



Pohjoismaiden energiapolitiikka 2030: hiilineutraalimpaan energiajärjestelmään osin yhdessä, osin eri polkuja pitkin

Pami Aalto,^a Pirkko Harsia,^b Juhani Heljo,^c Hannele Holttinen,^d Iida Jaakkola,^a Pertti Järventausta,^c Johanna Kirkinen,^b Matti Kojo,^a Jukka Konttinen,^c Anna M. Oksa,^a Topi Rönkkö,^c Jaakko Sorri,^c Pasi Toivanen^{a1}

a = Tampereen yliopisto

b = Tampereen ammattikorkeakoulu

c = Tampereen teknillinen yliopisto

d = Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

ISBN: 978-952-03-0209-2

1. Tiivistelmä

Norja, Ruotsi ja Tanska ovat kukin jo muotoilleet omia 2030-tavoitteitaan matkalla kohti hiilineutraalimpaa energiajärjestelmää vuoteen 2050 mennessä. Tavoitteet ovat osin omaehtoisia, osin reaktioita EU-tason sitoumuksiin ja Pariisin 2015 ilmastopöytäkirjaan. Vaikka Norjan muutospainotukset ovat lähes hiilineutraalin sähkön tuotannon myötä pienimmät, maa lupaa nettohiilidioksidipäästöjen nollaan vuoteen 2030 mennessä. Tanska tavoittelee 40 prosentin päästövähennystä 2020 mennessä, kokonaan uusiutuvaa sähkön ja lämmön tuotantoa 2035 mennessä sekä hajautetumpaa, koko yhteiskuntaa osallistavaa järjestelmää. Ruotsin kokonaan uusiutuvaa sähkön tuotantoa koskeva tavoite on asetettu vuodelle 2040.

EU-tason päästötavoitteet määrittävät Suomen energiajärjestelmää koskevia valintoja. EU tavoittelee 40 prosentin päästövähennystä vuoteen 2030 mennessä. Tämän poliittisen sitoumuksen ohella ilmastolaki sitoo Suomen EU:n yhteiseen 20 prosentin päästövähennystavoitteeseen vuoteen 2020 mennessä. Pääministeri Juha Sipilän hallitus on asettanut lisätavoitteeksi uusiutuvien energialähteiden osuuden nostamisen yli 50 prosenttiin energian kokonaiskulutuksesta 2020-luvulla.

EU-politiikan ohella kussakin Pohjoismaassa omat, historiallisesti kehittyneet ratkaisut sekä laajemmat taloudelliset ja yhteiskunnalliset intressit ja niitä ajavat eturyhmät muokkaavat tavoitteenasettelua. Suomessa ja Ruotsissa on rakennettu energiantensiivisen teollisuuden tarpeisiin suuriin voimalaitoksiin nojaava järjestelmä, jossa energian hinta on eräs keskeinen kilpailukykytekijä. Vaikka Suomen ja Ruotsin tavoitteenasettelua ohjaa teknologia-neutraaliuden periaate, käytännössä bioenergia on keskeinen kehityskohde.

Pohjoismaista yhteistyötä kannattaa ohjata energian tuotannon osalta erityisesti maa- ja biokaasu- sekä 'power to gas' -ratkaisujen selvittämiseen. Ne tarjoavat jatkossa erityisen arvokasta varastointikapasiteettia, samalla kun pohjoismailla on näillä alueilla toinen toisiaan tukevaa osaamista. Käynnissä olevaa yhteistyötä verkon ja siirtoyhteyksien kehittämiseksi kannattaa syventää. Energiankulutuksen alueella pohjoismainen yhteistyö voi edistää kysyntäjoustopien toteuttamista, rakennusten energiatehokkuusmääräysten kehittämistä samoin kuin sähköisen liikenteen ratkaisuja joustojen ja energiavarastojen toteuttamiseksi sekä tehopiikkien hallitsemiseksi. Lisäksi on syytä tarkastella yhteisesti paikallisiin uusiutuviin resursseihin nojaavien järjestelmien toteuttamisvaihtoehtoja. Näihin lukeutuvat myös energiasaarekkeet. Ne voivat toimia paitsi haja-asutusalueiden, niin myös kerrostalojen ratkaisuna ja tarjota vientimahdollisuuksia. Pohjoismainen yhteistyö tarvitsee tuekseen

¹ Työryhmä kiittää kommentoinnista Fanni Mylläriä, Erkki Rinnettä ja EL-TRAN –konsortion vuorovaikutuskumppaneita.

vertailukelpoista tilastointia ja monitieteisempää, koko yhteiskunnan muutostarpeet kokonaisvaltaisesti huomioivaa tutkimusta.

Suomen energiajärjestelmää uudistettaessa on syytä arvioida Tanskan kunnianhimoisten tavoitteiden ja kokemusten soveltuvuutta koko suomalaisen yhteiskunnan osallistamiseksi. Voidaan myös pohtia, toteuttaako teknologia-neutraaliuden periaate optimaalisesti pienehkön maan taloudelliset ja yhteiskunnalliset intressit. Bioenergian alueella olisi syytä kirkastaa erityisesti vientipyrkimysten tavoitetaso, samalla huomioiden EU-tasolta tulevat riskit hiilinelujen ja puun käytön kohteluun.

Toimitusvarmuustavoitteita on syytä tarkastella tehon riittävyyden näkökulmasta myös koko Pohjois-Euroopan tasolla. Omavaraisuus-tavoitteet on syytä irrottaa toimitusvarmuudesta. Vaikka päästöjen vähentäminen kotimaista uusiutuvaa tuotantoa ja ydinvoimaa lisäämällä kohentaa energiaomavaraisuutta, kansallisen omavaraisuuden tavoittelu sellaisenaan tuskin tuottaa resurssi- ja kustannustehokkaita ratkaisuja yhtenäistyvän EU-markkinan oloissa.

2. Ongelma: ovatko Pohjoismaiden tavoittelemat sähköenergiajärjestelmät yhteisellä polulla?

1a. Tausta

Pohjoismaat ovat sitoutuneet siirtymään hiilivapaisiin energiajärjestelmiin vuoteen 2050 mennessä (Nordic Energy Research 2013). Vuosi 2050 on kuitenkin varsin kaukana, ja sitä kohti voidaan edetä useita vaihtoehtoisia polkuja. Huomattavasti konkreettisempi kysymys on, mitä aiotaan saavuttaa välitavoitteena vuoteen 2030 mennessä. Osa vuotta 2030 koskevista ratkaisuista on toki jo lukittu. Näihin lukeutuvat sähkön tuotannon osalta esimerkiksi vesivoiman suuri osuus Norjassa ja Ruotsissa sekä ydinvoiman kasvava rooli Suomessa uusien voimaloiden myötä.

Uusia polkuja avaaviin hankkeisiin lukeutuvat muun muassa Suomen ja Ruotsin uudet ja

rakenteilla olevat LNG-kaasutermiinaalit, suuret tuulivoimapuistot,² Helenin aurinkopaneelien pienimuotoiset vuokratkoekilut Suvilahden voimalassa sekä valmistella olevat sähkön siirtoyhteydet Norjasta Britanniaan ja Saksaan. Nämä erikokoiset hankkeet tuovat vähähiilisempiä polttoaineita liikenteen ja teollisuuden käyttöön ja hiilineutraalimmin tuotettua sähköä verkkoihin. Samaan aikaan suunnitellaan erilaisia paikallisiin energiaratkaisuihin pohjautuvia pilottihankkeita. Eräs esimerkki on Marjamäen teollisuusalueelle Lempäälään kaavailtu energiaomavarainen kaasuo-, aurinkovoima-, varasto- ja mikroverkkoratkaisuja hyödyntävä energiajärjestelmä.³ Sähkön kulutuksen osalta Suomen etäluettavat sähkömittarit ja niihin liittyvät tietojärjestelmät mahdollistavat teknisesti jo nyt tuntiperustaisen veloituksen ja kaksiaikahinnoittelun matkalla kohti kysyntäjoustoja paremmin hyödyntävää järjestelmää. Norja, Ruotsi ja Tanska ovat uusimassa mittarikantaa. Suomessa 2020-luvulla edessä oleva mittareiden uusintakerros tarjoaa aikanaan uusia ratkaisumahdollisuuksia.

Uudet ratkaisut ovat siis sekä suuria että pieniä. Ne edistävät sekä rajat ylittävää verkostojen kehittämistä että paikallisuutta ja hajautusta.

Jotkut vuoden 2030 ratkaisuista ovat toistaiseksi täysin avoinna. Erityisesti kansalaiskuluttajien valinnat muokkaavat järjestelmää aiempaa enemmän, samalla kun heidän reaktionsa poliittisiin päätöksiin ja sääntelyyn saattavat olla yllättäviä tai heikosti ennakoitavissa. Lämpöpumput saavuttivat kahdessa vuosikymmenessä noin 60 prosentin osuuden suomalaisissa uudispientaloissa (Sulpu 2016). Vuonna 2015 Suomessa asennettiin viisinkertainen määrä aurinkovoiman kapasiteettia edellisvuoteen verrattuna. Vaikka teollisen mittakaavan tuotanto Suomesta toistaiseksi puuttuukin (Lovio ja Liuksiala 2016), aurinkovoima saattaa olla seuraava heikosti ennakoitu muutosaalto. Muutoksia voi myös seurata energiajärjestelmän tiukemmasta sitomisesta rakentamisen ja yhdyskuntasuunnittelun ohjausjärjestelmään.

² Esim. 1000 MW Fosen Vind -hanke Norjassa ja 3000–3500MW Markbygden -hanke Ruotsissa.

³ Alueen koko on nykyisellään n. 300 ha, käsittäen n. 300 yritystä ja 1700 työpaikkaa.

EU-politiikka sitoo Suomen, Ruotsin ja Tanskan 40 prosentin vähennystavoitteeseen kasvihuonekaasuja aiheuttavissa päästöissä vuoteen 2030 mennessä. Tämä tarkoittaa 43 prosentin päästövähennystä päästökaupan alaisilla energia- ja teollisuussektoreilla. Euroopan Komission esityksen mukainen 2030-vähennystavoite päästökauppaan kuulumattomille päästöille on koko EU:ssa 30 prosenttia – Ruotsille 40 prosenttia, Suomelle ja Tanskalle 39 prosenttia vuoteen 2005 verrattuna (koskien esimerkiksi liikennettä, rakennuksia, maa- ja metsätaloutta, jätteitä ja maankäyttöä). Norja on sitoutunut samaan 40 prosentin tavoitteeseen ja neuvottelee EU:n kanssa maatalouden, liikenteen ja rakennuskannan sisällyttämisestä sen alle. Suomi, Ruotsi ja Tanska ovat sitoutuneet EU-alueen 27 prosentin uusiutuvan energian tavoitteeseen ja 27 prosentin energiatehokkuusparannukseen vuoteen 2030 mennessä.

Pariisin 2015 globaalien ilmastopoliittisten tavoitteiden täyttäminen edellyttää kuitenkin kunnianhimoisempaa politiikkaa. Sitran selvitys esittää EU:lle 50–75 prosentin ja Suomelle 60 prosentin päästövähennystavoitetta Pariisin sitoumuksiin vastaamiseksi (Rocha ym. 2016). Vaikka Pariisin sopimuksen tuottamien uusien sitoumusten toteuttamisesta vasta keskustellaan, edessä on nopeutettu siirtyminen hiilineutraalimpaan uusiutuvaan energiaan, vähähiilisempiin polttoaineisiin, tehokkuusparannuksia, teknologiapanostuksia järjestelmässä sekä tuntuja muutoksia ihmisten arkielämässä.

Norja, Suomi, Ruotsi ja Tanska yhdessä Baltian maiden ja Britannian kanssa muodostavat Nord Pool -sähkömarkkinan. Sen piirissä tuotetaan jo nyt kolmannes EU-alueen uusiutuvasta energiasta, pääasiassa vähähiilisesti, ja sille osallistuu yrityksiä 20:stä maasta. Nord Poolin pohjoismaisten ydinjäsenten tekemät energiapoliittiset ratkaisut vuotta 2030 ajatellen vaikuttavat myös laajalti naapurustossa ja EU-alueella. Vaikka tavoitteenasettelun keskiössä on päästöjen vähentäminen, on suunnitelluilla toimilla lukuisia suoria ja epäsuoria kytköksiä muihin taloudellisiin ja yhteiskunnallisiin

tavoitteisiin. Siirtymä vähäpäästöisempään energiajärjestelmään edellyttää tutkimuksen ja osaamisen kehittämistä, kilpailun edistämistä eri sähkön- ja lämmöntuotantotapojen välillä sekä sähkömarkkinan kehittämistä, energialiiketoiminnan mahdollistamista ja sen yhteiskunnallisten ulottuvuuksien kuten verotuksen ja työllisyyden pohdintaa, samoin kuin tehokkaampaa resurssien käyttöä; samalla herää kysymyksiä sähkön ja lämmön toimitusvarmuudesta.

Tässä analyysissä esitämme, että *päästötavoitteiden toteuttaminen edellyttää väistämättä kannanottoa myös näihin laajempiin taloudellisiin ja yhteiskunnallisiin tavoitteisiin*. Pohdimme, kuinka Nord Poolin neljä pohjoismaata aikovat sovittaa nämä tavoitteet yhteen energiajärjestelmäänsä uudistaessaan – erityisesti sähköjärjestelmän osalta.

1b. Mitä tietoa tarvitaan?

Yhteisellä pohjoiseurooppalaisella sähkömarkkinalla nyt ja lähivuosina tehtävien valintojen tueksi tarvitaan systemaattista vertailevaa tietoa kunkin Pohjoismaan politiikasta vuotta 2030 ajatellen. Tällä hetkellä sellainen tieto on vähäistä. Suurin osa tutkimuksesta koskee yksittäisiä maita.

Muutama tutkimus vertailee eri Pohjoismaiden ratkaisuja esimerkiksi biomassan, aurinko- ja tuulivoiman osalta (Rätinen ja Lund 2015; Salomón ym. 2011). Ruotsin vuoden 2025 jälkeisiä energiapoliittisia valintoja on pohjustettu tarkastelemalla Suomen, Norjan, Ruotsin ja kahdeksan muun kehittyneen maan ratkaisuja (Tillväxtanalys 2015). Nordic Energy Technology -raportit (Nordic Energy Research 2013, 2016) tarkastelevat vuoden 2050 ratkaisuja energiajärjestelmän tasolla 'bottom up' -mallinnusta ja tulevaisuudentutkimuksen menetelmiä yhdistellen. Vaikka vuoden 2016 raportti sisältää myös kaupunkitason tapaustutkimuksia, eivät nämä muuten arvokkaat tutkimukset kerro paljoakaan yksittäisten maiden välitavoitteista tai niiden näkemistä konkreettisista ratkaisuista – eli siitä, kuka tekee mitä ja koska. Pohjoismaiden tasolla on myös tutkittu, miten sähkönsiirtoyhteydet toimivat, kun kasvava ja voimakkaasti vaihteleva määrä

uusiutuvasti tuotettua sähköä syötetään verkkoon (Farahmand ym. 2015; kts. myös Nordic Energy Research 2016; Stattnet et al. 2016).

Tarvitsemme lisää tietoa siitä, mihin ratkaisuihin Pohjoismaat aikovat energiajärjestelmänsä perustaa 2030-luvulla ja miten nämä ratkaisut tukevat niiden yhteisen sähkömarkkinan kehittämistä ja siihen liittyvää muuta energiapoliittista yhteistyötä. Vaikka pitkän tähtäimen energiapoliittiset tavoitteet ovat selviä, on epäselvää, miten keskipitkän tähtäimen energiapoliittika palvelee tavoiteltua energiasiirtymää. Tästä näkökulmasta kenties kiinnostavin aiempi tutkimus koskee eri eturyhmien roolia. Ruotsissa energiaintensiivisen teollisuuden historiallisesti keskeinen rooli on luonut painetta matalien sähköhintojen tavoitteluun (esim. Tillväxtanalys 2015). Suomessa energian suurtuottajat ja energiaintensiivinen teollisuus ovat keskeisesti muovanneet energiajärjestelmäämme (Ruostetsaari 2010). Norjassa voimakkaimpia eturyhmiä ovat olleet ensin vesivoimasektori ja sitten öljy- ja maakaasusektori, joka on ajanut hiilen talteenotto- ja varastointiteknologioita (CCS, *carbon capture and storage*) maalle parhaiten soveltuvana ilmastotoimena. Tanskassa tuulivoimasektori on 'saavutettuja etuja' puolustava kansallinen ala (Moe 2014).

Tässä analyysissä kysymme: 1) mitä Norja, Suomi, Ruotsi ja Tanska tavoittelevat energiapolitiikassaan vuoteen 2030 mennessä?; 2) ovatko tavoitteet yhteensopivia?; 3) kannattaako pohjoismaista energiayhteistyötä lisätä, ja jos, niin millä alueilla?; 4) mitä Suomi voi oppia muilta Pohjoismailta? Keskitymme lähinnä sähköenergiajärjestelmään mukaan lukien sekä sähkön että lämmön roolin, samalla kun sivuamme liikenteen ja asumisen ratkaisuja tästä näkökulmasta.

2. Metodiset ratkaisut ja aineisto: mitä pohjoismaiden julkiset asiakirjat kertovat?

Vertailumme lähtökohtana on jako energiajärjestelmään, sitä ohjaavaan politiikkaan ja edelleen niihin tavoitteisiin, joihin politiikka perustuu. Hiilineutraalimpaan järjestelmään siirtyminen koskettaa paitsi energiajärjestelmän infrastruktuuria, niin myös taloutta ja

yhteiskuntaa laajalti (Fouquet ja Pearson 2012). Kansalaisten, heidän kulutusvalintojensa ja edustamiensa eturyhmien rooli nousee keskeiseksi. Tavoiteltua siirtymää ei tapahdu, jollei koko yhteiskunta tue sitä. Siksi painotamme järjestelmää – tuotantoa, verkkoa ja kulutusta – ohjaavaa politiikkaa ja tavoitteita.

Aineistonaamme ovat Norjan, Suomen, Ruotsin ja Tanskan vuotta 2030 koskevat ja sivuavat, keskeisimmät julkiset politiikka-asiakirjat: julistukset, puheet, sitoumukset, energiastrategiat, tiekartat ja politiikan pohjana toimivat skenaariot. Kunkin maan tuottama julkinen aineisto vaihtelee poliittisen sitovuutensa ja yksityiskohtaisuutensa osalta ja maakohtaisen vaali- ja politiikkasyklin mukaan. Tämä vaihtelu on luonnollista. Sen kanssa kukin Pohjoismaa joutuu myös elämään suunnitellessaan globaalia, EU-tason tai pohjoismaista yhteistyötä sähköenergian saralla. Siten tätä vaihtelua politiikkatavoitteissa eli vuoden 2030 järjestelmän hahmottamisessa on myös mielekästä tutkia, vaikka kaikkien maiden aineistot eivät olekaan täysin yhteismitallisia.

3. Tulokset

3.1 Kohti hiilineutraalimpaa järjestelmää tiukentuvilla välitavoitteilla

Kukin neljästä Pohjoismaasta esittää erilaisia tavoitteita vähäpäästöisemmän ja enemmän uusiutuviin energialähteisiin perustuvan järjestelmän rakentamiseksi.

Norjan sähköenergiajärjestelmä on jo pitkään perustunut käytännössä kokonaan vesivoiman tuotantoon. Maan energiajärjestelmä ei kuitenkaan ole täysin päästötön. Teollisuuden ja liikenteen ohella eniten päästöjä syntyy pääasiassa vientiin menevässä öljyn ja kaasun tuotannossa. Norja tasapainottaa päästöjä ostamalla päästöoikeuksia esimerkiksi EU:n päästökaupasta. Lisävähennyksiä haetaan hiilidioksidin talteenotolla joillakin tuotantoalueilla. Norja tavoittelee vuoteen 2030 mennessä 30 prosentin pudotusta maan energiaintensiteetissä, joka vuonna 2014 oli Ruotsia matalampi ja vain hieman Pohjoismaista vähiten energiaintensiivisintä Tanskaa

korkeampi.⁴ Suomen bruttokansantuotteen kasaaminen vaatii Norjaan verrattuna yli puolitoistakertaisen energian tuotannon. Suomen pitkän aikavälin käyrä on silti laskeva, kuten kolmen pohjoismaisen verrokkimme (Weber ja Smith 2016: 107).

Norjan parlamentin energia- ja ilmastokomitea on kesäkuussa 2016 asettanut tavoitteeksi laskea maan nettohiilidioksidipäästöt noltaan vuoteen 2030 mennessä (Reuters 2016). Norja suunnittelee nostavansa uusiutuvien energianlähteiden osuuden energian kokonaiskulutuksessa 67,5 prosenttiin vuonna 2020. Kun vuonna 2013 osuus oli 65,5 prosenttia, ei tavoite ole kaukana. Useita keinoja mainitaan: esimerkiksi uusiutuvasti tuotettuun sähköenergiaan perustuvat liikenneratkaisut kuten valtion jo nyt verohelpotuksin ja muin toimin tukemat sähköautot sekä uudet lämmitysratkaisut – öljyn ja kaasun viejä Norja suunnittelee öljylämmityksen kieltämistä kotitalouksissa ja muissa rakennuksissa vuoden 2020 jälkeen (Det kongelige olje- og energidepartement 2016: 10).

Norja ainoana Pohjoismaana korostaa hiilidioksidin talteenotto- ja varastointiratkaisuja päästöjen vähentämisessä. Yhteispohjoinen tutkimus näkee talteenoton ja varastoinnin välttämättömänä osaratkaisuna vuoden 2050 päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi (Nordic Energy Research 2013). Toistaiseksi talteenotto on käytössä vain Sleipner- ja Snøhvit -maakaasukentillä, mutta esimerkiksi Mongstadissa sijaitsevan koelaitoksen laajennus keskeytettiin vuonna 2013 taloudellisista syistä. CCS-teknologioiden odotettua hitaammasta kehityksestä huolimatta Norja pyrkii saamaan vähintään yhden täysimittaisen laitoksen toimintaan vuoteen 2020 mennessä (Government of Norway 2016).

Suomen, Ruotsin ja Tanskan on kansallisissa tavoitteissaan huomioitava EU-politiikan edellyttämät päästövähennys- ja ilmastotoimet. Parhailaan jäsenmaat neuvottelevat lisätoimista Pariisin 2015 ilmastokokouksen jälkeen.

⁴ Energiaintensiteetillä tarkoitetaan tässä kokonaisenergian tuotantoa suhteessa ostovoimakorjattuun bruttokansantuotteeseen.

Päästövähennykset ovat myös osa EU:n valmisteleman Energiaunionin toimintaa. Edistyessään Energiaunioni tarkoittaa entistä kokonaisvaltaisempaa energiapolitiittista suunnittelua, jossa jäsenmaat huomioivat EU-tasolla yhdessä asetetut tavoitteet ja vahvistavat kansallisten politiikkojen yhteensopivuutta (kts. esim. European Commission 2015a).

Tämän kehityskulun myötä Suomenkin tulee asettaa tiukempi päästötavoite vuodelle 2030 osana vuonna 2016 valmisteltavaa Suomen energia- ja ilmastostrategiaa. Pääministeri Juha Sipilän hallitus on jo ottanut askelia tähän suuntaan energianlähteitä koskevassa politiikassaan. Hallitusohjelma korostaa biomassan käyttöä ja pyrkii 2020-luvun aikana puolittamaan tuontiöljyn käytön kotimaisessa kulutuksessa ja eroon hiilen käytöstä energiantuotannossa. Uusiutuvan energian osuus kulutuksesta pyritään nostamaan yli 50 prosenttiin (Valtioneuvoston kanslia 2015). Vuonna 2013 uusiutuvien energianlähteiden osuus energian kokonaiskulutuksessa oli 36,8 prosenttia; ja 2015 sähkön tuotannossa 45 prosenttia (Energiateollisuus 2016).

Ruotsin hallitus ja osa oppositiopuolueista sopi kesäkuussa 2016 tavoitteesta noljata nettohiilidioksidipäästöt vuoteen 2045 mennessä. Välietappeina Euroopan Komission kanssa neuvoteltavien 2030-päästötavoitteiden ohella maa haluaa saavuttaa jo vuonna 2020 40 prosentin päästövähennyksen päästökauppaan kuulumattomissa päästöissä vuoteen 1990 verrattuna. Kolmasosa tavoitteesta katetaan investoinneilla muihin EU-maihin tai joustavien mekanismien käytöllä (esim. Clean Development Mechanisms). Vuoden 2016 parlamentaarinen sopimus tavoittelee myös täysin uusiutuvaa sähkön tuotantoa vuoteen 2040 mennessä ('Ramöverenskommelse...' 2016). Ruotsi saavutti aiemman tavoitteensa nostaa uusiutuvan energian osuus yli 50 prosenttiin energian loppukäytössä vuoteen 2020 mennessä jo vuonna 2012. Uusiutuvien polttoaineiden osuuden tavoite on 10 prosenttia, kun toteutuma on jo nyt lähempänä 20 prosenttia.

Biopolttoaineet muodostavat jo 56 prosenttia Ruotsin uusiutuvasti tuotetun energian kulutuksesta (Statens energimyndighet 2015: 48–49).

Öljyntuottaja ja -viejä Tanska tavoittelee vuoteen 2020 mennessä kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjensä pudottamista 40 prosentilla vuoteen 1990 verrattuna. Tanska pyrkii irtautumaan kivihiiilestä ja öljystä lämmityksessä vuoteen 2030 mennessä, ja tuottamaan kaiken sähkön ja lämmön uusiutuvalla energialla vuoteen 2035 mennessä (Government of Denmark 2011a: 4–9, 25). Vuonna 2050 energian kulutus perustuisi kokonaan uusiutuviin lähteisiin.

Norjan viimeisintä, vuoden 2030 nollapäästölupausta vastaavaa ei muilla Pohjoismailla vielä ole. Norjan tavoitteenasettelua toki edesauttaa sen jo pitkään korkea uusiutuvien energianlähteiden osuus sekä merialueilla tapahtuvan fossiilisten polttoaineiden tuotannon aiheuttamien päästöjen jättäminen laskelmien ulkopuolelle. Tanskan tavoitteet uusiutuvassa energiassa ovat toistaiseksi hiukan Suomea kovempia. Ruotsin 100 prosentin uusiutuvien tavoite 2040 mennessä on kunnianhimoinen sekin, mutta sen yhteensopivuus ydinvoiman tuotannon jatkon kanssa herättää kysymyksiä. Samalla on muistettava, että Suomen ja Ruotsin tavoitteidenasettelua päästöissä ja siihen liittyvässä fossiilisten polttoaineiden korvaamisessa uusiutuvilla on viime aikoihin jarruttanut raskaan teollisuuden tuottama polkuriippuvuus edullisesta sähköstä (vrt. Tillväxtanalys 2015).

Vuoden 2030 skenaariotyönsä pohjana Suomi olettaa, että paperiteollisuuden oma sähkönkulutus laskee ja tuotanto kasvaa. Tällä hetkellä paperiteollisuus vastaa neljänneksestä maan sähkönkulutuksesta. Teollisuuden kokonaiskulutus nousee, samalla kun lämmityksen laskee, ja hiilineutraalisti tuotetun energian osuus nousee (TEM 2016a, b). Aineksia aiemmalta, fossiilisiin polttoaineisiin nojaavalta polulta poikkeamiseksi on.

3.2 Millaista tutkimusta, kehitystä ja osaamista tavoitellaan hiilineutraalin siirtymän tueksi?

Tutkimus korostaa usein, kuinka hiilineutraalimpaan järjestelmään siirtymisen edellyttämät teknologiset ratkaisut ovat pitkälti jo olemassa (esim. Fawkes 2013: 83). Niiden keskinäinen vertailu, hienosäätö ja soveltuvuuden arviointi vaativat kuitenkin tutkimuksen, kehityksen ja osaamisen edistämistä laaja-alaisesti yhteiskunnassa.

Tällä saralla vertailussa on syytä nostaa esille Tanska. Energiapoliittisissa asiakirjoissaan se tavoittelee suorimmin kansalaisten tietoisuuden ja osallistumis- ja vaikutusmahdollisuuksien lisäämistä kotitalouksien energia- ja rakentamiskäytöksissä samoin kuin kuntien ja yritysten mukaan tempaamista (Government of Denmark 2011a). Maan jo aiemmin tekemien, hajautetumpaa tuotantoa suosivien päätösten avaamalla polulla tämä on looginen valinta. Se myös yhtyy oletukseemme siitä, että käsillä oleva siirtymä koskee koko yhteiskuntaa. Tällöin nimenomaan sähkön ja lämmön kulutuksen sääntely ja politiikka korostuu aiemman tuotantokeskeisemmän politiikan sijaan. Tässä mielessä Tanska on edelläkävijä Pohjoismaiden joukossa.

Tanska pyrkii tukemaan kotimaisia demonstraatiohankkeita esimerkiksi tuulivoiman, liikenteen, energiavarastojen, älyverkkojen ja täysin uusiutuvaan energiaan perustuvien paikallisratkaisujen avulla (esim. Samsøen pilottihanke). Tanska tavoittelee EU-rahoituksen kaksinkertaistamista tällä alueella noin miljardin Tanskan kruunun vuosittaisen rahoituksen ohella (Government of Denmark 2011a). Eniten julkisia varoja maa sijoitti esimerkiksi vuonna 2011 bioenergiaan, polttokennoihin ja verkkoihin. Tuulivoimassa tanskalaisten yritysten kehityspanos nosti maan kokonaisrahoituksen Euroopan kärkeen 534 miljoonan euron sijoituksella (Corsatea ym. 2015: 21, 88).

Kolmen muun Pohjoismaan aikeet sijoittuvat selkeämmin uusiutuvan energian tuotantoteknologioihin. Norja on tehnyt toistaiseksi taloudellisesti merkittävimmät julkisrahoitteiset sijoitukset vähähiilisemmän energiajärjestelmään tutkimukseen ja kehittämiseen. Vuonna 2011 sen osoittama

rahoitus oli kaksinkertainen Suomeen ja Tanskaan verrattuna, jotka puolestaan peittosivat Ruotsin. Norja nimeää prioriteeteikseen vesivoiman, aurinkoenergian, merelle sijoitetun tuulivoiman, energiatehokkuuden ja joustavat energijärjestelmät sekä hiilidioksidin talteenotto- ja varastointiteknologian, jonka kehittämiseen se on toistaiseksi osoittanut valtaosan rahoituksestaan. Rahoituksen osalta Norja onkin näiden teknologioiden kärkimaa Euroopassa (Energi21 2014: 28; Corsatea ym. 2015: 21).

Suomi aikoo panostaa teolliseen ja insinööritieteelliseen cleantech-osaamiseen sekä bioenergiaan, joista jälkimmäisen kasvumahdollisuudet tosin nähdään rajallisena (TEM 2013, 2014). Nämä alueet lukeutuvat myös Sipilän hallituksen kärkihankkeisiin (Valtioneuvoston kanslia 2015: 23). Suomi sijoitti vuonna 2011 Ranskan jälkeen EU:ssa toiseksi eniten julkisia varoja bioenergiaan 44 miljoonan euron panoksella. Yritysrahoituksessa suomalaisten toimijoiden 16 miljoonan investointi riitti yhdeksännelle sijalle, saksalaisten yritysten sijoittaessa 319 miljoonaa (Corsatea ym. 2015: 25; kts. alla 3.4). Demonstraatiohankkeiden rooli on keskeinen (TEM 2013: 40-42; TEM 2014: 57-59).

Ruotsi korostaa yleisellä tasolla tutkimus- ja kehitystoiminnan merkitystä sekä Suomen tavoin demonstraatio- ja pilottihankkeita. Vahvasti priorisoitavia sektoreita ei ole. Poliitiikka on pääsääntöisesti teknologianeutraalia ('Ramöverenskommelse...' 2016; Statens energimyndighet 2015). Tosin ilmastopoliittisessa puiteasiakirjassa puhutaan prosessitekniiikan ja hiilidioksidin talteenottotekniikan kehittämistä ('ett klimatpolitiskt ramverk...' 2016: 27). Suomen tavoin toistaiseksi puolet julkisesta rahoituksesta on mennyt bioenergiaan, mutta yritysrahoituksen määrä on tuntuvasti korkeampi. Erikoisuutena Pohjoismaiden joukossa Ruotsi on panostanut tuuli- ja aurinkovoiman ohella myös aaltoenergiaan. Energia-alan patenteja tehdään maassa eurooppalaisittain runsaasti (Corsatea ym. 2015: 25).

Tanskan laaja-alaiseen yhteiskunnalliseen osallistamiseen ja osaamiseen tähtäävä kokonaisvaltainen malli herättää kysymyksiä myös Suomen pohtimien ratkaisujen osalta. Ketkä suomalaisten yritysten suunnittelema bioenergia- ja cleantech-ratkaisuja käyttävät, missä oloissa, ja millä vaatimuksilla? Mitkä laajemmat tavoitteet kannustavat tai hidastavat uuden teknologian käyttöönottoa? Nämä ovat jatkossa ydinkysymyksiä Suomen energia-alan viranomaisille ja yrityksille – ovathan kuluttajien valinnat jo nyt käynnistäneet monia yllättäviä kehityskulkuja sähkö- ja lämpöratkaisuisissa. Kotitalouksien lämpöpumppujen yleistymisen monimutkaiset vaikutukset sähkön kulutukseen ja kaukolämmön kysynnän vähentymiseen ovat eräs herättelevä esimerkki.

Suomen 2013 asiakirja viittaa kuluttajien ohjaamiseen neuvonnan ja tiedotuksen keinoin sekä erityisesti joukkoliikenteeseen ohjaaviin hallinnollisiin ratkaisuihin (TEM 2013: 37). Vuoteen 2050 kurkottavassa tiekartassa mainitaan 'aktiiviset kuluttajat', jakamistalous ja kuntatason toimenpiteet (TEM 2014: 60–65). Samalla kehittämistavoite konkretisoituu teknisiin ja hallinnollisiin ratkaisuihin. Kuluttajien ohjaus- ja neuvontatehtävää hoitaa julkisomisteinen Motiva. Sen keskeisiä asiakkaita ovat julkishallinto, kunnat ja yritykset. Tanskan mallin mukaisesti koko yhteiskunnan osallistaminen voisi olla voimakkaammin eri viranomaisten toimintaa läpileikkaava tehtävä. Strategisten asiakirjojen viestintä voisi olla suoremmin suunnattu myös kansalaisille ja yrityksille.

3.3 Miten luodaan energiamarkkinat, joilla myös erilaiset uusiutuviin resursseihin perustuvat sähkö- ja lämpöratkaisut kykenevät kilpailemaan?

EU-lainsäädäntö ohjaa kilpailun edistämiseen sähkömarkkinoilla. Tämä tarkoittaa keskenään kilpailevia sähkön tuotantotapoja ja tuottajia. Samanaikaisesti päästövähennystavoitteiden täyttämiseksi uuden uusiutuvan tuotannon pitäisi kyetä murtautumaan markkinoille olemassa olevan hiilineutraalin tuotannon eli ydinvoiman ja vesivoiman rinnalle, koska näiden lisäysmahdollisuudet ovat rajallisia. Ydinvoimaa jarruttaa yhteiskunnallinen tavoitteidenasettelu,

kasvatvat turvamääräykset ja niiden myötä hinta. Jatkossa ydinvoima kilpailee nollatuotantokustannusenergian kanssa. Vesivoiman tekninen lisäyspotentiaali on niin ikään rajallinen. Uusiutuvan tuotannon vaihtoehtojen lisääminen kasvattaa myös kuluttajien mahdollisuuksia vaikuttaa käyttämänsä sähkön ja lämmön tuotantotapaan.

Pohjoismaat soveltavat erilaisia uusiutuvan tuotannon tukiratkaisuja. Ne ovat ajallisesti rajattuja ja EU-tasolla sovittuihin suuntaviivoihin perustuvia. 2020-luvulla EU pyrki lakkauttamaan vakiintuneiden uusiutuvien energianlähteiden tuet (TEM 2016c: 19–22).

Norja on päättänyt irtautua Ruotsin vuodesta 2003 ylläpitämästä uusiutuvan energian sertifiointijärjestelmästä, johon se liittyi vuonna 2012. Vuoden 2021 alusta lähtien uusia ratkaisuja tämän järjestelmän piirissä ei enää tueta. Investoinnit ovat kohdistuneet pääosin Ruotsiin muun muassa tuulivoiman verohelpotuksina, eikä Norjan vesivoima ole tuottanut haluttua hintatasoa (Det Kongelige... 2016: 198; TEM 2016c: 104). Ruotsi aikoo jatkaa sertifiointijärjestelmäänsä vuoteen 2030 ja kasvattaa sen kokoa 17 TWh:lla ('Ramöverenskommelse...' 2016). Lakimuutoksia odotetaan vuoteen 2018 mennessä.

Norja on myös suuri maakaasun tuottaja. Maakaasun hiilidioksidipäästöt ovat reilu puolet kivihiiilestä ja noin kaksi kolmasosaa öljystä. Siten maakaasu voi toimia vaihtoehtoisena maa- ja vesiliikennepolttoaineena. Maakaasuturbiinivoimalat voivat toimia tehokkaana säätövoimana (Smil 2015). Power-to-gas-teknologioita voidaan puolestaan hyödyntää energian varastoinnissa. Kotimaan energijärjestelmässä Norja näkee maakaasun jatkossa ennen kaikkea raskaan polttoöljyn korvaajana meriliikenteessä ja teollisuudessa (Det Kongelige... 2016: 227-8). Muutkin Pohjoismaat odottavat maakaasulle jatkuvaa tarvetta (Taulukko 1). Norjalle on tärkeää, ettei EU:n energiaunionihanke johda yhteiseurooppalaiseen maakaasun toimitussopimus- tai osto-organisaatioon (Government of Norway 2015), kuten Puolan silloinen pääministeri Donald Tusk

politiikka-aloitteessaan kaavaili vuonna 2014. Muut Pohjoismaat eivät kuitenkaan kovinkaan seikkaperäisesti käsittele kaasuratkaisujen koko potentiaalia osana hiilineutraalimpia järjestelmiä. Esimerkiksi power-to-gas-ratkaisujen potentiaalista varastoina enemmän uusiutuvaa tuotantoa sisältävässä järjestelmässä ei juuri ole mainintoja (kts. alla).

Taulukko 1: Maakaasu Ruotsissa, Suomessa ja Tanskassa 2013 ja 2030

(Energian kokonaistuotanto, TPES)(toe)	2013	2030
Ruotsi	0,955	0,988
Suomi	2,856	2,389
Tanska	3,315	2,799

Vaikka offshore-tuulienergia onkin yksi Norjan tutkimus- ja kehitysstrategian painopisteistä, maan hallitus ei pidä sen laajamittaista rakentamista Norjan aluevesille realistisena lyhyellä tai keskipitkällä aikavälillä. Vesivoima ja maalle rakennettava tuulivoima nähdään kustannustehokkaampina vaihtoehtoina (Det Kongelige... 2016: 194). Norja suunnittelee muutoksia vesivoiman rakentamista koskevaan lainsäädäntöön. Tällöin uusien voimaloiden rakentaminen olisi tapauskohtaisesti mahdollista projektin täyttäessä ympäristövaikutus- ja taloudellisen kannattavuuden vaatimukset (emt.: 188–189). Norja on muuttanut myös energiayhtiöiden toimintaa koskevaa lainsäädäntöään: maa erotti viimeisenä Pohjoismaana verkkotoiminnan tuotannosta ja jakelusta. Vuoden 2021 alusta lukien myös alle 100 000 asiakasta palvelevien yhtiöiden tulee eriyttää juridisesti verkkotoiminnot tuotannosta ja jakelusta (emt.: 74). Norjassa sähköautot ovat verotettuja ja saavat käyttää joukkoliikenteen ajokaistoja. Latauspisteiden rakentamista tuetaan ja liikenteen vetyratkaisuja tutkitaan. Meriliikenteessä edistetään LNG-ratkaisuja ja sähkön käyttöä alusten ollessa satamassa (emt.: 203-5).

Suomi suunnittelee uusiutuvien energiamuotojen tukijärjestelmäremonttia. Tämänhetkissä pohjaehdotuksessa pidetään parhaana

tulevaisuuden ratkaisuna tarjouskilpailuun perustuvaa, pääosin teknologianeutraalia tuotantotukijärjestelmää. Toistaiseksi Suomi on tuulivoiman lisäksi tukenut tuotantotuilla (syöttötariffeilla) suuria ja keskisuuria sähköä tuottavia tuuli-, biokaasu- ja puupolttoainevoimaloita (metsähake). Tuulivoimatuolle asetettu maksimitaso 2500 MVA on jo käytännössä saavutettu. Investointitukia on myönnetty esimerkiksi energiakatselmuksiin ja investointeihin, aurinkosähköhankkeisiin ja lämpökeskuksiin siltä osin kuin kohteet eivät ole syöttötariffin piirissä. Lisäksi biopolttoaineille on osoitettu jakeluvaihtoehto (TEM 2016c: 26–30). Uusiutuvien polttoaineiden osuuden liikenteessä Sipilän hallitus haluaa nostaa 40 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä (Valtioneuvoston kanslia 2015: 23). Suomessa kohdennettu energiatuki vähäpäästöisille autoille ja latauspisteille on käytetty täysimääräisesti. LNG-kaasun roolin Suomi näkee markkinaehtoisena. Balticconnector –kaasuputkihanke yhdistäisi Suomen Viron kautta Latvian kaasuvarastoihin ja loisi Suomeen aidommin toimivat kaasumarkkinat (TEM 2016d).

Ruotsin Vattenfall suunnitteli ydinvoimaloidensa alasajoa jo kolmen–viiden vuoden kuluessa hallituksen nostettua aikanaan jo 1980-luvulla asetettua ydinenergian tehoveroa (esim. Dagens Nyheter 2016). Verotuksen kiristymisen ohella ydinenergiaa kuristivat tiukentuvat turvamääräykset, jotka edellyttävät viimeistään vuosina 2018–2020 kalliita investointeja (Naturvårdsverket 2014: 48–49). Neljä reaktoria suljetaan vuoteen 2020 mennessä. Vastauksena vielä suuremman tehomäärän äkillisen alasajon uhkaan Ruotsin 2016 parlamentaarinen energiasopimus poistaa ydinsähkön tehoveron asteittain. Kymmenen olemassa olevaa ydinreaktoria voidaan aikanaan korvata uusilla, mutta vain yksityisellä rahoituksella markkinaehtoisesti ('Ramöverenskommelse...' 2016). Tämä on ristiriidassa vuodelle 2040 asetetun 100 prosentin uusiutuvan sähköntuotannon tavoitteen kanssa. Liikenteessä Ruotsi pyrkii Norjan tavoin verohelpotuksen edistämään vähäpäästöisen autokannan syntyä ('Ett bonus—malus-system...' 2016; Naturvårdsverket 2014).

Tanska haluaa korvata kivihien biomassalla ja sitoutuu biokaasun tukemiseen 2020-luvulle yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannossa, maakaasuverkkoon syötettäessä, teollisissa prosesseissa ja start up -hankkeissa. Tanska varautuu merelle sijoitetun tuulivoiman edelleen kehittämiseen 2020-luvulle 1200 MW kapasiteetin edestä, mutta on luopunut maalle sijoitetun tuulivoiman tuesta.⁵ Silti maalle rakennettua tuulivoimaa lisätään 500–600 MW ennen vuotta 2020, samalla kun käytöstä poistuvia laitoksia uusitaan (IEA Wind 2014). Hajautetun mallin mukaisesti Tanskan asiakirjoissa kansalaisille tarjotaan rakennustyyppikohtaisia laskelmia esimerkiksi öljypoltinten korvaamiseksi lämpöpumpuilla siten, että myönnettyjen tukien siivittämänä vuotuiset lämmityskulut pienenevät. Energiaintensiivisille yrityksille tarjotaan tukea uusiutuvaan energiaan siirtymiseksi ja veroalennuksia kompensoimaan korkeampia tariffimaksuja (Government of Denmark 2011a). Liikenteessä sähköautojen yleistymistä tuetaan tarjoamalla veroetuja ja rautatiet sähköistetään (Klima-, energi- og bygningsministeriet 2015: 11).

Suomessa uusiutuvien energianlähteiden tukijärjestelmäremonttiin vaikuttavat ristiriitaiset kokemukset tuulivoiman tuotantotuesta. Yhtäältä tuet ovat luoneet uusia polkuja tuomalla uutta hiilineutraalia tuotantoa markkinoille. Toisaalta tuulivoiman kasvu erityisesti Tanskassa ja Ruotsissa on syönyt Nord Pool -sähkön hintoja. Alhaisten hintojen aikana tukea maksetaan enemmän, koska tuki on sidottu markkinahintoihin. Vaikka kuluttajat ovat hyötäneet, aiemmin rakennetun tuotannon kannattavuus heikkenee. Yritykset ajavat alas fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaa sähkön ja lämmön yhteistuotantoa sekä sähkön erillistuotantoa. 57 prosenttia Suomen tuulivoimasta ja 66 prosenttia ydinvoimasta on rakennettu Mankala-periaatteen pohjalle. Tällöin kustannuksista vastaavat tuottajat maksavat veron voitosta vasta myydessään

⁵ Merelle sijoitettu tuulivoima tuottaa noin 40-50 prosentin keskiteholla kapasiteettiinsa nähden.

omakustannushintaan tuotetun sähkön markkinoille (kts. Pohjolan Voima 2016). Uusia tuotantotapoja puolustavaa vahvaa intressiryhmää ei Suomessa Tanskan tapaan ole (Moe 2014). Vaikka tämä voi edesauttaa tuotantotapojen välistä kilpailua, se ei ole otollista uusiutuvan energian kotimarkkinan luomiseksi viennin pohjaksi.

3.4 Millaista taloutta, verokertymää ja työllisyyttä hyödyttävää liiketoimintaa energiasiirtymällä edistetään?

Siirtymä hiilineutraalimpaan sähköenergiajärjestelmään ei ole realistista ilman tätä tavoitetta tukevaa liiketoimintaa. Vaikka Suomen keskitetyksi rakennettu järjestelmä onkin muuntumassa hajautetummaksi, tarvitaan yhä sähköenergiaa tuottavia, siirtäviä ja jakelevia yrityksiä uuden energialiiketoiminnan ohella. Uusia mahdollisuuksia aukeaa, kun vuonna 2030 suurten voima- ja teollisuuslaitosten rinnalla kotitaloudet, pienyhteisöt, maatilat ja pienteollisuus tuottavat enemmän sähköä, lämpöä ja uusiutuvia polttoaineita. Uudessa energiajärjestelmässä tarvitaan sekä julkisesti omistettuja että yksityisiä yrityksiä. Erityistä kysyntää on välikäsinä toimiville yrityksille, jotka auttavat tasaamaan vaihtelua uusiutuvassa tuotannossa – siirtämään ylimäärää muille kuluttajille ja tarvittaessa varastoimaan sitä, sekä tarjoamaan tämän kaksisuuntaisen virtauksen edellyttämää infrastruktuuria, laitteita ja palveluita. Erityisesti pientalojen, pienyritysten ja maatilojen energiaratkaisujen suunnittelussa, valinnassa ja toteutuksessa tarvitaan kasvava määrä palveluntarjoajia. Tämä voi synnyttää uusia työpaikkoja. Valtio ja kunnat saavat verotuloja syntyvistä työpaikoista ja liiketoiminnasta.

Kukin neljästä Pohjoismaasta haluaa hyötyä Suomessa yleisesti 'cleantech'-nimellä kutsutusta liiketoiminnasta myös vientiä ajatellen. Statnettin uudet siirtoyhteydet Britanniaan ja Saksaan nostavat Norjan uusiutuvan sähkön vientipotentiaalia noin 50 prosenttia 2020-luvulle tultaessa. Tällä vientisähköllä on erityisrooli markkinoilla, koska se on pääosin vesivoimalla tuotettavaa ja varastoitua, ns. säätösähköä, jonka määrää voidaan tietyissä puitteissa säädellä.

Norjan Statkraft toimii myös pientuottajien aggregaattorina Saksassa. Norja näkee tässä liiketoimintamahdollisuuksia muun muassa energiavarastojen ja palvelujen tarjonnan alueilla. Vaikka julkisrahoitteinen Enova kehittää esimerkiksi uusiutuvan energian ja sähköistetyn liikenteen teknologisia ratkaisuja Norjaan (jälkimmäisiä tuetaan myös verotuksella), on maakaasu- ja öljysektori edelleen Norjan keskeisin intressiryhmä. Sen elinvoimaisuuden varmistamiseksi hiilineutraalimmassa tulevaisuudessa niin ikään julkisrahoitteinen Gassnova tavoittelee hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin kaupallistamista. Lisäksi Norja kokeilee öljy- ja kaasuntuotannon sähköistämistä ja painottaa päästökauppaa markkinaehtoisena mekanismina (Det Kongelike... 2016).

Suomessa moni taho näkee viime vuosien pääsääntöisesti matalat sähkön hinnat uusien investointien esteenä (esim. Fingrid 2016). Pohjoismaiset kantaverkkoyhtiöt ovat myös ilmaisseet saman huolen yhdessä (Statnett ym. 2016). Yhtäältä hintojen nähdään johtavan vanhojen voimaloiden sulkemiseen ja jarruttavan uusien voimalainvestointeja, ja toisaalta niiden oletetaan passivoivan kuluttajia sähköenergiajärjestelmään liittyvissä remonteissa ja hankinnoissa. Marginaalikustannuksiltaan toistaiseksi kohtuullisen edullinen ja markkinoista riippumaton, tasainen ydinvoiman tuotanto kontrolloi omalta osaltaan hintoja. Sähkön-tuotannon arvo on pudonnut noin 4,5 miljardista eurosta alle kahteen vuosina 2010–2015 (Energiateollisuus 2016). Toisaalta matalat hinnat ovat energiaintensiivisen teollisuuden perinteisesti parhaana pitämä polku. Samalla ne tukevat kuluttajien ostovoimaa ja kansantaloutta. Näissä oloissa on syytä pohtia, missä määrin kotimaista energialiiketoimintaa voidaan kehittää keskitetyllä suurtuotannolla ja nykyisillä tariffirakenteilla, olettaen kuluttajien päähuomion olevan sähkölaskussa.

Tästä näkökulmasta voidaan huomioida, kuinka Suomessa energialiiketoiminta nähdään usein energiantuotannon teknologisten ratkaisujen kehittämistyönä. Julkisvalta tukee osaltaan ja rohkaisee jatkossa erityisesti demonstraatiohankkeisiin. Suomessa suuri osa osaamispanostuksista sijoittuu cleantech-sektorille ja

bioenergiaan. Bioenergian globaalit kasvu-näkymät ja kyky luoda työpaikkoja Suomeen nähdään rajallisempina kuin tuuli- ja aurinkovoiman nopeammin kasvavilla sektoreilla (TEM 2013: 39–42). Vaille mainintaa Suomen julkisissa asiakirjoissa jää vaikkapa biodieselille eri skenaarioissa Aasiassa vuoteen 2030 mennessä tavoiteltu 20–30 prosentin vuosituotannon kasvu, joka vastaa tuuli- aurinkovoiman kasvuodotuksia tällä markkinalla. Vuosina 2001–2010 biodieselin vuosituotannon kasvu Aasiassa oli kolminkertaista muuhun maailman nähden (Kimura, Bhoumin ja Jacobs 2013: 15–16).

Ruotsissa päästövähennykset pyritään trendin mukaisesti yhdistämään kasvavaan talouteen ja hyvinvointiin asettamalla hiiliveroja ja tukemalla ilmastoälykkäiden innovaatioiden syntymistä poliittisilla päätöksillä. Siirtymä resurssi-tehokkaaseen ja uusiutuvaan yhteiskuntaan voisi Rooman klubin laskelmien pohjalta luoda Ruotsiin jopa 100 000 uutta työpaikkaa (Government of Sweden 2015). Samanaikaisesti sähkösertifikaattijärjestelmän ja muiden toimien avulla energiemarkkinoilla ensisijainen tavoite on ollut pitää sähkön hinta alhaalla ja taata näin edellytykset perusteellisuudelle. Ruotsi pyrkii samaan myös jatkossa ja luottaa kotimarkkinoillaan ennen kaikkea biotalouden voimakkaaseen kehitykseen, tähdäten metsäpohjaisilla tuotteilla, kuten uusilla kangaskuiduilla, myös vientimarkkinoille (Swedish Institute 2015). Myös erityisesti älykkäisiin verkkoratkaisuihin painottuneen cleantech-segmentin rooli on merkittävä. Perinteisen energiayrityskentän ulkopuolella esimerkiksi IKEA yhdistää energiasiirtymän osaksi liiketoimintaansa ja brändiään pyrkiessään täydelliseen energiaomavaraisuuteen globaalisti vuoteen 2020 mennessä.

Tanska odottaa globaalien hiilineutraalien ratkaisujen markkinan kasvavan 1 200 miljardiin euroon vuoteen 2020 mennessä.⁶ Samalla Tanska haluaa luoda kotimarkkinan 'vihreän energian' työpaikkojen luomiseksi ja vastaavien energiatarkeisujen viennin edistämiseksi esimerkiksi energiatehokkuuden ja biokaasun alueilla (Government of Denmark 2011a: 31). Toistaiseksi energiasektorin kokonaisosuus maan taloudessa

on kuitenkin jäänyt EU:n keskiarvon alapuolelle. Sen sijaan uusiutuvien energiamuotojen osuus työllisyydestä vuonna 2013 oli 1,4 prosenttia eli korkeampi kuin EU:n keskiarvo 0,53 prosenttia. (European Commission 2015b). Vientimarkkinoille tähyämiseen liittyy myös vähähiilisemmän energiasiirtymän rummutus EU- ja globaalitasoilla. Vientiteknologian ohella Tanska korostaa myös kotitalouksien ja yritysten kilpailukykyä energiamurroksessa.

Kaikkiaan Pohjoismaiden asiakirjat jättävät uuden energialiiketoiminnan edistämisen pohdinnan melko vähälle huomiolle tai yleiselle tasolle. Vaikka aihe on haastava visioitava, herää kysymyksiä: voisivatko esimerkiksi kysyntäjoustoratkaisut edistää uutta liiketoimintaa silloinkin, kun hinnat ovat alhaalla, mutta järjestelmän tehovaihtelut suuria korkeasta uusiutuvien osuudesta johtuen? Millaisia kokonaisratkaisuja ja laitteita kuluttajille, pien- ja paikallisyhteisöille voisi tarjota muualla maailmassa? Voisivatko haja-asutusalueiden Suomi, Ruotsi ja Norja kokeilla ja demonstroida paikallisia uusiutuvan tuotannon sekä energiasaarekeratkaisuja vaikka Tanskan Samsøen hankkeen tavoin ja jalostaa niistä konsepteja ja vientituotteita maihin, joihin keskitettyä järjestelmää ei kannata rakentaa? Millaista liiketoimintamallia vähemmän teknologiakeskeinen, kokonaisvaltaisempi, teknologian käyttäjät huomioivampi lähestymistapa edellyttäisi? Millaiset 'ketterät' yritykset tästä voisivat hyötyä?

3.5 Miten resurssien käytön tehokkuus hahmotetaan?

Energiajärjestelmän tehokkuudella tarkoitamme *sähkön ja lämmön (kylmän) tuotannon, siirron sekä kulutuksen muodostamaa kokonaisuutta*. Hiilineutraalimpaan järjestelmään siirryttäessä resurssien käyttö on optimoitava tämän kokonaisuuden tasolla (kts. Aalto ym. 2016). Laajimmassa mielessä tämä tarkoittaa myös kiertotaloutta eli materiaalien kierrättämistä ja hävikin minimointia kaikissa järjestelmän osissa sekä syntyvien jätteiden hyödyntämistä. EU:n resurssitiekartta 2050 odottaa, että 'kaikkia resursseja, niin raaka-aineita kuin energiaa, vettä,

⁶ 1500 miljardia Yhdysvaltain dollaria vuonna 2011.

ilmaa, maata ja maaperääkin, hoidetaan kestävästi' (Euroopan Komissio 2011: 3). Tässä analyysissä keskitymme käytännön syistä vain joihinkin keskeisiin tuotannon, verkon ja kulutuksen kysymyksiin.

Hyödyntämätön globaali energiatehokkuus-potentiaali on kansainvälisen energiajärjestö IEA:n vuoden 2012 'New Policies' -skenaariossa vuoteen 2035 mennessä noin 80 prosenttia sähkön tuotannossa, ja kulutuspuolella 80 prosenttia rakennuksissa sekä 60 prosenttia teollisuudessa ja liikenteessä (IEA 2014: 19). EU-alueella voidaan energiatehokkuutta kehittää kulutuspuolella eniten rakennuksissa ja liikenteessä (European Commission 2011a: 3). Suomessakin juuri kulutus ansaitsee erityishuomiota, kun energiapolitiikka on aiemmin ollut kovin tuotantokeskeistä.

Norjassa julkisrahoitteinen Enova edistää energiatehokkaita ratkaisuja maan 30 prosentin energiaintensiteetin vähennystavoitteen mukaisesti. Tämä sisältää muun muassa energiatehokkuusparannuksia rakennuksissa, jotka käsittävät 40 prosenttia Norjan kotimaisesta energiankulutuksesta. Uusien rakennusteknisten määräysten (TEK15) mukaiset passiivienegiatason rakennukset tulevat olemaan 15–20 prosenttia aiemmin vaadittua energiatehokkaampia (Det Kongelige... 2016: 202–208)

Suomen ja muiden EU-jäsenmaiden energiatehokkuustavoitteet ovat voimakkaasti unionin tasoisten tavoitteiden kehystämiä. Niihin kuuluu myös tuotteiden minimivaatimuksia ja energiamerkintöjä. Suomi tavoittelee energian loppukulutuksen kasvun taittamista siten, että kulutus vuonna 2020 olisi enintään 310 TWh (TEM 2013: 15). Vuonna 2015 loppukulutus oli 289 TWh (Tilastokeskus 2016). Vuoteen 2016 mennessä toteutettuihin energia- ja ilmastopoliittisiin toimiin jäädytetty perusskenaario odottaa vuodelle 2020 kaavailun kulutustason jatkumista vuoteen 2030 (TEM 2016a, b). Energiankulutus voi

tuotantorakenteesta johtuen pysyä korkeana, vaikka tehokkuutta parannetaan (kts. TEM 2014: 50–51). Energiatehokkuuden avulla tavoiteltavia energiansäästöjä voi syödä myös ns. 'rebound'-vaikutus, jossa parantuva tehokkuus rohkaisee kuluttamaan enemmän – eri arvioiden mukaan tämä vaikutus voisi olla jopa neljänneksen luokkaa autoilussa, lämmityksessä ja jäädytyksessä (Fawkes 2013: 72).

Suomi korostaa olemassa olevien kansallisten, EU-tason sitoumuksia jalkauttavien politiikkojen kauaskantoista vaikutusta. Näistä keskeisimpiä ovat EU-tasolla mielenkiintoa herättäneet energiakatselmukset ja energiatehokkuus-sopimukset sekä näitä palvelevat energiatuet (TEM 2013: 15; 2014: 50; 2016c: 16). Energiatehokkuussopimukset ovat pääsääntöisesti saavuttaneet 80 prosentin kattavuustavoitteen (Energiateollisuus 2016). Lisäksi mainitaan muun muassa liikenteeseen, verotukseen ja tiedotukseen liittyviä toimia. Kansallisena erityispiirteenä korostuu yhdistetty sähkön ja lämmön (kylmän) tuotanto (TEM 2013: 15; 2014: 51; 2016c: 17). Yhteistuotantoa halutaan edistää, mikäli se havaitaan kustannus- tai hyötysuhteeltaan parhaaksi vaihtoehdoksi. Lisäksi yhteistuotanto mahdollistaa puuperäisten resurssien 'kustannustehokkaan' käytön (TEM 2013: 35).

EU-politiikasta kumpuaa velvoite rakennusten energiatehokkuusparannuksista. Suomessa tämä on tulkittu kuluttajia suoraan koskevaksi tavoitteeksi uusien rakennusten lähes nollaenergiatasosta vuoden 2020 loppuun mennessä. Tätä on edeltänyt siirtymä rakentamisen energiamääräyksissä energiamuotokertoimiin. Niiden avulla eri energiamuodot pyritään yhtenäistämään vertailukelpoisiksi tehokkuuskannusteiden luomiseksi sekä energian tuotantomuodon valinnoissa että kulutuksessa. Käytännössä energiamuotokertoimien laskuperusteissa on huomattavasti kehittämisen varaa.⁷

⁷ Energiamuotokertoimet sekoittavat eri energianlähteet ja siirtotavat (sähkö, lämmin vesi). Kertoimet perustuvat osittain uusiutumattoman primäärienergian käyttöön. Kaukolämmön osalta käytetään valtakunnallista kerrointa, vaikka tosiasiasa

kaukolämpöä tuotetaan eri tavoin eri kunnissa. Sähkön osalta kytkös primäärienergiaan on vieläkin ongelmallisempi, sillä vuosikulutusta ratkaisevampaa on sähkön käytön aika ja sen aiheuttama tehon tarve.

Ruotsi odottaa energiankulutuksen olevan 20 prosenttia tehokkaampaa vuonna 2020 verrattuna 2008 tasoon. Tämä tapahtuisi lämmityksen sekä veden lämmitystarpeen vähenemisen myötä, johtuen asuntokannan parannustöistä sekä muun muassa lämpöpumppujen yleistymisestä. Muita keinoja ovat tehoon ja kulutusjoustoon perustuvat parannukset, energiaintensiivisen teollisuuden energiatehokkuusohjelma sekä energia-tehokkuutta ja kuluttajien joustavuutta edesauttavien palveluiden kehittäminen. Sähkön säästö nähdään osana energiatehokkuuden lisäämistä (Statens energimyndighet 2014; 'Ramöverenskommelse...' 2016). Ruotsissa energiatehokkuus nähdään laajana käsitteenä: puhutaan spontaanin energiatehokkuuden synnyn tukemisesta yhteiskunnassa. Energiatehokkuuteen pyritään eri ohjauskeinojen avulla, kuten sähkö-, energia- ja polttoaineverojen avulla (Regeringskansliet 2008: 50). Lisäksi Ruotsi pohtii informaatio-ohjauksen lisäämistä energiatehokkuuden parantamiseksi (Naturvårdsverket 2014: 6).

Tanskassa pyritään korvaamaan vanha infrastruktuuri 'kustannustehokkaasti'. Kun 2020-luvulla ajetaan alas vanhoja voimaloita, energiansäästöjen odotetaan mahdollistavan toimitusvarmuusongelmien välttämisen. Samalla lisääntyvän tuulivoiman sovittaminen verkkoon edellyttää älykkäiden verkkojen kehittämistä. Tehokkuus liitetään kilpailukykyyn, sillä se säästää valtion tulonsiirtoja ja tuo säästöjä. Energiansäästöillä halutaan myös varautua mahdollisiin energian hinnannousuihin tulevaisuudessa (Government of Denmark 2011a:4). Tehokkuus koskee myös rakennusten ja niiden käyttäjien kilpailukykyä. Rakennuskannan ajanmukaistamiseen varaudutaan tukijärjestelmällä. Tanska luo kannustimia myös yritysten energiansäästöön. Energiasäästöt voisivat laskelmien mukaan tuottaa yli 900 miljoonaa euroa vuoteen 2020 mennessä (Government of Denmark 2011a:4).⁸ Lisäksi Tanska ajaa EU-tason säätelyä laitteiden ja tuotteiden energiatehokkuuden edistämiseksi. Tanskan muista Pohjoismaista poikkeavat energian säästöä painottavat raportit tosin ovat

vuodelta 2011. Myös EU odotti tuolloin kaikissa skenaarioissaan 2030-luvulle nousevia sähkön hintoja (kts. European Commission 2011b).

Eräs verrattain vähän vielä Pohjoismaiden omissa 2030-visioissa huomioitu, mutta korkean potentiaalinen tehokkuustoimi on kysyntäjousto (kts. kuitenkin Statnett ym. 2016). Suomessa se nähdään markkinaperustaisena tehokkuusparannuskeinona, jota ei ole tarpeen edistää yksityiskohtaisella sääntelyllä (TEM 2015). Se liitetään kuitenkin esimerkiksi tehopiikkien hallintaan ja tuntihinnoitteluun, sekä toimitusvarmuuteen (TEM 2013, 2014). Työ kysyntäjoustopotentiaalinen valjastamiseksi on käynnissä asiantuntijatasolla. Muissa Pohjoismaissa hyödyntämistä jarruttaa tuntikohtaista kulutustietoa tuottavien sähkömittarien puutteellinen kattavuus. Kulutusjoustopotentiaalin täysimääräiseksi hyödyntämiseksi olisi syytä kartoittaa paitsi julkishallinnon ja kuntatason toimenpiteet, niin normiohjauksen lisäksi myös mahdollisimman suoraan tavalliset kuluttajat ja heille asiantuntijapalveluita tarjoavat alan toimijat (suunnittelu, asennus).

3.6 Entä toimitusvarmuus?

Norjalla ei vesivoiman ylijäämätuotantoaan vievänä maana ole naapuriensa kaltaisia huolia sähkön tai lämmön toimitusvarmuudesta. Pikemminkin naapurit laskevat osin Norjan säätövoiman varaan. Vaativiin luonnonolosuhteisiinsa viitaten Norja silti painottaa kuluttajien sähkönsaannin turvaamista säästä riippumatta. Maan sähkön tarve kasvaa sähköistettyä liikennettä suosivan tukipolitiikan myötä. Hallitus laskee silti maan henkilöautoliikenteen sähköistämisen olevan mahdollista jo nykyisen sähköntuotannon puitteissa. Kaikkiaan toimitusvarmuutta ja niiden edellyttämiä kulutusjoustoja halutaan ohjata markkinoiden antamalla hintasignaaleilla (Det Kongelige... 2016: 8, 209–210).

Suomella sähköntuotanto on ollut 2010-luvulla vuositason alijäämäistä. Siksi Suomella on nopeassa käyttöönottovalmiudessa olevista

⁸ 6,9 miljardia Tanskan kruunua v. 2011 laskettuna.

voimalaitoksista koostuva, valtion ylläpitämä tehoreservi kulutushuippujen kattamiseksi, erityisesti jos tuonnilla ei voida vastata tehontarpeeseen. Tehoreservin koko on 299 MW kesään 2017 asti. Tehontarpeen ohella Suomessa usein liitetään toimitusvarmuuteen omavaraisuus. Vuoden 2013 asiakirjassa Suomi tavoittelee omavaraisuutta sähköntuotannossa 2020-luvulla ydinvoiman ja pientuotannon avittamana (TEM 2013: 13). Vuoden 2014 skenaarioissa täsmennetään Suomen tavoitteen koskevan sähkön tuotantoa vuositasolla 2050 mennessä. Sen sijaan kapasiteetti- ja teho-omavaraisuus nähdään merkittäviä kustannuksia aiheuttavana (TEM 2014: 25). Sipilän hallitusohjelmassa tavoitellaan 55 prosentin omavaraisuutta uusiutuvassa energiassa 2020-luvulla. Tavoite sisältää turpeen (Valtioneuvoston kanslia 2015: 23), joskin Komission Energiaunionin edistymistä koskevan tiedonannon mukaan turpeen energiakäyttöä vähennetään kolmanneksella vuoteen 2025 mennessä (European Commission 2015c). Vaikka Suomen eri yhteyksissä esittämät tavoitteet vaihtelevat, niitä yhdistää taustalla oleva pyrkimys vähentää riippuvuutta tuonnista Venäjältä. Vuonna 2015 Venäjältä tuotujen polttoaineiden osuus energian loppukulutuksesta oli 45 % (Tilastokeskus 2016). Sähköntuotannon osuus Venäjältä on jo voimakkaan kutistuva.

Ruotsilla on myös tehoreservi. Kesän 2016 ydinenergiaveron alentamispäätös (kts. yllä osio 3.3) tehtiin juuri toimitusvarmuussyistä, samalla kun vaihteleva uusiutuva tuotanto kasvaa. Ruotsi ei silti näe omavaraisuusastetta tärkeäksi normaalioloissa (Statens energimyndighet 2015). Pullonkaulojen poistaminen maan sisäisestä sähkönsiirrosta, siirtoyhteyksien kehittäminen, kuten esim. NordBalt-projekti ja kulutusjoustot mainitaan toimitusvarmuuden parannuskeinoina (Regeringskansliet 2008: 25; Statens energimyndighet 2015).

Tanska rakentaa omaa strategista tehoreserviään, mutta odottaa Komission hyväksyntää aikaisintaan vuonna 2017. Syynä ovat jo yli 40

prosenttia sähköstä kattavan tuulivoima-tuotannon tuomat toimitusvarmuusriskit. Niitä pyritään kontrolloimaan siirtoyhteyksiä vahvistamalla. Suunnitelma yhdistää Kriegers Flakin offshore-tuulivoiman tuotantoalue Saksaan 400 MW:n kaapelilla on parhaimmillaankin vain osaratkaisu, koska Saksassa ja Tanskassa tuulivoiman ylijäämätuotanto on usein samanaikaista. Tanska näkee toimitusvarmuuden silti viime kädessä globaalina tulevaisuuden haasteena (esim. Government of Denmark 2011b: 51). Tanska painottaa siirtoyhteyksien kehittämistä ulkomaille sekä tuotannon ja kulutuksen joustavuuden edistämistä myös toimitusvarmuuden näkökulmasta (Klima-, energi- og bygningsministeriet 2015: 5).

Kaikki neljä Pohjoismaata tavoittelevat siis toimitusvarmuusparannuksia kukin omista lähtökohdistaan. Norjan huolet ovat pohjois-maisessa vertailussa pieniä. Toistaiseksi suurimmat kapasiteettiongelmat ovat Suomessa, Etelä-Ruotsissa ja Itä-Tanskassa. Seuraavien 5–10 vuoden aikana suljettaneen useita fossiilisia polttoaineita (ja turvetta) käytäviä, säätövoimaa tarjoavia laitoksia näissä maissa. Tanska näkee toimitusvarmuuden heikentyvän lisääntyvän tuulivoiman ja sen aiheuttaman tehonvaihtelun ja vanhojen voimalaitosten alasajon myötä.⁹ Maa on toistaiseksi vuositasolla lähellä omavaraisuutta sekä energian että sähkön tuotannossa. Ruotsi tuo polttoaineita, mutta useimpina vuosina vie nettomääräisesti sähköä. Se ei silti tavoittele omavaraisuutta. Suomen omavaraisuustavoite kumpuaa sekä polttoaineiden että sähkön tuonnista.

Mikäli kaikki Pohjoismaat pyrkisivät omavaraisuuteen vuositasolla, suuntaisi se todennäköisesti enemmän huomiota pohjois-eurooppalaisen ja yhteiseurooppalaisen sähkömarkkinan kehittämiseen pohjoismaisen yhteistyön laajenuksena. Osin näin onkin tapahtumassa, kun useat EU-maat pyrkivät pitkällä aikavälillä korvaamaan tuonti-polttoaineita kotimaisella uusiutuvalla tuotannolla. Samalla silti yhdentyvät sähkö-markkinat ovat pitkään olleet EU-politiikan

⁹ Joulukuussa 2015 Tanska onnistuneesti kokeili kaikkien vanhojen voimalaitosten hetkellistä irrottamista verkosta.

keskiössä. Vuositasonkin omavaraisuuden oloissa tarvittaisiin lisääntyvän uusiutuvan tuotannon myötä sähkönsiirtoa maiden välillä tuotannon ja kysynnän vaihtelun tasaamiseksi. Omavaraisuustavoite voi kuitenkin laskea pohjoismaisen ja laajemman sähköjärjestelmän resurssi- tehokkuutta. Yleensä integraation vastakohtana omavaraisuustavoite johtaa miniatyyrimäisiin, tehottomiin ratkaisuihin. Kysymys onkin lisätutkimuksen arvoinen.

4. Päätelmät

4.1. Havainnot: valtaosin kansallisia polkuja pitkin 2030-luvulle

Tanska, Norja ja Ruotsi ovat kukin asettaneet kansallisia tavoitteita, jotka puskevat pohjoismaista tavoitetta hiilineutraalista energiajärjestelmästä vuoteen 2050 mennessä määrätietoisesti eteenpäin (kts. liite 1). Norja on Pariisin ilmastokokouksen jälkimainingeissa asettanut nettonollatavoitteen päästöille kotimaisessa energiantuotannossa vuodelle 2030, muttei laske tähän mukaan merellä tapahtuvan öljyn ja kaasun tuotannon aiheuttamia päästöjä, ja joutunee kattamaan osan tavoitteestaan päästökaupalla. Sähköntuotanto on maassa ollut jo pitkään lähes kokonaan uusiutuviin lähteisiin perustuvaa. Tanska asetti jo 2011 kunnianhimoisen päästövähennystavoitteen ja uusiutuvan energian 100 prosentin tavoitteen sähkön ja lämmön tuotannossa 2030-luvulle. Viimeisimpänä Ruotsi pyrkii täysin uusiutuvasti tuotettuun sähkөөn ja lämpөөn jo 2040, vaikka varaakin mahdollisuuden myös ydinvoimalle. Suomen vastaus Pariisin kokouksen uusiin päästövelvoitteisiin on keskustelun kohteena sekä EU-tasolla että kotimaan politiikassa. Uusiutuvien energialähteiden osalta hallitusohjelman pyrkimys yli 50 prosentin osuuteen 2020-luvulla on naapureita vaatimattomampi.

Tutkimus-, kehitys- ja osaamistavoitteissa kukin haluaa sijoittaa kasvavaan cleantech-alaan. Silmiinpistävää on kansallisten intressien ohjaama erikoistuminen tietyille poluille Norjassa (erityisesti CCS) ja Tanskassa (voimakkaasti yritysrahoitettu tuulivoima). Tanska hajautetumpaa järjestelmää jo rakentaneena puhuu muita suuremmin myös teknologioiden käyttäjien ja

pientuottajien osallistamisesta ja tiedottamisesta. Suomessa ja Ruotsissa teknologianeutraaliuden rinnalla käytännössä edistetään erityisesti bioenergiasektoria, vaikka Suomessa alan kasvu-mahdollisuuksia myös epäillään.

Hiilineutraalin tuotannon ja kulutuspuolen ratkaisujen edesauttamiseksi markkinoille kukin maa harjoittaa vahvan EU-sääntelyn puitteissa omaa tuki- ja verotuspolitiikkaa. Keskipitkän tähtäimen suunnitelmat tarkentuvat jatkuvasti kussakin maassa välillä varsin nopeassa tahdissa, samalla kun EU-tason uusiutuvan energian politiikka on pääasiassa teknologianeutraalia. Norja on hiljalleen irtautumassa Ruotsin lanseeraamasta uusiutuvan tuotannon sertifikaattijärjestelmästä ja priorisoi sähköistä tieliikennettä. Samalla Norja kehittää meriliikenteen sähköistämistä satamissa sekä maakaasun käyttöä liikenteen polttoaineena. Myös Suomen selkeimmät tavoitteet kohdistuvat liikenteeseen, jossa uusiutuvien polttoaineiden osuuden tavoite on 40 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. Ruotsi odottaa vaihtelevan uusiutuvan tuotannon lisääntyvän, ja mahdollisia ongelmia tasatakseen poistaa ydinvoimaa rankaisevan tehoveron asteittain. Tanska tukee merelle sijoitettua tuulivoimaa ja pyrkii ohjaamaan kuluttajien ja yritysten ratkaisuja tuilla, verohelpotuksilla ja neuvonnalla. Tanska puhuu asiakirjoissaan suoraan koko yhteiskunnalle.

Norjan ja erityisesti Tanskan tavoittelema uusi energialiiketoiminta on vientihakuisempaa ja omia kansallisia vahvuusalueita tukevampaa kuin teknologianeutraaliuteen kallellaan olevissa Ruotsissa ja osin myös Suomessa. Tanska panostaa kotimarkkinan luomiseen ja jälleen kerran pienuottajien sekä kansalaisten kilpailukykyyn ja osallistamiseen. Suomessa katsotaan liiketoimintaa sähkön viime vuosien matalien hintojen kautta. Niiden nähdään sulkevan olemassa olevia valtaosin fossiilisen tuotannon yksiköitä, jarruttavan suurinvestointeja ja passivoivan kansalaisia ja kuluttajia, vaikka ne samalla toteuttavat energian suurkuluttajien pitkäaikaisia intressejä. Energiapolitiikan tuotantokeskeisyys ja kuluttajien ymmärtäminen rationaalisina, lähinnä hintoihin reagoivana toimijana voi piilottaa meneillään olevan energiamurroksen tuomia

liiketoimintamahdollisuuksia. Niistä monet ovat paitsi Suomessa, niin myös globaalisti kotitalouksille ja yrityksille tarjottavissa konsepteissa, ratkaisuisa ja laitteissa.

Tehokkuustavoitteissa kaikki neljä Pohjoismaata jalkauttavat EU- ja pohjoismaisella tasolla sovittuja tavoitteita energiatehokkuuden lisäämiseksi erityisesti rakennuksissa. Norja tavoittelee energiaintensiteetin 30 prosentin vähennystä. Ruotsi puhuu koko yhteiskunnan kattavasta tehokkuudesta. Tanska hakee säästöjä valtiolle, yrityksille ja kuluttajille ja sitä kautta kilpailukykyä koko yhteiskunnalle. Suomi korostaa jo olemassa olevien, pääasiassa yrityksiin ja julkisyhteisöihin kohdentuvien toimien tehokkuusvaikutusta sekä kansallisena erityispiirteenä yhdistettyä sähkön ja lämmön tuotantoa.

Norjan toimitusvarmuustavoitteet liittyvät maan haastavien luonnonolojen asettamiin sisäisiin haasteisiin. Ruotsi laskee ydinenergian tehoeroa toimitusvarmuussyistä ja kehittää maan sisäisiä siirtoyhteyksiä. Tanska näkee rohkean uusiutuvan tuotannon politiikkansa haastavan toimitusvarmuuden, lisää siirtoyhteyksiä ja perustaa tehoreserviä, jollainen Ruotsilla ja Suomella jo on. Suomen erityistavoitteena eniten energian kokonaistuonnista riippuvaisena on samalla lisätä omavaraisuutta. Eniten tämä koskee riippuvuuden vähentämistä Venäjältä.

Kaiken kaikkiaan neljän Pohjoismaan 2030-tavoitteet ovat globaalien, EU-tason ja pohjoismaisten velvoitteiden kehystämiä, mutta myös korostetun kansallisia ja kansallisten eturyhmien intressien ja vahvuusalueiden ohjaamia. Norjan sähköenergiajärjestelmän ratkaisut ovat silti selvimmät ja muutoshasteet muita vähäisemmät. Samalla se on tehnyt rohkeita liikenteen energiaratkaisuja. Norjan runsas sähköntuotanto, kaasuarat ja sähköviennin potentiaali mahdollistaa norjalaisen yhteiskunnan energiasiirtymän. Se ei silti välttämättä ole pitkällä aikavälillä yhtä korkeatuottoinen kuin Tanskan tietoisien muutoksen riskialttiimpi ja myös kuluttajille kallis tavoitteenasettelu. Norja voi Tanskaa voimakkaammin rahoittaa energiasiirtymäänsä fossiilisten polttoaineiden

vientituotoista. Ruotsin ja Suomen valinnat kohtaavat suurimmat muutospainet.

4.2 Suositukset: kannattaako pohjoismaista yhteistyötä lisätä, ja millä alueilla?

- On syytä syventää jo käynnissä olevaa pohjoismaisten kantaverkkoyhtiöiden yhteistyötä energiamarkkinoiden ja infrastruktuurin kehittämiseksi. Yhteistyötä kannattaa myös harkitusti laajentaa. Se voi ehdotetusti kattaa paitsi sääntelyn ja energiayritykset (kts. Statnett ym. 2016), niin myös ulottua laajemmalle energiapoliittiseen koordinaatioon Pohjois-Euroopan kasvavan keskinäisriippuvuuden huomioimiseksi. Rajat ylittävien siirtoyhteyksien vauhdittamiseksi voisi harkita, onko nykyinen, viime kädessä kahdenvälinen neuvottelupohja riittävä. Nyt kukin Pohjoismaa tekee yhteiseen Nord Pool -markkinaan ja toimitusvarmuuteen vaikuttavia ratkaisuja lisätessään vientipotentiaalia (Norja) tai vaihtelevaa uusiutuvaa tuotantoa. Näitä ratkaisuja tulee koordinoita sekä pohjoismaisella että pohjoiseurooppalaisella tasolla.
- Kun kysyntäjousto on sekin kaikille yhteinen haaste, sen toteuttamistapoja on syytä tarkastella yhdessä. Tämä voi sisältää joustojen toteutustapojen teknologisen ja taloudellisen vertailun. On tunnistettava tapoja, joilla joustot integroidaan luontevaksi osaksi energiamarkkinoita ja energialiiketoimintaa (vrt. Statnett ym. 2016). Pohjoismainen koordinaatio voisi sisältää kysyntäjouston edellyttämän tuntipohjaisen sähkönkulutuksen mittausteknologiat ja -käytännöt sekä kuluttajien osallistamisen. Suomen ohella muillakin Pohjoismailla, erityisesti Tanskalla on intressi kehittää tuntipohjaista laskutusta sen mahdollistavien mittareiden ollessa jo laajalti käytössä. On pohdittava, onko EU-tasolla keskusteltava 15 minuutin mittausjaksotus tavoiteltava päämäärä.
- Maakaasun, biokaasun ja 'power to gas' -ratkaisujen potentiaali varastona

enemmän vaihtelevaa uusiutuvaa tuotantoa sisältävässä järjestelmässä kannattaisi kartoittaa pohjoismaisella tasolla. Näin yhdistettäisiin Norjan maakaasusektorin vahvuudet Tanskan ja Suomen biokaasuosaamiseen, samalla kun tasattaisiin 'power to gas' -kokeilujen kustannusriskejä. Pitkän tähtäimen maakaasuratkaisuissa hiilen talteenotto tulee tärkeäksi. Niissä Norjan kärkiaseman hyödyntämistä jarruttavat esimerkiksi Suomelta puuttuvat luonnolliset geologiset varastot, joita löytyy Norjasta ja Tanskasta.

- Kukin neljästä Pohjoismaasta tavoittelee rakennuskannan energiatehokkuusparannuksia EU-tavoitteiden mukaisesti, mutta niitä kansallisesti tulkiten. Kun monet haasteet ovat ilmastoyistä ja yhdyskuntarakenteesta johtuen melko samankaltaisia, ja kun samat rakennusalan suuryritykset toimivat useissa Pohjoismaissa, ongelmia sekä parhaita konsepteja ja käytäntöjä voisi tarkastella yhteisesti. Energiatehokkuuden parantaminen ja resurssitehokkuuden lisääminen edellyttävät uusia automaatiotratkaisuja ja näkökulman siirtämistä rakennusten lämmittämisestä energian kokonaiskäyttöön. Laajimmassa mielessä ymmärretyn resurssitehokkuuden edellyttämää kiertotaloutta Pohjoismaat pohtivat vielä melko vähän vuoden 2030 energijärjestelmiä kehittäessään.
- Sähköisen liikenteen ratkaisujen kehittämisessä erityisesti osana sähköverkkoa on valjastamatonta yhteistyöpotentiaalia. Innokkaimmin sähköistä liikennettä kehittää vahvan sähköntuotantokapasiteetin omaava Norja. Autoteollisuudeltaan pohjoismaisittain vahva Ruotsi ja sen ohella verkkoautomaatiota kehittävät Suomi ja Tanska voisivat tarjota pohjoismaista lisäarvoa. Sähköisten ajoneuvojen akut tarjoavat merkittävän tehoreservin järjestelmän resurssitehokkuuden parantamiseksi, joustojen ja varastojen edistämiseksi sekä toimitusvarmuuden hallitsemiseksi. Pohjoismainen yhteistyö voisi myös

aikanaan tarjota kustannustehokkaan ja riskejä tasaavan tavan kartoittaa kanta vehicle-to-grid (V2G) ja vehicle-to-home (V2H) -ratkaisuihin.

- Paikallisiin uusiutuviin energialähteisiin ja niitä hyödyntävien energiasaarekkeiden potentiaali haja-asutusalueilla ja verkon rakentamisen ja ylläpidon kannalta haasteellisilla alueilla tulee kartoittaa paitsi pohjoismaisena ja kotimaisena ratkaisuna, niin myös vientikonseptina ja -tuotteena. Vastaavan kaltaisia energia- ja tehoomavaraista paikallisia ratkaisuja voidaan luoda myös haja-asutusalueiden kyliin, suurempiin taajamiin tai yksittäisinä kiinteistöinä myös kaupunkiin.
- Kun sähköenergiajärjestelmissä korostuu kokonaisuus ja sen hallinta, ja kulutuspuoli tulee keskeisemmäksi, tarvitaan lisää koko yhteiskuntaa koskevaa politiikan, ohjailun, sääntelyn ja kuluttajien valinnat huomioivaa monitieteistä energia-tutkimusta, myös Pohjoismaiden tasolla.
- Pohjoismaisen yhteistyön edistämiseksi tarvitaan vertailukelpoista tilastotietoa paitsi energioista, niin erityisesti tehoista. Erityisesti Norjan kohdalla julkisesti saatavissa oleva tilastotieto on usein vertailukelvotonta mittauskohteidensa ja mittayksiköidensä osalta. Tämä edesauttaisi tulevaisuuden ratkaisujen läpinäkyväksi tekemistä myös kansalaisille.

4.3 Suositukset: mitä Suomi voi oppia muilta Pohjoismailta?

- Kun 2030-luvun sähköenergiajärjestelmissä korostuvat hajautus, kuluttajien ja pientuottajien osallistaminen sekä laitteiden ja ratkaisujen rooli uusien suurvoimaloiden sijaan, on syytä tarkastella Tanskan tavoitteiden ja kokemusten soveltuvuutta Suomeen.
- Tanskalaisissa asiakirjoissa puhutaan suoraan ja visionaarisesti sekä kansainvälisille yleisöille että kotimaisille kuluttajille ja kansalaisille, lukijaystävällisillä esimerkeillä ja taulukoilla

havainnollistaen. Suomen strategiset asiakirjat jäävät varsin vieraksi jopa monille asiantuntijoita ja ovat osin suunnattuja toisille viranomaisille, kun taas Motiva vastaa kuluttajaohjauksesta. Yhteyksiä näiden kahden erilaisen viestintätavan välillä voisi tiivistää ja raja-aitaa liudentaa. Näin korkean tason asiakirjoja voitaisiin jalkauttaa käytäntöön vaikkapa rakennusten energiajärjestelmien suunnittelijoille ja toteuttajille. Myös koulujen oppimateriaaleissa voitaisiin pyrkiä ennakoimaan tulevaisuuden energiajärjestelmän käyttäjien tietotarpeita.

- Suomen uusiutuvan energian tukipolitiikka on liikkumassa teknologianeutraaliuden suuntaan, joka on toistaiseksi ollut Ruotsin valinta. Samalla Sipilän hallitus panostaa biotalouteen kärkihankkeena jo aiemmin vahvan bioenergian tutkimuksen ja kehityksen julkisrahoituksen jatkoksi. Teknologianeutraalius voi olla eduksi ns. 'myöhäisen soveltajan' (late adopter) mallissa, jossa odotetaan voittavan teknologian esiinmarssia ennen laajamittaista omaa panostusta. Erityisesti omaa järjestelmää kehitettäessä teknologianeutraalisuus tasaa yhteiskunnan riskejä. Tanskan mallin mukaisesti voitaisiin silti pohtia, millä edellytyksillä ja riskeillä rakennetaan vahvoja aloja kotimarkkinoita hyödyntäen ja vientituotteita kehittäen.
- Bioenergian alalla eräs esimerkki kotimarkkinoilta ponnistavasta vientituotteesta voisi olla lentoliikenteen (ja laivaliikenteen) biopolttoaineet. Erityisesti lentoliikenteessä tarvitaan polttoaineita vielä pitkään, jolloin liiketoimintariski väärästä teknologiavalinnasta sähköisen

liikenteen ja biopolttoaineiden välillä on pienempi kuin maantieliikenteessä. Kestävä ja pitkällä aikavälillä hyväksyttävä liiketoiminta tällä alueella on resurssi- tehokasta, vähentää ilmastovaikutuksia korvaamiinsa fossiilisiin polttoaineisiin nähden ja huomioi vaikutukset luonnon monimuotoisuudelle raaka-aineiden tuotannossa. Samalla koko bioenergia-sektorin on huomioitava EU-tason sääntely hiilinielujen ja puun käytön kohtelulle. Nämä varauksetkin huomioiden Suomi voisi rohkeammin kartoittaa biopolttoainesektorin teknologia- vientipotentiaalia Aasiassa.

- Suomessa keskustelussa on eroteltava toisistaan selkeämmin toimitusvarmuuskysymykset ja omavaraisuuspyrkimykset energia-poliittisina tavoitteina. Toimitusvarmuus ansaitsee huomiota erityisesti tehon riittävyyden näkökulmasta enemmän vaihtelevaa uusiutuvaa tuotantoa sisältävässä järjestelmässä myös koko Pohjois-Euroopan tasolla.
- Omavaraisuus kansallisella tasolla ei ole resurssi- tai kustannustehokas tavoite, kun EU-tasolla pyrkimys on kohti yhtenäisempiä markkinoita ja jos runsaasti edullista uusiutuvaa tuotantoa on saatavissa erityisesti pohjois-eurooppalaiselta markkinalta. Jos järjestelmää muuten halutaan ohjata pääasiassa markkinaehtoisesti tai ainakin eri ratkaisujen välistä kilpailua edistämällä, on omavaraisuusvaihtoehtojen kustannusvaikutukset selvennettävä tai tavoitetta tarkasteltava uudelleen.

Liite 1: Norjan, Suomen, Ruotsin ja Tanskan keskeisimmät 2030-tavoitteet

	NORJA	SUOMI	RUOTSI	TANSKA
Uusiutuvien energianlähteiden osuus energian loppukulutuksesta v. 2020–40	2020: 67,5 %	2020: 38 % 2030: yli 50 %	2020: 50 % (saavutettu) 2040: 100 % sähköntuotannosta	2020: 50 % sähköstä tuulivoimasta 2035: 100 % sähköstä ja lämmöstä
Päästövähennystavoite (omat vähennykset ja investoinnit ulkomaille)	2030: hiilineutraalius	2050: hiilineutraalius	2020: 40 % vähennys päästökauppaan kuulumattomissa päästöissä v. 1990 verrattuna; 2045: hiilineutraalius	2020: 40 % vähennys kokonaispäästöissä v. 1990 verrattuna; 2050: hiilineutraalius
Päästövähennystavoite (Euroopan Komissio)^a	–	2030: 39 %	2030: 40 %	2030: 39 %
Tutkimus-, kehitys- ja osaamistavoitteet	Vesivoima, aurinkoenergia, offshore-tuulivoima, energiatehokkuus, joustavat energiaratkaisut, hiilidioksidin talteenotto ja varastointi	'Cleantech', erityisesti bioenergia; demonstraatiot	Teknologianeutraalius (sis. prosessitekniikka, hiilidioksidin talteenotto), käytännössä bioenergia keskeinen; demonstraatiot	Tuulivoima, liikenne, energiavarastot, älyverkot, uusiutuvan energian paikallisratkaisut, bioenergia, polttokennot; demonstraatiot; kotitalouksien ratkaisut
Energiamarkkinat: eri resurssien rooli 2020/2030; uusiutuvan tuotannon tuet	Vesivoima dominoiva sekä tuotannossa että varastoinnissa; irti uusiutuvan tuotannon sertifiointijärjestelmästä	Ydinvoima erittäin merkittävä, bioenergia tärkeä; uusiutuvan tuotannon tuki teknologianeutraaliksi	Ydinvoimalle jatkolupa; pääpaino uusiutuissa, erit. vesivoima ja bioenergia; uusiutuvan tuotannon tuki sertifiointijärjestelmällä	Tuulivoima erittäin merkittävä; bioenergia tärkeä; offshore-tuulivoiman ja biokaasun tuet
Energialiiketoiminta: sidokset talouteen, työllisyyteen ja verotukseen	Säätösähkön (vesivoiman) vientipotentiaalinen lisäys; pientuottajien aggregointi, varastot ja palvelut; sähköisen liikenteen ratkaisut, verohelpotukset; hiilen talteenoton ja varastoinnin kaupallistaminen; energia- ja hiilidioksidiverot	Työpaikkoja cleantech- ja bioenergiasektorille ml. vienti, matalat sähkön hinnat nähdään investointien esteenä; biopoltoaineet, vähäpäästöinen liikenne; energia- ja hiilidioksidiverot	Työpaikkoja uusien tuotteiden ja palveluiden myötä mm. cleantech- ja bioenergiasektorille; energia- ja hiilidioksidiverot, verohelpotuksia biopoltoaineille	Työpaikkoja mm. energiatehokkuuden ja biokaasun sektoreilla; korkeat energiaverot sekä hiilidioksidivero, verohelpotuksia energiatehokkuuden parannuksille
Energiaresurssien käytön tehokkuus	Energiaintensiivisyyden 30 % vähennys	Energiakatselmuksien, -tehokkuussopimukset ja -tuet; sähkön ja lämmön yhteistuotanto; energiankulutus voi pysyä korkeana myös tehokkuuden lisääntyessä	Asuntokannan kohentaminen, joustot, energiaintensiivisen teollisuuden energiatehokkuusohjelma; tehokkuus laajasti ymmärretty, koskee myös energian säästöä	Energiatehokkuuden tehostaminen esim. rakennuksissa ja yrityksissä; energian kulutuksen vähentäminen
Toimitusvarmuus, ml. tuonti vs. vienti	Ei tuontiriippuvuutta; siirtoyhteyksien laajentaminen vientimarkkinoille; maan sisäinen toimitusvarmuus korostuu luonnonolojen johdosta	Tehoreservi; omavaraisuuden nosto keskeistä Venäjä-riippuvuuden johdosta ydinvoiman, pientuotannon ja uusiutuvan energian avulla; tavoite yli 55 prosenttia kotimaista uusiutuvaa 2030 mennessä, sis. turve	Tehoreservi; ydinvoiman jatkolupa 2016 vaihtelevaa uusiutuvaa tuotantoa lisättäessä; siirtoyhteyksien kohentaminen maan sisällä ja rajojen yli; kulutusjoustot	Tehoreservi rakenteilla lisääntyvän tuulivoiman takia; siirtoyhteydet; tuotanto- ja kulutusjoustot

a = Heinäkuun 2016 esitys vuoteen 2030 mennessä päästökauppaan kuulumattomissa päästöissä verrattuna v. 2005.

Viitteet

Aalto, P., Harsia, P., Heljo, J., Ihonen, J., Holttinen, H., Järventausta, P., Kojo, M., Konttinen, J., Krohns-Välimäki, H., Kulma, A., Lehtonen, P., Lummi, K., Rautiainen, A., Reipala, O., Repo, S., Rönkko, T., Vilkkö, M., Toivanen, P., Valkealahti, S. (2016) 'Miten toteutetaan resurssitehokkaampi ja ilmastoneutraali sähköenergiajärjestelmä? EL-TRAN Analyysit 1/2016 <https://el-tran.fi/analyysit/>.

Corsatea, T.D., Fiorini, A., Georgakakoi, A., Lepsa, B.N. (2015) Capacity Mapping: R&D Investment in SET-Plan Technologies. European Commission, JRC Science and Policy Report.

Dagens Nyheter (2016) Alla Sveriges kärnkraftverk kan stängas. 7.1.2016. <http://www.dn.se/ekonomi/vattenfall-alla-sveriges-karnkraftverk-kan-stangas/>

Det Kongelige olje- og energidepartementet (2016) Kraft til endring. Energipolitikken mot 2030. Meld. St. 25. <https://www.regjeringen.no/contentassets/31249efac6425cab08130b35ebb997/no/pdfs/stm201520160025000dddpdfs.pdf>

Energi21 (2014) Strategy 2014 – National Strategy for Development, Demonstration and Commercialisation of New Energy Technology. http://www.energi21.no/prognett-energi21/National_strategy/1254009661334

Energiatollisuus (2016) Energiavuosi 2015: sähkö. <http://energia.fi/kalvosarjat/energiavuosi-2015-sahko>

Euroopan Komissio (2011) Etenemissuunnitelma kohti resurssitehokasta Eurooppaa. KOM (2011) 571 lopullinen. 20.9.2011, Bryssel. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0571&from=EN>

European Commission (2011a) Energy Efficiency Plan 2011. COM (2011) 109 final. 8.3.2011, Brussels. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0109&from=EN>

European Commission (2011b) Energy Roadmap 2050. COM (2011) 885 final. 15.12.2011, Brussels. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0885&from=EN>.

European Commission (2015a) Guidance to Member States on National Energy and Climate Plans as Part of the Energy Union Governance: Annex to the State of the Energy Union. COM (2015) 572 final. 18.11.2015, Brussels. http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ebdf266c-8eab-11e5-983e-01aa75ed71a1.0008.03/DOC_5&format=HTML&lang=EN&parentUrn=CELEX:52015DC0572

European Commission (2015b) Country Factsheet Denmark: Accompanying the Document State of the Energy Union. SWD (2015) 221 final. 18.11.2015, Brussels. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52015SC0221&from=EN>

European Commission (2015c). Country Factsheet Finland: Accompanying the Document State of the Energy Union. SWD (2015) 223 final. 18.11.2015, Brussels. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52015SC0223&from=EN>

'Ett bonus-malus -system för nya lätta fordon' (2016). http://www.regeringen.se/contentassets/e38bb79787714469bc0a1a519669cf7a/sou-2016_33-webb.pdf

'Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige' (2016). http://www.sou.gov.se/wp-content/uploads/2016/03/SOU_2016_21_webb.pdf

Farahmand, H., Jaehnert, S., Aigner, T., Huertas-Hernando, D. (2015) Nordic Hydropower Flexibility and Transmission Expansion to Support Integration of North European Wind Power. *Wind Energy*, vol 18 (6), pp. 1075-1103.

Fawkes, S. (2013) *Energy efficiency: The definitive guide to the cheapest, cleanest, fastest source of energy*. Gower.

Fingrid (2016) Sähkömarkkinat korjauksen tarpeessa – mitä voimme tehdä? <http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankohtaista%20liitteet/Lehdist%C3%B6tiedoteliitteet/2016/FINGRID-Sahkomarkkinat-tulevaisuus-2016-WEB.PDF>

Fouquet, R., Pearson, P.J.G. (2012) Past and Prospective Energy Transitions: Insights from History', *Energy Policy*, vol. 50, pp. 1-7.

Government of Denmark (2011a) Our Future Energy. <http://www.efkm.dk/sites/kebmin.dk/files/news/secure-ring-denmarks-energy-future/our%20future%20energy.pdf>

Government of Denmark (2011b) Energy Strategy 2050 -- from Coal, Oil and Gas to Green Energy. <http://www.efkm.dk/sites/kebmin.dk/files/news/from-coal-oil-and-gas-to-green-energy/Energy%20Strategy%202050%20web.pdf>

Government of Norway (2015) 'Norwegian position on the proposed EU framework for climate and energy policies towards 2030'. <https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/UD/Vedlegg/Protokoll/141006-posisjonspapir-EU-klima-energi.pdf>

Government of Norway (2016) Carbon Capture and Storage – CCS. <https://www.regjeringen.no/en/topics/energy/carbon-capture-and-storage/id86982/>.

Government of Sweden (2015) Sweden's Initiative Challenges world to Go Fossil-Free. 26.11.2015. <http://www.government.se/articles/2015/11/sweden-s-initiative-challenges-world-to-go-fossil-free/>.

IEA Wind (2014) Annual Report 2014: Denmark. http://ieawind.org/annual_reports_PDF/2014/Denmark.pdf

International Energy Agency [IEA] (2014) *Capturing the Multiple Benefits of Renewable Energy*. Paris: OECD/IEA.

Kimura, F., Bhoumin, P., Jacobs, B. (2013) *Energy Market Integration in East Asia: Renewable Energy and Its Deployment into the Power System*. ERIA Research Project Report 2012, no. 26.

Klima-, energi- og bygningsministeriet (2015) Energipolitisk redogørelse 2015. Klima-, energi- og bygningsministerens redogørelse til Folketinget om energipolitikken. http://www.efkm.dk/sites/kebmin.dk/files/klima-energi-bygningspolitik/dansk-klima-energi-bygningspolitik/energipolitisk-redegoerelse/energipolitisk_redegoerelse_2015.pdf

Lovio, R., Liuksiala, L. (2016) Tilannekatsaus aurinkoenergiemarkkinoihin. Esitys Finnsolar-seminaarissa 18.2.2016.

Moe, E. (2014) Vested Interests, Energy Policy and Renewables in Japan, China, Norway and Denmark. Teoksessa Moe, E. & Midford, P., *The Political Economy of Renewable Economy and Energy Security: Common Challenges and National Responses in China, Japan and Northern Europe*, pp. 276-317. Palgrave Macmillan.

Naturvårdsverket (2014) Underlag till kontrollstation 2015. Analys av möjligheterna att nå de av riksdagen beslutade klimat-och energipolitiska målen till år 2020. Naturvårdsverkets och Energimyndighetens redovisning av uppdrag från regeringen. <https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2014/kontrollstation-2015-huvudrapport.pdf>

Nordic Energy Research (2013) Nordic Energy Technology Perspectives. <http://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2013/02/Nordic-Energy-Technology-Perspectives.pdf>

Nordic Energy Research (2016) Nordic Energy Technology Perspectives. <http://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2016/04/Nordic-Energy-Technology-Perspectives-2016.pdf>

Pohjolan voima (2016) 'Omakustannushintainen Mankalatoimintamalli lisää kilpailua sähköntuotannossa'. <http://www.pohjolanvoima.fi/filebank/24403-Mankalatoimintamalli.pdf>

'Ramöverenskommelse mellan Socialdemokraterna, Moderaterna, Miljöpartiet de gröna, Centerpartiet och Kristdemokraterna' (2016). 10.6.2016. <http://www.regeringen.se/contentassets/b88f0d28eb0e48e39eb4411de2aabe76/energioverenskommelse-20160610.pdf>.

Ratinen, M., Lund, P. (2015) Policy Inclusiveness and Niche Development: Examples from Wind Energy and Photovoltaics in Denmark, Germany, Finland and Spain. *Energy Research & Social Science*, vol 6, pp. 136-145.

Regeringskansliet (2008) Regeringens proposition 2008/09:163. En sammanhållen klimat- och energipolitik. <http://www.regeringen.se/contentassets/dfa4a54e2a1c46758aa8f34ad50a6c2e/prop.-200809163-en-sammanhallen-klimat--och-energipolitik--energi>

Reuters (2016) Norway Brings Forward Carbon Neutrality Goal to 2030. 7.6.2016. (<http://www.reuters.com/article/us-norway-climatechange-idUSKCN0YT1KM>)

Rocha, M., Sferra, F., Schaeffer, M., Roming, N., Ancygier, A., Parra, P., Cantzler, J., Coimbra, A., Hare, B. (2016) What Does the Paris Climate Agreement

Mean for Finland and the European Union? Technical report, Climate Analytics GmbH, June 2016.

Ruostetsaari, I. (2010) *Energiavalta: eliitti ja kansalaiset muuttuvilla energiamarkkinoilla*. Tampereen yliopisto.

Salomón, M., Savola, T., Martina, A., Carl-Johan Fogelholm, C-J., Fransson, T. (2011) Small-scale biomass CHP plants in Sweden and Finland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol 15 (9), pp. 4451-4465.

Smil, V. (2015) *Natural Gas: Fuel for the 21st Century*. Wiley.

Statens energimyndighet (2014) Scenarier över Sveriges energisystem. 2014 års långsiktiga scenarier, ett underlag till klimatrapportering. <http://www.energimyndigheten.se/sokside/?query=Statens+energimyndighet+%282014%29+Scenarier+%C3%B6ver+Sveriges+energisystem.+2014+%C3%A5rs+%C3%A5ngsiktiga+scenarier%2C+ett+underlag+till+klimatrapportering>.

Statens energimyndighet (2015) Energiindikatorer 2015. Uppföljning av Sveriges energipolitiska mål. <http://www.energimyndigheten.se/sokside/?query=energiindikatorer>

Statnett, Fingrid, Energinet.DK, Svenska kraftnät (2016) Challenges and Opportunities for the Nordic Power System. <http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankohtaista%20liitteet/Ajankohtaisten%20liitteet/2016/Report%20Challenges%20and%20Opportunities%20for%20the%20Nordic%20Power%20System.pdf>

Sulpu [Suomen lämpöpumppuyhdistys] (2016) Lämpöpumppujen merkitys ja tulevaisuus. <http://www.sulpu.fi/documents/184029/209175/Lampopumppujen-merkitys-ja-tulevaisuus-SULPU.pdf>

Swedish Institute (2015) From Resource Economy to Bioeconomy. 4.12.2015. <https://sweden.se/climate/#from-resource-economy-to-bioeconomy>.

TEM [Työ- ja elinkeinoministeriö] (2013) Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. http://tem.fi/documents/1410877/2626968/Energia-ja_ilmastostrategia_2013.pdf/ce0e9b73-f907-454b-b52b-87fa9fa481d2

TEM [Työ- ja elinkeinoministeriö] (2014) Energia- ja ilmastotiekartta.

<http://tem.fi/documents/1410877/2628105/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf/1584025f-c5c7-456c-a912-aba0ee3e5052>

TEM [Työ- ja elinkeinoministeriö] (2015) Perusmuistio: Komission tiedonanto energiamarkkinoiden uutta rakennetta koskevan julkisen kuulemisen käynnistämisestä. TEM2015-00252, 31.8.2015. <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Liiteasiakirja/Documents/EDK-2015-AK-9132.pdf>

TEM [Työ- ja elinkeinoministeriö] (2016a) Energia- ja ilmastostrategian keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan perusskenaario. 15.6.2016. <http://tem.fi/documents/1410877/2909937/Perusskenaario+esittelykalvot.pdf/8819fde6-270b-4f7c-9ea1-c032f2f93e39>

TEM [Työ- ja elinkeinoministeriö] (2016b) Energia- ja ilmastostrategian ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman perusskenaarion tausta-oletuksia. 15.6.2016. [http://tem.fi/documents/1410877/2148188/Perusskenaario+taustaoletukset+\(luonnos+16.5.2016\)/1f44a515-66f2-477f-bf0a-ac6d7a9fc1c3](http://tem.fi/documents/1410877/2148188/Perusskenaario+taustaoletukset+(luonnos+16.5.2016)/1f44a515-66f2-477f-bf0a-ac6d7a9fc1c3)

TEM [Työ- ja elinkeinoministeriö] (2016c) Uusiutuvan energian tukijärjestelmien kehitystyöryhmän loppuraportti. <http://tem.fi/documents/1410877/2772829/Uusiutuvan+energian+tukijarjestelmien+kehittamisyryhman+loppuraportti.pdf/c09c4499-b523-40ae-9fdc-644d5a1cd343>

TEM [Työ- ja elinkeinoministeriö] (2016d) Tiedonanto nesteytettyä maakaasua (LNG) ja kaasun varastointia koskevasta EU:n strategiasta. 16.3.2016. <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Liiteasiakirja/Documents/EDK-2016-AK-50650.pdf>

Tilastokeskus (2016) Tilastot: Energia: Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ene_ehk/?tablelist=true&rxid=e59fa7e6-fca4-4a42-bcdd-5cf70868c1d8

Tillväxtanalys (2015.) Mål och medel för energipolitiken? – lärdomar från andra länder. Underlagsrapport 1. https://www.tillvaxtanalys.se/download/18.7c32bdc1150ad50d8f1348cd/1447154514845/svardirekt_2015_21_underlag1.pdf

Valtioneuvoston kanslia. (2015) Ratkaisujen Suomi: Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma 29.5.2015. Hallituksen julkaisusarja 10/2015. <http://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/R>

[atkaisujen+Suomi FI YHDISTETTY netti.pdf/801f523e-5dfb-45a4-8b4b-5b5491d6cc82.](#)

Weber, R., Smith, B.D. (2016) The Future of Nordic Climate and Energy. Teoksessa J. Grunfelder, L. Rispling and G. Norlén (eds) *The Nordic Region 2016*, pp. 106-121. Stockholm: NordRegio.

EL-TRAN– konsortio tutkii, mitä resurssitehokas sähköjärjestelmä tarkoittaa, miten se toteutetaan, millaisia politiikka-ongelmia sen toteutuksessa kohtaamme ja kuinka lopulta ratkomme niitä. Hanketta koordinoi Tampereen yliopisto, ja siinä ovat mukana Itä-Suomen yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, Turun yliopisto, VTT ja Tampereen ammattikorkeakoulu.

Aiemmat EL-TRAN -analyysit

- | | |
|--------|---|
| 1/2016 | Miten toteutetaan resurssitehokkaampi ja ilmasto neutraali sähköenergiajärjestelmä? |
| 2/2016 | Miten sähkön siirtohintoja voidaan korottaa? Kansainvälisen investointioikeuden näkökulma |
| 3/2016 | Yksilö energiapolitiikan keskiössä – aurinkoenergian sääntelystä Suomessa |
-