

# Maailman muutos, energian hinta ja liuske-energian nousu

Paavo Suni

*Fossiilisen energian hinta moninkertaistui niin nimellisesti kuin reaalisesti 2000-luvun alkuvuosina, koska kehittyvien maiden ja eritoten Kiinan vahva, energiantensiivinen talouskasvu aiheutti voimakkaan kysyntäsokin. Hinnan nousu teki kannattaviksi suuren osan niistä, usein epätavanomaisista varannoista, joiden hyödyntäminen oli aiemmin kannattamatonta. Energian kallistuminen ja uuden ns. vaakaporaustekniikan kehittyminen laukaisivat liuskeöljyn ja -kaasun tuotannon dramaattisen nousun Yhdysvalloissa, jossa oli kehittyneen energiatalouden ansiosta poikkeukselliset valmiudet uuden tuotannon käynnistämiseen. Vastaava nousu on osoittautunut muualla vaikeaksi puutteellisen tieto-aidon ja usein epäedullisempien tuotantoedellytysten takia. Liuske-energian tuotannon varjopuolena ovat sen vahvat kielteiset ympäristövaikutukset, mikä on johtanut menetelmän kieltämiseen useissa maissa. Mikäli energia pysyy kalliina, liuske-energian tuotannon maailmanlaajuinen kasvu tasoittaa öljymarkkinariskejä.*

## Maailmantaloutta kohtasi suuri kysyntäsokki vuosina 2000–2008

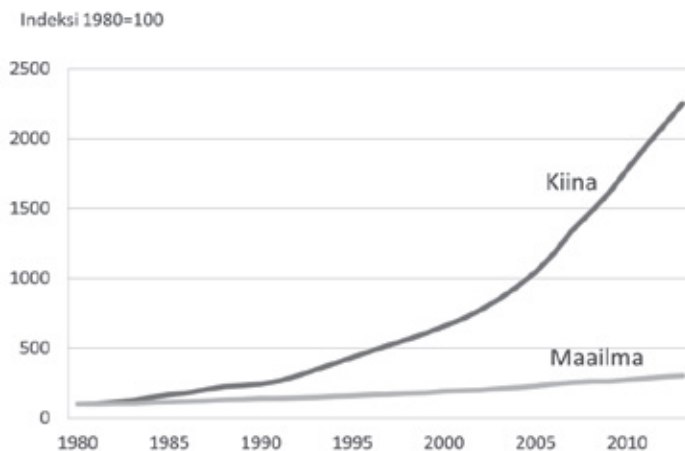
Maailmantalous ja samalla maailman raaka-ainemarkkinat ja erityisesti energiamarkkinat ovat muuttuneet rajusti 2000-luvulla. Raaka-ainemarkkinoiden näkökulmasta muutoksen syy on Kiinan kansantalouden murtautuminen maailmantalouden keskeiseksi tuottajaksi<sup>1</sup>. Kiinan kokonaistuotanto oli kasvanut 2000-luvulle tultaessa keskimäärin liki 10 prosentin vuo-

tuista vauhtia jo 1980-lopulta alkaen (kuvio 1). Vuosina 2000–2008 Kiinan keskikasvu kiihtyi yli 10 prosentin. Vuonna 2000 Kiinan osuus maailman kokonaistuotannosta oli ostovoimapariteetein arvioituna vain 2,2 prosenttia. Vuonna 2000 osuus nousi 7 prosenttiin, vuonna 2007 lähes 11 prosenttiin ja vuonna 2013 yli 15 prosenttiin (IMF, 2013). Samalla Kiinan osuus maailman primäärienergian kysynnästä lähes kaksinkertaistui vuoden 2000 vajaan 12 prosentista 21 prosenttiin vuonna 2011 (IEA 2013). Kiinan raaka-aineintensiivisen tuotannon nopea nousu merkitsi hyvin nopeaa maailmantalouden raaka-aineiden käytön lisäystä ja kysynnän aluerakenteen muutosta. 2000-lu-

<sup>1</sup> Kiinan nousun tekivät mahdolliseksi poliittinen päätös talouden muuttamiseksi markkinaehtoiseen suuntaan vuonna 1989 sekä teknologiavetoinen globalisaatio.

TTM Paavo Suni (paavo.suni@etla.fi) on tutkija Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksessa ja vastaa siellä kansainvälisen talouden seurannasta ja ennustamisesta. Hän toimii AIECE:n (Association of European Business Cycle Institutes) raaka-ainetyöryhmän puheenjohtajana.

Kuvio 1. Maailman ja Kiinan kokonaistuotannon määrän kasvu 1980–2013



Lähde: ETLA

vun murros merkitsi raaka-ainemarkkinoilla rajua kysyntäsokkia (Suni 2007; Roache 2012).

Kysyntäsokki oli niin iso, että teollisten raaka-aineiden ja primäärienergian<sup>2</sup> markkinoiden tasapainottuminen edellytti maailmanmarkkinahintojen moninkertaistumista 2000-luvun alkuvuosina. Esimerkiksi rautamalmi vuotuinen sopimushinta nousi liki viisinkertaiseksi (vuonna 2008) ja nikkelin hinta yli kuusinkertaiseksi (toukokuussa 2007) verrattuna vuonna 2000 vallinneeseen hintaan (kuvio 2)

Fossiilisen energian osalta raakaöljy kallistui liki viisinkertaiseksi (heinäkuussa 2008), lämpöhiili seitsemänkertaiseksi (heinäkuussa 2008) ja Euroopassa myyty kaasu nelinkertaiseksi (marraskuussa 2008). Päivähavainnoin laskettuna raakaöljyn (Brent) päivittäinen spot-

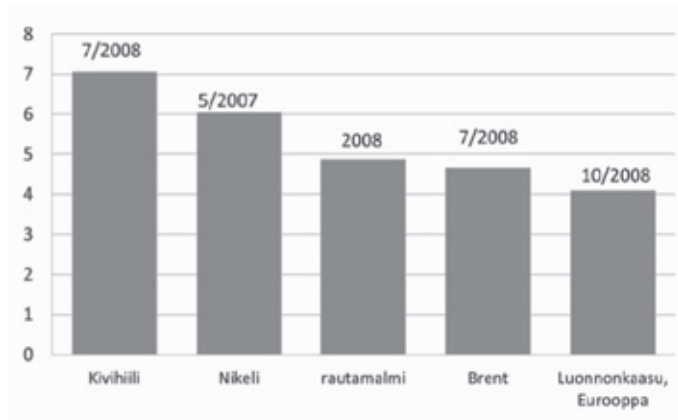
hinta saavutti heinäkuussa 2008 kaikkien aikojen ennätyksensä, lähes 150 dollaria tynnyriltä.

Energian nimellishintojen moninkertaistuminen merkitsi samalla niiden reaalihintojen (suhteutettuna maailman teollisuustuotteiden vientihintoihin) tuntuva nousua. Raakaöljyn reaalihintana oli vuonna 2008 keskimäärin noin 2,7-kertainen ja vuonna 2013 2,8-kertainen vuoden 2000 tasoon verrattuna (kuvio 3). 2000-luvun alun hintojen moninkertaistuminen johtui puolestaan etenkin jo edellä mainitusta Kiinan aiheuttamasta positiivisesta kysyntäsokista. Suuri taantuma talvella 2008–2009 oli puolestaan raju negatiivinen kysyntäsokki, joka poikkeuksellisesta suuruudestaan huolimatta leikkasi vähäksi aikaa vain osan aiemmasta noususta. Kun kehittyvien maiden talouskasvu vahvistui taantumien jälkeen, reaalihintana nousi aiempia ennätyksiä korkeammaksi.

Fossiilisten raaka-aineiden reaalihinnan kehitystä dominoivat 1970–1990-luvulla nimellishintojen suuret muutokset. Ne liittyivät tarjon-

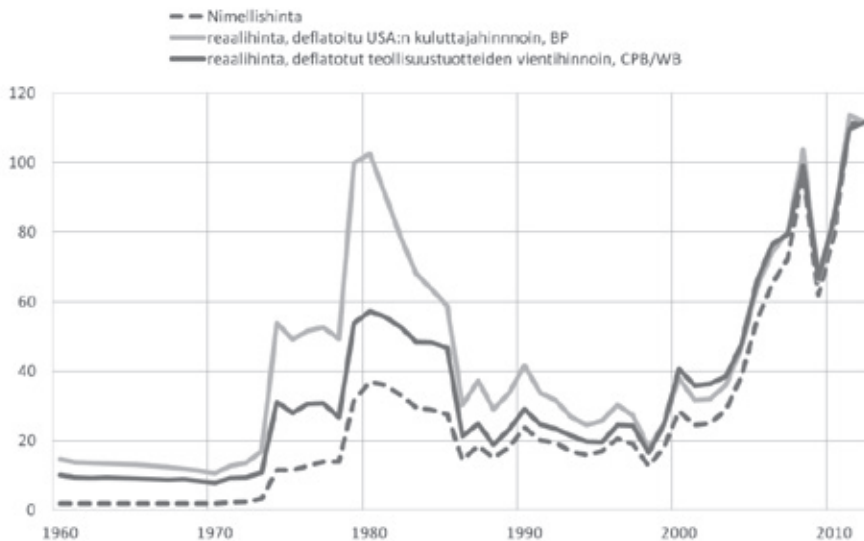
<sup>2</sup> Energia, joka on sitoutuneena luonnonvaroihin ennen jalostusta. Esimerkiksi uusiutuva energia, fossiiliset raaka-aineet, uraani.

Kuvio 2. Eräiden raaka-aineiden hintojen moninkertaistuminen vuodesta 2000



Lähde: ETLA

Kuvio 3. Raakaöljyn nimellinen ja reaaliin maailmanmarkkinahinta (vuoden 2012 binnoin)



Lähteet: BP, World Bank ja ETLA

tasokkeihin eli ongelmiin öljyn tarjonnassa, esimerkkinä 1970-luvun öljysokit ja Persianlahden sodat. Normaleimmista oloista jo pelkää uha tarjontaongelmista epävakaa Lähi-

idän geopoliittisen tilanteen muutosten takia heilutti hintoja.

Yhdysvaltojen liuske-energian tuotannon kasvu on puolestaan tarjontasokki, joka lisää

amerikkalaisen öljyn ja kaasun tarjontaa. Se ei ole kuitenkaan juuri näkynyt öljyn kansainvälisen hinnan laskuna, kuten olisi voinut olettaa. Tämä johtuu siitä, että kokonaiskysyntä on noussut teollisuusmaiden kysynnän supistumisesta huolimatta ja tarjonta on alentunut mm. Lähi-idän ja Pohjois-Afrikan tarjontaongelmien takia. Liuskeöljyn lisäys on puskuroinut tätä vaikutusta ja ehkäissyt öljyn rajun kallistumisen (Hamilton 2013).

### **Maailman tuotantorakenne muuttuu hitaasti vähähiiliseen suuntaan**

Maailmantalous on energian kallistumisesta ja siihen liittyvästä kysynnän ja tarjonnan sopeutumisesta huolimatta pitkään tiukasti sidoksissa fossiilisen primäärienergian käyttöön. Primäärienergian kysynnän kasvu jatkuu sekä IEA:n (2013) että EIA:n (2013) arvioiden mukaan hidastuvana seuraavina vuosikymmeninä. Samalla fossiilisen energian osuus kysynnästä pienenee ja uusiutuvien energialähteiden osuus lisääntyy. Muutos tapahtuu kuitenkin hitaasti, vaikka fossiilisen energian käyttöä pyritään radikaalisti rajoittamaan maapallon uhkaavan lämpenemisen hillitsemiseksi. Esimerkiksi EU on sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjä 80–95 prosenttia alle vuoden 1990 tason vuoteen 2050 mennessä (Euroopan komissio 2011).

Hiilen, raakaöljyn ja luonnonkaasun osuus primäärienergian kysynnästä oli vuonna 2000 80,4 prosenttia ja vuonna 2011 82 prosenttia. Osuus alenee IEA:n arvion mukaan 76 prosenttiin vuonna 2035. Samalla energian kysyntä ja tarjonta lisääntyvät ja monipuolistuvat. Primäärienergian kysynnän kasvu kuitenkin hidastuu vuosien 2000–2011 2,4 prosentin vuosivauhdista 1,2 prosenttiin vuosina 2011–

2035. Uusiutuvien energiamuotojen käyttö lisääntyy mm. IEA:n (2013) arvioiden mukaan hyvin nopeasti, mutta sen osuus primäärienergian kysynnästä jää vuonna 2035 18 prosenttiin, kun osuus oli vuonna 2000 13 prosenttia. Uusiutuvan energian (pl. biomassa, jäte ja vesi) osuus nousee vuonna 2035 vain 4 prosenttiin, vaikka se lisääntyy vuosittain noin 7 prosenttia (IEA 2013).

Energian hinnan nousun vaimea vaikutus fossiilisen energian kysyntään ja tarjontaan johtuu jähmeästi muuttuvan talouden rakenteen määrittämisestä kysynnän (ja tarjonnan) hyvin pienistä hintajoustoista. Pitkän aikavälin joustot ovat Hamiltonin (2008) arvion mukaan öljyn osalta kolminkertaiset lyhyen aikavälin joustoihin verrattuna, mutta ne ovat tästäkin huolimatta pienet.

Öljyn kysynnän sopeutuminen ja tarjonnan lisääminen kestää siten pitkään, ellei energian korkea hinta laukaise esimerkiksi energian käyttöä tuntuvasti tehostavia innovaatioita.

Talouden hidas rakennemuutos on ilmaston lämpenemisen kannalta ongelmallista. IEA:n (2013) mukaan sovitut toimet eivät riitä rajoittamaan ilmaston maailmanlaajuisista lämpenemistä alle kansainvälisesti hyväksytyyn kahden prosentin, jota pidetään vahingollisen ilmastomuutoksen torjumisen kannalta kriittisenä. Päästöoikeuksien ja sähkön hinnan on nousetava merkittävästi tavoitteen toteutumiseksi, jos energiamarkkinat kehittyvät odotetusti.

Kiinan ja muiden kehittyvien maiden kysynnän kasvun hidastuminen tai/ja käynnistymässä oleva epätavanomaisen energian tarjonnan lisääntyminen voi muuttaa kansainvälisten järjestöjen perusskenaarioita olennaisesti.

## Kallistunut energia lisää fossiilisen energian resursseja ja tarjontaa

Maailman todennetut raakaöljy-, luonnonkaasu- ja hiilivarat riittävät nykykulutuksella British Petroleumin (BP 2013) mukaan 53, 56 ja 109 vuodeksi. Nämä laskelmat perustuvan kaukallisesti ja teknisesti tällä hetkellä hyödynnettävissä oleviin resursseihin (ks. kehikko 2). Fossiilista energiaa esiintyy hyvin paljon näitä arvioita enemmän. Näiden niin sanottujen epätavanomaisten<sup>3</sup> energiaresurssien hyödyntäminen on kuitenkin tuotantokustannuksiltaan yleensä hyvin kallista verrattuna tavanomaisiin fossiilisiin esiintymiin. Lisäksi tuotanto oli ennen energian hinnan moninkertaistumista ja tekniikan kehittymistä yleensä kannattamatonta.

Energiaresurssien arviot ovat hyvin epävarmat. EIA:n vuonna 2013 (EIA, 2013b) tehdystä selvityksessä arvio maailman ns. epäkonventionaalisista teknisesti mahdollisista energiavaroista lisääntyi aiemmasta, vuonna 2011 tehdystä arviosta, raakaöljyn osalta 11 ja kaasun osalta peräti 47 prosenttia. Epätavanomaisesti tuotetun raakaöljyn osuus maailman öljyresursseista on tuoreimman tiedon valossa kymmenyksen. Kaasun osuus on 32 prosenttia.

Osuus on merkittävä, mutta on huomattava, että vain osa näistä teknisistä resursseista on

<sup>3</sup> Epätavanomaiset fossiiliset resurssit käsittävät liuskeenergian ja sen tyyppisen muun energian obella myös resurssit kuten öljyliuske (kerogeeni), jossa energia on kemiallisesti sitoutunut jobonkin materiaaliin. Fossiilista energiaa on kerogeenin tapaisissa muodoissa vielä liuske-energiaakin enemmän, mutta sen käyttöönotto on vielä liuske-energiaakin kalliimpaa (Oil shale 2011). Epätavanomaisiin energiamuotoihin luetaan myös erittäin syvällä meressä sijaitsevat, vaikeasti käyttöön otettavat öljykentät. Tässä yhteydessä käsitellään vain liuske-energiaa.

nykyolosuhteissa hyödynnettävissä myös taloudellisesti. Raakaöljyn osalta ei ole vielä kyetty arvioimaan edes USA:n todennettujen liuskeöljyvarantojen kokoa. Kaasun osalta on arvio vain USA:n varannoista, jotka vastaavat 44 prosenttia USA:n tavanomaisista todennetuista varannoista.

Liuske-energian teknisesti käyttökelpoiset resurssit ovat jakautuneet suhteellisen tasaisesti ympäri maailmaa. Venäjällä on suurimmat liuskeöljy- ja Kiinalla liuskekaasuresurssit (taulukko 1). Merkillepantavaa on, että vain kahdella OPEC-maalla (Libya ja Venezuela) on merkittäviä liuskeöljyresursseja ja vain yhdellä OPEC-maalla (Algeria) on merkittäviä liuskekaasuresursseja. Epätavanomaisen energian käyttöönotto kohentaa periaatteessa globaalia energiaturvallisuutta, koska tällöin energian tuotannon alueellinen jakauma monipuolistuu.

Liuske-energiavarojen perusteella arviotuna sen tuotanto voisi kasvaa voimakkaasti, jos energia pysyy riittävän kalliina. Valtioilla on vahva intressi kehittää liuske-energian tuotan-

Taulukko 1. Liuskeöljyn ja -kaasun tekniset resurssit

	Liuskeöljy mrd. tynnyriä	Liuskekaasu trilj. kuutiojalkaa
1 Venäjä	75	1 Kiina 1115
2 USA	58	2 Argentiina 802
3 Kiina	32	3 Algeria 707
4 Argentiina	27	4 USA 665
5 Libya	26	5 Kanada 573
6 Australia	18	6 Meksiko 545
7 Venezuela	13	7 Australia 437
8 Meksiko	13	8 Etelä-Afrikka 390
9 Pakistan	9	9 Venäjä 285
10 Kanada	9	10 Brasilia 245
	<b>Maailma 345</b>	<b>Maailma 7 299</b>

Lähde: EIA (2013b)

toa ja korvata näin energian tuontia omalla tuotannolla, koska se edistää niiden energiaomavaraisuutta ja parantaa ulkomaista maksuvalmiutta ja työllisyyttä. Tästä on hyvä esimerkki Puolan ja etenkin Britannian aktiivinen pyrkimys liuskekaasun käyttöönottoon (Parker 2014). Tuotannon aloittaminen on kuitenkin vaikeaa ja kallista, vaikka Yhdysvallat edelläkävijänä tarjoaa toimivan esimerkin. Kiina, Argentiina ja Ison-Britannian ohella muutamat Euroopan maa pyrkivät seuraamaan USA:n menestystä hyödyntämällä liuskekaasuresursseja. Venäjä luonnollisesti pyrkii pysymään keskeisenä vaikuttajan raakaöljymarkkinoilla. Tuotanto on kuitenkin vielä kokeiluvaiheessa (Swint ja Bakhsh 2013). Toisaalta jotkut maat, kuten Ranska ovat toistaiseksi kieltäneet vesisärötysmenetelmän, koska se on arvioitu ympäristön kannalta toistaiseksi liian ongelmalliseksi (Shale 2013).

Liuske-energian käyttöönotto alkoi lisääntyä Yhdysvalloissa nopeasti vuoden 2007 jälkeen lähinnä pienten tuottajien toimesta (kuvio 4). Esiintymät oli tiedetty pitkään ja tuotantoa oli harjoitettu kannattavimmilla kentillä pienimuotoisesti jo vuodesta 1940 (Richardson 2013). Ratkaisevaa tuotannon alkamisen kannalta oli raakaöljyn ja luonnonkaasun hinnan nousun ohella pääasiallisen tuotantomenetelmän ns. vesisärötysmenetelmän yhdistäminen vaakaporaukseen.<sup>4</sup> Tuotanto saattoi nousta

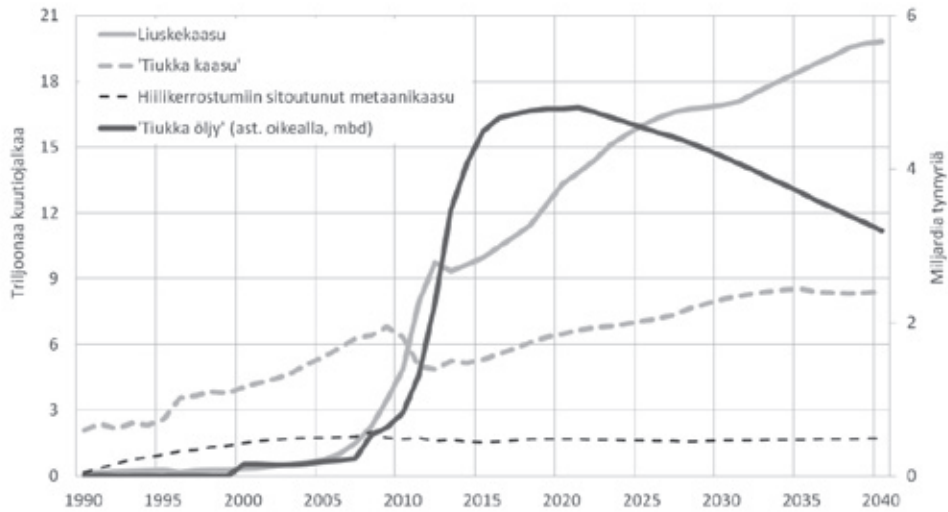
hyvin nopeasti, koska USA:ssa olivat valmiina laajat toimivat energiamarkkinat, öljyn ja kaasun etsintä- ja tuotantoinfrastruktuuri, kehittynyt jakeluverkosto, kehittynyt tietotaito energian tuotannossa sekä joustava lainsäädäntö. Muissa maissa olevien esiintymien hyödyntäminen on näistä syistä vielä hyvin pienimuotoista. Vaikka varannot ovat hyvin suuret Yhdysvaltojen ulkopuolella, liuske-energian tuotanto on Yhdysvaltojen ulkopuolella lähinnä kokeiluvaiheessa. Euroopassa pisimmälle ehtineessä Puolassa on meneillään koeporausjakso liuskekaasun hyödyntämiseksi ja kaupallisen toiminnan odotetaan alkavan vuosina 2015–16 (Chojna ym. 2013).

Yhdysvaltojen ja myös koko maailman raakaöljytuotannon kasvu on ollut vuoden 2005 jälkeen pitkälti amerikkalaisen liuskeöljyn tuotannon varassa, kun muun maailman tarjonta on mm. Irakin, Libyan ja Nigerian tuotantongelmien sekä Iranin kauppa-saarron takia takellellut (kuvio 5). Samaan aikaan Yhdysvaltojen öljyn kulutus on supistunut. USA:n öljyn kysynnän pieneneminen ja liuskeöljyn tuotannon lisääntyminen leikkasivat Yhdysvaltojen raakaöljyn tuontia 23 prosenttia vuodesta 2005 vuoteen 2012.

<sup>4</sup> Vesisärötysmenetelmässä (hydraulic fracking) vapautetaan liuske-energia (kaasu tai öljy) kivennäisen sisällä olevista huokosista aibeuttamalla kivennäiseen säröjä. Tällöin hyvin pieniin mineraalibuokosiin lukkiutuneet öljypisarot ja kaasut vapautuvat putkistoa pitkin jatkokäsittelyyn. Liuskeen säröily saadaan aikaan ruiskuttamalla porausreikään suurella paineella vettä, tiettyjä kemikaaleja ja hiekkää. Vaakaporaus parantaa syvällä maan alla yleensä kapeana naubana olevien esiintymien taloudellisuutta. Menetelmä

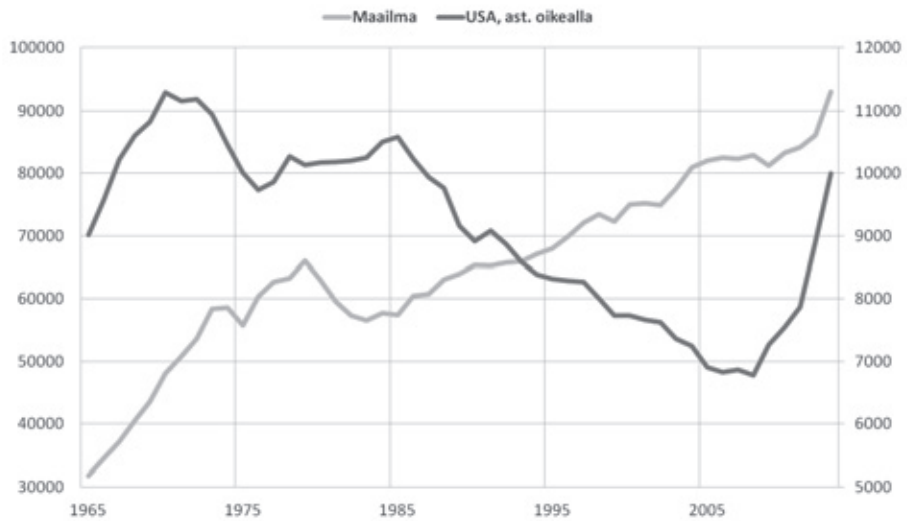
on kaivannaistoiminnan tapaan rankka ympäristön subteen ja sitä on vastustettu voimakkaasti ympäristö- ja terveysystistä. Uuden tuotannon on muun muassa pelätty pilaavan pohjaveden. Tuotanto on kuitenkin paisunut nopeasti, eikä ongelmilta ole vältytty (ks. esim. StateImpact, 2013).

Kuvio 4. Epätavanomainen kaasun ja öljyn tuotanto Yhdysvalloissa



Lähteet: EIA (2013) ja ETLA

Kuvio 5. Maailman ja USA:n öljyntuotanto, 1000 tynnyriä/päivä



Lähteet: BP ja ETLA

## **Epätavanomaisen energian tarjonnan noususta ”epäsymmetrinen” sokki USA:n talouteen**

Liuske-energiaboomi käänsi USA:n pitkään supistuneen öljyn tuotannon nopeaan kasvuun tuoreimpien tietojen mukaan vuonna 2011, vaikka liuskeöljytuotanto alkoi vauhdittua jo aiemmin. Kaasun tuotanto lisääntyi vielä öljyn-tuotantoakin nopeammin. Liuskekaasun osuus Yhdysvaltojen kaasuntuotannosta oli vuonna 2000 vain 1,7 prosenttia. Vuonna 2005 osuus oli noussut 4,1 prosenttiin ja vuonna 2013 jo noin 39 prosenttiin. Ns. tiukan öljyn, joka on Yhdysvalloissa pääosin liuskeöljyä, osuus öljyn tuotannosta oli vuonna 2000 4,6 prosenttia. Vuonna 2005 osuus nousi 5,6 prosenttiin. Uusimpien arvioiden mukaan maan raakaöljyn tuotannosta oli vuonna 2013 jo peräti 45 prosenttia liuskeöljyä. (EIA, 2013). Maan energiaturvallisuus on kohentunut selvästi.

EIA:n (2013) mukaan liuskekaasun ja öljyn tuotanto kehittyvät hyvin eri tavalla vuoteen 2040 mennessä. Liuskeöljyn tuotannon ennustetaan olevan suurimmillaan 2020-luvun alussa, minkä jälkeen tuotanto kääntyy hitaaseen laskuun. Kaasun tuotanto puolestaan jatkaa voimakasta kasvua ja päättyy IEA:n skenaarion mukaan vuonna 2014 lähes kaksinkertaiseksi vuoden 2013 tuotantoon verrattuna.

Liuskeöljy ja kaasu ovat vain osa epätavallisiksi luokitelluista Yhdysvaltojen energiavaroista, mutta niihin perustuva raakaöljyn ja luonnonkaasun tuotannon yllättävän voimakas kasvu on muovaamassa Yhdysvaltojen ja koko maailmankin energiamaarkkinoita monessa suhteessa, vaikka tuotanto jäisi muualla vaatimattomaksi.

## **USA:ssa kaasun ja öljyn tuntuva ylitarjonta ja viennin säätely...**

Liuske-energiaa tuotetaan lähinnä Meksikon lahden tuntumassa ja Yhdysvaltain sisämaassa sijaitsevilla osavaltioissa, joista käytännöllisin ratkaisu öljyn toimittamiseksi on öljyputkisto. Samoilla markkinoilla on kuljetussyistä myös Kanadan öljyhiiekasta tuotettava öljy. Tarjonnan lisääntyminen, putkiston ja varastojen riittämättömyys sekä kaasun ja raakaöljyn viennin säätely saivat aikaan raakaöljyn ja etenkin luonnonkaasun tuntuvaan ylitarjonnan Pohjois-Amerikassa.

Öljyn vienti ulkomaille on ollut Yhdysvalloissa käytännössä kielletty 1970-luvun öljykriisien jälkeen (Clayton 2013). Kaasun vientilupia on myönnetty viime aikoina verraten helposti, mutta vientiä on rajoittanut nesteytetyn kaasun vientiterminaalien vähäisyys. USA:n energiaosaston (US DOE) syyskuuhun 2013 mennessä myöntämät luvat antavat mahdollisuuden merkittävään terminaalien lisäämiseen ja USA:n nousemiseen maailman suurimmaksi nesteytetyn kaasun viejäksi. (Sakmar 2013)

## **... ovat painaneet USA:n kaasun ja öljyn hinnan selvästi alle maailmanmarkkinahinnan**

Liuskeöljyn tuotannon kasvu USA:n sisämaassa ei alentanut aluksi rannikolla pumpatun raakaöljyn hintaa, koska öljyputkisto ei riittänyt toimittamaan riittävästi sisämaan öljyä rannikolle. Varastot paisuivat keskeisessä sisämaan markkinapaikassa Cushingissa ja hinnat (WTI) siellä laskivat. Rannikon hinnat pysyivät kuitenkin lähellä kansainvälisiä hintoja syksyyn 2013 asti, jolloin siirto-ongelmien väljentyminen painoi rannikon aiemmin kansainvälistä



## Kehikko 1. Fossiilisen energian todennetut varannot ovat pieni osa kokonaisvarannoista

Vastoin yleistä käsitystä maailmassa on öljyä tavattoman paljon. Pelot raakaöljyn loppumisesta ovat vahvasti liioitellut, vaikka (esimerkiksi Carter 1977 ja *Tekniikka&Talous* 2008) todennetut reservitilastot näyttävät raakaöljyvarastojen ehtyvän nykykulutuksella noin 53 vuodessa (BP 2013). Samantyylisesti raakaöljyn ajateltiin loppuvan 1970-luvun öljykriisien jälkeen noin 30 vuodessa, vaikka varannot riittäisivät tällä laskutavalla nykyään selvästi pitempään. Raakaöljyä on kuitenkin kulutettu 1970-luvulta alkaen 1 100 miljardia tynnyriä eli suunnilleen saman verran kuin 1990-luvulla arvioitiin todennettujen reservien kooksi. Niin sanotun peak oil -koulukunnan mukaan raakaöljyn tarjonta huipentuukin tiettyä vuonna ja alkaa sen jälkeen nopeasti laskea. Raakaöljyn hinta kallistuu voimakkaasti ja talous ajautuu jyrkimpien tulkintojen mukaan kaaokseen (Martensen 2010).

*Peak oil* -teorian kehittäjä yhdysvaltalainen geologi King Hubbert ennakoiti vuonna 1956, että USA:n raakaöljyn tuotanto huipentuisi vuonna 1970 ja alkaisi sen jälkeen pysyvästi laskea. Teorian suosio perustuu juuri tähän ennusteeseen, koska se näytti pitkään pitävän paikkansa. Maailman tuotantohuipun piti puolestaan tapahtua ajanjaksona 1995–2000. Yhdysvaltojen öljyn tuotanto kääntyi kuitenkin nousuun vuonna 2008 pitkän laskutrendin jälkeen. Maailman tuotanto on noussut trendimäisesti pitkään. Tuotantohuipun ajoitusta onkin sittemmin korjailtu<sup>1</sup> korostamalla, että huipulla tarkoitetaan ns. konventionaalisen raakaöljyn tuotantohuippua. Raakaöljyn käytön kannalta ei kuitenkaan ole väliä, miten se on tuotettu, jos se on kuitenkin normaalisti jalostettavaa raakaöljyä.

Öljyn tarjontahuippuarviot ovatkin olleet siinä määrin joustavia, että se ei ole käsitteenä kovin hyödyllinen, vaikka öljyn hinta on noussut ja konventionaaliset varat ovat hupenemassa. Se on pikemmin haitallinen, koska tuotantohuipun käsite on epämääräinen, joten siltä pohjalta kumpuaa helposti hyödyttömiä katastrofiskenaarioita.

### Raakaöljy ei ole loppumassa, mutta se on kallistunut pysyvästi

Öljyn tarjontahuipun arviointi on hankala käsite sen takia, että edellä mainittujen todennettujen varantojen koko ei ole vakio. Todennettujen reservien suuruus riippuu energian hinnasta ja teknologisesta kehityksestä kuten kaavamaisesta kuvasta boksikuvasta kaksi on nähtävissä.

Öljy ei ole loppumassa. Sen sijaan se kallistuu, koska öljyn tuotannossa ollaan siirtymässä kustannuksiltaan kalliimpiin esiintymiin. Tämä edellyttää kuitenkin raakaöljyn kulutuksen kasvun jatkumista ja sitä, ettei teknologinen kehitys alenna öljyntuotannon kustannuksia. Yhdysvalloissa on arvioitu, että kannattava liuskeöljytuotanto edellyttää tänä vuonna 78–84 dol-

<sup>1</sup> Esimerkiksi Pickens (2005) ja Campbell (2009) arvioivat aikanaan, että globaali öljyntarjontahuippu olisi joko saavutettu tai että se olisi lähellä huippuaan.

larin raakaöljyn (West Texas Intermediate, WTI) hintaa (Carrol and Klump 2013). Vastaavasti liuskekaasun kannattavuusraja vaihtelee 2,7–8,1 dollarissa per miljoonaa brittiläistä lämpöyksikköä. Mediaani on Bakerin mukaan 4,85 \$ / Mmbtu (OilVoice, 2013). Joulukuussa 2013 WTI maksoi 97.9 dollaria per tynnyri ja luonnonkaasu 4,2 dollaria/Mmbtu.

Epätavanomaisen öljyn ns. todennetut varannot ovat tällä hetkellä Yhdysvalloissa viidennes tavanomaisista. Muun maailman osalta ei ole vielä arviota. Varannot, joista esimerkiksi raakaöljyn ”riittävyys” on laskettu, nousevat, mikäli teknologinen kehitys tai raakaöljyn kallistuminen muuntaa kannattamattomista resursseista kannattavia<sup>2</sup> tai uusia esiintymiä löydetään. Liuske-energian lisääntynyt käyttö Yhdysvalloissa on hyvä esimerkki teknologisesta kehityksestä ja 2000-luvun alun hinnan nousun vaikutuksesta.

On kuitenkin hyvä pitää mielessä, että energian hinnan tuntuva lasku esimerkiksi Kiinan kysynnän mahdollisen hidastumisen takia muuttaisi tilannetta olennaisesti. Raakaöljyn hinnan tuntuva lasku alle 70 dollarin tynnyriltä tekisi suuresta osasta epätavanomaista öljyntuotantoa jälleen kannattamatonta. Öljymarkkinat ja koko maailmantalous olisivat tuolloin uusissa ongelmissa.

### Fossiilisten raaka-ainevarantojen käsitteistö yksinkertaistettuna

#### Kokonaisresurssit

#### Teknisesti hyödynnettävät resurssit

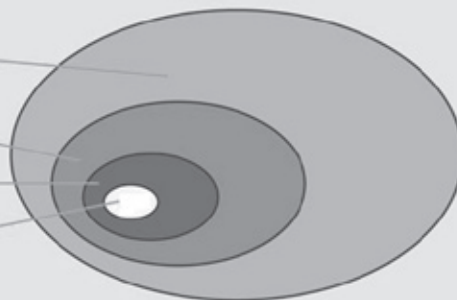
Näistä arviot, jotka ovat hyvin epävarmat, mutta uudet selvitykset ovat yleensä niitä lisääneet.

#### Taloudellisesti hyödynnettävät resurssit

Kannattavat resurssit, jotka lisääntyvät kustannusten pienentyessä ja hintojen noustessa.

#### Todennetut varannot

Resurssit, jotka otetaan todennäköisesti käyttöön.

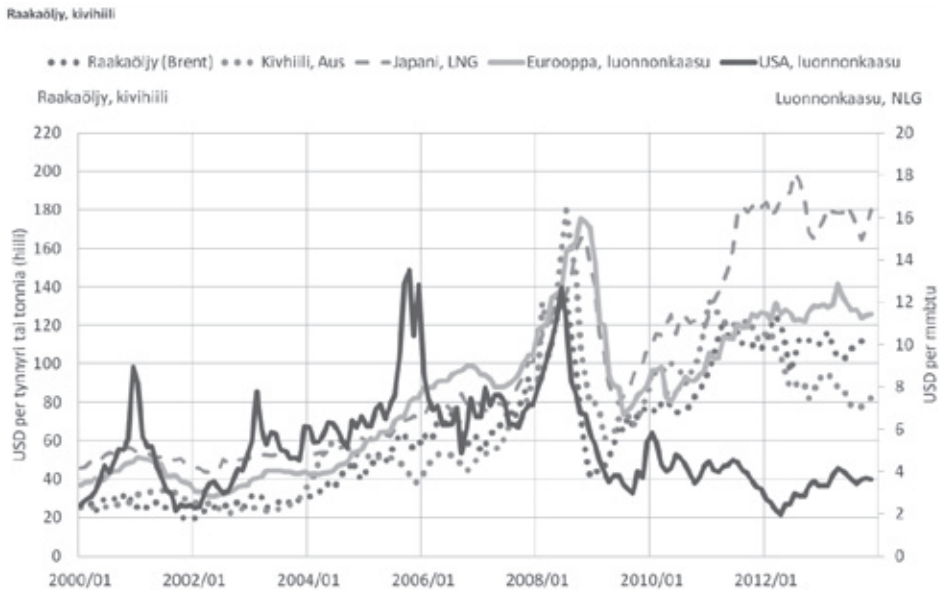


Lähde: Jaffe et al. (2011) muutettu.

ETLA

<sup>2</sup> Ks. World Petroleum Council (2008)

Kuvio 6. Fossilisten energiaraaka-aineiden maailmanmarkkinabinat 2000-luvulla



Lähteet: World Bank ja ETLA

Brent-hintaa seuranneet hinnat lähemmäksi sisämaan hintoja.

Kuljetusten pullonkaulaa pyrittiin aluksi väljentämään kääntämällä eräiden öljyputkien suuntaa sekä turvautumalla juniin ja autoihin öljyn kuljetuksessa, koska uuden putkiston rakentaminen on hidasta. Talvella 2013/2014 Yhdysvaltain sisäiset tarjontakapeikat väljenevät edelleen, kun mm. Keystone XL projektiin liittyvä USA:n sisäinen putkisto Meksikonlahdelle valmistuu. Projektiin liittyvä Kanadan ja Yhdysvaltojen välinen putkikyhteys on vielä suunnitteilla. Tämän valtion rajan ylittävän putken rakentamista vastustetaan ympäristösyistä ja rakentaminen on tuntuvasti viivästynyt. Rakentamisen aloittamiseen tarvitaan sisämaan putkista poiketen Yhdysvaltojen ulkoministeriön lupa.

Amerikkalaisten öljyjen hintaero kansainväliseen perushintaan (Brent) on heilahdellut voimakkaasti, mutta ero on säilynyt suurena (kuvio 6). Joulukuussa 2013 raakaöljyn hinta oli USA:n sisämaassa (WTI) 97,5 dollaria, rannikolla (LSS, Light Louisiana Sweet) 103 dollaria ja kansainvälisillä markkinoilla 110,8 dollaria (Brent). WTI:n Brent-laatua halvempi hinta on ilmeisesti verraten pysyvää vientikiellon takia. Ero kaventunee Brent-öljyn hinnan laskun kautta (EIA 2013a).

Kaasumarkkinat ovat alueelliset, koska kaasun ulkomaankauppa eri mantereiden välillä on vähäistä logistiikkaongelmien takia. Euroopan kaasun hinta on seurannut pitkälti raakaöljyn ja öljytuotteiden hintaa lähinnä Venäjän pitkäaikaisiin toimitussopimuksiin perustuen. Japanissa käytettävä kaasu on nesteytetty tuon-

tikaasua, jonka hinnoittelu perustuu Euroopan tapaan öljyn hintaan (AIECE 2013). Yhdysvalloissa kaasun hinta määräytyy puolestaan markkinoilla, joilla kaasun hyvin nopeasti lisääntynyt tarjonta dominoi hintakehitystä. Kaasun hinta onkin vaihdellut Yhdysvalloissa eri tahdissa kuin muualla (EY 2013).

Liuskekaasun tuotannon kasvu Yhdysvalloissa välittyy vientikapasiteetin vähyden takia kansainvälisiin kaasun hintoihin välillisesti. Se on vaikuttanut myös kivihiihen hintaan. Ensimmäkin kalliin hiilen korvaaminen halvalla kaasulla esimerkiksi sähkön tuotannossa on lisännyt hiilen vientiä Yhdysvalloista mm. Eurooppaan. Tämä alentaa hiilen maailmanmarkkinahintaa sekä lisää painetta kaasun hinnan laskuun Euroopassa ja Gazpromin dominoiman sopimushinnoittelun muutokseen joustavamaksi.

Venäjän näkökulmasta tilanne on pulmallinen. Talous riippuu keskeisesti energian hintakehityksestä, koska vientimääriä on vaikea lisätä (Sun 2008). Kaasun korkea hinta nakertaa sen vientimahdollisuuksia etenkin pitkällä tähtäimellä, mutta alempi hinta toisaalta pienentää vientituloja. Venäjän ja sen asiakkaiden etujen mukaista olisi Venäjän energian tuotannon, energianviennin ja kuljetuskapasiteetin lisääminen sekä siirtyminen kaasun hinnoittelussa pitkäaikaisista öljyperusteisista sopimuksista markkinahintoihin kuten on tapahtunut mm. rautamalmimarkkinoilla. Tästä on jo jonkin verran merkkejä. Venäjä on tutkimassa liuskekaasuvarantojen hyödyntämistä, ja kaasun hintojakin on osin tarkistettu alemmaksi.

Öljyn hintojen osalta paine USA:n ja maailmanmarkkinahintojen yhtäläistämiseksi tulee USA:n mittavan tuonnin nopean vähenemisen kautta. Yhdysvaltojen vähenevä raakaöljyn tuonti on toistaiseksi tosin lähinnä keventänyt

hinnan nousupaineita tasoittamalla mm. Irakin, Libyan ja Nigerian öljyn viimeaikaisten tarjontaongelmien vaikutusta.

Liuske-energian tarjonnan kasvu on vaikuttanut voimakkaasti kaasun, öljyn ja sähkön hintaeroihin maailmantalouden eri alueiden välillä lähinnä logististen ongelmien ja/tai USA:n vientipolitiikan kautta. Hiilen osalta markkinat toimivat paremmin, ja hintaerot ovat vähäiset, kun kuljetuskustannukset huomioidaan.

Energiaraaka-aineiden ja sähkön hinnat olivat vielä 2000-luvun alussa lähellä toisiaan eri puolilla maailmaa. Joulukuussa 2013 USA:n luonnonkaasun hinta oli runsas kolmannes Euroopan hinnasta ja neljännes Japanin tuontihinnasta. Raakaöljyn (WTI) hinta oli vuodenvaihteessa 2013/2014 11 prosenttia halvempaa kuin Brent. Halvan kaasun lisääminen USA:n sähköntuotannossa on merkinnyt USA:n sähkön hinnan selvästi Euroopan hiiliperusteista hintaa hitaampaa nousua 2000-luvulla.

Kivihiihen korvaaminen kaasulla on lisäksi lisäbonus Yhdysvalloille, koska se on pienentänyt USA:n CO<sub>2</sub>-päästöjä, mutta Euroopassa päästöt ovat hiilen käytön lisääntymisen takia lisääntyneet.

## **USA saanut energiasta merkittävän kilpailuedun**

Kaasun hinnan lasku liuskekaasun lisääntyneen käytön takia on lisännyt erityisesti energiaintensiivisten amerikkalaisten yritysten kilpailukykyä muun maailman suhteen alentamalla niiden energiakustannuksia kaasun halvemman hinnan, lisääntyneen kaasunkäytön ja siihen liittyvän kilpailijamaita maltillisemmin nousseen sähkön hinnan takia. Polttoaineiden hinnat ovat kuitenkin nousseet kansainvälisten

hintojen tahdissa, koska niiden ulkomaankauppa ei ole säädelty. Kaasun ja sähkön hintakehitys on tukenut myös kuluttajien ostovoimaa merkittävästi, mikä on yksi lisätekijä Yhdysvaltojen talouskasvun vahvistumisen taustalla.

## Johtopäätökset

Kansainväliset raaka-ainemarkkinat ovat mullistuneet 2000-luvulla. Ensiksi Kiinan nousu maailman keskeiseksi taloudeksi merkitsi rajua kysyntäsokkia raaka-aine- ja fossiilisen energian markkinoille, joiden tasapainottuminen edellytti hintojen moninkertaistumista. Fossiilisen energian hinnan moninkertaistuminen ja vaakaporaustekniikan yhdistäminen vesisärotysmenetelmään lisäsivät tuntuvasti energiaraaka-aineiden taloudellisia varantoja ja tekivät mahdolliseksi aiemmin kannattamattomien liuske-energiaesiintymien hyödyntämisen Yhdysvalloissa. Yhdysvaltojen öljyn ja kaasun tuotanto alkoi kasvaa nopeasti.

Liuske-energiaesiintymät otettiin käyttöön aluksi sisämaassa, jossa raakaöljyn siirtokapasiteetti oli aluksi riittämätön tuotannon välittämiseen öljynjalostamoihin. Tästä seurasi sisämaan (WTI) hinnan tuntuva alentuminen kansainvälisiin noteerauksiin ja rannikon raakaöljyn verrattuna. Logistiikka parani, mutta se johti vain hintojen samankaltaistumiseen Yhdysvaltojen sisällä. Raakaöljyn kansainvälisen hinta-arbitraasin estää öljyn viennin tiukka sääntely. Kaasun osalta jarruna on riittämätön vientikapasiteetti. Kaasun vientilupia on viimeaikoina myönnetty merkittävästi, ja vientikapasiteettia lisätään. Yhdysvalloista saattaa tulla kaasun suurin viejä. Raakaöljyn osalta paine

kansainvälisten ja amerikkalaisten hintojen yhäläistymiseen tulee sekä USA:n raakaöljytuotannon vähenemisen että todennäköisen jalostamokapasiteetin lisäämisen kautta. USA:n sisäistä ylitarjontaa sulatellaan jalosteiden vientiä lisäämällä.

USA:n liuske-energiaboomi vaikuttaa myös kansainvälisesti. Ensinnäkin liuske-energiareсурssit ovat jakautuneet verraten tasaisesti ympäri maailman, ja Yhdysvallat on antanut toimivan esimerkin niiden käytöstä. Tuotannon voi odottaa lisääntyvän myös globaalisti. Nousu voi olla merkittävä, vaikka ilmiön toistaminen ei ole helppoa, koska Yhdysvalloissa on ylivoimainen infrastruktuuri ja tietotaito ja suhteellisen salliva lainsäädäntö. Toiseksi kaasun hinnan tuntuva lasku on korvannut USA:ssa kivihiilen käyttöä kaasulla mm. sähkön tuotannossa, jolloin kivihiilen vienti mm. Eurooppaan on lisääntynyt tuntuvasti. Se on osaltaan painanut alas hiilen kansainvälistä hintaa ja merkinnyt Euroopassa kaasun korvaamista halvemmalla, mutta saastuttavammalla hiilellä.

Hiilidioksidipäästöjä aiheuttavan fossiilisen energian käytön odotetaan vähenevän hitaasti voimakkaista vähentämispyrkimyksistä huolimatta. Tämä edellyttää energian pienten hintajoustojen takia päästöoikeuksien ja sähkön olennaista kallistumista, jotta ilmaston lämpenemistavoitteissa pysyttäisiin. Tällöin oletetaan energian kysynnän jatkuvan perusskenaarioiden mukaisesti. Kiinan kasvun mahdollinen notkahtaminen muuttaisi maailmantalouden, ilmaston lämpenemisen ja öljymarkkinoiden näkymät perustavanlaatuisesti. □

## Kirjallisuus

- AIECE (2013), "World Trade and Commodity Prices in 2013-2014". A report submitted to the AIECE Autumn General Meeting in Brussels. November 7-8, 2013. By Roberta De Santis (ISTAT) and Paavo Suni (ETLA).
- BP (2013), "Statistical Review of World Energy 2013". [http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/Statistical-Review/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_2013\\_workbook.xlsx](http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/Statistical-Review/statistical_review_of_world_energy_2013_workbook.xlsx) (viitattu 24.1.2014).
- Campbell, C. (2009), "Key oil figures were distorted by US pressure, says whistleblower", Open Comment to the Editor *Guardian* xx.xx.2009.
- Carroll, J. ja Klump, E. (2013), "Oil's \$5 Trillion Permian Boom Threatened by \$70 Crude", Bloomberg October 25.
- Carter, J. (1977), "The President's Proposed Energy Policy." *Vital Speeches of the Day*, Vol. XXXXI-II, No. 14: 418-420.
- CBP (2013), "World Trade Monitor", CBP The Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis, December.
- Chojna, J., Losoncz, M. ja Suni P. (2013), "Shale Energy Shapes Global Energy Markets", *National Institute Economic Review* No 26: F40-F45
- Clayton, B. (2013), "The Case for Allowing U.S. Crude Oil Exports", Council on Foreign Relations, Policy Innovation Memorandum No. 34. July.
- ECF (2011), "Roadmap 2050", European Climate Foundation, Brussels.
- EIA (2013), "Annual Energy Outlook 2014 Early Release", U.S. Energy Information Administration, Washington.
- EIA (2013a), "Light Louisiana Sweet crude oil sells now at a historically low discount to Brent", This Week in Petroleum, December 11.
- EIA (2013b), Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States. June 2013. (viitattu 24.1.2014)
- Euroopan komissio (2011), "Energia-alan etenemissuunnitelma 2050", Bryssel 15.12.2011, KOM(2011) 885 lopullinen.
- EY (2013), "Global LNG. Will new demand and new supply mean new pricing?". [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Global\\_LNG\\_New\\_pricing\\_ahead/\\$FILE/Global\\_LNG\\_New\\_pricing\\_ahead\\_DW0240.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Global_LNG_New_pricing_ahead/$FILE/Global_LNG_New_pricing_ahead_DW0240.pdf) (viitattu 24.1.2014)
- Hamilton, J. (2008), "Understanding Crude Oil Prices", Department of Economics, University of California, San Diego. May 22, Revised: December 6, 2008. [http://dss.ucsd.edu/~jhamilton/understand\\_oil.pdf](http://dss.ucsd.edu/~jhamilton/understand_oil.pdf) (viitattu 24.1.2014)
- Hamilton, J. (2013), "Lower gasoline prices", Econbrowser, November 17. [http://www.econbrowser.com/archives/2013/11/lower\\_gasoline.html](http://www.econbrowser.com/archives/2013/11/lower_gasoline.html)(viitattu 24.1.2014)
- Hubbert, M. King (1956), "Nuclear Energy and the Fossil Fuels", Spring meeting of the Southern District, American Petroleum Institute, March 7-9, San Antonio, Texas. <http://www.hubbert-peak.com/hubbert/1956/1956.pdf> (viitattu 24.1.2014)
- IEA (2013), *World Energy Outlook*", IEA, Paris.
- IMF (2013), *World Economic Outlook*, October.
- Jaffe, A., Medlock, K. III and Soligo, L. (2011), "The status of world oil reserves: conventional and unconventional resources in the future supply mix", October.
- Martenson, C. (2010), "We Have No Plan B For The Coming Peak Oil Chaos", *Business Insider*, October 14. <http://www.businessinsider.com/future-chaos-there-is-no-plan-b-2010-10#ixzz2phRQzATt> (viitattu 24.1.2014)
- Oil shale (2011), "Oil Shale ~ Shale Oil ~ Shale Gas", Minerals that are (literally) miles apart, Oil Shale Facts. <http://www.oilshalefacts.org/background/fact-sheets/oil-shale-shale-oil-shale.pdf> (viitattu 24.1.2014)

- OilVoice (2013), "What is the real cost of shale gas?", December 10. [http://www.oilvoice.com/n/What\\_is\\_the\\_real\\_cost\\_of\\_shale\\_gas/f4b6eb06c141.aspx#gsc.tab=0](http://www.oilvoice.com/n/What_is_the_real_cost_of_shale_gas/f4b6eb06c141.aspx#gsc.tab=0) (viitattu 24.1.2014)
- Parker G. (2014), "David Cameron urges EU against 'burdensome' shale gas curbs", *Financial Times* 24.1.2014
- Pickens, B. (2005), "Boone Pickens Warns of Petroleum Production Peak", ASPO Newsletter, May 4.
- Roache, S. (2012), "China's Impact on World Commodity Markets", IMF Working Paper WP/12/115.
- Richardson, J. (2013), "The History of Fracking (A Timeline)". <http://energywithjr.quora.com/The-History-of-Fracking-A-Timeline> (viitattu 10.2.2014)
- Roache, S. (2012), "China's Impact on World Commodity Markets", IMF Working Paper WP/12/115.
- Sakmar, S. (2013), "DOE Approves Fourth US LNG Export Project", Natural Gas Europe. <http://www.naturalgaseurope.com/doe-approves-dominion-cove-lng-export> (viitattu 24.1.2014)
- Shale (2013), "Shale gas and fracking", [http://www.shalegas-europe.eu/en/docs/house\\_of\\_commons\\_library\\_shale\\_gas\\_and\\_fracking.pdf](http://www.shalegas-europe.eu/en/docs/house_of_commons_library_shale_gas_and_fracking.pdf) (viitattu 24.1.2014)
- StateImpact (2013), "How Does Hydraulic Fracturing ("Fracking") Work?", Energy and Environment Reporting for Texas. <http://stateimpact.npr.org/texas/tag/fracking/> (viitattu 24.1.2014)
- Suni Paavo (2007), "Riittääkö öljy ja millä hinnalla?", *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 103: 58-69.
- Suni Paavo (2008), "Effects of Energy Price changes on Russian Economy". CESifo Forum 2/2008.
- Swint, B.-Bakhsh, N. (2013), "Shale Revolution Spreads With Record Wells Outside U.S.: Energy", Bloomberg Sustainability. <http://www.bloomberg.com/news/2013-11-15/shale-revolution-spreads-with-record-wells-outside-u-s-energy.html> (viitattu 24.1.2014)
- Tekniikka&Talous* (2008), "Öljy loppuu vuonna 2050", 19.12.2008.
- World Bank (2014), "Pink Sheet", January 2014.
- World Petroleum Council (2008), "Petroleum Resources Management System". [http://www.spe.org/industry/docs/Petroleum\\_Resources\\_Management\\_System\\_2007.pdf](http://www.spe.org/industry/docs/Petroleum_Resources_Management_System_2007.pdf) (viitattu 24.1.2014).