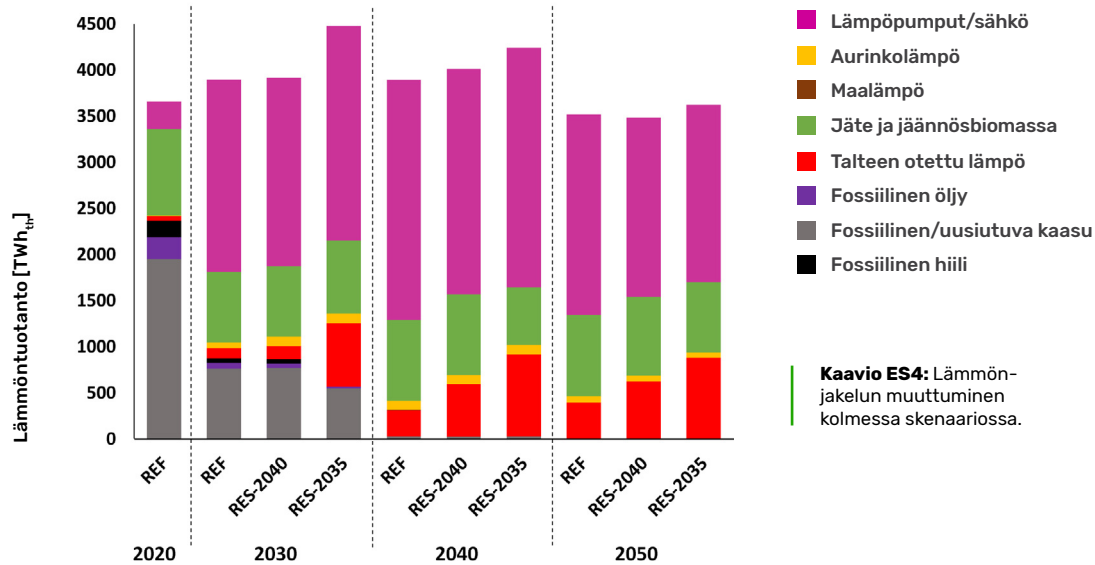


Sähkö esiintyy ensisijaisena energiamuotona eri energiasektoreilla, mikä johtaa sähkötoimitusten lisääntymiseen nykyiseltä yli 2 530 terawattitunnin tasolta vuonna 2020 yli 2,5-kertaiseen tasoon vuoteen 2050 mennessä (7 050 TWh) REF-skenaariossa, kolminkertaiseen tasoon vuoteen 2040 mennessä (7 550 TWh) RES-2040-skenaariossa ja lähes nelinkertaiseen kasvuun vuoteen 2035 mennessä (9 700 TWh) RES-2035-skenaariossa (ks. kaavio ES3).

— Lämmönjakelun muuttuminen kaikkialla EU:ssa

Tällä hetkellä lämmöntuotantosektoria hallitsee kaikkialla EU:ssa vahvasti fossiilinen kaasu. Sen osuus toimituksista on yli 65 %, ja suurin osa on tuontikaasua. Suoran ja epäsuoran sähkölämmityksen yhdistelmän oletetaan tulevan vallitsevaksi lämmitysmuodoksi siirtymän myötä. Sen osuus on noin 70 % toimituksista kaikissa kolmessa skenaariossa (ks. kaavio ES4), mikä johtuu huomattavista parannuksista lämpöpumppujen ja sähkön liittyvien ratkaisujen tehokkuudessa.

Uusiutuviin energialähteisiin perustuvan sähkölämmityksen (suora) ja lämpöpumppujen (epäsuora)



odotetaan siirtymän myötä muodostavan suurimman osan lämmöntuotantokapasiteetista. Niitä täydentää muiden uusiutuvien energialähteiden, lähinnä kestävä bioenergian ja jossain määrin aurinkolämpöenergian, pieni mutta vakaa osuus. Talteen otettu lämpö eli eri prosesseista saatava hyödynnettävä hukkalämpö, jolla katetaan kysyntää, on ratkaisevassa roolissa siirtymän aikana ja tehostaa edelleen EU:n energiajärjestelmää. Lämmönjakelu pysyy kaikissa kolmessa skenaariossa nykyisellä tasolla (ks. kaavio ES4) huolimatta sisätilojen lämmitykseen ja lämpimään käyttöveteen tarvittavasta pienemmästä lämpömäärästä, joka johtuu lähinnä uusien lämmitysteknologioiden huomattavasti paremmasta tehosta sekä tiukemmista rakennusstandardeista kaikkialla EU:ssa. Nopea siirtyminen pois fossiilisesta tuontikaasusta kaikkialla EU:ssa on mahdollista ja toteuttamiskelpoista, kuten RES-2035-skenaariosta käy ilmi. Tämä lisäisi energiavarmuutta ja hillitsisi ilmastonmuutosta.

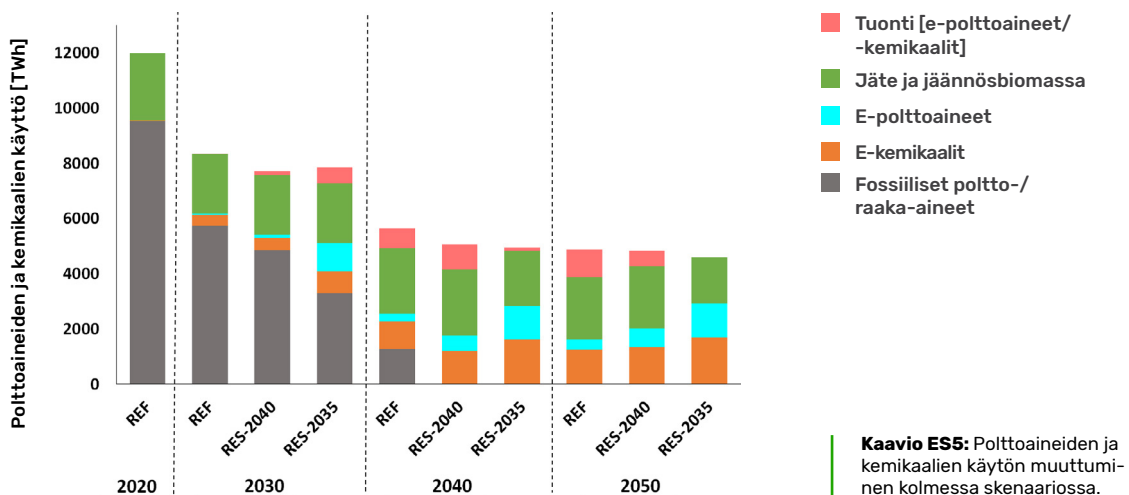
Polttoaineiden ja kemikaalien käytön muuttuminen kaikkialla EU:ssa

Fossiiliset polttoaineet hallitsevat tällä hetkellä liikenne- ja teollisuussektorien energia- ja raaka-ainetoimituksia. Liikennesektorilla saa noin 8 % energiastaan uusiutuvista lähteistä, lähinnä biopolttoaineista ja jonkin verran sähköstä. Energiasiirtymän myötä suorasta sähköistymisestä tulee tehokkain ratkaisu tieliikenteen irrottamiseksi hiilestä, kun taas lento- ja meriliikenne ovat pitkälti riippuvaisia uusiutuvista energialähteistä tuotettuun sähköön perustuvista synteettisistä polttoaineista kaikissa kolmessa skenaariossa.

Teollisuussektoriin kuuluvat energian ja raaka-aineiden toimitukset muun muassa sementti-, teräs-, kemikaali-, alumiini-, selluloosa- ja paperiteollisuudelle. Teollisuussektorilla hallitsevat tällä hetkellä fossiiliset polttoaineet kaikkialla EU:ssa. Teollisuussektorin kokonaisvaltainen muutos toteutuu kuitenkin kaikissa kolmessa skenaariossa joidenkin teollisuusprosessien, kuten teräksentuotannon, suoran sähköistymisen avulla ja toisaalta **uusiutuvista energialähteistä tuotettavaan sähköön perustuvien sähköpolttoaineiden (sähkövedyn, sähkömetaanin ja Fischer-Tropsch-polttoaineiden) sekä sähkökemikaalien (sähköammoniakin ja sähkömetanolin)** mahdollistamien kestävien prosessien käyttöönoton avulla.

Laajamittainen sähköistyminen ennen kaikkea tieliikenteessä ja joillakin teollisuudenaloilla vähentää polttoaineiden ja kemikaalien käyttöä radikaalisti eli noin 60 % REF-skenaariossa vuoteen 2050 mennessä ja RES-2040-skenaariossa vuoteen 2040 mennessä sekä noin 50 % RES-skenaariossa vuoteen 2035 mennessä (ks. kaavio ES5). Jäljelle jäävät fossiiliset polttoaineet korvataan lähinnä sähköpolttoaineilla ja sähkökemikaaleilla, joista osa tuodaan muualta, kaikissa kolmessa skenaariossa. Kestäviä biojätteeseen perustuvia polttoaineita tarvitaan kuitenkin, jotta voidaan siirtyä sataprosenttisesti uusiutuvaan energiaan perustuviin energijärjestelmiin kaikkialla EU:ssa (ks. kaavio ES5).

Kaikkissa kolmessa skenaariossa tapahtuu perustavanlaatuinen muutos osiin jakautuneesta energiasektorista integroituun energijärjestelmään, jonka mahdollistaa edullinen uusiutuviin energialähteisiin perustuva sähkö. Suora sähköistyminen lämmityksessä, liikenteessä ja teollisuudessa yhdessä sähköpolttoaineiden ja sähkökemikaalien tuotannon kautta tapahtuvan epäsuoran sähköistymisen kanssa yhdistää eri energiasektorit, ja tekee niistä tehokkaampia ja taloudellisempia.

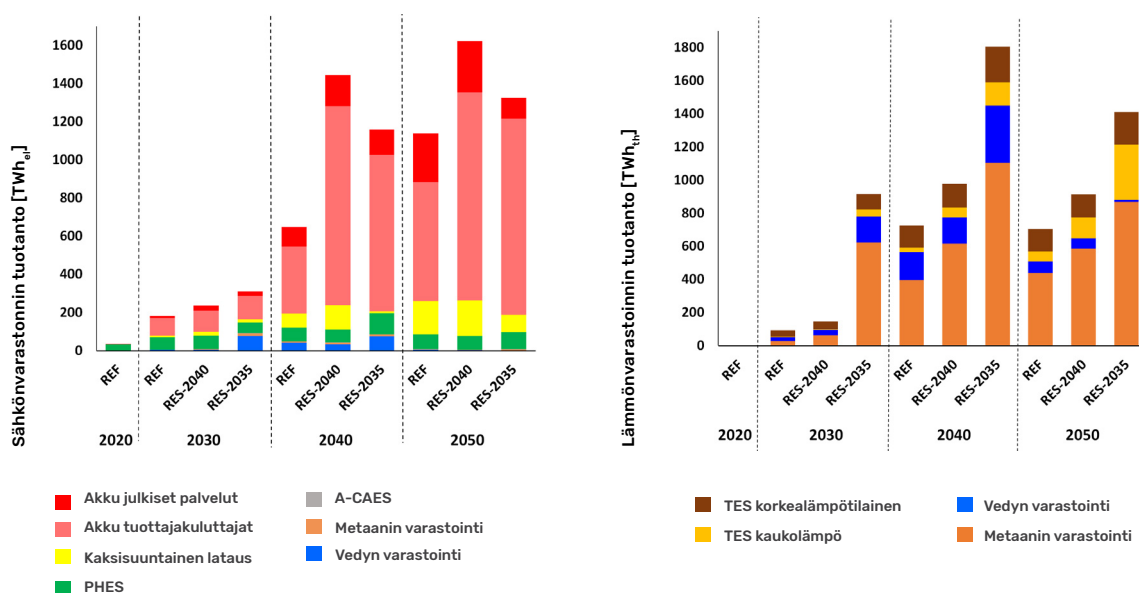


Bioenergian tiukat kestävyysvaatimukset kaikkialla EU:ssa

Bioenergialla on merkitystä sähkön- ja lämmöntuotannossa sekä polttoaineiden tuotannossa. Kaikki tässä tutkimuksessa tarkastellut bioenergian lähteet ovat luonnon monimuotoisuuden kestävyysrajojen puitteissa kaikkialla EU:ssa. Bioenergian lähteet ovat lähinnä jätteitä ja tähteitä, eikä niihin lasketa joko EU:ssa paikallisesti tuotettuja tai muualta tuotuja energiakasveja vuoden 2030 jälkeen. Bioenergiaa käytetään sellaisiin tarkoituksiin, joissa sen energijärjestelmälle tuoma arvo on korkein.

Energian varastoinnista tulee uusiutuviin pohjautuvien integroitujen energijärjestelmien ratkaiseva osatekijä

Energian varastointi on ratkaisevassa asemassa siirryttäessä energijärjestelmässä kohti uusiutuvan energian suurta osuutta, koska se tarjoaa **vakautta ja joustoa**. Lisäksi energianvarastointitekniikat mahdollistavat energijärjestelmän integroinnin sähköntuotanto- ja liikennesektorin yhdistävän kaksisuuntaisen latauksen avulla, kun taas kaasun (metaanin ja vedyn) varastointi täydentää sähköstä kaasuksi -ratkaisuja. Varastointitekniikoiden yhdistelmät kattavat energiantarpeen koko siirtymäkaudella akkujen (julkisten palvelujen ja tuottajakuluttajien) hoitaessa valtaosan sähkön varastointitarpeista kaikissa kolmessa skenaariossa (ks. kaavio ES6). Kaasunvarastointitekniikat taas ovat välttämätön osa energiasiirtymää lähinnä biometaanista saatavan kausittaisen lämmitysenergian tuottamisen yhteydessä, erityisesti talvella kaikkialla EU:ssa. Vedyn varastoinnilla on lähinnä puskurointitehtävä niiden erilaisten ratkaisujen yhteydessä, joissa sähköä muutetaan vedyksi ja edelleen muiksi tuotteiksi (power-H₂-X). Lämmön, sekä korkealämpötilaisen että kaukolämmön - varastointi (TES) takaa vakaan ja luotettavan lämmönjakelun koko siirtymäkaudella kaikissa kolmessa skenaariossa.



Kaavio ES6: Sähkönvarastoinnin tuotanto (vasemmalla) ja lämmönvarastoinnin tuotanto (oikealla) siirtymäkaudella kolmessa skenaariossa.

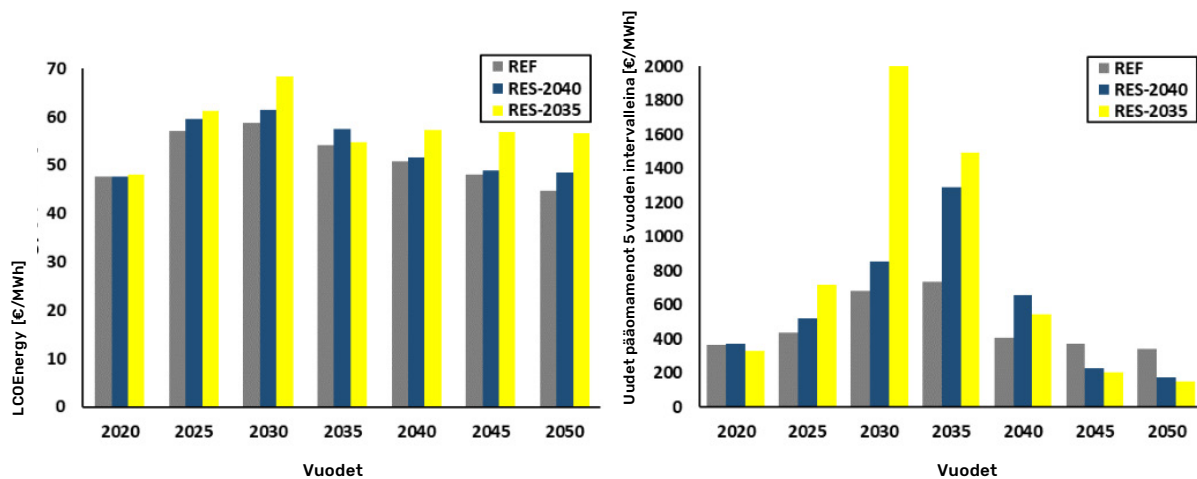
Pitkälle integroitu järjestelmä, jossa eri sektorit ovat täysin yhteentoimivia ja sähköistymisen osuus on suuri, tuottaa tehokkaimman ja kustannustehokkaimman energiajärjestelmän, jossa sähkön-, kaasun- ja lämmönvarastoinnin tuotannon kasvu pysyy jopa noin 20–30 prosentissa primäärienergian kysynnästä kaikissa kolmessa skenaariossa. Energianvarastointiteknologiat ovat täten ratkaisevan tärkeitä tulevaisuuden tehokkaille ja kustannustehokkaille energiajärjestelmille.

— Nopeaan energiajärjestelmän siirtymään EU:ssa tarvitaan valtavia investointeja

Energian hinta on yksi ratkaisevista avaintekijöistä määritettäessä energiaan liittyvien skenaarioiden, etenemissuunnitelmien ja kehityssuuntien toteuttamiskelpoisuutta. Kunnianhimoisten energiasiirtymäpolkujen, joilla siirrytään kokonaan uusiutuvaan energiaan, kustannukset aiheuttavat edelleen laajaa huolta ympäri EU:ta. Tämä tutkimus osoittaa kuitenkin, että kunnianhimoisimmassa RES-2035-skenaariossa, jossa energia saadaan kokonaan uusiutuvista lähteistä kaikkialla EU:ssa, kustannukset ovat vain 10–12 % suuremmat kuin vuonna 2020. Lisäksi RES-2040-skenaariossa kustannukset ovat vain noin 4–5 % suuremmat kuin vuonna 2020. Fossiilisten polttoaineiden hintojen vaihtelu voi kuitenkin aiheuttaa paljon suurempia piikkejä energiajärjestelmän kustannuksissa. Kun otetaan huomioon fossiilisten polttoaineiden tämänhetkiset hinnat⁷, EU:n energiajärjestelmän kokonaiskustannukset olisivat lähes 70 % suuremmat vuonna 2025 ja 2 % suuremmat vuonna 2030 verrattuna vuoden 2020 kustannuksiin. Näin ollen tukeutuminen fossiilisiin polttoaineisiin, jotka ovat kiinni epävakaisissa maailmanmarkkinoissa, johtaa sekä taloudellisiin että ympäristöön liittyviin lisäriskeihin. Kunnianhimoisimman skenaarion saavuttaminen tarkoittaa kuitenkin uusiutuvaan energiaan ja kestäviin teknologioihin tehtävien investointien lisäämistä kaikkialla EU:ssa **tällä vuosikymmenellä jopa 2 000 miljardilla eurolla vuoteen 2030 mennessä** (ks. kaavio ES7). Vastaavasti nämä investoinnit vauhdittavat taloudellista toimintaa, luovat työpaikkoja, mahdollistavat sekä EU:n ilmastonutraaliustavoitteen että Pariisin sopimuksen tavoitteiden saavuttamisen että takaavat samaan aikaan paremman energiavarmuuden kaikkialla Euroopassa. Energiasiirtymässä ei ole kyse ainoastaan suorista investoinneista, vaan myös yksikkökohtaisista tuotantokustannuksista: kun tarkastellaan energian tasoitettuja kokonaistuotantokustannuksia (LCOEnergy) pitkällä aikavälillä, REF-skenaarion LCOEnergy on 45 €/MWh vuonna 2050, RES-2040-skenaarion LCOEnergy 52 €/MWh vuonna 2040 ja RES-2035-skenaarion LCOEnergy 55 €/MWh vuonna 2035⁸ (ks. kaavio ES7). Nämä ovat melko kilpailukykyisiä verrattuna nykyisiin LCOEnergy-kustannuksiin, jotka ovat 48 €/MWh vuonna 2020. Tämä viittaa siihen, että nopeutettu energiasiirtymä kohti uusiutuvan energian 100 prosentin osuutta on taloudellisesti houkuttelevampaa, kuin hitaasti eteneminen. Pääomakustannukset määrittävät LCOEnergy-kustannuksia yhä enemmän kaikissa kolmessa skenaariossa, kun taas polttoainekustannukset menettävät merkitystään siirtymäkauden aikana fossiilisten polttoaineiden ja ydinvoiman käytön asteittaisen lopettamisen myötä.

7 Hiilen, fossiilisen öljyn ja fossiilisen kaasun keskihinnat EU:ssa talvella 2021/2022 ovat lähtökohtana tarkasteltaessa EU:n energiajärjestelmää vuonna 2025. Vuoden 2030 osalta fossiilisen kaasun kustannusten oletetaan olevan 30 % talven 2021/2022 keskihintaan liittyvistä kustannuksista, mikä johtuu nesteytetyn maakaasun lisääntyneen tuonnin epävarmuudesta ja pitkän aikavälin markkinavääristymistä.

8 Euron (€) todellinen arvo vuonna 2020 on lähtökohtana siirtymäkaudella vuoteen 2050 saakka, inflaatiota ei siis oteta huomioon. Näin voidaan verrata luotettavasti energian kustannuksia ja investointivaatimuksia eri vuosina.

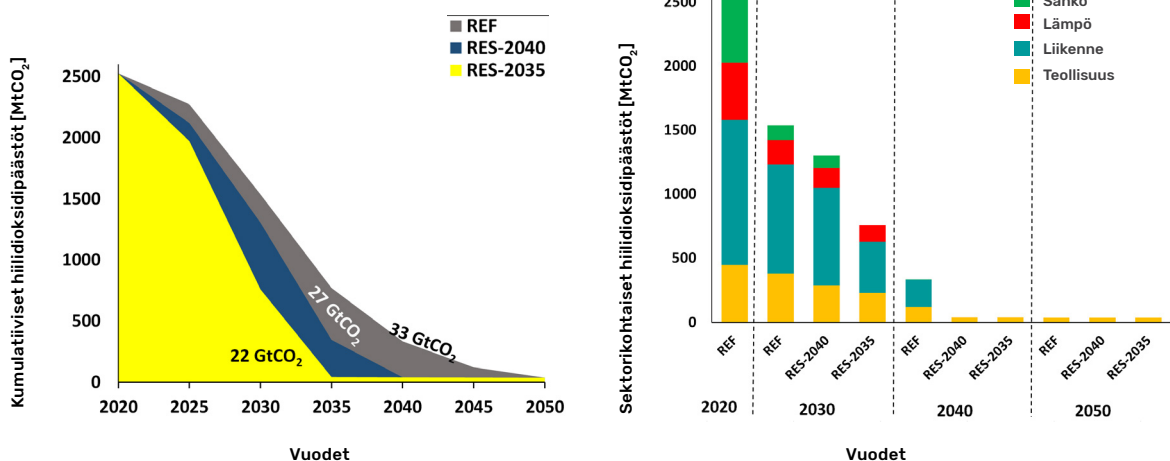


Kaavio ES7: Energian tasoitettujen kokonaistuotantokustannukset (vasemmalla) ja uudet pääomamenot (oikealla) siirtymäkaudella kolmessa skenaariossa. Pääomamenot kattavat aina 5 vuoden jakson.

Yhteenvetona voidaan todeta, että **energiasiirtymän vauhti kaikkialla EU:ssa määräytyy suoraan sen mukaan, kuinka paljon ja kuinka nopeasti uusiutuvaan energiaan ja kestäviin teknologioihin investoidaan pääomaa muutaman seuraavan vuoden aikana.** Tämä on selkeä signaali poliitikoille ja päättäjille pääoman kohdentamisen priorisoimisen tärkeydestä. Nopeutettu energiasiirtymä kaikkialla EU:ssa voisi mahdollistaa vihreän taloudellisen elpymisen pandemian jälkeisessä tilanteessa, taata energiavarmuuden korkean tason paikallisista energialähteistä saatavan uusiutuvan energian avulla, millä korvattaisiin kalliiden fossiilisten polttoaineiden tuonti, edistettäisiin energiaomavaraisuutta suhteessa Venäjään, ja ajettaisiin hiilipäästöt ja niihin liittyvät saasteet alas, vakauttaen ilmastoa ja parantaen ympäristön tilaa.

— Nopeutettu energiasiirtymä käynnistää hiilipäästöjen jyrkimmän vähenemisen kaikkialla EU:ssa

Nopeutettu energiasiirtymä kohti uusiutuvan energian 100 prosentin osuutta käynnistää hiilidioksidipäästöjen jyrkän vähenemisen koko EU:n energijärjestelmässä. Hiilidioksidipäästöt vähenevät kaikissa kolmessa skenaariossa, noin 2 500 miljoonasta hiilidioksiditonista (MtCO₂) vuonna 2020 lähes nollaan vuoteen 2035 mennessä RES-2035-skenaariossa, lähes nollaan vuoteen 2040 mennessä RES-2040-skenaariossa ja lähes nollaan vuoteen 2050 mennessä REF-skenaariossa (jäljelle jäävät sementtiteollisuuden kalkkikiveen liittyvät hiilidioksidipäästöt, joita voidaan lieventää hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin tai luontopohjaisten ilmastoratkaisujen avulla, kun taas energiaan liittyvät päästöt vähenevät nollaan) (ks. kaavio ES8). Jäljelle jäävät hiilidioksidipäästöt ovat noin 22 gigatonnia hiilidioksidia (GtCO₂) vuodesta 2020 vuoteen 2035 RES-2035-skenaariossa, noin 27 GtCO₂ vuodesta 2020 vuoteen 2040 RES-2040-skenaariossa ja 33 GtCO₂ vuodesta 2020 vuoteen 2050 REF-skenaariossa (ks. kaavio ES8).



Kaavio ES8: Kumulatiiviset hiilidioksidipäästöt (vasemmalla) ja sektorikohtaiset hiilidioksidipäästöt (oikealla) siirtymäkaudella kolmessa skenaariossa.

Esitetyt EU:n energiasiirtymäpolkua koskevat skenaariot ovat yhdenmukaisia Pariisin sopimuksen kanssa, ja RES-2035-skenaario korostaa nopeutettua polkua lämpötilan nousun rajoittamiseksi alle 1,5 celsiusasteeseen, mikä tarkoittaisi **EU:lle rooliaglobaalina johtavana ilmastotoimijana**. RES-2040-skenaario on hieman vähemmän kunnianhimoinen, mutta ja toteutuessaan todennäköisesti rajoittaisi myös lämpenemisen 1,5 celsiusasteeseen, kun taas REF-skenaario on vähiten kunnianhimoinen ja maapallon keskilämpötila odotettavasti nousisi yli 1,5 celsiusastetta.

Yhteenvetona voidaan todeta tämän tutkimuksen tulosten viittaavan siihen, että matalaan tavoitetasoon perustuva polku kaikkialla EU:ssa on taakka yhteiskunnalle, ei ainoastaan ilmastomuutoksen ja taloudellisten näkökohtien takia vaan myös siksi, että se lisää energiaturvallisuuden liittyviä riskejä. Tulokset vahvistavat, että kunnianhimoinen energiasiirtymä kohti uusiutuvien energialähteiden 100 prosentin osuutta vuoteen 2040 mennessä on teknisesti toteutettavissa, ja taloudellisesti mahdollinen. Siirtymää voitaisiin edelleen nopeuttaa korostamalla politiikkatoimenpiteitä vuoteen 2035 mennessä. Tämä edellyttäisi investointien huomattavaa lisäämistä, etuna taas olisi vakaat yksikkökohtaiset energiakustannukset. Paikallisesti tuotetulla kestäväällä energialla olisi mahdollista päättää riippuvuus fossiilisista polttoaineista, ja mikä tärkeintä, saavuttaa Pariisin sopimuksen 1,5 celsiusasteen ilmastotavoite.

Liite

Liite sisältää yksityiskohtaisemmat tulokset uusiutuvan energian osuuden kehityksestä energiajärjestelmässä, energiantuotannosta ja tehokkuusstandardeista. Liitetiedostossa annetaan tietoja myös rakentamisen, lämmöntuotannon, liikenteen ja sähköntuotannon osasektoreista. Tuloksia on korostettu keskeisen RES-2040-skenaarion osalta.

Taulukko A1: Primäärienergian kysyntä ja lopullinen energiankulutus koko EU:ssa RES-2040-skenaariossa.

	PRIMÄÄRIENERGIAN KYSYNTÄ JA LOPULLINEN ENERGIANKULUTUS ⁹ EU-27:SSA						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PED (TWH)	13 197	12 808	11 216	10 688	9 648	9 623	9 621
PED (MTOE)	1 135	1 101	964	919	830	827	827
FEC (TWH)	11 058	10 469	9 289	8 692	8 548	8 499	8 517
FEC (MTOE)	951	900	799	747	735	731	732

Taulukko A2: Uusiutuvan energian osuus EU:n jäsenvaltioiden lopullisesta energiankulutuksesta RES-2040-skenaariossa.

	UUSIUTUVAN ENERGIAN OSUUDET LOPULLISESTA ENERGIANKULUTUKSESTA [%]						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ALANKOMAAT	10 %	16 %	47 %	89 %	100 %	100 %	100 %
BELGIA	10 %	16 %	47 %	89 %	100 %	100 %	100 %
BULGARIA	26 %	35 %	55 %	87 %	100 %	100 %	100 %
ESPANJA	20 %	25 %	53 %	88 %	100 %	100 %	100 %
IRLANTI	15 %	24 %	57 %	89 %	100 %	100 %	100 %
ITALIA	20 %	20 %	50 %	89 %	100 %	100 %	100 %
EU-27	21 %	29 %	56 %	88 %	100 %	100 %	100 %

⁹ Primäärienergian kulutus (PED) ja lopullinen energiankulutus (FEC) on määritelty Eurostatin määritelmän mukaisesti: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/final-energy-consumption-by-sector-13>

	UUSIUTUVAN ENERGIAN OSUUDET LOPULLISESTA ENERGIANKULUTUKSESTA [%]						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ITÄVALTA	38 %	34 %	61 %	92 %	100 %	100 %	100 %
KREIKKA	26 %	35 %	55 %	87 %	100 %	100 %	100 %
KROATIA	21 %	43 %	62 %	91 %	100 %	100 %	100 %
KYPROS	20 %	24 %	57 %	90 %	100 %	100 %	100 %
LATVIA	34 %	47 %	68 %	92 %	100 %	100 %	100 %
LIETTUA	34 %	47 %	68 %	92 %	100 %	100 %	100 %
LUXEMBURG	10 %	16 %	47 %	89 %	100 %	100 %	100 %
MALTA	20 %	20 %	50 %	89 %	100 %	100 %	100 %
PORTUGALI	20 %	25 %	53 %	88 %	100 %	100 %	100 %
PUOLA	13 %	39 %	65 %	93 %	100 %	100 %	100 %
RANSKA	20 %	32 %	54 %	83 %	100 %	100 %	100 %
ROMANIA	26 %	35 %	55 %	87 %	100 %	100 %	100 %
RUOTSI	44 %	44 %	65 %	89 %	100 %	100 %	100 %
SAKSA	18 %	25 %	58 %	90 %	100 %	100 %	100 %
SLOVAKIA	22 %	27 %	52 %	79 %	100 %	100 %	100 %
SLOVENIA	21 %	43 %	62 %	91 %	100 %	100 %	100 %
SUOMI	33 %	48 %	75 %	91 %	100 %	100 %	100 %
TANSKA	33 %	47 %	65 %	92 %	100 %	100 %	100 %
TŠEKKI	22 %	27 %	52 %	79 %	100 %	100 %	100 %
UNKARI	38 %	34 %	61 %	92 %	100 %	100 %	100 %
VIRO	34 %	47 %	68 %	92 %	100 %	100 %	100 %
EU-27	21 %	29 %	56 %	88 %	100 %	100 %	100 %



Taulukko A3: Uusiutuvan energian osuus eri energiasektoreilla EU:ssa RES-2040-skenaariossa.

	UUSIUTUVAN ENERGIAN OSUUDET [%] EU-27:SSÄ						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
SÄHKÖTOIMITUKSET	39 %	59 %	81 %	95 %	100 %	100 %	100 %
RAKENNUKSET	35 %	42 %	77 %	96 %	100 %	100 %	100 %
LÄMMITYS	33 %	36 %	75 %	96 %	100 %	100 %	100 %
TEOLLISUUS ¹⁰	0 %	31 %	75 %	95 %	100 %	100 %	100 %
LIIKENNE	4 %	6 %	17 %	72 %	100 %	100 %	100 %

¹⁰ Vihreä vety (H₂) muuhun kuin energiakäyttöön teollisuudessa.



Euroopan parlamentin
VIHREAT/EVA

60 rue Wiertz/Wiertzstraat 60
1047 Brussels, Belgium
www.greens-efa.eu
contactgreens@ep.europa.eu