

VIHREÄN SIIRTYMÄN TUOTEKEHITYS - johdatus puhtaisiin energiaratkaisuihin



Sisällys

Johdatus puhtaisiin energiaratkaisuihin.....	1
Kasvihuoneilmiö ja sen voimistuminen	1
Uusiutuva energia.....	6
Uusiutuvan energian kehitys	7
Uusiutuva energia Suomessa.....	10
Säätövoima, kysyntäjousto ja energiavarastot.....	14
Lähteet	18

Johdatus puhtaisiin energiaratkaisuihin

Osion tarkoituksena on avata lukijalle yleisesti mitä uusiutuva puhdas energia on, ja mitkä ovat keskeiset syyt sen käyttöönotolle sekä miksi sen osuutta energiantuotannossa tulisi kasvattaa. Osiossa tarkastellaan päästöjen kehitystä Suomessa ja maailmalla sekä käsitellään niiden vaikutuksia ympäristöön ja ihmisiin. Tavoitteena on, että lukijalle muodostuu kokonaisvaltainen käsitys uusiutuvien energialähteiden käyttöönoton syistä sekä sähkömarkkinan murroksesta ja omista vaikutusmahdollisuuksista sähkön kulutushuippujen tasaamiseen.

Suomalainen energijärjestelmä on jähmeä muutoksille ja perustuu yhä vahvasti keskitettyyn tuotantoon, jossa sähköä ja lämpöä tuotetaan suurissa yksiköissä helposti varastoitavilla fossiilisilla polttoaineilla. Aiemmin sähköntuotanto jakaantui karkeasti perusvoimaan, eli voimalaitoksiin, jotka tuottivat sähköä tasaiseen tahtiin (esim. ydinvoimalat) ja huippuvoimaloihin, jotka tuottivat sähköä, kun pelkkä perusvoima ei riittänyt vastaamaan kulutukseen.

Energiasiirtymän myötä fossiilisten polttoaineiden käyttö vähenee merkittävästi ja sähköä ja lämpöä aletaan tuottaa vastaavasti enenevässä määrin uusiutuvalla energialla. Kulutus muuttuu digitaalisuuden myötä älykkäämmäksi ja erilaiset tavat varastoida energiaa lisääntyvät. Tulevaisuudessa sähköntuotantoa on pienempi mahdollisuus säätää kuin ennen ja nähdään, että jatkossa tuotanto jakaantuu perusvoimaan (tulevaisuudessa etupäässä ydinvoimalat), sääriippuvaiseen tuotantoon (tuuli ja aurinko) ja säätövoimaan. Perusvoimantuotantoa on helppo säädellä, mutta sääriippuvainen tuotanto vaikuttaa merkittävästi esim. tuulisuus ja auringon säteilyintensiteetti.

Yleisesti energiasiirtymä tulee lisäämään tarvetta erilaisille joustoille, koska kaikki tuotanto ei ole yhtä hyvin ennustettavissa kuin perinteisiä polttoaineita runsaasti käytettäessä. Välillä tuulee ja välillä paistaa aurinko, mutta ei aina. Erityisesti erilaiset energian varastointitavat tulevat todennäköisesti tasapainottamaan hintavaihtelua tulevaisuudessa. Toistaiseksi Suomessa ei kuitenkaan ole sähkön varastointiin vielä oikeastaan minkäänlaista kapasiteettia. Vuoristoisemmissa maissa sähköä varastoidaan pumppuvoimalaitoksilla.

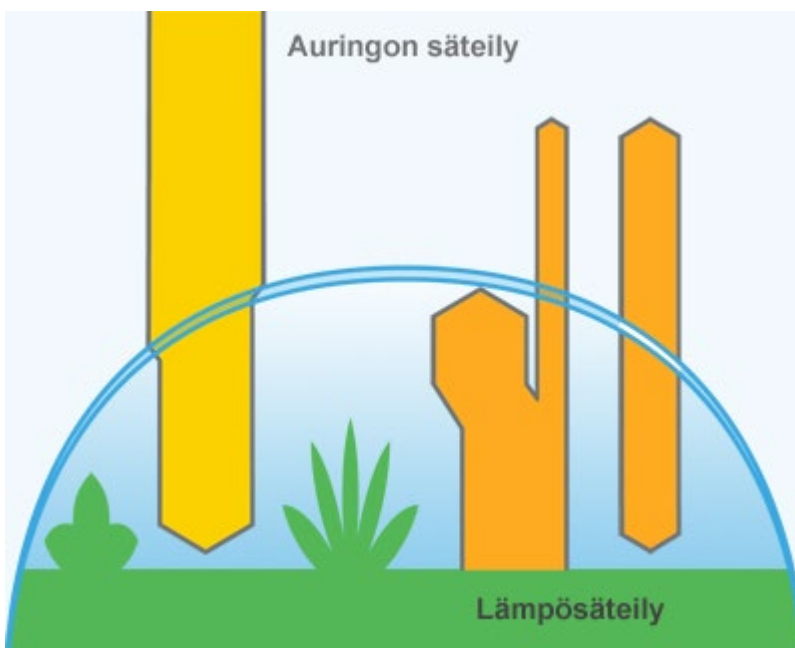
Kasvihuoneilmiö ja sen voimistuminen

Luonnollisen kasvihuoneilmiön takia saamme nauttia keskimäärin yli 30 astetta korkeammasta lämpötilasta kuin ilman sitä. Kasvihuoneilmiö kuuluu siis luonnon järjestykseen, ja sen ansiosta elämä maapallolla on mahdollista. Kasvihuoneilmiön taustalla on kasvihuoneen lasikaton tavoin toimiva ilmakehä, joka päästää noin 70 % auringosta tulevasta, keskimäärin 340 wattia

neliömetrillä suuruisesta, säteilytehosta lävitseen imeytymään maahan ja merien pintakerrokseen sekä osa myös ilmakehään, jolloin säteilyn energia muuttuu lämmöksi. [Kasvihuoneilmiö ja ilmakehän koostumus.]

Maapallolla kasvihuoneen lasikaton tehtävää hoitavat ilmakehän kasvihuonekaasut. Tärkeimmät ilmakehässä luonnostaan esiintyvät kasvihuonekaasut ovat vesihöyry (H₂O), hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄), dityppioksidi (N₂O) ja otsoni (O₃). Ilmakehän valtaosa typpi ja happi eivät aiheuta kasvihuoneilmiötä. Kasvihuonekaasut kykenevät imemään lämpösäteilyä tietyillä aallonpituuksilla ja pystyvät muuttamaan saamansa energian uudelleen säteilyksi, jolloin noin 90 % ilmakehään maanpinnasta ja meristä säteilevä lämpö palaa takaisin lämmittämään maan pintaa ja loput karkaavat avaruuteen. [Kasvihuonekaasut lämmittävät; Kasvihuoneilmiö ja ilmakehän koostumus.]

Kuvassa 1 esitetään kasvihuoneilmiön perusidea, jossa auringon säteily (keltainen nuoli) pääsee sisään huoneeseen lasikaton läpi, mutta katto pidättää valtaosan ulos pyrkivästä lämpösäteilystä (oranssit nuolet). Osa lämpösäteilystä karkaa suoraan avaruuteen (pienin oranssi nuoli), osa imeytyy ilmakehään (paksuin oranssi nuoli), josta lämpö säteilee edelleen sekä avaruuteen että takaisin maan pinnalle (kaksisuuntainen oranssi nuoli).



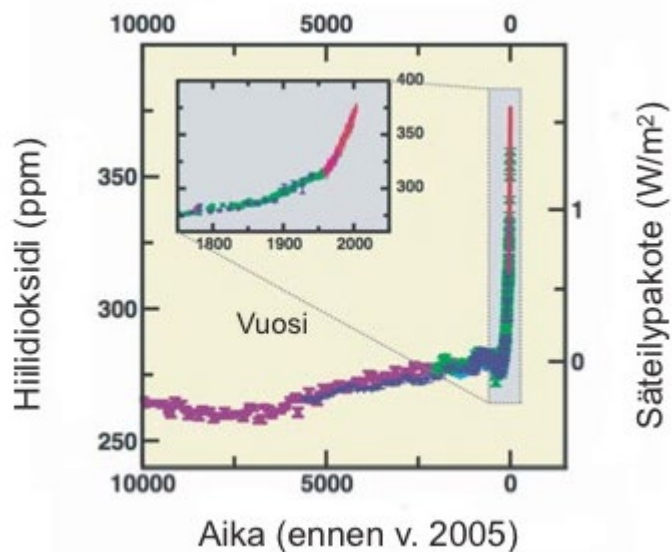
Kuva 1 Kasvihuoneilmiön perusidea [Kasvihuoneilmiö ja ilmakehän koostumus].

Ilmakehän alimmissa kerroksissa voimakkain kasvihuonekaasu on vesihöyry, joka yksinään selittää luonnollisen kasvihuoneilmion aiheuttamasta maapallon lämmityksestä yli puolet. Toiseksi merkittävin kasvihuonekaasu on hiilidioksidi. Hiilidioksidin, metaanin ja dityppioksidin pitoisuudet säilyivät lähes muuttumattomana tuhansien vuosien ajan, kunnes näiden määrät kääntyivät jyrkkään nousuun parin viimeisen vuosisadan aikana esiteollisesta ajasta lähtien. Tämä muutos ja ylimääräiset kasvihuonekaasut ovat seurausta ihmisen toiminnasta. Vuonna 2016 ihmisen aiheuttamien kasvihuonekaasujen päästöt olivat maailmanlaajuisesti peräisin seuraavista lähteistä:

- 70 % energiasektori (polttoaineiden poltto ja niiden tuotanto ja jakelu)
- 18 % maatalous (eläinten ruuansulatuksen, lannankäsittelyn sekä maatalousmaan metaani- (CH₄) ja dityppioksidi (N₂O-päästöt)) sekä maankäytöstä, maankäytön muutoksista ja metsätaloudesta
- 5 % teollisuusprosessit (teollisuusprosesseista vapautuvat, raaka-aineiden käytöstä aiheutuvat päästöt)
- 3 % jätehuolto (kiinteän jätteen ja jäteveden käsittely, esimerkiksi kaatopaikat ja kompostointi)
- 4 % kansainvälinen lentoliikenne ja merenkulku

Ihmiset ovat lisäksi tuottaneet ilmakehään kokonaan uusia, siellä luonnostaan esiintymättömiä kaasuja, esimerkiksi halogenoituja hiilivetyjä. [Ilmastonmuutos A; Kasvihuonekaasut lämmittävät; Maailman kasvihuonekaasupäästöt kasvavat yhä.]

Hiilidioksidi on ihmisen toiminnasta yleisimmin syntyvä sekä lämmitysvaikutukseltaan merkittävin kasvihuonekaasu pitkällä aikavälillä. Hiilidioksidin pitoisuuden vaihtelua ilmakehässä sekä kaasun pitoisuuden kasvua vastaava säteilypakote (suure, joka kuvaa saapuvan ja poistuvan säteilyn välistä eroa) viimeksi kuluneen 10 000 vuoden aikana sekä vuodesta 1750 nykypäivään havainnollistetaan kuvassa 2. [Ilmastonmuutos A; Kasvihuonekaasut lämmittävät; Maailman kasvihuonekaasupäästöt kasvavat yhä.]



Kuva 2 Hiilidioksidin pitoisuuden vaihtelu ilmakehässä ja kaasua vastaava säteilypakote viimeksi kuluneen 10 000 vuoden aikana (iso kuva) sekä vuodesta 1750 nykypäivään (pieni kuva) [Kasvihuonekaasut lämmittävät].

Kasvihuoneilmion yhteydessä puhutaan ilmastonmuutoksesta, jossa ylimääräiset ilmakehään lasketut kasvihuonekaasut voimistavat kasvihuoneilmiötä, minkä seurauksena maapallon lämpötila nousee poikkeuksellisen nopeasti ja aiheuttaa suuria muutoksia ilmastoon. Ihmiskunta on jo nostanut maapallon lämpötilaa yli yhdellä celsiusasteella esiteollisen aikakauden lämpötilaan verrattuna. Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) tutkijat ovat varoittaneet, että maapallon lämpeneminen 1,5 celsiusasteella aiheuttaa vakavia ja jopa peruuttamattomia seurauksia ympäristölle ja ihmisille. [Ilmastonmuutos A.]

Ilmastonmuutoksesta koituu seurauksia, jotka vaikuttavat laaja-alaisesti moniin elämän osa-alueisiin. Tämä näkyy:

- luonnossa muun muassa lisääntyvinä sään ääri-ilmiöinä, kuten helleaaltoina,
- terveyteen, työllisyyteen ja koulutukseen vaikuttavina sosiaalisina uhkina,
- liiketoimintaan, kuten infrastruktuuriin ja rakennuksiin, energiajärjestelmään, maa- ja metsätalouteen sekä matkailuun liittyvinä uhkina ja

- erilaisina alueellisina uhkina. [Ilmastonmuutoksen seuraukset.]

Vaikutusten ennustetaan vain lisääntyvän ja voimistuvan tulevina vuosikymmeninä ja ne tuntuvat jo tällä hetkellä kaikkialla maailmassa. Jos toimiin ilmastonmuutoksen torjumiseksi ei ryhdytä, lastemme elinaikana EU:ssa voi tapahtua muun muassa seuraavaa:

400 000 ilmansaasteiden aiheuttamaa ennenaikaista kuolemaa vuodessa

90 000 helleaaltojen aiheuttamaa kuolemantapausta vuodessa

40 % vähemmän vettä EU:n eteläisillä alueilla

2,2 miljoonaa merenpinnan nousulle altistuvaa ihmistä vuosittain

190 miljardin euron vuotuiset taloudelliset tappiot. [Ilmastonmuutos A.]

Toteuttamalla ilmasto- ja ympäristötoimia ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi voidaan auttaa säilyttämään ja suojelemaan maapalloa nykyisille ja tuleville sukupolville. Yhteiskunnalle koituvia etuja ovat muun muassa seuraavat:

uudet vihreät työpaikat

kilpailukyvyyn parantuminen

talouskasvu

puhtaampi ilma ja tehokkaampi julkinen liikenne kaupungeissa

uusi teknologia, esimerkiksi sähkö- ja hybridautot sekä energiatehokkaat asuintalot ja rakennukset, joissa on älykkäät lämmitys- ja ilmastointijärjestelmät



energian ja muiden resurssien toimitusvarmuus ja sen myötä Euroopan tuontiriippuvuuden vähentyminen. [Ilmastonmuutos A.]

Kolme neljäsosaa ilmastonmuutosta kiihdyttävistä kasvihuonekaasupäästöistä on peräisin biomassasta muodostuneiden, maaperään miljoonia vuosia sitten varastoituneiden fossiilisten polttoaineiden, kuten öljyn, kivihiilen ja maakaasun poltosta [Ilmastonmuutos B]. Puhtaisiin, päästöttömiin ja uusiutuviin energialähteisiin siirtymisellä, joihin pureudutaan tarkemmin seuraavissa kappaleissa, on siis valtaisa merkitys ilmastonmuutoksen torjunnassa.

Uusiutuva energia

Uusiutuville energialähteille on yhteistä se, että niitä hyödynnettäessä kestäväällä tavalla niiden varanto ei vähene pitkällä aikavälillä. Uusiutumattomalla energialla taas viitataan yleensä fossiilisiin polttoaineisiin, joita ovat muun muassa kivihiili, ruskohiili, maakaasu ja raakaöljystä jalostetut polttoöljyt. Fossiiliset polttoaineet ovat muodostuneet biomassasta ja varastoituneet maaperään miljoonia vuosia sitten ollen näin inhimillisessä aikaperspektiivissä uusiutumattomia. Uusiutumattomat energianlähteet tulevat jossakin vaiheessa loppumaan, ja niistä koituvat haitat rasittavat ympäristöä. Uusiutuvista energianlähteistä on mahdollista löytää sellaisia energiantuotannon ratkaisuja, joilla energiantarve voidaan turvata periaatteessa loputtomiin kestäväällä tavalla. [Uusiutuvat energianlähteet; Fossiiliset polttoaineet.]

Suomessa käytettäviä uusiutuvia energialähteitä ovat vesi- ja tuulivoima, aurinkoenergia, lämpöpumpuilla talteenotettu maa- ja ilmalämpöenergia, biokaasu, kierrätys- ja jätepolttoaineiden biohajoava osuus, puuperäiset polttoaineet sekä muut kasvi- ja eläinperäiset polttoaineet [Uusiutuvat energialähteet]. Perinteisen vesivoiman ohella energiaa otetaan talteen myös jätevesistä, vuorovesistä sekä aalloista. Aalto- ja vuorovesienergian tuotanto ei Suomessa nykyteknologialla ole kannattavaa, eikä niillä ainakaan vielä ole merkitystä energiantuotannossamme. [Uusiutuva energia.]

Useimmissa uusiutuvan energian muodoissa hyödynnetään viime kädessä Auringon Maahan säteilemää energiaa. Jotta vettä voitaisiin hyödyntää vesivoimaksi, on veden täytynyt haihtua meristä auringon säteilyenergian vaikutuksesta ja kulkeutua tuulten mukana maalle. Tuulet taas saavat energiansa auringosta, kun epätasaisen lämpösäteilyn seurauksena syntyy lämpötila- ja ilmanpaine-eroja tasaavia ilmavirtauksia. Myös puun, pahvijätteen tai vaikka biodieselin poltossa

vapautetaan auringosta peräisin olevaa energiaa. Tuo energia on aluksi sidottu kasvien yhteyttämisessä. [Uusiutuvat energianlähteet.]

Ainoat uusiutuvan energian muodot, joissa energia ei ole peräisin auringosta, ovat vuorovesivoima ja geoterminen energia. Vuoroveden energia tulee pääasiassa Kuun vetovoimasta ja Maan pyörimisestä [Uusiutuvat energianlähteet]. Geoterminen energia koostuu maankuoressa tapahtuvissa radioaktiivisissa hajoamisissa vapautuvasta lämmöstä, sekä maapallon syntytahtumasta jääneestä lämmöstä, joka kulkeutuu maapallon kuumasta ytimestä kohti sen pintaa. Maalämpöä ei yleensä lasketa geotermiseksi energiaksi, sillä se perustuu lähemmäksi maankuorta varastoituneeseen auringon energiaan eikä maan sisäiseen lämpöön. [Geoterminen energia.]

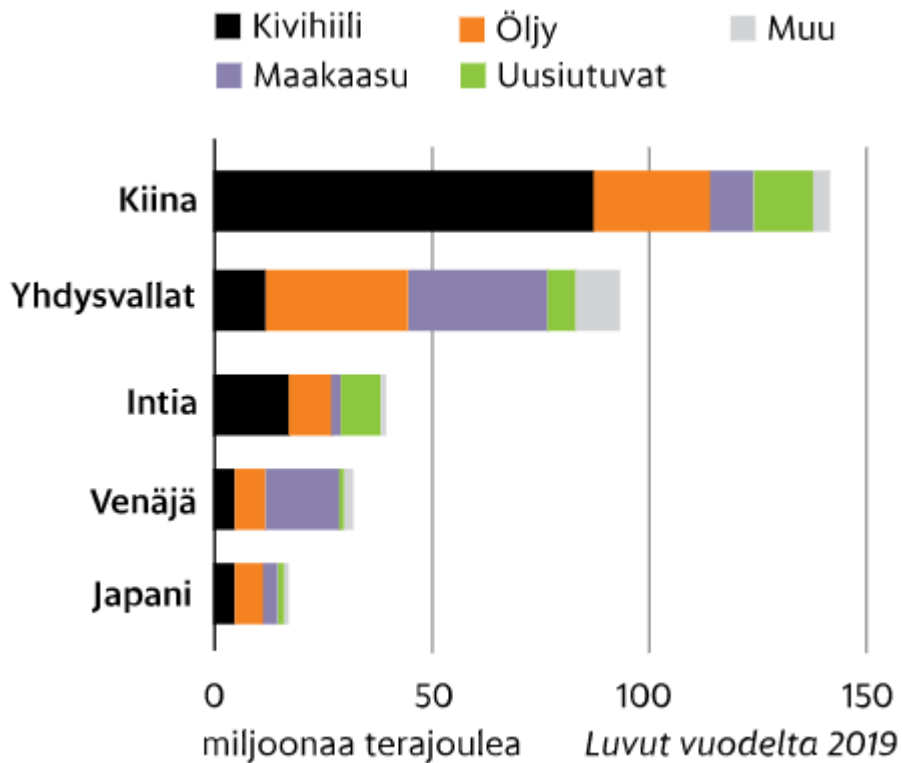
Uusiutuvan energian kehitys

Kansainvälisen energiajärjestön IEA:n (International Energy Agency) ennusteessa kerrotaan, että vuonna 2040 kaksi kolmasosaa energiasta tuotetaan yhä fossiilisilla polttoaineilla. Optimistisimmassa ennusteessakin likaisimman polttoaineen eli hiilen osuus maailman energiatuotannosta on noin kymmenesosa öljyn sekä maakaasun osuuden ollessa vajaa viidennes. [Viljanen & Rantanen 2023.]

Kivihiili on fossiilisista polttoaineista suurin yksittäinen ilmastonmuutoksen aiheuttaja, jonka käyttö on vuosi vuodelta kasvanut nousten viime vuonna (2022) ennätyslukemiin, yli kahdeksaan miljardiin tonniin vuodessa. Jotta ilmaston lämpeneminen pysähtyisi vakavia ja jopa peruuttamattomia seurauksia aiheuttavaan 1,5 asteeseen, nettopäästöt pitäisi painaa nolnaan vuoteen 2050 mennessä. Tavoitteen saavuttamiseksi investoinnit uusiin hiilivoimaloihin ja muihin fossiilisiin polttoaineisiin pitäisi IEA:n mukaan lopettaa välittömästi. Kivihiilen polttamisen pitäisi loppua koko maailmassa vuoteen 2040 mennessä. [Viljanen & Rantanen 2023.]

Glasgow'n ilmastokokouksessa vuonna 2021 solmitun sopimuksen ulkopuolelle jäivät maailman suurimmat fossiilisten polttoaineiden tuottajat, Yhdysvallat, Intia ja Kiina. Kuitenkin 40 maata lupasi lopettaa asteittain hiilen käytön kaikessa energiantuotannossa [Viljanen & Rantanen 2023]. Kuvassa 3 esitetään suurimmat fossiilisten polttoaineiden tuottajat vuodelta 2019 ja käytetyt energialähteet.





Kuva 3 Maailman suurimmat fossiilisten polttoaineiden tuottajat [Viljanen & Rantanen 2023].

Kiina kuluttaa eniten hiiltä maailmassa, ja se investoi uusiin hiilivoimaloihin yhä voimakkaasti. Monissa ennusteissa hiili pysyy Kiinan suurimpana sähkönlähteenä läpi vuosisadan, ja parinkymmenen vuoden kuluessa maan kokonaiskulutus ylittää jo 15 000 terawattituntiin vuodessa. Tällaisen energiamäärän tuottamiseksi tarvittaisiin yli tuhat nettotuotantoteholtaan noin 1600 MW olevaa Olkiluoto 3:a. [Viljanen & Rantanen 2023; Olkiluoto 3 kantaverkkoon.] Vertailuna Suomen kokonaisenergiankulutus oli vuonna 2022 360 TWh (ennakkotieto) [Energian kokonaiskulutus].

Kiina on viestinyt hiilen säilyttävän merkittävän roolin osana maan energiantuotantoa, mutta jatkaa kuitenkin uusiutuvan energian kasvun tukemista ja tavoittelee hiilineutraaliutta ennen vuotta 2060 — kymmenen vuotta myöhemmin kuin esimerkiksi EU, Japani, Kanada, Etelä-Korea ja Uusi Seelanti. [Lampela 2023.] Kiina johtaa uusiutuvaan energiaan investoimisessa Eurooppaa ja Yhdysvaltoja ja teki lähes puolet maailman sijoituksista vähähiilidioksidiseen energiaan vuonna

2022. Maailmanlaajuisesti investoinnit vähähiiliseen energiansiirtymään olivat 1 100 miljardia dollaria vuonna 2022. [Airaksinen 2023.]

Uusiutuvan energian teknologioiden tuotantolaitoksiin sijoitettiin vuonna 2022 79 miljardia. Kiinan osuus vähäpäästöiseen energiaan liittyvien laitteiden ja komponenttien valmistuksesta oli yli 90 %. Huolimatta Kiinan todennäköisesti vielä pitkään jatkuvasta hiiliriippuvuudesta energiantuotannossa, myös uusiutuvan energian tuotanto ja tähän liittyvät vähähiiliset ratkaisut kehittyvät nopeaan tahtiin Kiinassa, ja muualla maailmassakin nämä nojaavat vahvasti Kiinaan. Kiina on onnistunut vaalimaan hyvin integroituja, tehokkaita arvoketjuja aurinkopaneelien ja akkukennojen kaltaisten tuotteiden valmistamiseksi. [Airaksinen 2023.]

Muutkin kuin Suomi siis investoivat vähähiilisiin uusiutuviin ratkaisuihin niin energian kuin muunkin tuotannon ohella sekä pyrkivät eroon fossiilisista polttoaineista. Ennen kaikkea Yhdysvallat ja Eurooppa pyrkivät pääsemään eroon myös Kiina-riippuvuudesta. Suomi on korkean teknologian maa, joten täällä on paljon mahdollisuuksia viedä uusiutuvan energian osaamista maailmalle. Viime aikoina Suomi onkin nostanut profiiliaan uusiin puhtaisiin energiaratkaisuihin liittyvän teknologian investoinneissa. Elinkeinoelämän keskusliitto ylläpitää maaliskuussa 2023 avatussa dataikkunassa [Vihreän siirtymän investoinnit Suomessa 2023] koontitietoja Suomessa suunnitteilla olevista vihreän siirtymän ja puhtaan energian investoinneista, jotka olivat kesäkuussa 2023 ennätyselliset yli 70 miljardia euroa. Yli puolet näistä investoinneista (42,8 mrd. €) kohdistuivat merituulivoimaan. Seurannasta on rajattu pois maatuulivoimahankkeet ja energiaverkkoinvestoinnit, sillä niitä koskevia tietoja julkaisevat Tuulivoimayhdistys sekä Fingrid ja muut verkkoyhtiöt.

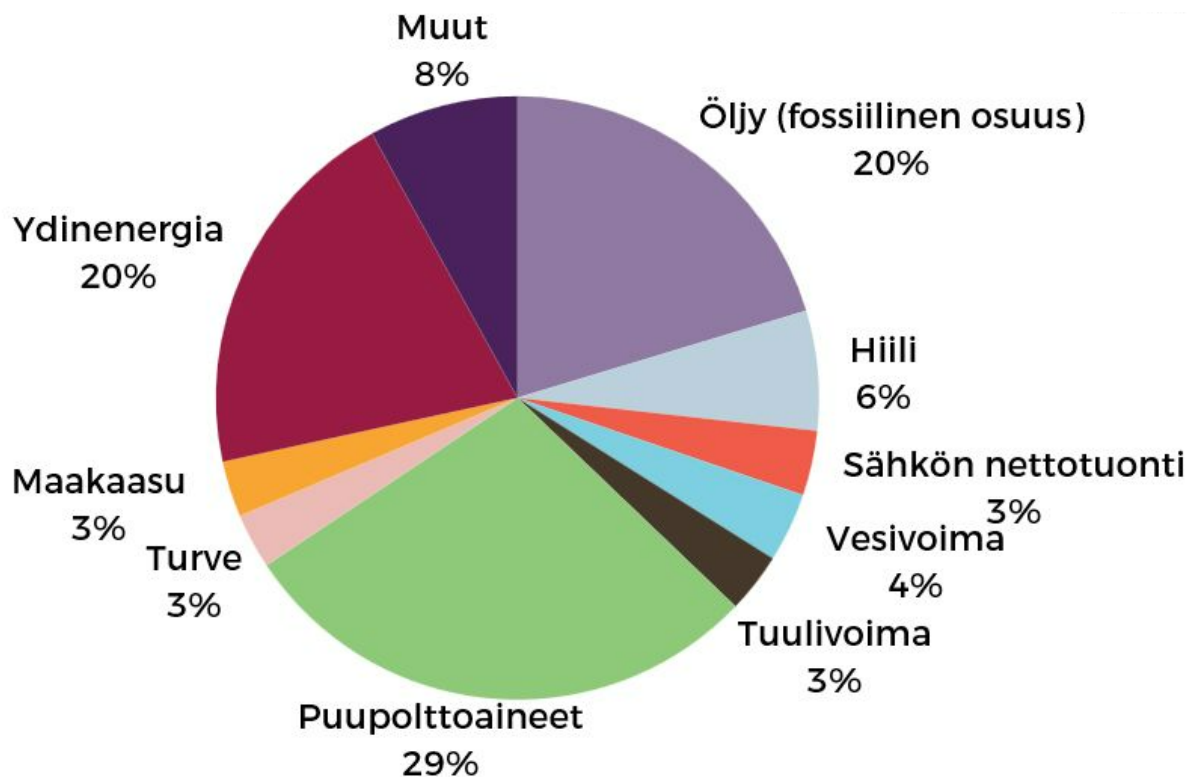
Suomessa uusiutuviin puhtaisiin energiaratkaisuihin investoiminen on ollut oikea päätös ympäristöön liittyvien tekijöiden lisäksi myös kansantalouden kannalta. Vuosien 2022 ja 2023 aikana uutisoitiin laajasti muun muassa suunnitelmista rakentaa Suomeen vedyntuotantolaitoksia. Esimerkiksi yhdysvaltalainen Plug Power -yhtiö ilmoitti toukokuussa 2023 aikovansa rakentaa Suomeen yhteensä kolme vedyntuotantolaitosta Kokkolaan, Kristiinankaupunkiin ja Porvooseen. Hankkeen arvo olisi noin 5,6 miljardia euroa. Investointisuunnitelman taustalla oli Suomen sitoutuminen hiilipäästöjen vähentämiseen ja toimiva infrastruktuuri sekä runsas päästötön energiantuotanto ja toimivat teollisuuden ekosysteemit. [Lindholm & Halla-Aho 2023.]



Uusiutuva energia ja suuri volyyymi vihreän siirtymän hankkeissa ei välttämättä ole ainoastaan hyvä asia. Kiirehtimisestä voi kärsiä luonnon monimuotoisuus, hiilinielut sekä joidenkin eläinten ja ihmisten asuinsijat. Esimerkiksi Suomessa vihreään siirtymään tähtäävien hankkeiden suunnittelussa on luonnonsuojelupiirin mukaan näkynyt jo laadun heikkenemistä. Asioissa kuten voimaloiden sijoittelussa tulisi asutuksen lisäksi huomioida riittävät suojaetäisyydet myös esimerkiksi Natura-alueisiin. [Vihanta 2023.]

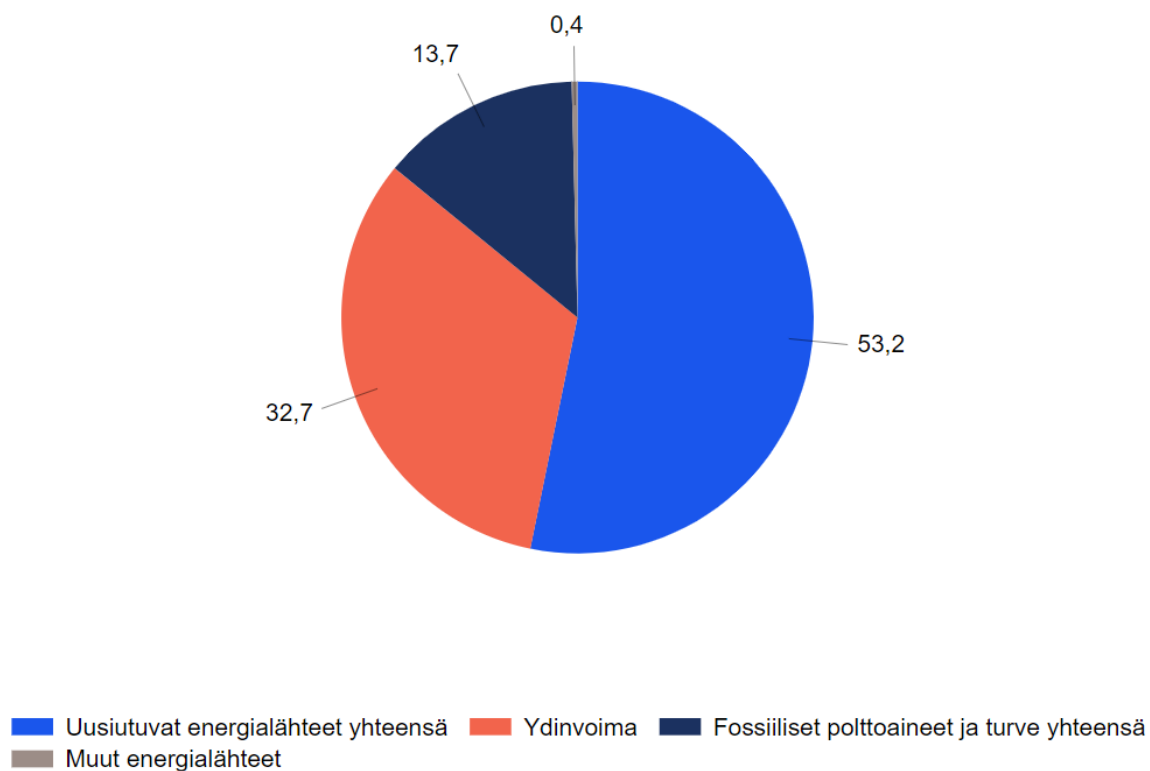
Uusiutuva energia Suomessa

Tavoitteena on, että Suomi on hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä ja ensimmäinen fossiilivapaa hyvinvointiyhteiskunta maailmassa. Energia- ja ilmastostrategian sekä hallitusohjelman tavoitteiden mukaisesti uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta tulisi olla Suomessa vähintään 51 prosenttia vuonna 2030 [Uusiutuva energia Suomessa 2022]. Uusiutuvien energialähteiden osuus energian kokonaiskulutuksesta vuonna 2022 oli 42 % (kuva 4) [Energian kokonaiskulutus 2023].



Kuva 4 Energian kokonaiskulutus Suomessa energialähteittäin vuonna 2022 (ennakkotieto) [Energian kokonaiskulutus 2023].

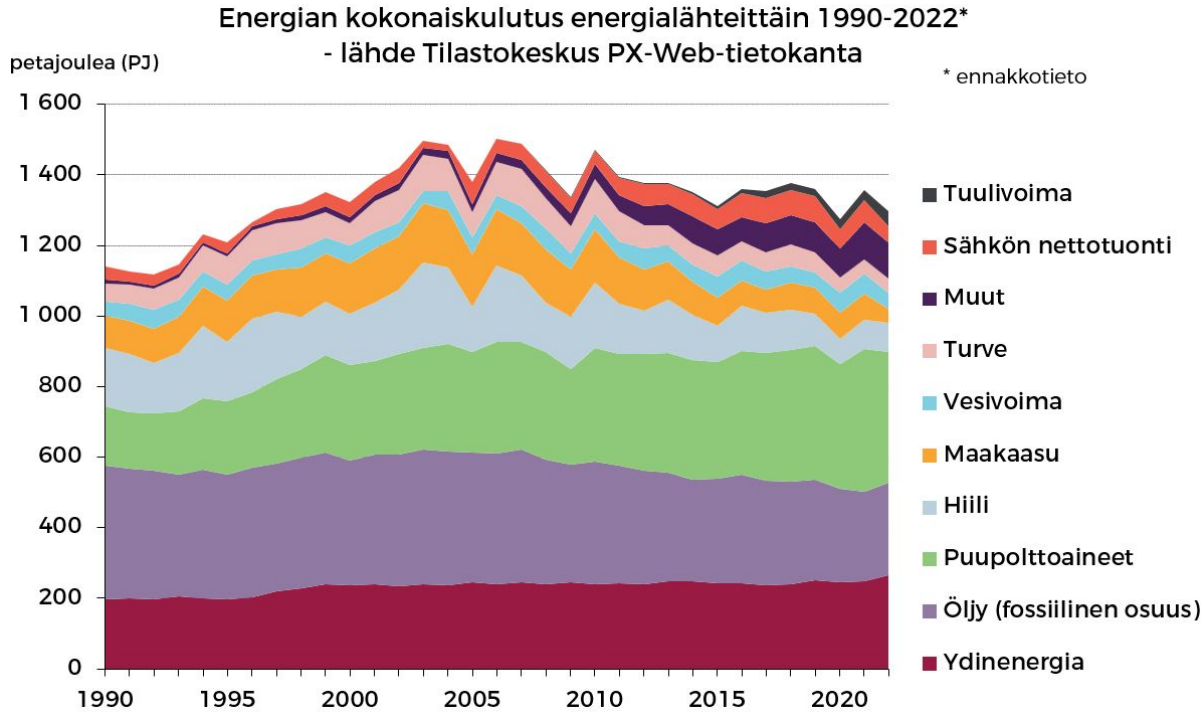
Uusiutuvien energialähteiden osuus sähköntuotannosta oli 53 % vuonna 2021 (kuva 5). Kaiken kaikkiaan fossiilittomalla sähköntuotannolla — uusiutuville energialähteillä ja ydinenergialla — katettiin 86 % sähkön tuotannosta [Sähkön ja lämmön tuotanto 2022]. Sähkön kokonaiskulutus Suomessa oli 81,7 TWh vuonna 2022 (ennakkotieto) [Sähkön hankinta ja kulutus]. Suomen kantaverkkoyhtiö Fingridin toimitusjohtaja Jukka Ruusunen totesi kesäkuussa 2023 [Raeste 2023], että Suomen sähköenergiasta yli 90 prosenttia on päästötöntä sähkön päästöluvun ollessa vain kymmenesosa Euroopan tasosta. Uusiutuvan energian käytössä Suomi kuuluu EU-maiden kärkijoukkoon yhdessä Ruotsin, Latvian ja Itävallan kanssa ja on sähköntuotannon osalta lähestymässä kovaa vauhtia hiilineutraaliutta. Ydinvoimalla on uusiutuvien energialähteiden ohella merkittävä rooli hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamisessa.



Kuva 5 Sähkön tuotanto energialähteittäin: osuus kokonaistuotannosta (%) 2021 [Sähkön ja lämmön tuotanto 2022].

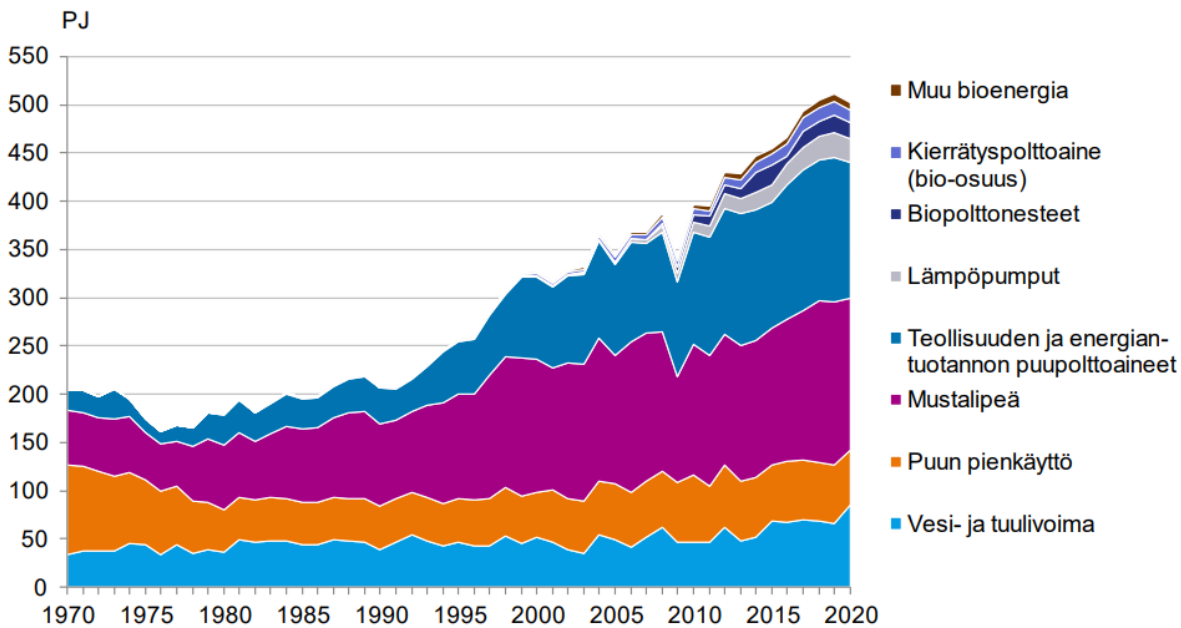
Uusiutuvan energian käytön lisääntyminen ja sen osuuden kasvattaminen energiatuotannosta ovat seurausta Suomen omista energia- ja ilmastopoliittisista linjauksista sekä EU:ssa tehdyistä päätöksistä ja direktiiveistä kasvihuonekaasujen vähentämiseksi. Vuonna 2016 päivitetystä kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta linjataan toimia ja tavoitteita, joilla Suomi saavuttaa hallitusohjelmassa ja EU:ssa sovitut energia- ja ilmastotavoitteet vuoteen 2030 mennessä. Osana energia- ja ilmastostrategian toimeenpanoa muun muassa kivihiilen käyttö sähkön- tai lämmöntuotannon polttoaineena on joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta kielletty 1.5.2029 alkaen. [Uusiutuva energia Suomessa 2022.]

Kuvassa 6 esitetään Suomen energian kokonaiskulutus energialähteittäin vuosina 1990-2022 (ennakkotieto). Uusiutuvan energian painopiste on selkeästi puussa ja bioperäisissä kierrätyspolttoaineissa. Tuulivoimalla tuotetun sähkön määrä kasvoi 41 % vuodesta 2021 verrattuna vuoteen 2022 ja sillä katettiin 14 % sähkön kokonaiskulutuksesta. Tuulivoiman kapasiteetti onkin kasvanut suuresti viime vuosien aikana. Ydinvoiman tuotanto kasvoi 7 %, jonka taustalla oli Olkiluoto 3, joka liitettiin valtakunnalliseen sähköverkkoon maaliskuussa 2022 laitoksen koekäyttöjen alkaessa. Sähkön nettotuonti väheni 30 % edellisestä vuodesta, mihin vaikutti tuonnin loppuminen Venäjältä toukokuussa 2022.



Kuva 6 Energian kokonaiskulutus Suomessa energialähteittäin 1990-2022 [Energian kokonaiskulutus 2023].

Uusiutuvien energialähteiden kehitys vuosina 1970-2020 on kuvattu tarkemmin kuvassa 7. Uusiutuvien energialähteiden käyttö on yli kaksinkertaistunut 50 vuoden aikana, pääosin puupolttoaineen käytön lisäämisen seurauksena. Lisäksi uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön osuus on kasvanut merkittävästi. Vuonna 2000 tämä osuus oli 34 %, kun vuonna 2021 uusiutuvan osuus Suomen sähköntuotannosta oli jo yli puolet (53 %). Suhteellisesti siis uusiutuvan energian osuus kasvoi 58 % vuosien 2000–2020 välillä. Tuulivoiman viime vuosien runsasta kasvua ei kuvasta 7 huomaa. Kuitenkin vuoden 2022 loppuun mennessä tuulivoiman yhteenlaskettu nimellisteho oli 5 677 megawattia. Kapasiteetti kasvoi vuoden 2022 aikana 2 430 megawattilla ja 437 tuulivoimalalla. Vuonna 2025 tuulivoiman odotetaan kattavan vähintään 28 prosenttia Suomen sähkönkulutuksesta. [Tuulivoimavuosi 2022: Tuulivoimakapasiteetti kasvoi 75 % ja toi Suomeen yli 2,9 miljardin investoinnit.]

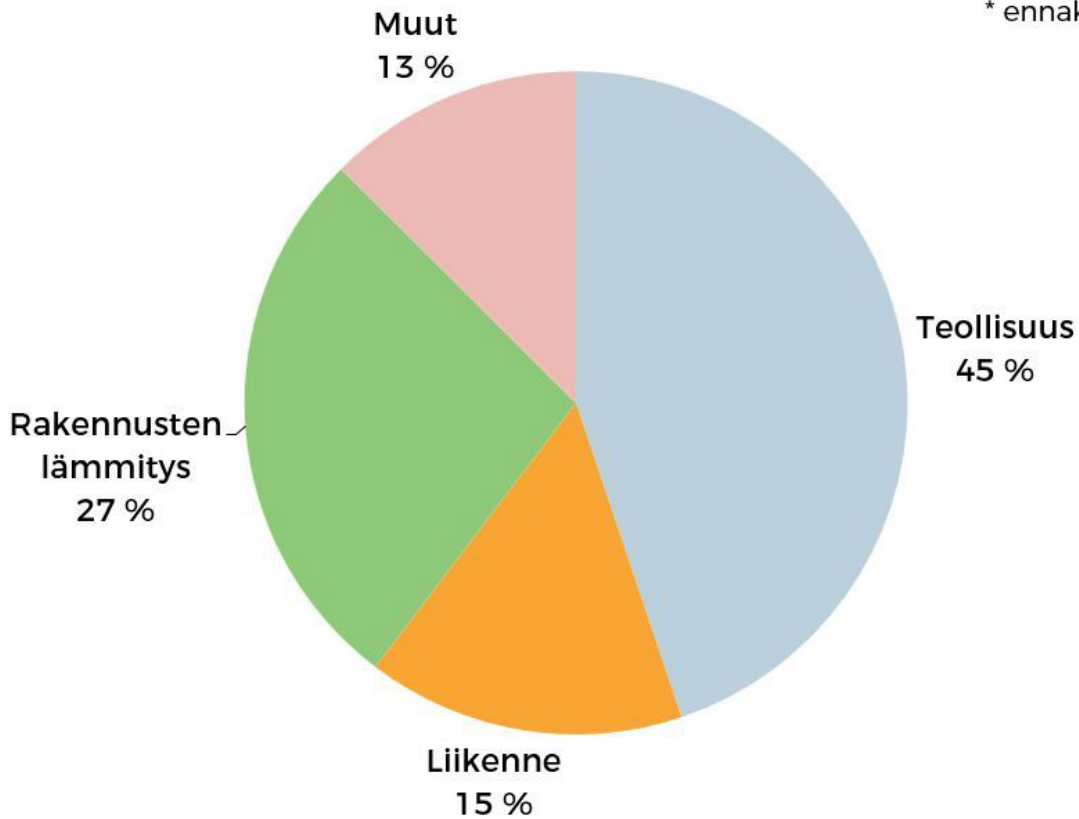


Kuva 7 Uusiutuvat energialähteet 1970 -2020 [Energia vuosi 2020].

Energian loppukäyttö Suomessa jakaantui vuonna 2022 ja yleisestikin kuvan 8 mukaisesti niin, että teollisuus haukkasi kulutuksesta lähes puolet, rakennuksien lämmitys noin neljäsosan ja liikenne sekä muu käyttö molemmat noin 15 prosenttia kumpikin. Energian loppukäytöllä tarkoitetaan energiaa, joka jää energian siirto- ja muuntohäviöiden jälkeen yritysten kotitalouksien ja muiden kuluttajien käyttöön. Loppukäyttö sisältää siis energian lopputuotteiden eli sähkön ja kaukolämmön sekä rakennusten lämmitykseen käytettyjen polttoaineiden, liikennepolttoaineiden sekä teollisuuden prosessipolttoaineiden kulutuksen. [Energian loppukäyttö 2023.]

Energian loppukäytön jakaantuminen sektoreittain 2022*

* ennakkotieto



Kuva 8 Energian loppukäytön jakaantuminen Suomessa sektoreittain 2022 [Energian loppukäyttö 2023].

Säätövoima, kysyntäjousto ja energiavarastot

Sähköä tulisi olla koko ajan saatavilla kulutusta vastaava määrä. Sähkön kulutus kuitenkin vaihtelee koko ajan eikä sähköä kyetä nykYTEKNIKALLA varastoimaan suuressa mittakaavassa. Tämän vuoksi järjestelmässä tulee olla mukana tuotantoa, jota on helppo säätää tarvittaessa nopeasti ylös- tai alaspäin. Tätä sähköntuotantoa kutsutaan säätövoimaksi, joka kykenee reagoimaan sähkön tuotannon ja kulutuksen välisiin vaihteluihin. Lisäksi säätövoimalla varaudutaan mahdollisiin tuotannon häiriötilanteisiin. [Säätövoima - säädettävää sähköntuotantoa; Tuulivoima ja säätövoima.]

Säätötarpeen arvioidaan lisääntyvän Länsi- ja Pohjois-Euroopassa, kun ilmastonmuutoksen torjumisen myötä suuri määrä fossiiliseen lämpövoimaan perustuvaa erillistä sähköntuotantoa poistuu. Samalla uusiutuvan säiden mukaan vaihtelevan tuuli- ja aurinkoenergian osuus lisääntyy edelleen. Myös yhteiskunnan yleinen sähköistyminen, kuten liikenteen sähköistyminen, lisää säätötarvetta entisestään.

Tällä hetkellä valtaosa Suomen säätövoimasta tuotetaan vesivoimalla tai tuodaan muista Pohjoismaista, joissa on helposti säädettävää vesivoimatuotantoa. Kun säätövoimakapasiteettia on riittävästi, voidaan tuuli- ja aurinkoenergian tuotantoa lisätä vaarantamatta sähköjärjestelmän luotettavuutta. [Säätövoima - säädettävää sähköntuotantoa.]

Säätövoiman tuotannon tarve vähenee kysyntäjoustoja kehittämällä. Kysyntäjoustoilla tarkoitetaan sähkönkäytön siirtämistä korkean kulutuksen ja hinnan tunneilta edullisempaan ajankohtaan tai käytön hetkellistä muuttamista tehotasapainon hallinnan tarpeisiin. Sähköä kannattaa käyttää silloin, kun sitä tuotetaan paljon ja vähäpäästöisesti sekä se on edullista ja vastaavasti vähentää, kun tuotantoa on rajoitetusti ja se on kallista. Yksinkertaisimmillaan kysyntä- tai kulutusjousto voi näkyä vaikka pientaloasumisessa niin, että lämminvesivaraaja ajoitetaan manuaalisesti tai automaation avulla käymään halvan energian tunteina (usein esimerkiksi yöaikaan). [Kysyntäjousto.]

Samoin kuin säätövoimaa, myös kysyntäjoustoja tarvitaan lisää, kun joustamattoman tuotannon, esimerkiksi ydinvoiman ja uusiutuvan energian, määrä verkossa lisääntyy. Joustamaton tuotanto asettaa haasteita nykyiselle markkinamallille, jossa vain energialla käydään kauppaa. Kysyntäjoustopon lisääminen on yksi toimenpide, jolla yritetään turvata nykyisen markkinamallin säilyminen jatkossakin. [Kysyntäjousto.]

Sähkömarkkinan tasaiseen tuotantoon perustuva malli on väistymässä ja kysyntäjoustopon ohella energian varastointi kulutus- ja tuotantohuippujen tasaamiseksi nousee entistä tärkeämmäksi. Energiaa on perinteisesti pyritty varastoimaan erilaisiin akkuihin, kemiallisin keinoin (esim. polttoaine, biomassa), mekaanisin keinoin (esim. vauhtipyörä), veteen (pumppuvoimalat, varastoaltaat) sekä lämpövarastoihin. Vihreän uusiutuvan sähkön valtava kasvu tekee kannattavaksi jopa sähkön tuhlauksen, jos sitä sillä tavoin pystytään varastoimaan. Mitä enemmän syntyy säästä riippuvaista tuuli- ja aurinkovoimaa, sitä enemmän meillä on hetkiä, jolloin sähköä

on yllin kyllin ja sen hinta putoaa jopa negatiiviseksi. Toisaalta meillä on yhä enemmän myös hetkiä, jolloin sähköstä on suoranainen pula ja hinta kohoaa korkealle. [Lassila 2023.]

Esimerkiksi pumppuvoimala (kuva 9) voi olla sähkövarasto tai säätövoimala, joka vain hävittää energiaa. Vettä pumpataan sähköä käyttävällä turbiinilla ylös varastoaltaaseen ja sitten sitä lasketaan alas saman turbiinin läpi, joka tällä kertaa tuottaa sähköä. Matkalla noin viidesosa energiasta häviää. Tällä periaatteella toimivat ”sähköä” varastoivat voimalat tekevät tuloksensa sähkön hintaerolla. Keskiössä on voimalan ajaminen ja sähkövaraston purkaminen tai lataaminen oikea-aikaisesti sähkön hinnan ja tuotannon/kulutuksen mukaan. Tämän mahdollistaa tuuli- ja aurinkovoiman tuottaman sähkön halpuus. Kun tuuli- tai aurinkovoimala on kerran rakennettu, niiden tuotanto ei maksa käytännössä mitään. Niiden rajakustannus on siis olematon [Lassila 2023.]



Kuva 9 Pumppuvoimalan toimintaperiaate [Lassila 2023].

Hyvin halpaa sähköä voidaan käyttää myös vihreän vedyn tuottamiseen elektrolyysilaitteissa. Vetyäkin voi periaatteessa käyttää säätövoimana, jos muuntaa sen kantaman energian polttokennoissa takaisin sähköksi. Hyötysuhde on kuitenkin huono, sillä prosessissa menetetään

jopa 60 prosenttia vedyn tuottamiseen käytetystä sähköstä. Siksi vihreä vety on järkevämpää käyttää teollisuudessa, missä sillä on runsaasti kysyntää. [Lassila 2023.]



VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS



Lähteet

Airaksinen, Annastiina. 2023. Kiina johtaa päästöttömän energian investoinneissa – 515 miljardilla aurinko- ja tuulivoimaa, akkuja, sähköautoja. Verkkoaineisto. Kauppalehti.

<<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/kiina-johtaa-paastottoman-energian-investoinneissa-515-miljardilla-aurinko-ja-tuulivoimaa-akkuja-sahkoautoja/184cb954-3743-4a18-b031-15cf87851809>>. Päivitetty 1.3.2023. Luettu 5.6.2023.

Energian kokonaiskulutus. 2023. Verkkoaineisto. Motiva Oy.

<https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/energian_kokonaiskulutus>. Päivitetty 26.4.2023. Luettu 5.6.2023.

Energian loppukäyttö. 2023. Verkkoaineisto. Motiva Oy.

<https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/energian_loppukaytto>. Päivitetty 27.4.2023. Luettu 16.6.2023.

Energiavuosi 2020. Verkkoaineisto. Tilastokeskus.

<https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2022/html/suom0001.htm>. Päivitetty 19.6.2023. 6.2.2023. Luettu 19.6.2023.

Fossiiliset polttoaineet. Verkkoaineisto. Tilastokeskus.

<https://www.stat.fi/meta/kas/fossiiliset_pol.html>. Luettu 20.6.2022.

Geoterminen energia. Verkkoaineisto. Wikipedia.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Geoterminen_energia>. Luettu 21.6.2023.

Ilmastonmuutos A. Verkkoaineisto. Euroopan unioni. <https://climate-pact.europa.eu/about/climate-change_fi>. Luettu 29.5.2023.

Ilmastonmuutos B. Verkkoaineisto. WWF. <<https://wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/#mita-wwf-tekee-ilmastokriisin-hillitsemiseksi>>. Luettu 31.5.2023.

Ilmastonmuutoksen seuraukset. Verkkoaineisto. Euroopan Komissio.

<https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_fi>. Luettu 30.5.2023.

Kasvihuonekaasut lämmittävät. Verkkoaineisto. Ilmasto-opas.fi. <<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/kasvihuonekaasut-lammittavat>>. Luettu 29.5.2023.

Kasvihuoneilmiö ja ilmakehän koostumus. Verkkoaineisto. Ilmasto-opas.fi. <<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/kasvihuoneilmio-ja-ilmakehan-koostumus>>. Luettu 29.5.2023.

Kysyntäjousto. Verkkoaineisto. Fingrid Oyj. <<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyss/sahkomarkkinoiden-kehityshankkeet/kysyntajousto/>>. Luettu 20.7.2023.

Lampela, Rosa. 2023. Kiina johtaa maailman uusiutuvan energian kilpaa, mutta näin se korostaa edelleen hiilen roolia – Nämä "megaprojektit" ensisijaisia 2023. Verkkoaineisto. Tekniikka&Talous. <<https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/kiina-johtaa-maailman-uusiutuvan-energian-kilpaa-muttain-se-korostaa-edelleen-hiilen-roolia-nama-megaprojektit-ensisijaisia-2023/755ff180-5506-4a2e-8607-a18c5cca13a8>>. Luettu 5.6.2023.

Lassila, Anni. 2023. Mitä järkeä on rakentaa voimaloita, jotka kuluttavat enemmän sähköä kuin tuottavat?. Verkkoaineisto. Helsingin Sanomat. <<https://www.hs.fi/talous/art-2000009646021.html>>. Luettu 20.7.2023.

Lindholm, Petteri & Halla-Aho, Emma. 2023. Suomi on saamassa uuden miljardi-investoinnin: Amerikkalaisyhtiö suunnittelee Suomeen kolmea vedyntuotantolaitosta. Verkkoaineisto. Yleisradio Oy. <<https://yle.fi/a/74-20034105>>. Päivitetty 30.5.2023. Luettu 7.6.2023.

Maailman kasviuonekaasupäästöt kasvavat yhä. Verkkoaineisto. Ilmasto-opas.fi. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/maailman-kasviuonekaasupaastot-kasvavat-yha#ref_RIT20a>. Luettu 30.5.2023.

Raeste, Juha-Pekka. 2023. Fingridin Ruusunen ei enää epäile tuuli- ja aurinkovoimaa: "Koko maan teollisuus pultataan siihen". Helsingin Sanomat. <<https://www.hs.fi/talous/art-2000009611362.html>>. Päivitetty 5.6.2023. Luettu 14.6.2023.

Sähkön ja lämmön tuotanto. 2022. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <<https://www.stat.fi/tilasto/salatuo#graphs>>. Luettu 14.6.2023.

Sähkön hankinta ja kulutus. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/sahkon_hankinta_ja_kulutus>. Luettu 4.8.2023.

Säätövoima - säädettävää sähköntuotantoa. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <<https://energia.fi/energiasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/saatovoima>>. Luettu 9.8.2023.

Tuulivoima ja säätövoima. Verkkoaineisto. Suomen Tuulivoimayhdistys. <<https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietopankki/tuulivoima-ja-saatovoima>>. Luettu 2.8.2023.



Tuulivoimavuosi 2022: Tuulivoimakapasiteetti kasvoi 75 % ja toi Suomeen yli 2,9 miljardin investoinnit. Verkkoaineisto. Suomen Tuulivoimayhdistys.
<<https://tuulivoimayhdistys.fi/ajankohtaista/tiedotteet/tuulivoimakapasiteetti-kasvoi-75-ja-toi-suomeen-yli-29-miljardin-investoinnit>>. Luettu 19.6.2023.

Uusiutuvat energianlähteet. Verkkoaineisto. Biologian ja maantieteen opettajien liitto.
<https://peda.net/yhdistykset/bmol-ry/oppimateriaalit/eyy/yhteinen_ymparisto/energia/ue7d>. Luettu 20.6.2022.

Uusiutuvat energialähteet. Verkkoaineisto. Tilastokeskus.
<https://www.stat.fi/meta/kas/uusiutuvat_ener.html>. Luettu 21.6.2022

Uusiutuva energia. Verkkoaineisto. Motiva Oy.
<https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia>. Päivitetty 17.1.2023. Luettu 21.6.2023

Uusiutuva energia Suomessa. 2022. Verkkoaineisto. Motiva Oy.
<https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa>. Päivitetty 9.5.2023. Luettu 1.6.2023.

Vihanta, Ari. 2023. "Aika villiä tämä on" – Luonnonsuojelupiiri kauhistelee vihreän siirtymän vyöryä Pohjanmaalla. Yleisradio Oy. <<https://yle.fi/a/74-20035458>>. Luettu 21.6.2023.

Vihreän siirtymän investoinnit Suomessa. 2023. Verkkoaineisto. Elinkeinoelämän keskusliitto.
<<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYjA4MGJmMTYtYThiNC00ZTQ3LTlhNzAtM2I3MDJiY2I1YTUyIiwidCI6IjM0MmU2NDIhLWw0MDgtNDY4Ny1hOTMwLTM0YWVjZDNIjmlNiIsImMiOiJh9>>. Päivitetty 5.6.2023. Luettu 6.6.2023.

Viljanen, Miina & Rantanen, Kalevi. 2023. Saksalaiset rekat ovat merkki siitä, miten aurinkoenergia valtaa maailman — Näin energiatuotanto mullistuu vuoteen 2040 mennessä. Verkko-aineisto. Helsingin Sanomat. <<https://www.hs.fi/tiede/art-2000009312863.html>>. Päivitetty 19.4.2023. Luettu 1.6.2023.