

# Huomioita energialähteiden kansantaloudellisten kustannusten käsittelystä Suomen energiatalouspolitiikassa

Ari Lampinen

*Yliassistentti*

Jyväskylän yliopisto, ympäristötieteet

## 1. Johdanto

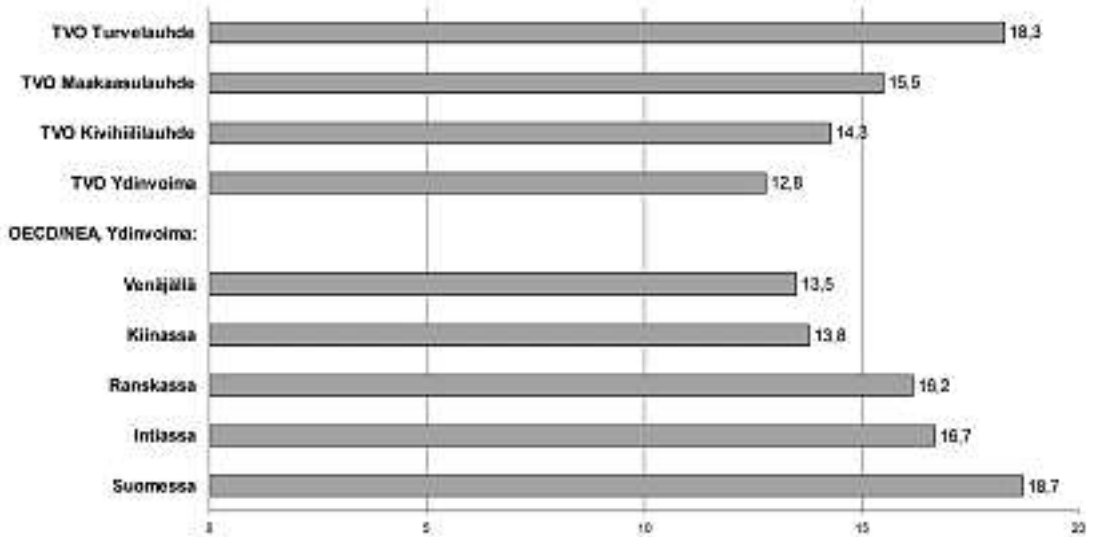
Fossiilienergian käyttöä on ilmansuojelu- ja ilmastonsuojelusyistä pakko vähentää. Ydinvoima on eräs alhaisen ilmastovaikutuksen teknologia, jolla fossiilienergiaa voidaan korvata. Ydinvoiman käyttö on ilmastosyistä toivottavaa silloin, kun se ei estä mahdollisesti vielä parempien vaihtoehtojen käyttöä eikä johda resurssien tuhlaukseen. Muut teknologiset vaihtoehdot ovat uusiutuvien energialähteiden ja energiansäästäteknologian monimuotoinen käyttö sekä maakaasu. Koska ydinvoima on Suomen energiapoliittisessa keskustelussa noussut päärooliin, on aihetta tarkastella ydinvoiman kustannusarvioita uusiutuvien energiantuotantoteknologioiden ja energian säästön kustannusarvioihin verrattuna ja pohtia kokonaistaloudellisuuden monitahoista luonnetta teknologiavertailussa. Valtioneuvostossa energiantuotannon taloudellisuutta on tapana arvioida tavalla, joka poikkeaa huomattavasti EU:n ja YK:n

menetelmistä. Tässä artikkelissa esitellään EU:n kustannus-hyöty -analyysin ja YK:n energiaskenaarioanalyysin päätuloksia. Myöskin suomalaisen energiakeskustelun erityispiirteitä käsitellään. Perusvoimakäsitteen korostus ja tulkinta tavalla, joka sopii huonosti Suomen monimuotoiseen sähköjärjestelmään ja voimakkaan vuodenaikavaihtelun ilmastoon on eräs mielenkiintoinen ilmiö. Toinen on omien runsaiden energiaresurssiemme varsin yleinen aliarvostus.

## 2. Sähköntuotantomuotojen sekä säästön kustannusvertailuja

Kuviossa 1 on esitetty Teollisuuden Voiman (jatkossa TVO) ydinreaktorin rakentamisen periaatepäätöshakemuksessa (TVO 2000) esiintuodut 4 teknologista vaihtoehtoa ns. perusvoimatarpeen tyydyttämiseksi sekä OECD:n

Kuvio 1. TVO:n hakemuksen ja OECD:n Nuclear Energy Agencyn kustannusvertailu: uuden sähköntuotannon kustannukset, p/kWh



Lähteet: TVO (2000), OECD (1998). Pääomantuottokorot TVO:lla 4,5 %/v ja OECD:lla 5 %/v.

(1998) uuden ydinvoiman hinta-arvioita muutamassa maassa. OECD:n tutkimuksen perusteella voidaan päätellä, että TVO:n ydinvoimakustannusarvio on optimistinen. Sen mukaan uusi ydinvoima on Suomessa maailman halvin – siis halvempaa kuin Venäjällä, kehitysmaissa ja kaikissa niissä maissa, joilla on oma ydinreaktori- ja/tai ydinpolttoaineteollisuus ja/tai ydinpolttoainevarat.

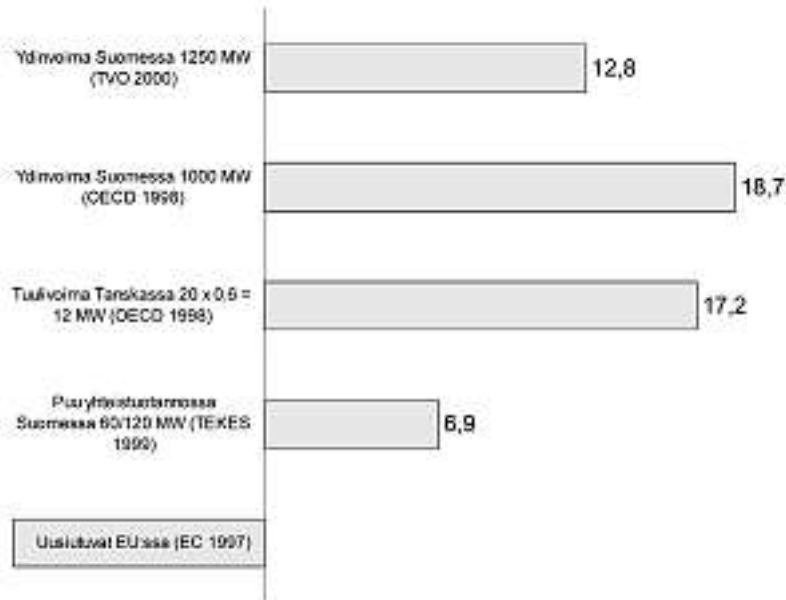
Hakemuksen hintavertailussa kilpailevina vaihtoehtoina on esitetty kivihiili-, maakaasu- ja turvelauhdevoima, mutta ei sähkön ja lämmön yhteistuotantoa (CHP = combined heat and power). Yhteistuotannossa polttoaineen käytön hyötysuhde on noin kaksinkertainen ja sähkön tuotantohinta on alempi kuin lauhdevoimalla; kts. puu-CHP kuviossa 2. Myöskin tuulivoima puuttuu vertailusta, vaikka tuulivoiman tuotanto on mm. Tanskassa tukemattoma-

na edullisempaa kuin ydinvoiman tuotanto Suomessa (kuviota 2). Esimerkiksi International Atomic Energy Agency ennustaa tuulivoiman saavuttavan ydinvoiman ja fossiililauhdevoiman kilpailukykyyn tukemattomana vuoteen 2010 mennessä ja tuulivoiman hinnan odotetaan puolittuvan nykyisestä vuoteen 2020 mennessä (Beurskens ja Jensen 2001).

Kuviossa 2 esitetään EU:n uusiutuvan energian strategian (EC 1997, kts. luku 6) keskeisin sanoma. Uusiutuvilla tuotetun energian hinta on negatiivinen, mikäli sen käytön vaikutukset yhteiskunnan eri sektoreilla otetaan kustannus-hyöty -analyysillä huomioon.

EC:n viitteellisessä pylväessä otetaan periaatteessa huomioon myös epäsuorat vaikutukset yhteiskunnassa. Eri yhteiskunnan sektoreille koituvat hyödyt ovat investointikustannuksia suuremmat, joten sähkön tuotantohinta on

Kuvio 2. Eräitä uuden sähkön tuotannon hinta-arvioita (ilman investointitukia), p/kWh



Pääomantuottokorot ovat TVO:lla 4,5 % ja muilla 5 %.

negatiivinen. Hyötyjen tarkkaa rahallista arvoa ei pystytä laskemaan (luku 6).

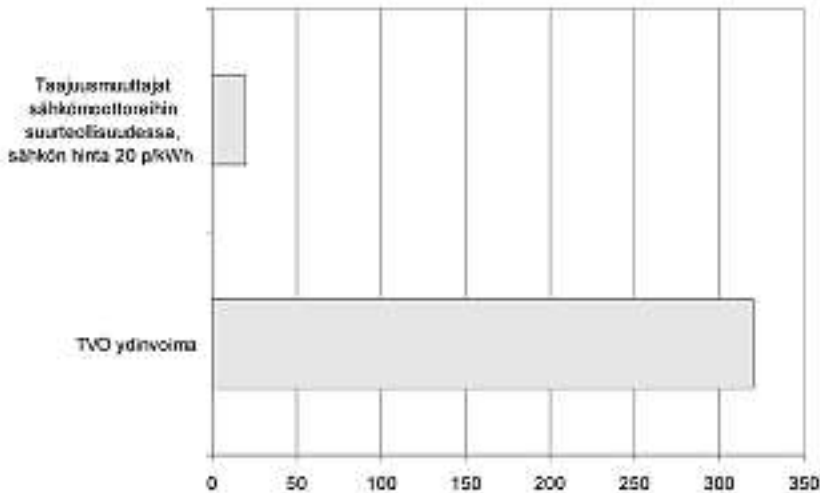
Uusiutuvan energian teknologian ja käytön voimakasta kasvua kuvaavat pitkän tähtäimen skenaariomallit tuottavat vertailuissa lähes aina korkeimman BKT-kasvun. Esim. YK/IPCC:n 40 skenaarion vertailussa (IPCC 2000) uusiutuvia energianlähteitä eniten painottava, eli 80 % maailman primäärienergiankulutuksesta v. 2100, tuotti korkeimman BKT-kasvun ja samanaikaisesti alimmat tuloerot, alimman väestönkasvun, alimmat rikkidioksidipäästöt sekä alimmat kasvihuonekaasupäästöt.

Energiasektorin kustannusarvioissa on tyypillistä, että energian tuotantokapasiteetin, erityisesti keskitetyn, sallitaan maksavan investointinsa takaisin hyvin hitaasti, n. 15–30 vuodessa eli pääoman tuottovaatimus on 5 % tai

vähemmän. Energiansäästöinvestointien puolestaan vaaditaan maksavan itsensä takaisin korkeintaan parissa vuodessa. Hajautetun energiantuotannon takaisinmaksuaikavaatimus on näiden välissä. Tämä laskentatapa edistää voimakkaasti uutta, erityisesti keskitettyä tuotantoa energian säästön kustannuksella. Kuviossa 3 on esitetty ydinvoimalan tuotantokustannukset, mikäli siltä vaadittaisiin yhtä nopeaa takaisinmaksuaikaa eli yhtä korkeaa pääoman tuottoa kuin energian säästöltä.

Uutta ydinvoimalaa ei ole tilattu Länsi-Eurooppaan vuoden 1986 jälkeen eikä Yhdysvaltoihin vuoden 1978 jälkeen. Taloudellisia syitä ovat mm. kilpailevien energiamuotojen nopeampi kehittyminen, kohoavien turvallisuusvaatimusten aiheuttamat lisäkustannukset sekä vakuutusmaksujen kohoaminen. USA:ssa vaa-

Kuvio 3. Sähkön tuotannon ja säästön (esimerkkinä taajuusmuuttajat) hintavertailu 1 vuoden takaisinmaksuajalle, p/kWh



Pääomantuottokorko on 100 %/v, joka on yleinen vaatimus teollisuuden energiansäästöinvestoinneille.

ditaan \$9,45 mrd onnettomuusvakuutus ja Suomessa vaatimus on 0,25 mrd euroa. Summan nostamisesta 1,2–1,5 mrd euroon neuvotellaan OECD:n laajuisesti (Valtioneuvosto 2002).

### 3. Perusvoimakäsite

Perinteinen perusvoimakäsite tarkoittaa vuotuista minimikäyttötehoa (kuvio 4). Tällainen tasainen tuotantokäyrä on luonnostaan ydinvoimalla ja se voidaan toteuttaa myös muulla lauhdevoimalla (esim. kivihiili). Mikäli tasais-ta tuotantoa on paljon, niin Suomen sähkönkulutuksen suuren vuodenaikaisriippuvuuden takia säätövoimaa tarvitaan paljon ja sen käyttöaika on lyhyt. Se on siis kallista.

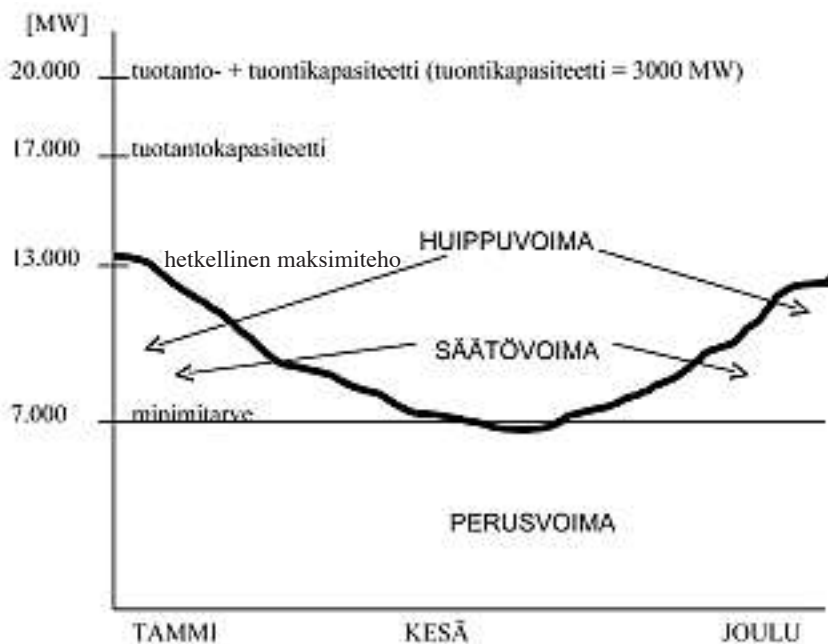
Paksu viiva esittää Suomen sähkönkulutuksen vuodenaikaisriippuvuutta. Kuvaan on merkitty myös Suomen sähkönkulutuksen minimitarve (kesällä) sekä hetkellisen tarpeen Suomen

ennätys (talvelta 2000–2001). Suomen oma tuotantokapasiteetti sekä siirtokapasiteetti ulkomailta on myös merkitty.

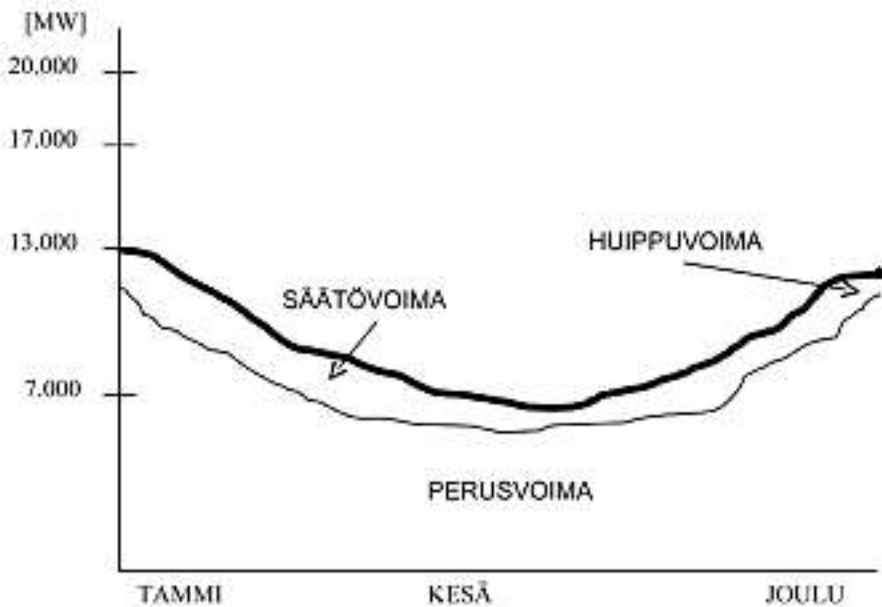
Modernissa sähköjärjestelmässä tarkoituksena on tasapainottaa tuotanto ja kulutus jatkuvasti. Kulutuskäyrän muotoisella perusvoimatuo-  
tuotantokäyrällä päästään mahdollisimman vähäiseen säätövoimakapasiteetin tarpeeseen. Säätövoimaa siis tarvitaan vähän ja sen käyttöaika on pitkä, joten se on halpaa (kuvio 5). Tämä määritelmä soveltuu erityisesti Suomeen suuren vuodenaikaisvaihtelun takia. Tämän perusvoimatulkinnan muotoinen tuotantokäyrä on luonnostaan tuulivoimalla sekä sähkön ja lämmön yhteistuotannolla, esim. puu-CHP kuviossa 2.

Tuulivoiman tuotanto luonnollisestikin vaihtelee kuukausittain ja vuosittain, mutta olennaista on, että kylmän ilman suurempi tiheys johtaa keskimäärin suurempaan tuulivoiman tuottoon talvisin kuin kesäisin (kuvio 6).

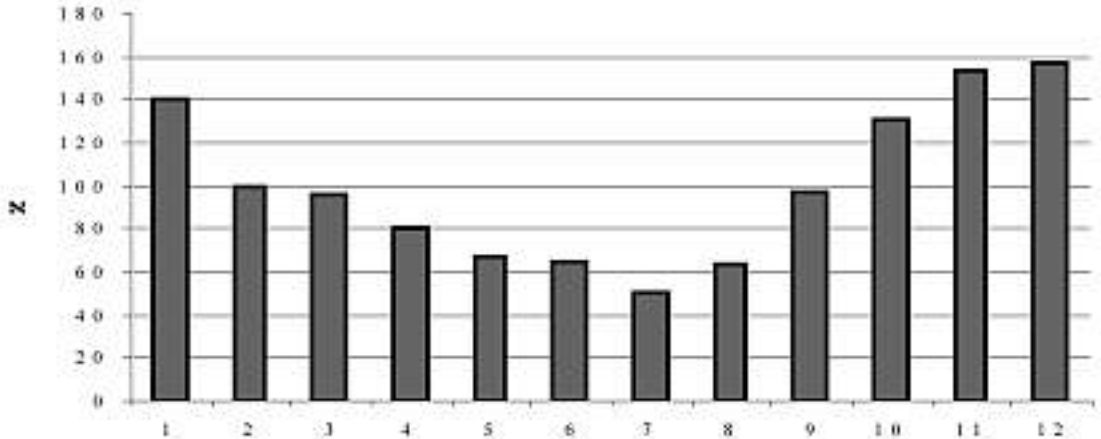
Kuvio 4. Perusvoiman perinteinen tulkinta



Kuvio 5. Perusvoiman moderni tulkinta



Kuvio 6. Tuulivoimatuotannon kuukausi-indeksi Suomen etelärannikolla laskettuna viiden sääaseman keskimääräisen kuukausituulenopeuden sekä 300 kW:n voimalaitoksen tehokäyrän mukaan



Lähde: Holttinen ym. 1996

#### 4. Keskitetty ja hajautettu sähköjärjestelmä

Kuvioista 4 ja 5 voidaan päätellä myös, että välitöntä kiirettä uuden sähköntuotantokapasiteetin rakentamiseen ei ole, vaan nykytilanne sallii pitkän aikavälin strategisten valintojen teon. Se tarkoittaa mm. valintaa kotimaisen hajautetun uusiutuvan energian ja ulkomaisen keskitetyn uusiutumattoman energian välillä. Huomattakoon, että ydinvoima on tässä luettu ulkomaiseksi, koska polttoaine tulee ulkomailta (ja myös reaktorit ovat ulkomaisia).

Suomalaiset ovat riippuvaisia harvoista voimaloista ja harvasta sähköverkosta, jolla on muutama (n. 10) kriittisen tärkeää solmukohtaa. Esimerkiksi Olkiluodossa tuotetaan nyt yli 10 % Suomen sähköstä ja mahdollisen viidennen reaktorin kanssa yli 20 %. Lisäksi pääsiirtokaapeli Ruotsista kulkee Eurajoen kautta. Yhdenkin tällaisen solmukohdan kaatuminen

saattaa suuren osan suomalaisista ilman sähköä pitkäksi aikaa. Varavoiman olemassaolo on suurille yksiköille paljon tärkeämpää kuin pienille. Fingrid Oyj:n mukaan viidennen reaktorin rakentaminen edellyttää, että nopea reservi sähköverkossa on tarpeen kaksinkertaistaa, hidasta reserviä on lisättävä nopean reservin verran ja siirtoverkkoa on vahvistettava (Valtioneuvosto 2002). Tämä lisää mahdollisen uuden reaktorin kustannuksia.

Suomen sähköjärjestelmä on haavoittuvainen ja seuraavat riskit voivat johtaa suuriin kustannuksiin:

- Sääriskit lisääntyvät ilmastonmuutoksen myötä, sillä kaikenlaisien äärimmäisten sääilmiöiden odotetaan yleistyvän.
- Yhteiskunnalliset ja kansainvälisen politiikan uhat kohdistuvat nimenomaan kriittisiin osiin järjestelmää.
- Kansainvälisen kaupan riski: 70 prosentin

tuontienergiariippuvuutemme ja tätäkin suurempi ulkomaisen energiateknologian riippuvuutemme on tehnyt sähköjärjestelmämme erittäin haavoittuvaksi.

- Sähkön tuotannon ja jakelun yksityistäminen ja siirtyminen yhä harvempiin käsiin voi jättää ihmiset riippuvaisiksi sijoittajien eduista.

Hajautetumpaan sähköjärjestelmään siirtymisen vähentäisi kaikkia mainittuja riskejä. Hajautettu uusiutuvan energian sähköntuotanto kasvaa globaalisti yli 10 % vuodessa, kun uusiutumattoman energiateknologian kasvu on alle 2 % (Worldwatch 2000). Tuulivoima kasvaa 30–40 % vuodessa eli jopa informaatioteknologian markkinoita nopeammin. Energiateknologiassa on näköpiirissä samanlainen vallankumous kuin tietokonealalla: siirrytään keskitetystä järjestelmästä mikrovoimaan, kuten esim. *The Economist* -lehti pääkirjoituksessaan ”The electric revolution” (5.8.2000) kuvaa. Suomella on merkittävä hajautetun energiateknologian vientiteollisuus ja sen kasvunäkymät ovat valoisa, ainakin mikäli kotimarkkinat säilyvät. Ydinvoiman lisärakentaminen kuitenkin uhkaa hajautetun tuotannon kotimarkkinoita ja pelkkä hakemuksen olemassaolo jäädyttää investointeja.

Pienimuotoinen sähköntuotanto hyötyy merkittävästi sarjavalmistusedusta. Kun mikrovoiman valmistussarjat pitenevät, hinnat lähenevät auton moottorien hintaa (taulukko 1). Sarjavalmistusedun toteutuminen edellyttää ensin pienten sarjojen kotimarkkinoita. Keskitetty voimantuotanto hyötyy skaalaedusta, mikä on merkitykseltään pienempi. Sarjavalmistusedun hyödyntäminen johtaa ylivoimaiseen kilpailuetuun suurvoimaloihin verrattuna, mutta edun saaminen edellyttää poliittisia päätöksiä.

Taulukko 1. Muutamien energiantuotantomuotojen investointikustannuksia

Laitostyyppi	Käyttökerroin	Investointikustannus (e/kW)
Ydinvoimala	0,9	1600–5000
Kivihiililauhdevoimala	0,2–0,4	1000
Auton moottori	–	35

## 5. Energianlähteiden resursseista

Verrattuna ihmiskunnan vuotuisen kokonaisenergiankulutukseen tärkeimpien polttoainoiden varmistetut globaalit resurssit nykyhinnoin ovat seuraavat (BP 1999): kivihiili 70-kertainen, öljy 15-kertainen ja maakaasu 15-kertainen. Uraanin varmistetut resurssit korkeintaan 4-kertaisella hinnalla ovat vastaavasti 2,5-kertaiset (OECD 2000). Aurinkoenergian vuotuisen saanto on 10000-kertainen ihmiskunnan energiankäyttöön verrattuna.

Uusiutumattomien energiamuotojen rajalliset resurssit johtavat köyhempien ja vaikeammin hyödynnettävien varantojen käyttöön. Nousevista kustannuksista huolimatta investoinnit voivat jatkuvasti painottua vanhaan teknologiaan, vaikka uusien teknologioiden teknistaloudellinen potentiaali olisi suurempi (ns. lock-in -ilmiö). ExxonMobilin (2001) mukaan nykyään käytössä olevat öljy- ja kaasukentät pystyvät tuottamaan vuonna 2010 vain puolet heidän arvioimastaan globaalista tarpeesta. Uusien kenttien saaminen tuotantokäyttöön ja uusien esiintymien löytäminen vaatii tällä vuosikymmenellä jopa 1000 miljardin dollarin investoinnit. IPCC:n (2001) mukaan lock-in -ilmiöstä vapautuminen edellyttää, että investointeja ohjataan tietoisella politiikalla uusiutumattomista uusiutuviin energialähteisiin.

Uusiutuvien energiamuotojen resurssit ovat Suomessa kertalukuja suuremmat kuin energian tarpeemme. Esimerkiksi 50 % Suomen sähköstä tuottava Itämeren merituulipuisto veisi torniensa osalta merenpintaa vain 0,3 km<sup>2</sup> (tornien väliin pitäisi kuitenkin jättää ainakin 400 m tilaa, mutta tuo tila ei olisi poissa muulta käytöltä). Tanska on päässyt tuulen osuudessa 15 % tasolle ja virallisena tavoitteena on 50 % vuoteen 2030 mennessä. Navarran osavaltiossa Espanjassa tuulen osuus on yli 30 % ja Schleswig-Holsteinin osavaltiossa Saksassa yli 25 %.

Myös puu-CHP:n teoreettinen maksimipotentiaali on suuri. Mikäli kaikki Suomessa nyt tarvittava lämpö tuotettaisiin CHP-tekniikalla, voitaisiin lämmöntuotannon ohessa saada käyttöön lähes 70 TWh lisää sähköä eli 9 suurvoimalan tuotannon verran. Tämä vaatisi biomassan määrän kaksinkertaistamista, joka on tavoitteena Kauppa- ja teollisuusministeriön vuonna 1999 julkaisemassa uusiutuvien energianlähteiden edistämishjelmassa vuoteen

2025 mennessä (KTM 1999). Yli puolet sähköntuotannon lisäyksestä tulisi lukuisten pienten voimalaitosten tuottamana ja loppu suurten voimalaitosten hyötysuhteen parantamisesta, suorasähkölämmityksen sähkön vapautumisesta muuhun käyttöön sekä kaukolämmön uusien käyttömuotojen avulla (taulukko 2).

Taulukko kuvaa CHP-biomassasähkön teknistä lisäyspotentiaalia vuodelle 2030, kun lämpöenergian kulutuksen oletetaan pysyvän nykytasolla. Lisäsähköä olisi saatavissa runsaat 57 TWh ja lisäksi suorasta sähkölämmityksestä voitaisiin vapauttaa muihin tarkoituksiin 12 TWh. Biomassan lisäämistarve vastaa uusiutuvien energialähteiden edistämishjelman arviota (Lampinen 2000).

## 6. EU:n uusiutuvan energian strategia

EU:n energiastategia vuodelta 1995 mainitsee ympäristönsuojelun, energian huoltovarmuuden ja kilpailukyvyyn energiapolitiikan peruspi-

Taulukko 2. Laskelma Suomen biomassasähkön lisäyspotentiaalista

Toimenpide	Saatavissa lisäsähköä (vuodessa)	Primäärienergian lisäämistarve
Kaikki suorat polttoainekäyttöiset lämmitysjärjestelmät CHP-järjestelmiksi	11,8 TWh	5,9 TWh
Kaikki suorat sähkölämmitysjärjestelmät CHP-järjestelmiksi	5,7 + 12 = 17,7 TWh	20,6 TWh
Rakennusasteen kaksinkertaistaminen nykyisissä CHP-laitoksissa	14,8 TWh	17 TWh
Rakennusasteen kaksinkertaistaminen uusissa CHP-laitoksissa	19,5 TWh	22,6 TWh
Kaukolämmön muut käytöt (kaukokylmä, veden puhdistus, ym.): 20 % nykyisestä lämpökäytöstä	5,6 TWh	13 TWh
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>69,4 TWh (57,4)</b>	<b>79,1 TWh = 6,8 Mtoe</b>



Taulukko 3. Uusiutuvien energiamuotojen lisätuotantotavoitteet EU:n strategiassa vuoteen 2010 mennessä

Tuotantoteknologia	Osuus <sup>1</sup> ohjelmasta	Loppukulutus- energia <sup>2</sup> [Mtoe/v]	Primäärienergia <sup>3</sup> [Mtoe/v]	Sähkö [TWh/v]
Biomassa	52 %	54	90	208
– biokaasu			15	
– kiinteä ja nestemäinen			75	
Passiivinen aurinkoenergia	34 %	35	35	0
Tuuli	6,0 %	6,3	6,6	76
Aurinkokeräin	3,5 %	3,7	3,7	0
Suurvesivoima	2,4 %	2,5	2,6	30
Pienvesivoima	1,4 %	1,5	1,6	18
Aurinkopaneelit (PV-sähkö)	0,3 %	0,3	0,3	3
Geoterminen sähkö	0,3 %	0,3	2,1	3,5
Geoterminen lämpö	0,3 %	0,3	0,3	0
Maalämpö	0,3 %	0,3	0,3	0
Muut	0,2 %	0,2	0,2	2
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>100,7</b>	<b>104,4</b>	<b>142,7</b>	<b>340,5</b>

<sup>1</sup> Loppukulutusenergian mukaan.

<sup>2</sup> Energia, jonka kuluttajat käyttävät. Ei sisällä voimalaitosten konversio- ja omakulutushäviöitä eikä energian siirtohäviöitä.

<sup>3</sup> Energian kokonaiskulutus, jossa häviöt ovat mukana.

Investoinnin kokonaisarvo on 165 miljardia euroa. Suurvesivoima (>10 MW) ei sisälly useimpien edistämistoimenpiteiden piiriin (EC 1997).

lareina. Eräs tärkeimmistä keinoista kaikkien näiden elementtien edistämiseksi on uusiutuvan energian käytön lisääminen. EU:n edistämishjelmat ovat siten rajautuneet vain uusiutuvan energian ja energian säästön alueille.

Komissio julkaisi vuonna 1997 strategian täsmennykseksi uusiutuvan energian (UE) edistämishjelman (EC 1997), jonka tarkoituksena on nostaa uusiutuvan energian osuus 6 prosentista 12 prosenttiin EU:n primäärienergiakulutuksesta vuoteen 2010 mennessä 165 miljardin euron investointikustannuksin (taulukko 3). Kyseinen uusiutuvan energian tuotantokapasiteetin lisäys on lähes viisinkertainen Suomen primäärienergiakäyttöön verrattuna.

EU:n komission perustelee edistämishjelmaa sen tuottamalla hyödyillä yhteiskunnan eri sektoreilla. Nämä hyödyt ylittävät ohjelman kustannukset, joten uusiutuvan energian tuotantohinta on negatiivinen (kuvio 2).

### 6.1 EU:n UE-strategian merkitys maa- ja metsätaloudelle ja maaseudulle

Energiantuotanto maaseudulla lisää maaseudun elinvoimaisuutta vähentämällä ostoenergian tarvetta (energiaomavaraisuus) sekä tuomalla uuden tulonhankkimistavan (energiayliomavaraisuus ja paikallinen energia-alan yritys-toiminta). Tässä esitellään eräitä EU:n toimenpiteitä UE-strategian toteuttamiseksi.

Agenda-2000:n non-food -tuki mahdollistaa energiakasvituotannolle samanlaisen tuen (CAP-tuki) kuin ruokakasvituotannolle eli kiinteiden, nestemäisten ja kaasumaisten biopolttoaineiden tuotanto sähkö-, lämpö-, liikennepolttoaine- ja työkonekäyttöön. Se on Suomessakin taloudellisesti kannattavaa (esim. *Pahkala* ym. 2002).

UE-sähködirektiivi RES-E (Electricity from Renewable Energy Sources, 2001/77/EC) takaa markkinat pientuottajan ylijäämäsihkölle (ns. heikko ostovelvoitelaki, joka ei takaa hintaa). Biopolttoaineperäisen sähkön, kuten hakesähkö tai biokaasusähkö, lisäksi voidaan myydä muutakin UE-sähköä, esim. tuulivoimaa, mikä on yleistä Tanskan ja Saksan maataloilla, tai pienvesivoimaa. Energiayliomavaraisuudella voidaan jopa kattaa kaikki maatalan tulontarpeet. Suomi ja Belgia olivat ainoat EU-maat, jossa ostovelvoitelaki ei ollut missään muodossa jo lainsäädännössä tai sopimuskäytännössä ilman direktiiviäkin (IEA 1998). Toteutus on ollut vaihteleva ja harvoin kattanut kaikki uusiutuvat kuten tämä direktiivi. Kuitenkin monessa maassa ostovelvoite on toteutettuna tätä vahvempana. Tanskassa asia toteutettiin sopimuksin energiayhtiöiden kanssa jo 1970-luvulla ja vahvistettuna 1980-luvulla (tuulisähköstä pientuottajille 85 % yhtiön myyntihinnasta).

RES-E-direktiivi sisältää myös maakohtaiset ohjeelliset tavoitteet UE-sähkön osuuden nostamisesta jokaiselle jäsenmaalle. Suomelle komissio esitti 4 prosenttiyksikön nostotavoitetta Valtioneuvoston UE-edistämishjelmaan verrattuna (KTM 1999), eli 31 % osuuden sijaan 35 % osuutta vuonna 2010, kun Kioton vertailuvuonna 1990 osuus oli 30 %. Suomi onnistui torjumaan nostetun tavoitteen.

Komissio teki vuonna 2001 ehdotuksen kahdesta liikenteen biopolttoainedirektiivistä

koskien jäsenmaiden biopolttoaineiden käyttömäärävelvoitetta ja biopolttoaineiden verotuksen laskua. Käyttömäärävelvoitteeksi on ehdotettu 2 % osuutta vuonna 2005 ja 5,75 % osuutta vuonna 2010 jokaisen jäsenmaan liikennepolttoainekulutuksesta.

Nykyisin Suomessa on liikenteen biopolttoaineiden käytöllä seuraavat veroesteet, jotka estävät täysin kyseisen teknologian käyttöönoton: polttoaineen dieservero (alv:n lisäksi) ja biopolttoainetta käyttävillä autoilla korotettu autovero sekä vuotuinen dieservero. Suomi kuitenkin haluaa säilyttää nämä veroesteet.

Valmisteilla on kaasumarkkinoiden ostovelvoitelaki eli biokaasun ja muun UE-kaasun ostovelvoite maakaasuverkkoon osana kaasumarkkinadirektiivin muutosdirektiiviä. Valmisteilla on myös sähkön alkuperätodistusvelvoite (sähkölaskussa) osana sähkömarkkinadirektiivin muutosdirektiiviä. Keskusteluvaiheessa ovat mm. kaukolämmön ostovelvoitelaki (UE-lämmön myynti kaukolämpöverkkoon) ja maatalubiokaasureaktorivelvoite.

UE-strategian maaseudun elinvoimaisuutta kehittäviä alueita ovat myös alue-, teollisuus- ja työllisyyspoliittiset vaikutukset. Uusiutuvia energiamuotoja on hyödynnettävissä kaikkialla paikallisesti, joten strategia tukee EU:n läheisyysperiaatetta. Maaseutu voi nousta dominoimaan kansallista energiataloutta, koska suurin osa resursseista sijaitsee siellä.

Pienen ja keskisuuren teollisuuden rooli vahvistuu johtuen uusiutuvan energiateknologian modulaarisesta luonteesta, joka tekee mahdolliseksi voimalaitosten rakentamisen pienissäkin teollisuuslaitoksissa tai pajoissa. Energiateknologian valmistajien lisääntyminen lisää kilpailua ja alentaa hintoja. Teknologinen innovaatiopotentiaali kasvaa, koska teknologian kehittämiseen osallistuvien määrä kasvaa.

Strategian toteutuessa luodaan noin miljoona uutta nettotyöpaikkaa. Työllisyyden lisääntyminen johtuu siitä, että UE-tuotanto työllistää 2–5 kertaa enemmän tuotettua energiayksikköä kohti kuin uusiutumaton energia. Kauppa- ja teollisuusministeriö on vuonna 1999 arvioinut uusiutuvien energianlähteiden lisääntyvän käytön tuottavan Suomeen yli 10.000 työpaikkaa tällä vuosikymmenellä. Maa- ja metsätalousministeriön energiapuutyöryhmä arvioi vuonna 1997 energiahakkeen lisääntyvän käytön työllistävän yli 11000 henkilövuoden verran tämän vuosikymmenen aikana. Hakkuutähdehakkeen käytöllä energiantuotannossa on paikallisesti yli kymmenkertainen työllistämisaikutus verrattuna polttoöljyn käyttöön. Hakkuujätteen keräyksen ja harvennuspuun korjaamisen käynnistämiseen ei tarvita työllistettävien merkittävää uudelleen koulutusta.

## 6.2 EU:n UE-strategian merkitys muille yhteiskunnan sektoreille

Energiasektorilla UE-strategia parantaa huoltovarmuutta. EU:n nykyinen 50 % energiamavaraisuus on laskemassa 30 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä, ellei uusiutuvia kansallisia energiavaroja hyödynnetä. Kriisivalmiuden parantamiseksi kotimaisen uusiutuvan energian tuottamiseen soveltuvan teknologian kehittäminen on tärkeää.

Uusiutuva energiateknologia on luonteeltaan modulaarista, mikä tekee mahdolliseksi toisaalta tarpeen mukaisen vaiheittaisen, toisaalta erittäin nopean, rinnakkaisen, rakentamisen.

Strategia vahvistaa UE-teollisuuden kilpailukykyä ja tuottaa yhdessä vuosittain välttävän 3 mrd euron ulkomaisten polttoaineiden

oston kanssa vuosittaisen 20 mrd euron vaihtotaseen ylijäämän.

Terveystenhoitosektorilla kustannukset puutoavat 5–45 mrd euroa vuodessa (sisältää myös eräitä muita päästöjen vähentämisestä seuraavia hyötyjä). Lisäksi päästöjen aiheuttamat kuolemantapaukset vähenevät useilla tuhansilla vuodessa, koska strategia korvaa fossiilisia polttoaineita, joiden käyttö aiheuttaa satoja tuhansia kuolemia EU:ssa vuosittain.

Strategian suorat kokonaisinvestointikustannukset ovat 165 mrd euroa, joka jää pääasiassa EU:n talousalueelle. Strategian todelliset kustannukset ovat negatiiviset, koska strategian aiheuttamat hyödyt yhteiskunnan eri sektoreilla, jo pelkästään kauppa- ja terveydenhoitosektoreilla, ylittävät suorat investointikustannukset. Tämä johtuu siitä, että nykyisin energiankäytön kustannuksista merkittävä osa tulee maksettaviksi julkisin varoin mm. terveys- ja ympäristösektoreilla. Toisaalta uusiutumattomat energiamuodot saavat edelleen ja ovat historiallisesti saaneet runsaasti yhteiskunnan tukea: nykyäänkin suorat vuotuiset globaalit subventiot fossiilienergiateollisuudelle on arvioitu yli 200 miljardiksi euroksi.

Strategian seurauksena hiilidioksidipäästöt vähenevät yli 400 miljoonaa tonnia vuodessa. Siis jo tämä toimintasuunnitelma yksin riittää Kioton sopimuksen EU:lle asettaman 8 % vähennystavoitteen toteuttamiseen hiilidioksidin osalta, vaikka energian kokonaiskulutus kasvaisi arvioiden mukaisesti. Muiden kasvihuonekaasupäästöjen takia tarvitaan lisätoimenpiteitä: yhdessä CHP:n ja energian säästön edistämishelmien kanssa voidaan saavuttaa 14 % vähennys. Ja samalla vähennetään happosaitteita, pienhiukkaspäästöjä, otsonikerrosta tuhoavia päästöjä ja orgaanisten myrkköjen päästöjä.

## 7. Johtopäätökset

TVO perustelee ydinvoiman yritystaloudellista kannattavuutta vertailulla kolmen sitä kalliimman tuotantomuodon kanssa. Ydinvoimain mukaisessa periaatepäätöksessä kuitenkin edellytetään yhteiskunnan kokonaisedun arvioimista. Valtioneuvoston ja eduskunnan veloitteena on tarkastella laajasti eri sähköntuotantomuotojen kokonaistaloudellisuutta ottaen huomioon myös sellaisia teknologioita, joita TVO:n vertailussa ei ole mukana ja joiden rakentaminen ei TVO:n toimenkuvaan kuulu.

Koska Suomen energiapolitiikan suunnitelu on voimakkaasti sidoksissa TVO:n hakemukseen, asian käsittelyllä on korostunut merkitys. Valtioneuvoston strategiana on ollut tilan järjestäminen teollisuuden haluamalle sähköntuotantotavalle. Käytännössä tilaa on tehty mm. jättämällä kotimaisen energiateknologian kehitystä priorisoiva UE-skenaariovaihtoehto tekemättä huolimatta siitä, että kansainvälisesti (ja myös VTT:n skenaariotyössä) kyseinen skenaariotyyppi lähes aina johtaa korkeimpaan bruttokansantuotteen kasvuun. Keskustelu on siis ohjattu kokonaistaloudellisuuden kannalta epärelevanttien KIO1- ja KIO2-vaihtoehtojen eli maakaasuvoiman ja ydinvoiman vertailuun, ja uusiutuvat on jätetty täydentäjän rooliin. EU:sta ja YK:sta poiketen valtioneuvosto ei ole arvioinut energiantuotantomuotojen kustannuksia ottaen huomioon niiden käytön hyötyvaikutukset yhteiskunnan eri sektoreilla. Lisäksi valtioneuvosto on pyrkinyt vastustamaan EU:n uusiutuvan energian strategian toteuttamista, mm. RES-E -direktiiviä ja liikenteen biopolttoainedirektiivejä.

Tämän artikkelin esittämin perustein voidaan todeta, että on todennäköistä, että uusiutuvien energiamuotojen mahdollisimman te-

hostettu ja monipuolinen käyttö olisi kokonaistaloudellisesti edullisinta ja ilmastotavoitteet huomioon ottaen parasta politiikkaa. Sitä vastoin ydinvoiman lisärakentaminen sisältää lukuisia merkittäviä taloudellisia riskejä yhteiskunnalle. Ydinvoiman lisärakentaminen myös hidastaa kokonaistaloudellisempien uusiutuvan energian ja energiansäästön teknologioiden käytön ja liiketoiminnan kehittämistä. Syy tähän on puhtaasti poliittinen, sillä teknisesti ydinvoimaa voitaisiin käyttää myös uusiutuvien tukena. □

## Kirjallisuus

- Beurskens J. ja Jensen P.H. (2001): "Economics of Wind Energy, Prospects and Directions", *Renewable Energy World*, vol. 4, No. 4, 102–121.
- BP (1999): *BP Statistical Review of World Energy 1999*. British Petroleum, London.
- EC (1997): "Energy for the Future: Renewable Sources of Energy, White Paper for a Community Strategy and Action Plan." COM(97)599, EC DG XVII, 26.11.1997.
- ExxonMobil (2001): "A decade's challenge", Paid announcement in *Foreign Affairs*, May/June.
- Holttinen H., Peltola E. ja Koreneff G. (1996): "Tuulivoimatuotannon vaihtelut ja niiden arviointi", *VTT Tiedotteita* 1800, Espoo.
- IEA (1998): *Renewable Energy Policy in IEA Countries, Vol II: Country Reports*. OECD International Energy Agency, Paris.
- IPCC (2000): *Special Report on Emission Scenarios*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- IPCC (2001): *Climate Change 2001, Mitigation*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- KTM (1999) *Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma*. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisu 4, Helsinki.

- Lampinen A. (2000): ”Suomalaisen ilmastotalouden ilmiöitä – Miten energiansäästö ja muut win-win-mahdollisuudet tullaan ottamaan huomioon Suomen ilmastomuutoksen torjuntastrategiasa?”, *Futura*, vol. 19, No. 3, 81–95.
- OECD (1998): *Projected costs of generating electricity, Update 1998*. OECD NEA and IEA (Nuclear Energy Agency, International Energy Agency), Paris.
- OECD (2000): *Uranium 1999: Resources, Production and Demand*. OECD Nuclear Energy Agency and UN International Atomic Energy Agency. Paris.
- Pahkala K., Partala A., Suokannas A., Klemola E., Kalliomäki T., Kirkkari A.-M., Sahramaa M., Isolahti M., Lindth T. ja Flyktman M. (2002): ”Ruokohelven viljely ja korjuu energian tuotantoa varten”, Maa- ja elintarviketalous 1, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Jokioinen.
- TEKES (1999): *Bioenergy Research Programme, Final Report 1993–1998*. Jyväskylä Science Park Ltd., Jyväskylä.
- TVO (2000): *Ydinvoimalaitosyksikön rakentamista koskeva periaatepäätöshakemus – Loviisa 3 / Olkiluoto 3*, Helsinki.
- Valtioneuvosto (2002): Valtioneuvoston periaatepäätös 17 päivänä tammikuuta 2002 Teollisuuden Voima Oy:n hakemuksesta ydinvoimalaitosyksikön rakentamisesta. M 4/2001, Edita, Helsinki.
- Worldwatch (2000): *Vital Signs 2000*. Worldwatch Institute, Washington.