

**VAASAN YLIOPISTO  
KAUPPATIETEELLINEN TIEDEKUNTA  
TALOUSTIETEEN YKSIKKÖ**

Anni Leimu

**ENERGIAN TARJONNAN DIVERSITEETIN KEHITTYMINEN KIINASSA  
1990-2012 JA SEN VAIKUTUKSET ENERGIATURVALLISUUDELLE**

Taloustieteen Pro Gradu -tutkielma

VAASA 2015



## SISÄLLYS

<b>1. JOHDANTO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. ENERGIATURVALLISUUDEN MÄÄRITELMÄ JA HISTORIA KIINASSA 9</b>	
2.1 Energiaturvallisuuden määritelmä .....	9
2.2 Energiaturvallisuuden historia Kiinassa .....	15
<b>3. DIVERSITEETTI-INDEKSIT .....</b>	<b>20</b>
3.1 Shannon-Wiener -indeksi .....	22
3.2 Hirschman-Herfindahl -indeksi .....	24
<b>4. TUTKIMUKSEN AINEISTO .....</b>	<b>27</b>
4.1 Yhdysvallat vertailualueena .....	29
4.2 Euroopan unioni vertailualueena .....	31
<b>5. ENERGIAN TARJONTA KIINASSA JA YMPÄRISTÖNMUUTOS .....</b>	<b>33</b>
5.1 Energian tuotanto Kiinassa .....	34
5.2 Uusiutumattomat energiamuodot .....	36
5.2.1 Kivihiili .....	36
5.2.2 Öljy .....	38
5.2.3 Maakaasu .....	42
5.2.4 Ydinvoima .....	43
5.3 Uusiutuvat energialähteet .....	44
5.3.1 Vesivoima .....	45
5.3.2 Tuulivoima .....	46
5.3.3 Aurinkovoima .....	48
5.4 Energian tuonti Kiinaan .....	49
5.5 Kiinan energiareservit .....	53
5.6 Ympäristönmuutos .....	54
<b>6. ENERGIATURVALLISUUDEN KEHITTYMINEN KIINASSA .....</b>	<b>57</b>
6.1 Energiadiversiteettien kehitys Kiinassa .....	58
6.2 Energiadiversiteettien kehitys Yhdysvalloissa ja Euroopan unionissa .....	63
6.3 Energiaturvallisuuden tulevaisuus Kiinassa .....	67
<b>7. JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>74</b>

## LÄHTEET



---

**VAASAN YLIOPISTO****Kauppatieteellinen tiedekunta**

<b>Tekijä:</b>	Anni Leimu
<b>Tutkielman nimi:</b>	Energian tarjonnan diversiteetin kehittyminen Kiinassa 1990-2012 ja sen vaikutukset energiaturvallisuudelle
<b>Ohjaaja:</b>	Hannu Piekkola
<b>Tutkinto:</b>	Kauppatieteen maisteri
<b>Yksikö:</b>	Taloustiede
<b>Aloitusvuosi:</b>	2011
<b>Valmistumisvuosi:</b>	2015

**Sivumäärä: 82**

---

**TIIVISTELMÄ**

Katkeamattomasta ja luotettavasta energian tarjonnasta on tullut talouden toiminnassa pitävä voima ja sivilisaation yksi suurimmista välttämättömyyksistä. Energian tarjontaa on pidetty itsestäänselvyytensä. Viime vuosikymmeninä yleistyneet ympäristö- ja geopoliittiset ongelmat ovat kuitenkin saaneet maailman huomion kääntymään energiaturvallisuuteen.

Tämän Pro Gradu -tutkielman tarkoituksena on kuvata Kiinan energiaturvallisuuden kehitystä vuosien 1990-2012 välisenä aikana. Energiaturvallisuutta mitataan kahdella eri energiamuotojen diversiteetti- eli monimuotoisuusindeksillä; Shannon-Wiener - ja Hirschman-Herfindahl -indekseillä. Shannonin indeksiä on ensisijaisesti käytetty tutkimuksissa tuotannon diversiteetin laskentaan ja Hirschman-Herfindahl -indeksiä on erityisesti käytetty markkinoiden keskittyneisyyden laskentaan.

Viime vuosien aikana energiaresurssien turvaaminen on noussut agendalle talouskasvun rinnalle myös Kiinassa. Kiinan maailman suurin väestömäärä yhdessä nopeasti kasvavan talouden kanssa on nostanut Kiinan energiantarpeen niin korkeaksi, että Kiinasta on tullut maailman suurin energian nettotuojana oman energiantuotantonsa lisäksi. Kiinan oman energiantuotannon ongelmana on sen nojautuminen edelleen yli 70 prosenttisesti hiileen. Hiilen laajan käytön johdosta Kiina on maailman suurin hiilidioksidipäästöjen tuottaja. Ympäristö joutuu maksamaan tästä kovaa hintaa.

Tutkielmaa tehdessä havaittiin, että energiantuotannon diversiteetti on heikentynyt Kiinassa tutkimusaikana. Energiantuotanto on jatkanut keskittymistään entistä harvempiin energiamuotoihin. Kiinan valtion 2000-luvun puolivälissä aloittamat toimet energiadiversiteetin parantamiseksi eivät vielä näy indekseissä. Ennätysmäisen nopea talouskasvu on asettanut erittäin haastavat raamit energiaturvallisuuden kehittymiselle.

---

**AVAINSANAT:** energiaturvallisuus, energiadiversiteetti, Shannon-Wiener -indeksi, Hirschman-Herfindahl -indeksi



## 1. JOHDANTO

Energia on välttämättömyys taloudelliselle ja sosiaaliselle kehitykselle. Se on elämän edellytys siinä missä ilma ja vesi ovat. Katkeamattomasta ja luotettavasta energian tarjonnasta on tullut talouden toiminnassa pitävä voima ja sivilisaation yksi suurimmista välttämättömyyksistä. Niin yksilöt kuin suuret kansakunnatkin ovat vahvasti riippuvaisia energiasta. Jatkuvaa energiavirtaa on pidetty useissa maissa itsestäänselvytenä, mutta kasvaneet geopoliittiset ja ympäristön toimintaan liittyvät ongelmat ovat herättäneet epäilyksiä siitä, onko meillä tarpeeksi energiaa myös tulevaisuudessa. Energiaturvallisuudesta on tullut yksi päähuolenaiheista ympäri maailman.

Energiaturvallisuus määritellään usein katkeamattoman energiavirran turvaamisena mahdollisimman kustannustehokkaasti ja ympäristöystävällisellä tavalla (Ranjan & Hughes 2011). Energiaturvallisuus on nykyisin kiinteä osa valtioiden kansallista ulko- ja turvallisuuspolitiikkaa. Viimeisen vuosisadan aikana kehittyneet maat ovat käyttäneet teollistumisen, urbanisaation ja modernisaation välineenä suhteellisen edullisia, monimuotoisia fossiilisia polttoaineita. Ilman fossiilisia polttoaineita ei olisi syntynyt teollista vallankumousta eikä näin ollen myöskään globaalia vaurautta. Nykyisin kehitys on levinnyt entistä laajemmalle ja maapallon väestö kasvanut niin nopeaa tahtia, että fossiiliset polttoaineet eivät tule enää kattamaan kasvaneita energiatarpeita. Kasvavan energiantarpeen ja vähenevän tarjonnan välillä on merkittävä ristiriita.

Eniten energiaa käyttävät valtiot ja yhteisöt, kuten Yhdysvallat, Eurooppa, Japani, Intia ja Kiina, eivät omista riittäviä energialähteitä kattaakseen jatkuvasti kasvavat energiantarpeensa. Toisaalta taasen maailman energian päätuottajat, Lähi-idän maat, Venäjä, Kaspianmeren alue ja Afrikka, kuluttavat vain pienen, joskin kasvavan osan energiaressurseistaan. Tämä epätasapaino energian tuotannossa ja kulutuksessa maiden välillä on tehnyt energiasta maailman vaihdetuimman hyödykkeen. (Bahgat 2011: 1)

Energiaturvallisuutta on pyritty mittaamaan useissa aiemmissa tutkimuksissa. On kehitetty yksinkertaisia mittareita mittaamaan tiettyä energiaturvallisuuden näkökulmaa

sekä monimutkaisempia indikaattoreita antamaan kokonaisvaltaisempia ratkaisuja. Energiaturvallisuutta on tutkittu muun muassa tuotannon, kulutuksen, reservien, jalostuksen, kuljetuksen kuin investointienkin näkökulmasta (Bahgat 2011). Energiadiversiteetti on useimmiten tutkimuksissa käytetty aggregaatti, joka mittaa energian tarjontaa. Energian tarjonnan turvaamista voidaan pitää energiaturvallisuuden tärkeimpänä tekijänä, sillä katkeamaton energian tarjonta on kriittinen tekijä talouden toiminnalle (Kruyt, van Vuuren, de Vries, Groenenberg 2009: 2167)

Tässä tutkielmassa keskitytään Kiinan energiaturvallisuuteen. Tutkielman aiheesta ajankohtaisen tekee Kiinan asema maailman väkirikkaimpana maana ja kahden viime vuosikymmenen historiallisen nopea talouskasvu. Kiina on Yhdysvaltojen rinnalla toinen maailman johtavista talouksista ja maan energiakulutus ja energiantuotanto ovat maailman suurimmat. Kiinasta on tullut neomerkantilistinen talous, joka pyrkii nopean talouskasvun ylläpitoon ja samalla kasvattamaan globaalia taloudellista valtaansa. Vuonna 2012 ja 2013 Kiinan bruttokansantuote kasvoi 7,7 prosentin tasaista vuosivauhtia. Kasvun kiihkeimmät vuodet olivat 2003-2007, jolloin BKT kasvoi vuosittain yli 10 prosentin vauhtia huipentuen vuoden 2007 14,2 prosentin kasvuun. Vuonna 2014 talouden kasvu on kääntynyt laskuun, ollen 7,4 prosenttia. Ennuste lähivuosille on edelleen laskeva (2015: 7,1%, 2016: 7,0% ja 2017: 6,9%). (Maailmanpankki 2014)

Kiinan talouden on ennustettu kasvavan vielä vuosikymmenten ajan kasvun tasaantumisesta huolimatta. Jotta Kiinan alati kasvava kysyntä tyydyttyisi, tarvitaan suuria määriä energiaintensiivisiä raaka-aineita. Myös koko muu maailma on riippuvainen Kiinan tuottamista hyödykkeistä ja Kiinaa onkin kutsuttu ”maailman tehtaaksi”. Kiinan maailman suurin väestömäärä yhdessä nopeasti kasvavan talouden kanssa on nostanut Kiinan energiantarpeen erittäin korkeaksi. Samalla energiaresurssien turvaaminen on noussut agendalle talouskasvun rinnalle myöskin Kiinassa.

Talouskasvun seurauksena on ollut merkittävä energiantarpeen kasvu, joka on Kiinassa ilmentynyt erityisesti hiilen, maakaasun ja öljyn määrien kasvuna. Kiinasta tuli



maailman suurin öljyn maahantuoja vuonna 2014, jolloin se ohitti öljyn tuonnissa Yhdysvallat. Kiina aiheutti kolmanneksen koko maailman öljynkulutuksesta vuonna 2014. (U.S. Energy Information Administration, EIA 2014). Öljyn ja maakaasun osalta Kiinan omat resurssit ovat vähäiset, joka tekee maan riippuvaiseksi ulkomaisesta tuotannosta. Kiina on siis nykyisin vahvana toimijana mukana kansainvälisessä kilpailussa energiaressursseista. Hiili on Kiinan käytetyin ja eniten tuotettu energiamuoto. Vaikka Kiina on maailman suurin hiilen tuottaja, on Kiina samalla myös hiilen nettotuojaa (International Energy Agency, IEA). Hiilen tuotannon hyötyjä on sen laaja saatavuus ja halpa hinta, mutta merkittävänä ongelmana on sen suhteellinen energiatehottomuus ja hiilen polttamisesta aiheutuvat merkittävän suuret ja haitalliset hiilidioksidipäästöt.

Kiinan valtavasta taloudesta ja energian tarpeesta aiheutuu koko maailmalle kaksi suurta haastetta. Ensinnäkin koko maailman energiatalouden on mukauduttava Kiinan nopeasti edelleen kasvavaan energiankysyntään. Tämä tarkoittaa esimerkiksi muuttuneita energian kauppasuhteita ja korkeampia öljyn hintoja. Toisekseen koko maailman tulee mukautua Kiinan tehottoman energiankäytön ja energiantuotannon aiheuttamiin kuluihin. (Naughton 2007: 334). Näistä ilmeisin esimerkki on Kiinan aiheuttamat maailman suurimmat hiilidioksidipäästöt.

Tutkimuskysymyksenä tässä Pro Gradu -tutkielmassa on, kuinka Kiinan energian tarjonnan diversiteetti on kehittynyt vuosien 1990-2012 aikana ja miten diversiteetin kehitys on vaikuttanut maan energiaturvallisuuteen. Tutkielmassa pyritään selvittämään, onko nopean talouskasvun taustalla ollut kestävä ja monipuolinen energiantarjonta, jonka avulla kehitystä on mahdollista myös tulevaisuudessa.

Tutkimusta tehdään kahden eri energiadiversiteettiä mittaavan indeksin avulla. Kahden eri indeksin avulla saamme laajemman ja moniulotteisemman käsityksen energiamuotojen kehityksestä ja energiaturvallisuudesta. Haasteellisen tutkimuksesta tekee energiaturvallisuuden abstraktinomainen käsite. Energiaturvallisuuden käsitettä ei ole määritelty täsmällisesti, joka tekee sen mittaamisesta myös haastavaa. Tutkielmassa käytetään energiaturvallisuudesta yleistä määritelmää energian tarjonnan turvaamisena,

jota energiadiversiteetin mitataan. Tutkimuksessa sovelletaan yleisesti ekologian ja energiaturvallisuuden tieteenaloilla käytettyä kahta indeksiä; Shannon-Wiener –indeksiä ja Hirschman-Herfindahl –indeksiä.

Energiadiversiteetti valittiin energiaturvallisuuden mittariksi, koska se on laajasti siteerattu (Kruyt jne. 2009; Ranjan jne. 2014; Jansen & Seegbrets 2009; Yao & Chang 2014; von Hippel jne. 2011) ja tutkittu mittari. Energiadiversiteettiä pidetään yksinkertaisena ja tehokkaana energiaturvallisuuden mittarina. Energiamuotojen monimuotoisuus on pitkällä aikavälillä yksi energijärjestelmää eniten määrittävistä tekijöistä, joka puolustaa monimuotoisuuden valintaa mittariksi. Hajauttamisen hyödyt korostuvat energiadiversiteetissä: mitä enemmän vaihtoehtoja on, sitä turvallisemmaksi ja vakaammaksi tilanne muuttuu.

Tutkielmassa tehdään aluksi katsaus energiaturvallisuuden aikaisempaan kirjallisuuteen ja määritellään energiaturvallisuuden käsite. Tehdään myös katsaus Kiinan energiaturvallisuuden historiaan. Tämän jälkeen esitellään tutkimuksessa käytettävä teoreettinen viitekehys, jota myöhemmissä vaiheissa sovelletaan sekä Kiinaan että kahteen vertailualueeseen; Yhdysvaltoihin ja Euroopan unioniin.

Neljännessä luvussa esitellään tutkielmassa käytetty aineisto ja viidennessä luvussa perehdytään Kiinassa tarjolla oleviin energiamuotoihin. Luvussa esitellään sekä uusiutuvien että uusiutumattomien fossiilisten polttoaineiden tuotantoa sekä eri energiamuotojen tuontia Kiinaan.

Kuudennessa luvussa esitetään indeksilaskelmien tulokset. Luvussa kuvataan energiadiversiteetin kehitystä kahden eri indeksin avulla Kiinan, Yhdysvaltain ja Euroopan unionin osalta. Selvitetään, miten talouskasvu on vaikuttanut diversiteetti-indekseihin ja millaista Kiinan kehitys on ollut verrattuna kahteen suureen talousalueeseen, Yhdysvaltoihin ja Euroopan unioniin, verrattu. Luvussa tehdään vertailua indeksien kehityksestä näiden alueiden välillä. Näiden laskelmien ja kirjallisten tutkimusten avulla tehdään katsaus vielä Kiinan energiaturvallisuuden kehitykseen ja tulevaisuuteen. Lopuksi tehdään yhteenveto koko tutkielmasta.

## 2. ENERGITURVALLISUUDEN MÄÄRITELMÄ JA HISTORIA KIINASSA

Viime vuosien aikana energiaturvallisuutta ja energian saannin turvallisuutta on mitattu lukuisin eri tavoin. Toiset tutkimukset ovat keskittyneet vain yhteen energiaturvallisuuden osa-alueeseen siinä missä toiset tutkimukset ovat yrittäneet selittää useiden elementtien merkitystä indikaattorien avulla. Tässä luvussa tutustutaan aluksi energiaturvallisuuden käsitteeseen, jonka jälkeen esitellään neljän A:n luokittelu. Tämän jälkeen esitellään energiastrategian konseptia ja lopuksi tehdään tiivis katsaus energiaturvallisuuden historiaan.

### 2.1 Energiaturvallisuuden määritelmä

Energiaturvallisuuden tutkimuksesta haasteellisen tekee se, että termille energiaturvallisuus ei ole yksiselitteistä määritettä. Tieteellisessä tutkimuksessa on myös päädytty erilaisiin määritelmiin.

Energiaturvallisuuden alkuaikoina energiaturvallisuus määritettiin usein yksinkertaisesti yhteytenä öljylähteisiin ja muihin fossiilisiin polttoaineisiin. Nykymaailmassa on kuitenkin monimuotoiset globaalit energiamarkkinat ja enenevässä määrin energiapolitiikkaan liittyviä maiden välisiä ongelmia. Ilmastonmuutos on noussut merkittävään rooliin energiaturvallisuuden määrittelyssä. Keskustelua on käyty myös muista haasteista, jotka tulisi sisällyttää energiaturvallisuuden määritelmään. Tällaisia ovat esimerkiksi kansalaisten turvallisuus, kansainväliset suhteet ja kansainvälinen politiikka. Energiaan liittyvistä ongelmista ja energian käytöstä on tullut koko maailmaa koskettava asia. (von Hippel, Suzuki, Williams, Savage & Hayes 2009: 6719)

Energiaturvallisuuden määritelmän kehitys voidaan kuvata ovat kuvanneet energiaturvallisuutta taloudellisesta näkökulmasta. Energiatarjonnan tulee olla riittävää, luotettavaa ja hintojen tulee olla järkeenkäyviä. Maan tulee turvata vakaa energian saanti ja suojautua hintojen heilahtelulta. Nopea taloudellinen kehitys johtaa

korkeampaan energiankulutukseen ja tämä taas vaatii tehokkaampaa energian käyttöä. Teknologisten innovaatioiden avulla kehitetään energiatehokkaampia käyttötapoja ja löydetään uusia energiaressursseja. Valtava energiankäyttö on tuonut mukanaan merkittävän suuria ympäristöongelmia, jotka uhkaavat niin ekosysteemiä kuin ihmisten terveyttä. Ympäristön huomioiminen energiaturvallisuuden määritelmässä on siis myös perusteltua.

Yao ja Chang tiivistävät energiaturvallisuuden käsitteen: ”Energiaturvallinen kansakunta on kansa, jolla on energialähteet, joihin on varaa ja jotka muodostuvat tarpeellisista määristä fossiilisia polttoaineita, ydinvoimaa ja uusiutuvia energialähteitä. Kansakunnalla on käytössään soveltuvaa teknologiaa, jonka avulla energiaa voidaan ottaa käyttöön ja tehokkaasti hyödyntää. Samanaikaisesti huomioidaan sekä sosiaaliset että ympäristöä koskevat huolenaiheet.”

Kansainvälisen energiajärjestö IEA määrittää energiaturvallisuuden näin: ”Energiaturvallisuus on energian luotettavaa ja riittävää tarjontaa kohtuulliseen hintaan.” Nämä kolme energiaturvallisuuden määritelmää; saannin luotettavuus, riittävyys ja kohtuullinen hinta keskittyvät taloudellisiin ja teknologisiin näkökulmiin. Viime vuosien aikana ympäristöön liittyvä tietoisuus on kasvanut merkittävästi ja ympäristönäkökulma onkin liitetty mukaan energiaturvallisuuden määritelmään.

Energiaturvallisuutta/-varmuutta voidaan tarkastella myös International Energy Agencyn (IEA) aikamäärittelyn mukaan. Erottelu tehdään lyhyen aikavälin ja pitkän aikavälin energiaturvallisuuteen. Lyhyellä aikavälillä tarkastellaan lieviä energia-alan häiriöitä ja tähdätään energiajärjestelmän parantamiseen siten, että se pystyisi tasapainottamaan energian kysynnän ja tarjonnan välistä epätasapainoa sekä siihen liittyviä yllättäviä muutoksia. Pitkällä aikavälillä energiaturvallisuudella tarkoitetaan taasen rakenteellisia tekijöitä ja häiriöiden perimmäisiä syitä lyhytaikaisten vaihtelujen sijaan. Tähän kuuluu esimerkiksi oikea-aikaisten investointien määrittämien, infrastruktuurin ylläpito ja kilpailun toimivuuden varmistamiseen tähtäävät energiamarkkinoiden toimet.

Energiaturvallisuuden määritelmä vaihtelee myös alueellisesti. Yhdysvalloissa keskustelu energiaturvallisuudesta ja energian saannista keskittyy usein öljyyn siinä missä Euroopassa maakaasun saannin varmuus ja monipuolinen tarjonta on tärkeitä. Kehittyvissä maissa turvallisuus tarkoittaa taasen yhteyttä luotettaviin ja riittäviin energialähteisiin. Kehittyvillä mailla on usein haasteena kattaa nopeasti kasvava energiankysyntä.

Chuang ja Ma (2013) laskevat energiaturvallisuuden pääelementeiksi riskienhallinnan energiapulan ehkäisemiseksi, tuontien energian haavoittuvuuden vähentämisen ja tehokkaan energiapolitiikan implementaation. Myös energiatarjoitteen tehokas integraatio ja erilaisten markkinoiden hallinta ovat heidän tutkimuksessaan olennaisia energiaturvallisuuden ulottuvuuksia.

Energiaturvallisuuden indikaattorit voidaan jakaa yksinkertaisiin ja kokonaisvaltaisiin, moniulotteisiin mittareihin. Yksinkertaisia indikaattoreita käyttävissä energiaturvallisuuden määrittelyissä viitataan useimmiten fyysisen energian saatavuuteen, energian tasaisiin hintoihin ja hintojen volatilitettiin eli keskihajontaan. Kapea-alaisin näkökulma on öljyn saannin turvaaminen. Kun energiaturvallisuus määritellään energian tarjonnan turvaamisena, keskitytään energiasektorin haavoittuvuuden minimoimiseen, ulkoisten uhkien hallintaan ja estämään tuontikriisien syntymistä. Jos kriisi kuitenkin syntyy, pyritään minimoimaan sen taloudellisia ja sotilaallisia vaikutuksia. Määritelmiä energiaturvallisuudesta vain tuotannon turvaamisena on kritisoitu liiasta yksinkertaistamisesta ja mustavalkoisuudesta.

Esimerkiksi Krutz jne. käyttävät tutkimuksessaan ”Indicators for Energy Security” (2009) energiaturvallisuudesta määritelmää ”tarjonnan turvallisuus” (security of supply, SOS), jolloin energiaturvallisuus rajataan suppeasti nimenomaan vain energian saannin turvaamiseen. Heidän mukaansa termi on yleisesti assosioitu liittymään öljyn saannin turvaamiseen. Maakaasun käytön yleistymisen myötä huoli myös muiden energiamuotojen saannista on noussut esiin. Tarjontaan liittyy olennaisesti energiamuotojen monipuolisuus eli diversiteetti. Useat valtiot lukevatkin

energiadiversiteetin, eli energialähteiden monimuotoisuuden, energiaturvallisuuden päämittariksi. Muutokset poliittisissa ja taloudellisissa tilanteissa energian nettoviejätalouksissa aiheuttavat huomiota maissa, joissa on pienemmät energiaresurssit. Muista maista energiariippuvaisten talouksien merkittäväksi tavoitteeksi onkin noussut hajauttaa erityisesti fossiilisten polttoaineiden tuontia. Näin energian tuonnin riskiä pyritään hajauttamaan maantieteellisesti pienemmäksi.

Energiaturvallisuutta voidaan pitää julkisena hyödykkeenä siinä missä puhdasta ilmaa ja maanpuolustusta. Sovacool ja Mukherjee (2011: 5343) lainaavatkin artikkelissaan ekonomisti E.F. Schumacheria, joka on todennut vapaasti suomentaen: ”Energiaturvallisuus ei ole vain yksi hyödyke, vaan edellytys kaikille hyödykkeille – perustelementti siinä missä ilma, vesi ja maa.” Määrittelyn ongelmaksi tulee määrittelyn laajuus. Sovacool ja Mukherjee ovat toteavat energiaturvallisuuden olevan niin moniulotteinen käsite, että tarvitaan kokonaisvaltainen lähestymistapa, jotta ”konseptin kompleksisuus saataisiin taltioitua” (2011: 5346). He mittaavat tutkimuksessaan energiaturvallisuuden suorituskykyä 18 maassa mukaan lukien esimerkiksi Yhdysvallat, Japani, Euroopan Unionin alue, Australia, Kiina ja Intia 1990-2010 välisellä ajalla.

Ren ja Sovacool (2014: 836) määrittelevät artikkelissaan energiaturvallisuutta sen kohtaamien uhkien avulla. Energiaturvallisuus on suurten ympäristöriskien lieventämistä. Tällaisia ovat olleet mm. British Petroleumin öljyvuoto, Fukushima ydinvoimalaonnettomuus ja metaaniräjähdykset Venäjällä ja Meksikossa. Energiaturvallisuus on myöskin energiainfrastruktuurin suojelemista hyökkäyksiltä. Esimerkiksi tammikuussa 2013 Algeriassa hyökättiin kaasutehtaaseen, jonka seurauksena kymmeniä tehtaan työntekijöitä sai surmansa. Energiaturvallisuus pitää sisällään myös teknologisen luotettavuuden, esimerkiksi sähkökatkosten ennaltaehkäisemisen. Ren ja Sovacool nostavat esille myös geopolittiset kiistat energialähteistä; esimerkkinä tästä Etelä-Kiinan meren kiistat. Etelä-Kiinan merellä sekä Kiinalla että muilla rantamailla kuten Taiwanilla, Malesialla, Filippiineillä, Vietnamilla, Indonesialla ja Bruneilla, on kilpailevia intressejä ja vaateita alueen käytön suhteen. Alueella on öljy- ja kaasuvarantoja. Kiina on vaatinut itselleen noin 90

prosenttia Etelä-Kiinan merestä ja sen varannoista. Alueen epävakaata tilannetta voidaan pitää kysymysmerkinä Kiinan energiaturvallisuudelle.

Ren ja Sovacoolin määritelmä energiaturvallisuudesta vastaa kokonaisuudessaan pitkälti jo esiteltyjä määritelmiä. Heidän mukaansa energiaturvallisuudella tarkoitetaan oikeudenmukaisesti saatavilla olevaa, järkevän hintaista, luotettavaa, tehokasta, ympäristölle suotuista ja aktiivisesti hallittua energiaa, jota tarjotaan loppukäyttäjille.

Nykypäivän määritelmissä (Kruyt at. 2009, Bahgat 2011: 2 Chuang & Ma 2013, Lixia & Youngho 2014 ja 2015 ja IEA), toistuu usein myös neljä energiaturvallisuuden pääelementtiä, neljä A:ta: geologinen energiaturvallisuus (availability of energy), geopoliittinen energiaturvallisuus (accessibility), taloudellinen näkökulma energiaturvallisuuteen (affordability) sekä ympäristönäkökulma energiaturvallisuuteen (acceptability).

Ensimmäinen, tärkein ja kolmeen muuhunkin elementtiin sisältyvä on geologinen elementti, jolla tarkoitetaan energian saatavuutta. Tämä tekijä pitää sisällään niin saatavuuden markkinoille, varastoinnin kuin myös soveltuvat energian kuljetusmuodot. Erityisen huolestuneita energian saatavuudesta ollaan fossiilisten energiaresurssien ehtymisen takia. Erityisesti öljyn jäljellä olevista reserveistä on käyty vuosikymmenten ajan debattia.

Toisena elementtinä on geopoliittinen tekijä eli energian saavutettavuus, jolla tarkoitetaan merkittäviä eroavaisuuksia energian kulutuksen ja tuotannon välillä maittain ja alueittain. Toisilla mailla on laajemmat luonnonvarat ja resurssit kuin toisilla mailla. Kolmantena A:na on taloudelliset elementit; energian hinta eli kustannettavissa olevuus. Energian hintojen tulee olla sellaisella tasolla, joka ei tee energiasta vain tietyn tuloluokan saatavilla olevaa hyödykettä. Energian hintojen tulee myös pysyä tasaisena ja energiamarkkinoiden volatilitietin tulee olla melko vakaa energiaturvallisilla markkinoilla. Neljäs elementti pitää sisällään ympäristölliset ja sosiaaliset tekijät. Energiaturvallinen energiantuotanto ja -käyttö minimoi ympäristölle aiheutuvat seuraukset.

Sovacool ja Mukherjee (2011) jakavat artikkelissaan energiaturvallisuuden viiteen eri ulottuvuuteen. Kaksi näistä, saatavuus (availability) ja kustannukset (affordability) ovat tuttuja jo aiemmista määritelmistä. Kolmantena elementtinä heillä on teknologinen kehitys (technology development), neljäntenä ympäristön kestävyys (sustainability) ja viimeisenä sääntely (regulation). Sovacool ja Mukherjee jakavat nämä viisi elementtiä kahteenkymmeneen komponenttiin. Tämän jälkeen he jatkoivat energiaturvallisuuteen vaikuttavien tekijöiden jakoa vieläkin pidemmälle listaten yhteensä 320 yksinkertaista indikaattoria ja 52 monimutkaisempaa indikaattoria, joiden avulla poliittiset päättäjät ja tutkijat voivat analysoida, mitata ja vertailla kansainvälistä energiaturvallisuuden suoriutumista.

On olennaista tarkastella edellä mainittuja energiaturvallisuuden ulottuvuuksia tulevaisuuden maailman kehityksen näkökulmasta. Globalisaatio vaikuttaa merkittävästi myös maailman energiaturvallisuuteen. Maailma kehittyy jatkuvasti kohti monimuotoisempaa ja yhteistyökykyisempää ja -haluisempaa suuntaa. Markkinaluottamus ja kansainvälinen yhteistyö laskevat huolta siitä, kuinka paljon valtiot ja alueet ovat riippuvaisia toisistaan. Huomio on nyt siirtymässä kasvavaan kysynnän ja tuotantokapasiteetin väliseen ristiriitaan. (Kryut jne. 2009: 2167) Nykymaailmassa energian fyysinen saatavuus ja tuotantokulut ovat huomion keskipisteessä. Toisaalta taasen kasvava kilpailu maailman alueiden välillä nostaa poliittisia rajoja alueiden välillä ja saa huomion kiinnittymään entistä enemmän energiaomavaraisuuteen. Kilpailullisessa näkökulmassa keskitytään erityisesti resurssien saatavuuteen.

Kuten huomata saattaa, energiaturvallisuuden määrittelyissä toistuu jatkuvasti energian tarjonnan turvaaminen. Bahgat nostaa teoksessaan (2012) esille myös kysynnän turvaamisen. Erityisesti monet öljyä pääelinkeinonaan tuottavat valtiot ovat erittäin riippuvaisia tasaisesta ja luotettavasta kysynnästä. Siinä missä viime vuosikymmenten aikana useat teollistuneet maat ovat menestyksekkäästi monipuolistaneet öljyntuontiaan ja vähentäneet riippuvuuttaan yksittäisistä energialähteistä, ovat monet öljyn tuottajat edelleen täysin riippuvaisia öljyn tuomista voitoista. Energiaturvallisuuden nimissä yksi



puoli ei saa hävitä toisen voittaessa. Tasapainoisen tilanteen luominen hyödyttää kaikki energian kauppaan, tuotantoon ja kulutukseen liittyviä osapuolia.

Kryut, van Vuuren, de Vries ja Groenenberg muistuttavat tutkimuksessaan (2009: 2168), että useimmilla energiaturvallisuuden mittareilla on kuitenkin pääasiassa heuristinen rooli. Mallit kuvaavat tiettyä energiaturvallisuuden ominaisuutta ja osoittavat suhteellista positiota tai muutoksen suuntaa, eivät niinkään yksittäisiä suoraan toisiin maihin vertailtavissa olevia lukuja. Mittareiden tavoitteena on useimmiten auttaa poliittista päätöksentekoa.

Kaikki esiteltyt määritelmät alleviivaavat tosiasiaa, että energiaturvallisuus on moniulotteinen käsite, joka muodostuu tuottajien ja kuluttajien, kansallisten ja kansainvälisten yritysten välillä. Viime vuosikymmenet ovat osoittaneet, että puhdasta, edullista energiaa on mahdoton tuottaa vain kansallisesti. Kansainvälinen yhteistyö on välttämättömyys fossiilisten polttoaineiden vähentämiseksi.

Tässä tutkielmassa keskitytään energiadiversiteetin eli energiamuotojen monipuolisuuden mittaamiseen. Mitä vähemmän riippuvainen maa on yhdestä energiamuodosta, sitä turvatumpi maan asema on. Yhtälailla mitä monimuotoisempia energiamuotoja ja mitä monimuotoisemmista lähteistä näitä tuodaan, sitä turvatumpi maan energia-ala on. (Bahgat 2011) Katkeamaton energiantarjonta on kriittinen osa-alue toimivassa taloudessa. Luotettavaan energiantarjontaan eniten vaikuttava tekijä on energiamuotojen diversiteetti, joten on perusteltua mitata energiaturvallisuutta tässä tutkimuksessa energiadiversiteetti-indeksien avulla.

## 2.2 Energiaturvallisuuden historia Kiinassa

1950-luvulla Kiina oli yksi maailman suljetuimmista talouksista. Maata johtanut kommunistisen puolueen päämies Mao Zedong halusi tehdä Kiinasta mahdollisimman omavaraisen talouden ja suunnitelmatalouden aikaan ulkomaankauppa oltiin rajoitettu muutamalle valtion monopolille. Todellinen

ulkomaankaupan määrä ei ylittänyt edes 10%:a bruttokansantuotteesta (Naughton 2007). Kommunistinen puolue ei hyväksynyt tuontitavaraksi edes energiaa, jonka seurauksena kiinalaiset kärsivät ruuan puutteen lisäksi merkittävästä energiavajauksesta. Uunit lämpenivät puulla ja metsät vähenivätkin massahakkuiden takia merkittävästi ja kaupungit olivat sakeina savusta. Pääasiallinen energiantuotantomuoto oli hiili. Tehtaita jouduttiin sulkemaan, koska niihin ei saatu energiaa ja ihmiset kuolivat nälkään ja hypotermiaan.

Samaan aikaan tapahtui myös kansainvälisillä energiamarkkinoilla. Vuoden 1973 öljykriisi oli herätys niin globaaleille kuin kansallisille energiamarkkinoille. Energian saantia kohtuulliseen hintaan ei voitu pitää enää itsestäänselvyytenä. Maailman huomio kiinnittyi energiaturvallisuutta koskeviin kysymyksiin: miten voidaan taata energian kohtuuhintainen, luotettava ja katkeamaton saanti. Samoihin aikoihin perustettiin myös Kansainvälinen energiajärjestö International Energy Agency, IEA, joka alkoi edistää jäsenmaidensa ja näin koko maailman energiaturvallisuutta esimerkiksi öljyreservein. Kiinassa huomio energiaturvallisuutta kohtaan heräsi samalla vuosikymmenellä Maon valtakauden päätyttyä.

Seuraavissa kappaleissa käsitellään Kiinan energiaturvallisuuden kolmen edellisen vuosikymmenen energiaturvallisuuden kehitystä kolmessa eri aikajaksossa; 1978-1992, 1993-2002 ja 2013-nykypäivä. (Yao & Chang 2015) Vuosien 1978 ja 1992 väliset vuodet olivat täynnä merkittäviä uudistuksia Kiinan historiassa. Päämies Maon kuoltua maan johtoon nousi Deng Xiaoping, jonka valtakauden aikana Kiinasta kehittyi yksi maailman nopeimmin kasvavista talouksista. Dengin kaudella Kiina avautui merkittävästi ja suhteita länsimaihin parannettiin. Dengin uudistusten tavoitteena oli tehdä Kiinasta moderni teollisuusmaa sosialistinen markkinatalouden keinoin. Kiinassa sallittiin yksityinen omistus ja tuotanto valtion ohjauksessa, joiden avulla talous lähti kasvamaan räjähdysmäisesti.

Vallankäyttöä pyrittiin hajauttamaan alemmille talouden tasoille, jolloin myös mikrotason uudistuksille tuli enemmän mahdollisuuksia. Autonomisuus ja

mikrotason johtaminen loivat uuden kanavan resurssien allokaatiolle ja tämä johti kaksitasoisen hinnoittelujärjestelmän syntyyn.

Vuonna 1980 luotiin neljä erityiskauppa-aluetta Shenzheniin, Macaolle, Shantouhun ja Xiameniin, joiden tavoitteena oli panna alulle taloudellinen kehitys houkuttelemalla ulkomaista pääomaa sekä testata taloudellisia reformeja. Myöskin kansallista kaupankäyntijärjestelmää alettiin liberalisoida entistä avoimemmaksi ja joustavammaksi. Kauppareformin päätyökaluina toimivat renminbin devalvaatio, ulkomaankaupan monopolisoinnin vapauttaminen, hinnoitteluperiaatteiden muuttaminen, tariffijärjestelmän luominen ja viennin edistämishjelmat (Naughton 2007:383-386).

Yhden lapsen -politiikka sai myös alkunsa. Deng Xiaoping katsoi väestönkasvun yhä uhkaavan Kiinan modernisaatiotavoitteita. Maailmanpankin tilastojen mukaan vuonna 1982 kiinalaisia oli maailmassa jo yli miljardi. Vuonna 2013 Kiinan väestö oli 1,35 miljardia. Kiinalaiset alkoivat ymmärtämään luonnonvarojen rajallisuuden, joka osaltaan herätti kiinnostuksen energiaturvallisuutta kohtaan.

Toinen taloudellisen uudistuksen aika Kiinassa oli nopean talouskasvun vuodet 1993-2002. Radikaali uudistuspaketti sosialistisen markkinatalouden kehittämiseksi näki päivänvalon. Uudistusten tavoitteena oli laillistaa Kiinan markkinakilpailu. Paketti sisälsi kolme uudistuskategoriaa: hallinnon rakenteen uudistuksen, kansallisen finanssipolitiikan uudistuksen ja valtio-omisteisten yritysten uudistuksen. Näillä kaikilla sektoreilla on merkittävä vaikutus myöskin Kiinan energia-alaan.

Hallinnolliset uudistukset tarkoittivat myös energialaitosten johdon hajauttamista. Nyt maan keskusjohto ei enää voinut hallita koko energia-alaa. Johdon hajauttamisella oli myös negatiivisia seurauksia, joista yksi oli energian säilyttäminen väheni. Aiemmin valtio oli rahoittanut erilaisia energiareseervi projekteja. Hajautetun päätöksenteon myötä myös valtion rahoitus hiipui ja näin ollen myös reservien ylläpito väheni.

Finanssipoliittiset uudistukset koskivat erityisesti verotusta. Vuonna 1994 otettiin käyttöön yhdistetty veronjako, jonka myötä keskushallitus keräsi verot ja jakoi sitten osat kullekin paikalliselle hallitukselle. Uudistuksen seurauksena paikalliset hallitukset alkoivat etsiä kuumeisesti tapoja nostaa voittojaan, sillä kukin hallintoalue oli vastuussa omasta taloudellisesta kasvustaan. Luonnonsuojelu jäi usein kasvutavoitteiden jalkoihin. Niin kauan kuin paikallinen talous kehittyi, ei tehottomille ja merkittäviä määriä saastuttaville toimintatavoille annettu juuri painoarvoa. (Yao ja Chang 2015: 134)

Valtio-omisteisten yritysten rakenteen hajauttaminen ei sujunut täysin odotetulla tavalla. Valtio yritti tehdä energia-alan yrityksistä länsimaisia, moderneja edistyneitä talouksia muistuttavia. Energia-alalla paikallisen hallinnon olivat kuitenkin edelleen haluttomia antamaan öljy- ja energiateollisuudelle huomattavaa markkinavaltaa. Erityisesti valtio-omisteiset sähköyritykset ja valtion talous- ja kauppakomissio taistelivat markkinakontrollin menettämistä vastaan. Sen sijaan, että valtio-omisteinen sähköyritys State Power Corporation of China (SPCC) olisi edesauttanut markkinamekanismin käyttöönottoa koko energiasektorilla, se monopolisoi koko sähkösektorin. SPCC sulki pienemmät lämpölaitokset ja kontrolloi useimpia kuljetus- ja jakelukanavia ja lähes puoltaa Kiinan sähkögeneraattoreista. Koko energiamarkkinoiden kehitys oli jumissa lähes koko 90-luvun valtio-omisteisten yritysten takia.

Kahden ensimmäisen uudistusperiodin aikana Kiinan valtio keskittyi raskasteollisuuden kehittämiseen ympäristöasioiden jäädessä taka-alalle. Kiinan energiaturvallisuus kehittyi erittäin hitaasti sen ollessa osa keskushallintoa.

Vuoteen 2002 mennessä Kiinan valtio oli onnistunut istuttamaan ajatuksen sosiaalisesti markkinataloudesta, mutta valtio oli edelleen kaukana kypsästä ja kehittyneestä markkinataloudesta. Vuonna 2013 Kiinan presidentiksi noussut Hu Jintao ottikin tavoitteekseen kiihdyttää taloudellista muutosta. Hun valtakaudella ymmärrettiin myös alkaa ratkaisemaan nopean talouskasvun ja kehityksen negatiivisia seurauksia, kuten

kasvaneita tuloeroja, ympäristöongelmia ja viranomaisten korruptiota. Hu otti uudelleen tavoitteeksi tehdä valtio-omisteisista yrityksistä enemmän markkinavetoisia siinä hyvin onnistuen. Valtio-omisteisten ja yksityisten yritysten välinen raja on merkittävästi sumentunut 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä. Valtio-omisteiset yritykset ovat esimerkiksi alkaneet tehdä kansainvälisiä sopimuksia ja osallistua kansainväliseen kilpailuun.

Presidentti Xi Jinpingin vuonna 2013 alkaneella hallintokaudella onkin työskennelty kohti entistä kansainvälisempiä markkinoita. Valtio on jatkanut kannustusta monipuolisempien rahoituslähteiden suosimiseen muutaman harvan valtionyrityksen sijaan. Öljysektorilla toimivaa kahden yrityksen, CNPC:n (China National Petroleum Corporation) ja Sinopecin, oligopolin avaamiseksi keinona on edelleen jatkuva markkinaehtoistuminen ja kansainvälinen kilpailu. Näiden keinojen avulla on tarkoitus ensinnäkin sallia enemmän kansainvälisiä ja yksityisiä sijoittajia markkinoille ja myös houkutella niitä. (Yao ja Chang 2015: 138)

### 3. DIVERSITEETTI-INDEKSIT

Energiaturvallisuuden mittaamisen eri tavat lisääntyvät sitä myötä, mitä huoli energiaturvallisuuden tulevaisuudesta kasvaa. Vertailtavissa olevien indikaattorien olemassaolo on edellytys energiatarjoajien asettamiselle ja tulevaisuuden skenaarioiden tekemiselle. Energiadiversiteetit ovat yksi eniten energiaturvallisuuden mittaamiseen käytetyistä muodoista. Tässä luvussa esitellään aluksi diversiteetti-indeksejä ja yleiskuvan jälkeen perehdytään tarkemmin kahteen tutkielmassa sovellettuun indeksiin: Shannon-Wiener –indeksiin (SWI) ja Hirschman-Herfindahl –indeksiin (HHI).

Diversiteetti-indeksit ovat kvantitatiivisia mittareita, jotka kuvaavat luokittelun mukaista monimuotoisuutta. Diversiteetti-indeksit tarjoavat mittarin, joilla arvioida erilaisia tarjontarakenteita joko yhden markkinan sisällä tai useiden markkinoiden välillä (Ranjan jne. 2014: 139). Diversiteetti-indeksit ottavat samanaikaisesti huomioon lajien lukumäärän sekä niiden suhteelliset runsaudet. Indeksien arvo kasvaa joko lajimäärän kasvaessa tai silloin, kun lajien suhteelliset runsaudet muuttuvat tasaisemmiksi. Indeksien arvo on suurin silloin, kun kaikki lajit ovat yhtä runsaita.

Diversiteetti-indeksejä käytetään laajasti erilaisilla tutkimusaloilla. Esimerkkinä voidaan mainita biologian, ympäristötieteiden, informaatioteorian, tilastotieteen ja taloustieteen tutkimusalat. Energiaan ja ekologiaan liittyvät diversiteetti-indeksit ovat samanlaisia laskutavoiltaan. Ekologiassa ollaan yleisesti kiinnostuneita erityisesti lajiversiteetistä, mutta on olemassa myös lukuisia muita diversiteettejä. Muille tieteenaloilla mitataan esimerkiksi etnistä diversiteettiä, kielen sanaversiteettiä ja geneettistä diversiteettiä. Kaikkia näitä voidaan mitata samoilla yleispätevillä indekseillä.

Biologian ja ekologian tutkimusaloilla diversiteettiä on tutkittu erityisen paljon. Evolutionäärisestä näkökulmasta katsastellessa diversiteetti tarjoaa enemmän

mahdollisuuksia selvittää ympäristön muutoksissa. Diversiteetti voi myös parantaa järjestelmän tasapainoa. Monimuotoinen systeemi voi palautua täten shokin jälkeen nopeammin tasapainotilaansa häiriön jälkeen, koska useat lajit ovat substituutteja toisilleen. (Chuang & Ma 2013:10)

Energiamuotojen monimuotoisuus on pitkällä aikavälillä yksi energiajärjestelmää eniten määrittävistä tekijöistä. Tästä syystä energiamuotojen monimuotoisuutta on yleisesti pidetty yleisesti mittarina energiaturvallisuudelle. Monimuotoisuuden asemaa energiaturvallisuuden mittarina puolustaa esimerkiksi se, että monimuotoisuus on välttämättömyys järjestelmän pitkäaikaiselle selviytymiselle. Monimuotoista ekosysteemiä on tyypillisesti pidetty terveempänä ja toimintakykyisempänä kuin yksipuolista systeemiä.

Monimuotoisuus auttaa myös energiasysteemiä vastaamaan toisinaan yllättäviinkin ulkoisiin shokkeihin sekä muutoksiin. Tällaisia ovat esimerkiksi globaalien markkinoiden heilunta, muutokset ympäristölainsäädännössä, tietyn energiamuodon, erityisesti öljyn, hinnanmuutokset ja tarjontavajeet. Energiantarjonnan monimuotoisuus voi vähentää yksittäisten energiamuotojen haavoittuvuutta ja samalla myös vähentää yksittäisten energiamuotojen markkinavoimaa. Substituuteilla energiamuodoilla voidaan monimuotoisessa energiasysteemissä korvata kallistunut, vähentynyt tai jonkun muun shokin kokenut energiamuoto.

Energiaturvallisuutta mitattaessa tulee pitää mielessä, että useat menetelmät energiaturvallisuutta mitattaessa antavat lähinnä heuristisia, eli akateemisesti perusteltuja, tuloksia. Monet indikaattoreista ovat tästä syystä käyttökelpoisia vain tietyssä kontekstissa. Energiapoliittisten tavoitteiden edellytyksenä on kuitenkin verrattavissa ja mitattavissa olevan komparatiiviset indikaattorit, joita tarvitaan tavoitteiden asettamiseen ja tulevaisuuden skenaarioiden tekemiseen (Sovacool jne. 2011: 5346), joten energiaturvallisuutta on pyritty hyvin eri tavoin saamaan mitattavaan muotoon.

Tutkimuksessa esitellään nyt kaksi paljon julkisuutta ja sovelluksia saanutta indeksiä; Shannon-Wiener –indeksi ja Hirschman-Herfindahl –indeksi. Indekseillä on merkittäviä samankaltaisuuksia ja niitä käytetään usein rinnakkain. Shannonin indeksiä on ensisijaisesti käytetty tutkimuksissa polttoaineiden ja tuotannon diversiteetin laskentaan siinä missä HHI-indeksiä on erityisesti käytetty markkinoiden keskittyneisyyden laskentaan. Molemmat indeksit kuuluvat Hillin indeksiperheeseen.

Indeksejä on kritisoitu niiden logaritmisten funktioiden käytöstä (Ren jne. 2012: 840). Indeksien tulkinta vaatii matemaattista ymmärrystä ja niiden on sanottu olevan liian monimutkaisia intuitiivisesti ymmärrettäväksi poliitikoille. Indeksien matemaattisuuden monimutkaisesta luonteesta voidaan olla montaa mieltä.

### 3.1 Shannon-Wiener –indeksi

Shannon-Wiener –indeksillä (SWI) mitataan tietyn lajiston monimuotoisuutta. SWI on johdettu termodynamiikan toisesta laista, entropiasta, joka kuvaa epäjärjestyksen määrää suljetussa systeemissä. Toisinaan indeksiä kutsutaan myös Shannon-Weiner -indeksiksi tai vain Shannonin indeksiksi. Mitä kaotillisempi ja epäjärjestyneempi systeemi on, sitä suurempi on entropian aste. Suhteellisen runsauden näkökulmasta SWI antaa enemmän painoarvoa harvinaisemmille lajeille.

Useat tutkimukset käyttävät diversiteetin ja energiasysteemin tutkimuksissaan Shannon-Wiener –indeksiä. Shannon-Wiener –indeksiä käytetään erityisesti mittaamaan ekologian, biodiversiteetin ja energian monimuotoisuuden mittaamiseen. Indeksillä riippuu ekosysteemissä olevien lajien määrästä ja niiden jakautumisen tasapainosta. Kruyt jne. (2009) kuvaavat tutkimuksissaan, kuinka Länsi-Euroopassa tuuli- ja aurinkovoiman käytön lisääminen ja modernien biopolttoaineiden käyttöönotto kasvatti polttoaineiden diversiteettiä Shannonin



indeksillä laskien. Tutkimuksessa kuvattiin myös Kiinan energian monimuotoisuuden vaikutusta. Siinä missä muissa maissa energiamuotojen lisääminen kasvattaa monimuotoisuutta, Kiinassa hiilen tuotannon vähentäminen kasvattaa monimuotoisuutta - hiilen osuus energian tuotannosta on niin merkittävä Kiinassa.

Shannon-Wiener -indeksiä on kuvattu yksinkertaiseksi ja karkeaksi mittariksi. Samaan aikaan otetaan huomioon sekä lajien lukumäärä että niiden keskinäiset runsaussuhteet. Diversiteetti-indeksin arvo kasvaa, kun lajimäärä kasvaa ja mitä samankaltaisempia lajien runsaudet ovat. Suurin arvo tietyllä lajimäärälle saadaan, kun kaikki lajit ovat yhtä runsaita. Shannon-Wienerin indeksi saa yleensä arvoja 1-5 välillä.

Järjestelmän diversiteetti lasketaan seuraavalla tavalla Shannonin diversiteetti-indeksin mukaan. Systemille, jossa on R määrä kohteita, määritetään systeemin kokonaispopulaatio (P) yksittäisistä populaatioista e:

$$(1) \quad P = \sum_{i=1}^R e^i$$

Jokaiselle systeemin kohteelle määritetään suhteellinen vaikutus  $e_i$  sen populaatioon ja näin ollen kokonaispopulaatioon:

$$(2) \quad \forall e_i : p_i = \frac{e_i}{P}$$

Diversiteetti on painotettu geometrinen keskiarvo jokaisen kohteen suhteellisista vaikutuksista. Tämä on systeeminen diversiteetti; mitä korkeampi arvo, sitä monimuotoisempi systeemi on.

$$(3) \quad D = -\sum_{i=1}^R p_i \times \ln p_i,$$

joissa D = indeksin arvo, R = kokonaislajimäärä,  $e_i$  = lajin i peittävyys, P = kaikkien lajien peittävyysien summa ja  $p_i$  = lajin i suhteellinen peittävyys

Ranjan ja Hughes (2014) tutkivat artikkelissaan energiaturvallisuuden ja energiasysteemin monimuotoisuuden välistä suhdetta käyttäen apunaan joukkoa energiaturvallisuuden indikaattoreita ja Shannon-Wiener –diversiteetti-indeksiä. Ranjan ja Hughes esittivät tutkimuksessaan, että monimuotoisina pidetyt energiavirrat eivät ole automaattisesti turvattuja ja toisaalta turvatun/turvallisen energiavirta ei tarvitse pakosti olla monimuotoinen.

Andrew Stirling nostaa laajassa diversiteettitutkimuksessaan (1998) Shannon-Wiener –indeksin parhaaksi tavaksi mitata diversiteettiä. Indeksillä voidaan kuvata sekä varieteettia että järjestelmän sisäistä tasapainoa. Stirlingin mukaan indeksi on kuitenkin epäkäytännöllinen eroavaisuuksien havainnointiin. Erot SWI:n antamissa arvoissa eivät paljasta kunnolla diversiteetin todellisia vaikutuksia. Näistä syistä indeksiin vaikuttaa merkittävästi energiamuotojen luokittelu.

### 3.2 Hirschman-Herfindahl -indeksi

Hirschman-Herfindahl –indeksi (HHI), joka tunnetaan myös pelkästään Herfindahlin indeksinä ja Herfindahl-Hirschman -indeksinä, on taloustieteellinen suure, joka kehitettiin laskemaan keskittyneisyyden astetta. Indeksillä on nimetty ekonomien Orris C. Herfindahlin ja Albert O. Hirschmanin mukaan. HHI:tä käytetään yleisesti markkinavoiman hajonnan analysointiin yksittäisillä markkinoilla, kuten sähkömarkkinoilla. Indeksillä on käytetty erityisesti taloustieteessä, markkinavoiman analysoinnissa ja energiadiversiteetin tutkimuksissa. (Chuang & Ma 2013)

Indeksi kertoo, kuinka vahvasti tarkasteltavat markkinat ovat keskittyneet. Markkinoiden keskittyneisyydellä tarkoitetaan sitä, että yhdellä tai harvalla yrityksellä on valta myydä merkittävä osa koko markkinoilla kaupan olevasta

kohteesta. Vähäinen kilpailu on usein myös liitoksissa keskittyneisyyteen. Yhtälö todistaa monopolien ja muiden markkinavääritysten olemassaolon tehokkaasti. Indeksi on pääasiassa yhtenevä Simpsonin diversiteetti-indeksin kanssa.

Markkinoiden keskittyneisyyden lisäksi HHI:tä voidaan käyttää myös diversiteetin analysointiin. HHI painottaa runsaita lajeja eli vaihtoehtoja, joilla on suurempi osa koko rakenteesta. Energiasysteemissä energiamuodolla tai energiantuottajalla, jota on suurempi määrä tai jolla on suurempi osuus markkinoista, on myös suurempi vaikutus energiaturvallisuuteen. (Chuang & Ma 2013) Tämä takia Hirschman-Herfindahl -indeksiä voidaan soveltaa myös energiasysteemin tai energiamarkkinoiden riskianalyysiin.

Indeksi lasketaan suhteuttamalla markkinoilla toimivien yritysten koko markkinoiden kokonaiskokoon. Lopullinen indeksi saadaan korottamalla kunkin markkinoilla olevan yrityksen prosentuaalinen markkinaosuus toiseen potenssiin ja laskien näin saadut neliöt yhteen. Indeksi voi näin ollen saada arvoja 0-10 000. Jos yhdellä tai harvoilla yrityksillä on muita selkeästi suuremmat markkinaosuudet, saa indeksi suuren arvon.

Matemaattisesti ilmaistuna Hirschman-Herfindal -indeksi kuvataan seuraavasti:

$$(4) \quad HHI = \sum_{i=1}^n (\pi_i)^2,$$

jossa  $\pi_i$  = yrityksen  $i$  markkinaosuus ja  $n$  = markkinoilla toimivien yritysten määrä.

Hirschman-Herfindahl -indeksiä on käytetty useissa tieteellisissä tutkimuksissa. Jun, Kim ja Chang (2009) käyttävät tutkimuksessaan Korean sähkömarkkinoista HHI-indeksiä määrittämään energian tarjonnan ja kysynnän keskittymistä. He keskittyvät erityisesti hintashokkien rooliin energiaturvallisuudessa. Indeksien avulla pyritään löytämään tekijöitä, jotka vaikuttavat energiamarkkinoiden hintavakauteen. Tutkimuksessa käytettiin normalisoitua sovellusta HHI-

indeksistä, jolloin indeksi saa arvoja 0-1. Tutkimuksessa selvisi, että ydinvoima on energiaturvallisuuden määritelmien mukaan kaikista kilpailukykyisin energialähde.

Sovacool ja Mukherjee luokittelevat tutkimuksessaan (2011: 5347) HHI:n luokitellaan saatavuus-mittareihin ja niiden alaluokassa luonnollisesti diversikaatiomittareihin. Sovacool ja Mukherjee kuvaavat sekä Shannon-Wiener – että Herfindahl-Hirschman –indeksejä kompleksisiksi tai kokonaisindikaattoreiksi energiaturvallisuuden mittaamisen luokittelussa.

Larry H.P. Lang ja René M. Stulz (1993) käyttävät tutkimuksessaan Tobinin  $q$ :n ja yrityksen diversikaation välisessä tutkimuksessaan Herfindahl-indeksiä. He osoittavat, että Tobinin  $q$  ja yrityksen diversikaatio ovat negatiivisesti korreloituneita. Tobinin  $q$  vertaa koko markkinan hintaa yritysten jälleenhankinta-arvoon. Lang ja Stulz laskevat Herfindahlin indeksin segmenttien myyntien keskittyneisyydelle sekä yrityksen varoille segmentteittäin.

Suomen Kilpailuvirasto teki vuonna 2012 selvityksen kaupan ostajavoiman vaikutuksista kaupan ja teollisuuden välisiin suhteisiin. Tutkimuksessa käytettiin keskittyneisyyden laskentaan Herfindahl-Hirschman –indeksiä. Tutkimuksessa selvisi, että keskittymisaste on jo pitkään ollut verrattain korkea Suomen päivittäistavarakaupan osalta. Kaupan Herfindahl-indeksi on kohonnut 1990- ja 2000-luvun alun aikana 2456:sta 3281:een. Kun taso 1800 ylittyy, pidetään markkinoita korkeasti keskittyneinä. Selitykseksi tämän kaltaiselle kehitykselle ovat olleet suuret yrityskaupat. Mm. HOK-Elanto ja S-Ryhmä yhdistyivät tuona aikana.

#### 4. TUTKIMUKSEN AINEISTO

Tutkielman aineiston tavoitteena on olla luotettavaa, edustavaa ja harhatonta. Tutkimuksen aineiston tulee olla mahdollisimman luotettavasta ja riippumattomasta lähteestä. Kiinan tapauksessa lähdekritiikin on oltava erityisen tarkkaa, sillä maan virallisessa tiedotuksessa käytetään edelleen jossain määrin propagandaa. Tässä tutkimuksessa päädyttiin käyttämään aineistona Kansainvälisen energiajärjestön International Energy Agency (IEA) tuottamaa статистиikkaa kunkin alueen energian tuotannosta ja alueelle tuonnista. Tutkimusperiodina on vuosien 1990-2012 välinen aika, joka on pisin aika, jolta luotettavaa informaatiota on tarjolla.

IEA kerää aineistonsa vuosittain yhteistyössä Eurostatin kanssa mailta vuosittaisilla kyselyillä ja tarkistaa datan useiden aritmeettisten- ja jatkuvuustestien avulla. Jos kyselyissä ilmenee minkäänlaisia ongelmia, lähetetään ne takaisin vastaajamaihin. ”Yksityiskohtaiset, kokonaisvaltaiset, ajankohtaiset ja luotettavat tilastotiedot ovat keskeisiä energiatilanteen monitorointiin liittyviä seikkoja niin maakohtaisesti kuin kansainvälisestikin”, listaa IEA статистиikkansa tärkeimmiksi määrittelijöiksi.

International Energy Agency (IEA) on autonominen energia-alan toimija. IEA perustettiin 1974 ja sen päätehtävinä on energiaturvallisuus, taloudellinen kehitys ja ympäristön suojeleminen. IEA tekee myös riippumatonta energia-alan tutkimusta. Näin IEA pyrkii takaamaan luotettavan, edullisen ja puhtaan energiansaannin jäsenmailleen. IEA:han kuuluu tällä hetkellä 29 jäsenmaata, mukaan lukien esimerkiksi kaikki G8-maat Italia, Japani, Kanada, Ranska, Saksa, Yhdistyneet kuningaskunnat ja Yhdysvallat (Venäjä on erotettu G8:sta) sekä Pohjoismaat. Kiina ei kuulu IEA:han.

Jokainen IEA:n jäsenvaltio on velvollinen pitämään kunkin valtion 90 päivän nettotuontia vastaavan määrän öljyvarastoja. Öljyresursseilla pyritään varautumaan öljyn toimitusongelmiin, joista 1970-luvun öljykriisi on ollut lähihistorian merkittävin. IEA pyrkii takaamaan jäsenmailleen luotettavan yhteyden energialähteisiin erityisesti tarjontashokkien aikaan. Järjestö pyrkii myös kansainvälisen yhteistyön avulla turvaamaan tulevaisuuden energian tarjonnan parantamalla energiatehokkuutta ja

kehittämällä matalapäästöisempiä teknologioita. IEA toimii yhteistyössä myös järjestöön kuulumattomien maiden, kuten Kiinan kanssa.

Kasvavat globaalit energiamarkkinat ja ympäristöasiat tekevät IEA:n työstä erittäin tärkeää myös muiden kuin jäsenmaidensa kanssa. IEA tekeekin yhteistyötä ei-jäsenmaidensa, teollisuuden alan, kansainvälisten organisaatioiden ja muiden merkittävien toimijoiden kanssa. Tällä hetkellä noin puolet maailman energiantuotannosta tapahtuu muualla, kuin IEA:n alueella. IEA:han kuulumattomat maat tulevat IEA:n laskelman mukaan aiheuttamaan lähes kaiken energiantarpeen kasvun vuoteen 2030 mennessä. IEA:lla on kuitenkin läheiset yhteistyösuhteet merkittävimpien kasvavien talouksien kanssa, kuten Brasilian, Intian, Venäjän ja Kiinan kanssa.

Tutkielman tarkoituksena on selvittää, kuinka Kiinan energiaturvallisuus on kehittynyt vuosien 1990 ja 2012 välisenä aikana. Tutkimuskysymystä lähestytään tutkimalla energiaturvallisuutta kahden eri energiamuotojen diversiteettiä kuvaavan indeksin avulla; Shannon-Wiener –indeksin (SWI) ja Hirschman-Herfindahl –indeksin (HHI). Indeksejä sovelletaan Kiinan lisäksi kahteen energiarakenteiltaan Kiinasta poikkeavaan alueeseen. Toinen valituista alueista, Yhdysvallat, on toinen maailman johtavista maista Kiinan rinnalla.

Tutkimukseen haluttiin valita vertailukelpoinen alue kolmanneltakin mantereelta Aasian ja Pohjois-Amerikan lisäksi. Valituksi tuli Euroopan unionin alue. Taloudellisen merkityksellisyytensä lisäksi Euroopan Unionia voidaan pitää kiinnostavana vertailukohtana myös tämän tutkielman oletettavan lukijakunnan kannalta. Mielenkiintoista olisi tehdä vertailua myös muiden kehittyvien talouksien, kuten Intian tai Brasilian kanssa. Tämä tutkimus rajataan kuitenkin näihin kahteen vertailualueeseen.

#### 4.1 Yhdysvallat vertailualueena

Yhdysvallat on tällä hetkellä maailman suurin talous. Yhdysvallat on kehittänyt itselleen vahvan aseman energiamarkkinoilla. Maalla on luotettava, taloudellinen ja ympäristöystävällinen energiajärjestelmä. Yhdysvallat on valtavan talouden kokonsa takia merkittävin ympäristöön globaalisti vaikuttava maa. Yhdysvaltain populaatio on 314,3 miljoonaa ihmistä ja maantieteellisesti Yhdysvallat on lähes Kiinan kokoinen. Yhdysvallat tuottaa hiilidioksidipäästöjä toiseksi eniten koko maailmassa, 5 074 Mt (megatonni). Hiilidioksidipäästöissä on tapahtunut neljän prosentin kasvu vuoteen 1990 verrattuna. Asukaskohtaiset päästöt vuonna 2013 olivat 16,1 hiilidioksiditonnia, kun Kiinassa asukaskohtaiset päästöt olivat 7,2 tonnia. Yhdysvaltojen energiaomavaraisuuden aste vuonna 2013 oli IEA:n mukaan 85 prosenttia. IEA:n keskiarvo maiden energiaomavaraisuudelle on 73 prosenttia ja mediaani 46 prosenttia.

Yhdysvallat on yksi maailman energia-alan edelläkävijöistä. Päinvastoin kuin Kiinassa, Yhdysvalloissa energiankäyttö on tehokasta. Erityisesti kuljetusalalla, jolla on merkittävä vaikutus fossiilisten polttoaineiden kulutukselle, Yhdysvallat on onnistunut tehostamaan energiankäyttöön. Myöskin tehokas lainsäädäntö sekä uusille että jo olemassa oleville energiantuotantolaitoksille edesauttaa käynnissä olevaa energiavallankumousta. Näillä teoilla on merkittävät ja kauaskantoiset seuraukset energiamarkkinoille, kasvihuonekaasupäästöille, taloudelliselle kilpailukyvyille ja myöskin energiaturvallisuudelle. (IEA)

Yhdysvaltain energiaturvallisuus on vahvistunut kotimaisen energiantuotannon kasvun myötä viime vuosina. Kotimainen öljyn tuotanto, liuskekaasu ja bioenergia ovat vahvistaneet maan energiaturvallisuutta. Yhtäaikaisesti tehdyt kysyntään vaikuttavat päätökset, kuten energiatehokkuuden tukeminen ja kuljetussektorin kulutuksen vähentäminen, ovat tehostaneet Yhdysvaltain energiaturvallisuutta ja –tehokkuutta.

Kiinaa ja Yhdysvaltaa yhdistää lisäksi niiden jättäytyminen ulkopuolelle yhteisistä päästötavoitteista. Merkittävin näistä on ollut Kioton ympäristösopimus. Sopimuksen uskottavuus ja tehokkuus on kyseenalaistettu useaan otteeseen, kun kaksi

maailman suurimmista saastuttajavaltioista ovat jättäytyneet sopimuksen ulkopuolelle. Kiina ja Yhdysvallat tuottavat yhteensä yli kolmanneksen maailman hiilidioksidipäästöistä. Kiinalaiset päättäjät ovat perustelleet jättäytymistään sopimusten ulkopuolelle Kuznetsin käyrään vedoten; kehityksen tulisi tulla ensin rajoituksitta ja vasta myöhemmin on syytä odottaa panostuksia yhteisen hyvän eteen. Kuznetsin käyrä on käänteinen U-käyrä, joka kuvaa ympäristön kehityksen ja tulotason välistä suhdetta. Kun maan tulotaso saavuttaa tietyn pisteen, oletetaan sen osallistuvan ympäristöstä huolehtimiseen entistä enemmän. (Copeland & Taylor 2003)

Kioton ympäristösopimus on ensimmäinen oikeudellisesti sitova sopimus, jonka avulla päästöjä on vähennetty kansainvälisesti. Sopimus tuli voimaan vuonna 2005. Sopimuksessa teollisuusmaille asetettiin tavoite, jonka mukaan niiden on vähennettävä kasvihuonekaasupäästöjään yhteensä 5,2 prosentilla vuoteen 1990 verrattuna. Sopimuksen ratifioi 191 maata. Kehitysmaille, joihin myös Kiina laskettiin, ei asetettu määrällisiä tavoitteita. Niiden päästöjen katsottiin olevan historiallisesti ja henkeä kohden alhaisemmat kuin teollisuusmailla, jolloin he eivät olisi vastuussa päästöjen vähentämisestä vielä tässä vaiheessa.

Kiina ratifioi sopimuksen, mutta on kieltäytynyt vakaasti ottamasta osaa minkäänlaisiin kiinteisiin vähennystavoitteita. Kiina on toiminut kansainvälisissä ilmastoneuvotteluissa kehitysmaiden äänitorvena ja pitää tiukasti kiinni Kioton sopimuksen asettamasta ”yhteisten mutta eriytettyjen vastuiden” -periaatteesta. Maa on muistuttanut kovaäänisesti teollisuusmaita kantamaan historiallisen vastuunsa ja vaatii näitä leikkaamaan kasvihuonekaasupäästöjään merkittävästi. (Naughton 2006)

Vuoden 2014 lopulla Kiina ja Yhdysvallat julistivat yhteisen energiapäästösopimuksen. Yhdysvallat ja Kiina sopivat merkittävistä leikkauksista hiilidioksidipäästöihin, jotka alkaisivat Kiinan osalta viimeistään vuonna 2030. Samassa sopimuksessa Kiina julisti aikovansa lisätä uusituvan energian tuotantonsa 20 prosenttiin kokonaistuotannosta samaan vuoteen mennessä. Tällä



hetkellä uusiutuvien energiamuotojen osuus Kiinan energiantuotannosta on alle 15 prosenttia. Yhdysvallat lupasi leikkaavansa hiilipäästöjensä 26-28 prosenttia vuoteen 2025 mennessä vuoden 2005 tasosta. (IEA 2014) Euroopan Unionin maat ovat kaikki ratifioineet Kioton sopimuksen.

#### 4.2 Euroopan unioni vertailualueena

Euroopan unioni alue valittiin tutkimuksen toiseksi vertailualueeksi. Tässä tutkimuksessa Euroopan unionilla tarkoitetaan 28 Euroopan unionin jäsenvaltiota. EU on maantieteellisesti alle puolet Kiinasta (4 381 376 km<sup>2</sup>) ja EU:n alueella asuva väestömäärä (507,37 miljoonaa) yli 800 miljoonaa Kiinaa (1,357 miljardia) vähemmän. Kiina ohitti vuonna 2014 Euroopan unionin asukaskohtaisissa hiilidioksidipäästöissä.

Euroopan unioni valittiin maantieteellisistä ja taloudellisista syistä. EU on Kiinan ja Yhdysvaltain ohella yksi merkittävimmistä kauppamaailmoista. Euroopan unioni on 80 maalle merkittävin kauppakumppani ja asukaskohtaisine tuloineen maailman suurin talous (BKT/asukas 25 000e). Vuonna 2014 Kiina oli EU:n merkittävin kauppakumppani tuontien osalta ja vientien osalta toiseksi suurin kumppani. Kiinan kauppa on kasvanut vuosien 2010 ja 2014 välisenä aikana tuontien osalta keskimäärin 1,6 prosentin vuosivauhtia ja viennin osalta 9,8 prosentin vuosivauhtia. Tuonti Kiinasta 137 849 miljoonaa euroa suurempi, kuin vienti Kiinaan vuonna 2014. Euroopan Unioni on siis kiistämättömän vahvasti sidoksissa Kiinan talouteen.

Euroopasta mielenkiintoisen tekee myöskin sen Kiinaan verrattavissa oleva riippuvuus energiantuonnista. EU maahantuo yli puolet alueen kuluttamasta energiasta. Erityisen riippuvainen EU on raakaöljystä, josta tuodaan yli 90 prosenttia ja maakaasusta, josta tuodaan 66 prosenttia. Euroopan komission mukaan energian tuonnista aiheutuvat kustannukset ovat yli miljardi euroa päivässä. (European Commission 2015) Useat maat ovat lisäksi vahvasti riippuvaisia yhdestä toimittajasta, erityisesti maakaasun osalta Venäjältä. Kriisi Venäjän ja Ukrainan välillä onkin vaikuttanut merkittävästi useiden maiden energiansaantiin.

Vuoden 2014 keväällä Euroopan komissio julkisti Euroopan Unionin Energiaturvallisuus strategian, joka sisälsi ns. energiaturvallisuuden lyhyen ajan stressitestit talvelle 2014-2015. Testi sisälsi kaksi skenaariota liittyen Venäjän tilanteeseen. Mitä kävisi, jos venäläinen kaasuntuonti pysähtyisi kokonaan EU:hun ja mitä jos Ukrainan läpi menevään kaasun kuljetusreittiin tulee pysyvä häiriö. Testit osoittivat, että pitkittyneillä häiriöillä olisi merkittävä vaikutus Euroopan unioniin. Euroopan maiden yhteistyöllä häiriöiden aiheuttama energiavaje pystyttäisiin kuitenkin kattamaan kuuden kuukauden ajan.

EU:n huolenaiheena ovat ikääntyvät ydinvoimalat ja hiilituotantolaitokset, jotka pyritään korvaamaan uusiutuvilla energiamuodoilla. Myöskin EU:n sisäisiä energiamarkkinoita ja niiden kilpailukykyä pyritään vahvistamaan. Euroopan unionin tavoitteena on monipuolistaa kaasu- ja öljytuontiaan, jotta riippuvuus yksittäisistä tuottajista saataisiin alhaisemmaksi. Nämä teot parantaisivat EU-alueen energiaturvallisuutta.

Lokakuussa 2014 Euroopan unioni asetti kunnianhimoiset ympäristö- ja energiatavoitteet vuodelle 2030. EU tähtää näillä tavoitteillaan ympäristömuutoksen hillitsemisen globaaliksi johtajaksi. Euroopan unioni on jo tällä hetkellä globaali johtaja muutoksessa kohti matalapäästöistä taloutta. EU:n alueella on tapahtunut ennennäkemätön uudistuvien energialähteiden kasvu. Myöskin energiatehokkuuden parantaminen sekä talouden hidastuminen ovat vaikuttaneet kasvihuonekaasupäästöjen vähentymiseen.

## 5. ENERGIAN TARJONTA KIINASSA JA YMPÄRISTÖNMUUTOS

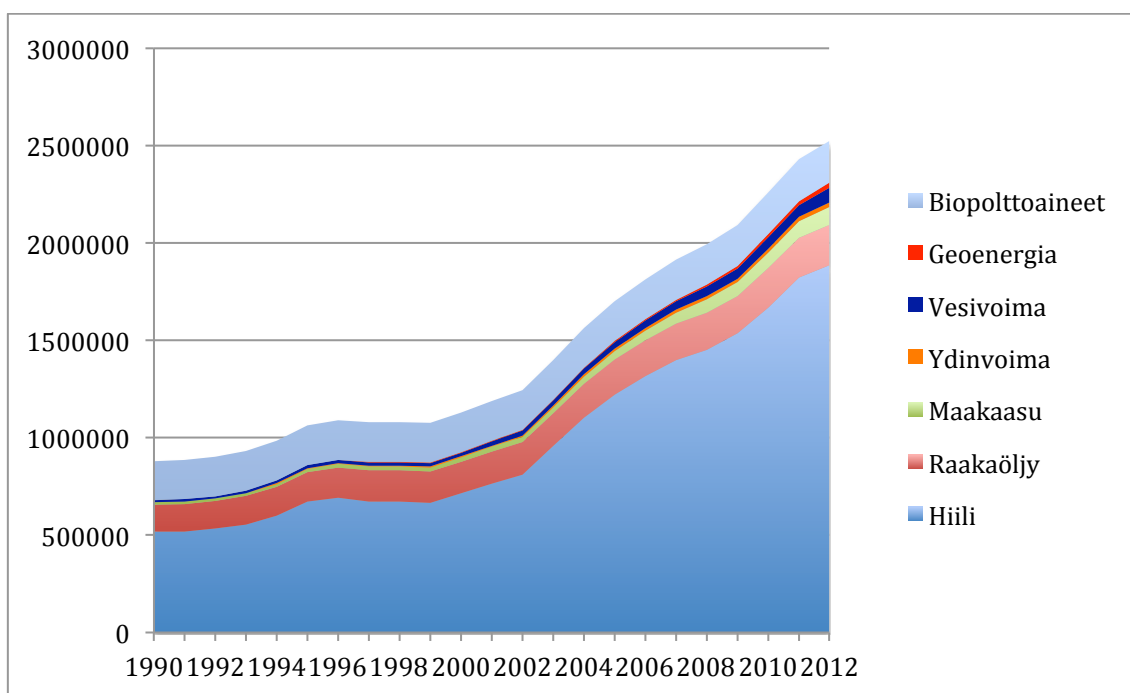
Kiina on noussut reilun kahden vuosikymmenen aikana yhdeksi maailman merkittävimmistä energia-alan tekijöistä, ellei jopa merkittävimmäksi. Vuoden 2014 Global Energy Statistical Yearbookin mukaan Kiina oli vuonna 2013 maailman suurin kokonaisenergian kuluttaja 3 013 miljoonalla energiatonnillaan (Mtoe). Yhdysvallat oli toisena 2 187 Mtoe:lla ja Intia kolmantena 819 Mtoe:lla. Kiina oli myös maailman suurin energiatuottaja 2 593 miljoonalla energiatonnilla Yhdysvaltojen seurattessa toisena 1 873 miljoonalla energiatonnilla. Myöskin energian maahantuonnin osalta Kiina on maailman suurin vuonna 2013 Japanin ja Yhdysvaltojen pitäessä seuraavia sijoja.

Energia-alan suurmaa kohtaa erittäin suuria haasteita. Barry Naughton kuvailee teoksessaan *Chinese Economy – Transitions and Growth* (2007: 333) Kiinaa epäkypsäksi energiajättiläiseksi. Energia-alan kehitys Kiinassa on ollut takkuilevaa ja talouskasvun ehdoilla toimivaa, useiden mielestä jopa täysin vastuutonta. Erityistä Kiinassa on maan suuren väestömäärän lisäksi sen ennätysmäisen lyhyessä ajassa tapahtunut energiantarpeen kasvu. Vielä kymmenen vuotta viimeisimmästä mittauksesta vuonna 2003 Kiina kulutti ”vain” 1426 miljoonaa energiatonnia. Vuonna 2014 energiankulutus oli jo 3013 miljoonaa energiatonnia. Kulutus on siis vuosikymmenessä yli kaksinkertaistunut.

Tässä luvussa perehdytään ensin energian tuotantoon Kiinassa. Tehdään tarkempi katsaus siihen, miten ja millaisia energiamuotoja maa tarjoaa. Luvussa tarkastellaan lähemmin sekä eniten käytettyjä fossiilisia polttoaineita että uusiutuvia polttoaineita. Energianmuotokatsauksen jälkeen perehdytään Kiinan energiantuontiin. Kiina on merkittävältä osin riippuvainen erityisesti öljyn tuonnista. Viidennen luvun lopuksi tehdään katsaus ympäristönmuutokseen.

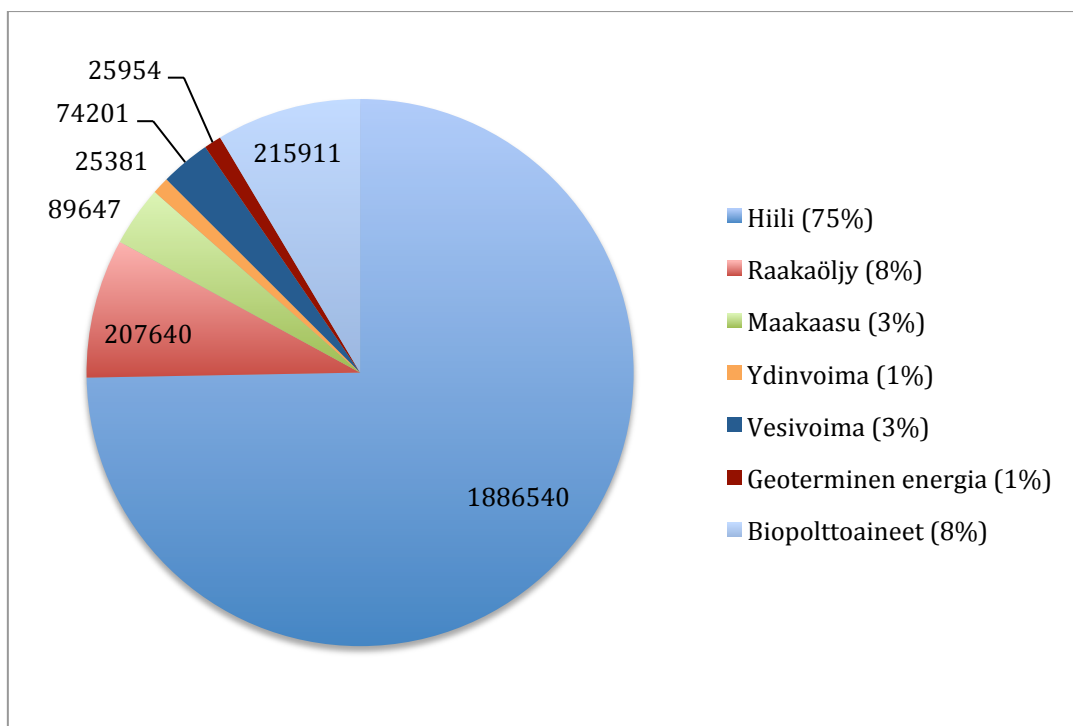
## 5.1 Energian tuotanto Kiinassa

Kiina tuottaa eniten energiaa maailmassa, vuonna 2013 3 013 miljoonaa energiatonnia. (IEA) Erityistä energiantuotannossa Kiinassa on suuri hiilivoittoisuus. Kuten alla olevasta kuvasta 1.) voidaan havaita, on hiilen osuus Kiinan energiantuotannosta ollut koko tarkasteluperiodin (1990-2012) erittäin merkittävä. Muiden energiamuotojen yhteenlasketut osuudet ovat pysyneet melko tasaisen suuruisina. Kiinan energiantuotannon kasvu on pitkälti hiilen tuotannon aiheuttamaa. Vuosituhannen alusta lähtien kiihtyvää talouskasvua on pitkälti ruokittu edullisen ja laajalti saatavilla olevan hiilen avulla.



**Kuva 1.)** Energian tuotanto Kiinassa 1990-2012  
(lähde: International Energy Agency. Luvut eivät täsmää pyöristysten takia.)

Kuvasta 1.) voidaan erottaa selkeästi hiilen lisäksi raakaöljyn ja biopolttoaineiden tuotannon osuudet, mutta maakaasun, ydinvoiman, vesivoiman ja geoenergian (esim. tuuli- ja aurinkovoima) osuudet ovat energiantuotannossa edelleen häviävän pienet. Alla olevassa piirakkakuvassa 2.) on esitelty tarkemmin vuoden 2012 energijakauma Maailman energijärjestö IEA:n julkaisemien tietojen perusteella. Kuviossa erottuu tarkemmin myös pienempien energiamuotojen osuus Kiinan energiantuotannosta.



**Kuva 2.)** Energian tuotannon jakauma Kiinassa 2012  
(lähde: International Energy Agency. Luvut eivät täsmää pyöristysten takia.)

Kiinassa suurimpana ongelmana energia-alalla on energiamuotojen yksipuolinen, hiileen nojautuva jakauma. Hiiltä kulutetaan edelleen kaikista eniten, noin 75 prosenttia kokonaisenergiankulutuksesta. Öljy oli vuonna 2012 toiseksi suurin energianlähde noin 8 prosentin osuudellaan. Kiina käyttää ”puhtaiksi” energiamuodoiksi katsottuja energialähteitä hyvin vähän. Tällaisia suhteellisen vähän sivuvaikutuksia aiheuttavia energiamuotoja ovat esimerkiksi maakaasu, ydin- ja vesivoima. Nämä energialähteet kattoivat Barry Naughtonin vuoden 2007 teoksen mukaan (2007: 336) noin 40 prosenttia koko maailman energiankulutuksesta, mutta vain 9 prosenttia Kiinan kulutuksesta.

Kiinan panostus monipuolisempien energiamuotojen käyttämiseksi näkyy vesivoiman ja biopolttoaineiden määrän vähittäisenä kasvuna. Suhteellisen pienet, noin prosentin osat energian kokonaiskulutuksesta tulee ydinvoimasta ja geotermisten energiamuotojen käytöstä. Geoterminen energia on maansisäistä lämpöä, joka on lähes päästötöntä.

Geoterminen lämpö on lähtöisin maan sisuksissa tapahtuvista radiaktiivisista hajoamisista. (Energieollisuus 2015)

Luvussa esitellään ensin uusiutumattomia energiamuotoja keskittyen erityisesti kivihiileen, öljyyn ja maakaasuun. Tämän jälkeen esitellään Kiinassa käytössä olevat tärkeimmät uusiutuvat energiamuodot; vesivoima, tuulivoima ja aurinkovoima. Myös ydinvoiman tuotantoon tehdään katsaus.

## 5.2 Uusiutumattomat energiamuodot

Uusiutumattomilla energiamuodoilla tarkoitetaan fossiilisia polttoaineita, kuten öljyä maakaasua ja kivihiihtä. Fossiiliset polttoaineet ovat syntyneet muinaisten eliöiden jäänteistä miljoonien vuosien aikana, jonka takia niitä voidaan pitää uusiutumattomina. Tässä kappaleessa tehdään katsaus kolmeen Kiinan eniten käyttämään uusiutumattomaan energianlähteeseen: hiileen, öljyyn ja maakaasuun. Kaikkia näitä energiamuotoja yhdistää Kiinan tuontiriippuvuus. Esitellään myös ydinvoima, joka voidaan lukea uusiutumattomiin energiamuotoihin, mutta joka ei tuota palamiskaasuja siinä missä hiili, öljy ja maakaasu.

### 5.2.1 Kivihiihi

Kiina on maailman suurin kivihiihten tuottaja, kuluttaja ja maahantuojia. Kiinassa oli vuonna 2011 arviolta 126 miljardin tonnin kivihiihtivarannot, kolmanneksi suurimmat koko maailmassa Yhdysvaltojen ja Venäjän jälkeen. Tämä on noin 13 prosenttia koko maailman hiilireserveistä. (World Energy Council 2015) Kiina tuotti 75 prosenttia koko energiatuotannostaan hiiltä vuonna 2012 (IEA). Kivihiihi on maailman toiseksi tärkein energianlähde öljyn jälkeen. Kiina aiheuttaa noin puolet koko maailman hiilensuutuksesta ja maa tuottaa eniten hiilidioksidipäästöjä maailmassa. Vuonna 2011 Kiina tuotti 8 715 miljoonan tonnin verran hiilidioksidipäästöjä. Kiinan lisääntynyt hiilentuotanto ajoi maan maailman suurimmaksi energiantuottajaksi vuonna 2007 (IEA). Kiina käyttää pääenergianlähteenään hiiltä, siinä missä koko muun maailma on

etupäässä riippuvainen öljystä ja kaasusta. Merkittäviä kivihiiliresursseja pidetään yhtenä merkittävänä nopean talouskasvun mahdollistajana. Hiilen arvioidaan riittävän vuoden 2013 tason tuotolla vielä 134,5 vuodeksi (Maailman hiilijärjestö).

Kiinan riippuvuus hiilestä selittää suurelta osin Kiinan suhteellisen matalan energiatehokkuuden sekä lukuisat ympäristöongelmat. Kivihiili vaikuttaa suurissa määrin ilmastonmuutokseen, koska sen hinta on alhainen ja varat suuret. Kivihiili on eniten saastuttava fossiilisista polttoaineista. Hiilidioksidin lisäksi kivihiilestä vapautuu ilmaa happamoittavia rikki- ja typenoksidipäästöjä. Hiilienergian tuottaminen vaatii myös paljon kuljetuskustannuksia, sillä hiilireservit ovat keskittyneet pitkälti Kiinan pohjoisosaan. Kiinassa on tällä hetkellä noin 12 000 hiilikaivosta, jotka tuottavat pääasiassa bitumia sisältävää hiiltä, antrasiittia ja ligniittiä. Kivihiilikaivoksia on useimmilla Kiinan alueilla, mutta kolme suurinta kaivosta ovat Pohjois- ja Luoteis-Kiinassa Shanxin, Shaanxin ja Sisä-Mongolian provinseissa. Lähes puolet koko maan rautatiekapasiteetista käytetään hiilen kuljetukseen (World Nuclear Association 2015).

Kivihiiltä käytetään edelleen laajasti pääasiallisena energialähteenään erityisesti Kiinan maaseudulla. Nopeasta urbanisaatiosta huolimatta vielä noin 60 prosenttia kiinalaisista asuu maaseudulla. Hiilen polttamisesta aiheutuvat ympäristöhaitat ovat nykyisin laajalti tiedossa myös Kiinassa. Jungfeng Zhang ja Kirk R. Smith julkaisivat vuonna 2007 tutkimuksen kivihiilen ja biomassapolttoaineiden terveydellisistä vaikutuksista. Heidän mukaansa sisätilasaasteet, jotka aiheutuvat pääasiassa ruuanlaitosta ja lämmityksestä kivihiilen avulla, ovat vuosittain syynä noin 420 000 ennenaikaiselle kuolemalle. Kivihiilen poltto aiheuttaa erilaisia hengityselinsairauksia, keuhkosityöpää ja keuhkojen vajaatoimintaa, immuunijärjestelmän heikentymistä ja kroonisia tukkeumasairauksia.

Kivihiilen tuotannossa ongelmana on myös pienten kaivosten merkittävä määrä. Kiinassa on noin 10 000 pientä paikallista kaivosta, joihin investoidaan tarpeettoman vähän. Näissä kaivoksissa käytetään vanhentuneita työvälineitä ja olemattomia turvatoimia. Pienet kaivokset ovat tehottomia vastaamaan markkinoiden kysyntään alhaisen hyödynnysasteen johdosta.

Kiinan valtiolla on tavoitteena rajoittaa hiilen käyttö vuoteen 2020 mennessä 63 prosenttiin ja vuoteen 2040 mennessä 55 prosenttiin. Vielä vuonna 2012 hiilen prosenttimäärä kokonaisenergiankulutuksesta oli 75 prosenttia. Lupaavilta kuulostavista tavoitteista huolimatta tulee muistaa, että kokonaishiilenkulutuksen on arvioitu kasvavan yli 50 prosenttia ennusteajanjakson aikana. (IEA 2014)

Kiinan hallitus tähtää toimillaan ennen kaikkea raskaiden ilmansaasteongelmien hellittämiseen. 12. viisivuotissuunnitelmassaan Kiinan valtio otti tavoitteekseen nostaa uusiutuvien energialähteiden kulutuksen 15 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä, jotta maan riippuvuus hiilestä hellittäisi. Tavoite on kunnianhimoinen ottaen huomioon, että vielä vuonna 2011 uusiutuvia energialähteitä energiamuotona käytettiin alle 10 prosenttia kokonaisenergian kulutuksesta.

### 5.2.2 Öljy

Öljy on maailman eniten käytetty fossiilinen polttoaine. Öljyä saadaan käyttöön poraamalla kallioperässä sijaitsevia öljytaskuja. Öljyvarantoihin vaikuttaa niin löytämättömät varannot, kuin nykyinen kulutuksen kehitys ja öljyn hinta. Todistettuja öljyreservejä oli maailmassa vuoden 2013 lopussa British Petroleumin mukaan 1687,9 miljardia barrelia. Tämä määrä öljyä riittää 53,3 vuodeksi maailman nykykulutuksella. Kiina pitää öljyreservien määräänsä valtiosalaisuutena, mutta selvää on, että Kiinan reservit ovat suurimmat Aasian maista (World Energy Council 2015).

Kiinan vanhimmat öljyreservit sijaitsevat maan koillisosissa. Kiinassa oli vuonna 2013 U.S. Energy Information Administrationin tutkimuksen mukaan todistettuja öljyvarantoja 20,35 miljardia barrelia. Eniten öljyreservejä maailmassa oli vuoden 2013 tilastojen (EIA) mukaan Venezuelalla (297,6 miljardia barrelia), Saudi-Arabialla (267,9 miljardia barrelia) ja kolmanneksi eniten Kanadalla (173,1 miljardia barrelia). Näiden maiden jälkeen, mutta ennen Kiinaa ovat vielä Iran, Irak, Kuwait, Arabiemiraatit, Venäjä, Libya, Nigeria, USA, Kazakstan ja Qatar. Öljyn tuotannossa Kiina on kuitenkin



maailman viidenneksi suurin Venäjän, Saudi Arabian, Yhdysvaltojen ja Kanadan jälkeen 4,5 miljoonan barrelin päivätahdilla vuoden 2013 tilastojen mukaan (EIA 2014)

Vielä 1990-luvulla Kiina oli öljyn nettoviejäämaa, mutta vuonna 2009 maa oli jo maailman toiseksi suurin raakaöljyn ja polttoaineiden nettotuojana Yhdysvaltojen jälkeen. Vuonna 2014 Kiina ohitti Yhdysvallat ja on siis nykyisin maailman suurin öljytuotteiden maahantuojana. Vuosina 2013 ja 2014 Kiinan öljyn kulutus oli noin kolmanneksen koko maailman öljyn kulutuksesta. (U.S. Energy Information Administration, EIA) Kysynnän kasvua ovat edistäneet kotimainen talouskasvu ja kaupankäynti, kuljetusalan kasvu, infrastruktuurin kehittäminen sekä rakennusala. Nopeasti kasvanut tuotanto on edellyttänyt ja tulee vastaisuudenkin nopean kehityksen takia edellyttämään entisestään kasvavan määrän energiaa.

	1990	2000	2005	2010	2011	2012	2018
Tuotanto (kb/d)	2774	3262	3639	4124	4134	4125	4409
Kysyntä (kb/d)	2333	4642	6748	9085	9471	9840	11959
Nettotuonti (kb/d)	441	1380	3109	4961	5337	5715	7550
Tuontiriippuvuus (%)	19	30	46	55	56	58	63

**Taulukko 1.)** Öljyn nettotuonnin kehitys ja tuontiriippuvuus Kiinassa. Vuosi 2018 ennuste. Lähde: International Energy Agency

Kuten yllä olevasta taulukosta yksi voidaan huomata, on Kiinan riippuvuus tuontiöljystä kasvanut merkittävästi vuodesta 1990. Ennusteena on, että riippuvuus tulee myös kasvamaan vastaisuudessakin, joskin hiipuvalla tahdilla uusiutuvien energiamuotojen yleistymisen myötä. Taulukosta huomataan myös, kuinka Kiinan öljyn kulutus on kasvanut nopea tahdilla. Öljyn tuotanto on kasvanut merkittävästi hitaammin ja epäsuhta tuotannon ja kulutuksen välillä vuoden 2013 lopulla oli jo yli kuusi miljoona barrelia päivässä. Kiina tuo tällä hetkellä lähes 60 prosenttia kaikesta kuluttamastaan öljystä.

EIA ennusti vuoden 2014 alussa, että Kiinan öljytuotteiden (raakaöljy ja öljyjalosteet) tuotanto kasvaa 2011-2014 välisten vuosien aikana noin 5 prosenttia. Kiinan suurimmat öljykentät ovat jo pitkälti hyödynnettyjä ja öljyn tuotanto on ohittanut huippunsa.

Kiinan öljyntuotannon kehitys on huomattavasti hitaampaa, kuin Yhdysvaltojen samalle aikavälille 2011-2014 tehty ennuste, joka ennustaa 31 prosentin öljyntuotannon kasvua. Kiinan riippuvuus muiden maiden öljytuotannosta on siis erittäin merkittävää siinä missä sen suurin taloudellinen kilpailija Yhdysvallat pyrkii jatkuvasti energiaomavaraisuuteen.

Öljyn hinnalla on suora vaikutus energiaturvallisuuteen. Raakaöljylle ei ole olemassa yhtä oikeaa hintatasoa, vaan sen hinta vaihtelee jatkuvasti maailmanmarkkinoiden mukaan. Perimmäisiä syitä öljyn hinnanvaihteluille on öljyn hallitseva asema maailman energiataloudessa ja maapallon öljyvarojen epätasainen jakaantuminen. Öljyn hinta on ollut vuoden 2008 romahdusta lukuun ottamassa vakaassa kasvussa. Yhdeksi hinnan nousun tekijäksi on arvioitu Aasian alueen kasvanutta kysyntää (Kruyt, Vuuren, de Vries ja Groenenberg 2009: 2166)

Hippel jne. (2011: 6720) listaavat viisi syytä, miksi öljy on pysynyt energiaturvallisuuspolitiikan keskiössä. Ensinnäkin öljy on edelleen energiamarkkinoilla dominoiva energian lähde noin 36 prosentin osuudella. Toisekseen maailman suurimmat öljyvarannot sijaitsevat Lähi-idässä, joka on yhä yksi maailman epävakaimmista alueista. Kolmanneksi syyksi listataan poliittinen päätöksenteko ja öljyn tarjoajien ja ostajien päätökset, jotka vaikuttavat öljyn tarjontaan ja hintoihin. Neljäntenä syynä on maailmantalouden tilanne, joka on edelleen herkkä öljyn hinnan heilahtelulle, koska tietyt talouden avainsektorit ovat hyvin riippuvaisia öljystä. Tällaisia ovat esimerkiksi kuljetusala, petrokemikaalit ja maatalous. Näillä aloilla on usein hyvin rajoittuneet lyhyen ajan ratkaisut vaihtoehtoisille substituuteille energiamuodoille. Viidenneksi syyksi artikkelissa nostetaan öljyn hintojen volatilitteetti ja epävakaus. Globalisaatio on parantanut öljymarkkinoiden läpinäkyvyyttä, mutta hintoihin vaikuttavat edelleen spekulatiot, öljyn tuottajien päätökset, valuuttakurssien vaihtelut ja tietenkin kysynnän ja tarjonnan suhde.

Öljyn kasvava kysyntä ja riippuvuus maahantuonnista ohjaavat Kiinan valtion energiapolitiikkaa. Kiinassa kansalliset yritykset dominoivat edelleen sekä öljyn että kaasun markkinoita. Kiinan kansalliset öljy-yrityksillä (China's National Oil

Companies, NOCs) on merkittävä valta sekä Kiinan öljysektorilla että koko maailmassa. 1990-luvulla Kiinan valtio yhdisti kaikki valtio-omisteiset öljy- ja kaasuyritykset kahteen suureen kokonaisuuteen: China National Petroleum Corporationiin (CNPC) ja China Petroleum and Chemical Corporationiin (Sinopec). Nämä kaksi yritystä kontrolloivat sekä öljyn etsintää ja tuotantoa (upstream) että jalostusmarkkinoita (downstream). CNPC oli vuonna 2010 maailman kymmenenneksi suurin öljyn tuottaja ja Sinopec seitsemänneksi suurin (Jiang & Sinton 2011: 9). Vuonna 2010 Kiinan valtio perusti kansallisen energiakomission (National Energy Commission), jonka tarkoituksena on yhdistää maan energiapolitiikkaa pienempien tahojen alta yhden selkeän toimijan ohjattavaksi. Koko Kiinan talous aukesi vasta 1990-luvun alussa kansainvälisille yrityksille ja tähän päivään asti valtion markkinoita on leimannut tietynlainen protektionismi ja omien yritysten suosiminen. Nyt Kiina on kuitenkin taannut myös kansainvälisille yrityksille pääsyn öljykentille sekä maalla että merellä.

Viime vuosien aikana myös muita valtio-omisteisia yrityksiä on tullut markkinoille. Esimerkiksi The China National Offshore Oil Corporation (CNOOC), joka on vastuussa offshore-öljyn etsinnästä ja tuotannosta. CNOOC:in merkitys on kasvanut viime vuosien aikana, kun maalla olevan öljyn piikki on jo ohitettu ja näin ollen öljyä etsitään enemmän vesistöistä. Maalla tapahtuva (onshore) öljyn tuotanto ja jalostus on rajoitettu käytännössä pääasiassa valtio-omisteisille yrityksille. Kansainvälisille yrityksille on taasen annettu enemmän vapauksia merellä offshore-toiminnassa ja teknisesti haastavilla kaasualueilla. Kiinassa toimivia kansainvälisiä öljy-yrityksiä ovat mm. Shell, Chevron, BP, Husky ja ConocoPhillips. (IEA 2014)

Kiinan tunnettujen öljyvarantojen tuotannon hiipuminen on ajanut yritykset kehittämään uusia tekniikoita, joilla olemassa olevia, ”kypsiä” öljykenttiä voitaisiin ylläpitää. Yritykset ovat alkaneet myös panostamaan hyödyntämättömien reservien kehitykseen maan läntisissä provinseissa sekä offshore-kentillä. Kiinan on ollut välttämätöntä monipuolistaa raakaöljylähteitä viime vuosina öljyn kysynnän merkittävän kasvun ja maantieteellisten epävarmuuksien takia. Epävarmuudet tulevat jatkumaan myös tulevaisuudessa.

### 5.2.3 Maakaasu

Myös maakaasun kulutus on kasvanut Kiinassa nopeasti viime vuosien aikana, mutta sen osuus kokonaisenergiankulutuksesta on edelleen suhteellisen pieni. Kiina oli omavarainen maakaasun tuotannossa vuoteen 2006 asti. Maan tarkoituksena on kasvattaa maakaasun ja nestemäisen kaasun (liquefied gas, LNG) maahantuontia massiivisten putkistoinvestointien avulla. Kiina yli kolminkertaisti maakaasun tuotantonsa vuosina 2000-2010. Kuten alla olevasta taulukosta kaksi voidaan havaita, on Kiina ollut pitkään riippuvainen maakaasun tuonnista. IEA ennustaa nettotuonnin kasvavan edelleen kiihtyvällä tahdilla kohti 2010-luvun loppua mentäessä.

	1990	2000	2005	2010	2011	2012	2018
Tuotanto (mcm/vuosi)	15 300	27 200	49 320	94 848	103 100	109 364	172 728
Kysyntä (mcm/vuosi)	15 990	24 503	46 764	105 526	130 950	142 000	295 000
Nettotuonti (mcm/vuosi)	690	2 697	2 556	10 678	27 850	32 636	
Tuontiriippuvuus (%)	4	11	5	10	21	23	

**Taulukko 2.)** Maakaasun tuotanto, kysyntä ja nettotuonti Kiinassa. Vuosi 2018 ennuste.

Mcm = miljoonaa kuutiometriä. ähde: IEA 2015

Maakaasun hyödyntämistä hidastaa kaksi tekijää. Ensinnäkin tuotanto vaatii merkittävät investoinnit infrastruktuuriin ja toisekseen maakaasu on huomattavasti kalliimpi polttoaine kuin öljy. Myöskin maakaasukenttien sijainti on ollut syrjäinen kulutuskeskuksiin nähden. (Bahgat 2011: 73) Kiina on kuitenkin tehnyt suuria investointeja putkistoihin. Vuoteen 2015 mennessä Kiinassa on ehditty avata jo kolme itä-länsi suunnassa kulkevaa kaasuputkistoa.

Myöskin maakaasusektoria hallitsee kolme pääasiallisesti valtio-omisteista öljy- ja kaasuyritystä; CNPC, Sinopec ja CNOOC. Maakaasun hinta on säännösteltyä ja yleisesti ottaen alle kansainvälisen markkinahinnan. Hinnoittelussa on tyypillisesti suosittu tuotantosektoria, siinä missä asunto- ja kuljetussektorit ovat maksaneet korkeampia, säännöstelemättömiä hintoja.

Kiinassa on useita maakaasua tuottavia alueita. Erityisesti tuotanto on keskittynyt läntisiin ja keskiosiin maata Sichuanin provinssiin lounaisosaan maata, Xinjianin ja

Qinghain provinssiin koilliseen ja Shanxin provinssiin Pohjois-Kiinaan. Kiinalla on myöskin käytössään useita offshore-kenttiä erityisesti Etelä-Kiinan merellä. Kiinalaiset ovat innokkaita myös kehittämään käyttämiään teknologioita niin, että olisi mahdollista hyödyntää myöskin haastavimmilla alueilla, kuten syvissä vesissä olevia kaasukenttiä ja liuskekaasua. (EIA)

Kasvavan kysynnän turvaamiseksi on tärkeää pystyä tarjoamaan kunnolliset kuljetusputkistot ja luotettavat maakaasun lähteet. Kiina on investoinut merkittäviä määriä maakaasun kuljetusputkistoon ja jatkaa investointejaan, jotta läntiset ja pohjoiset alueet saadaan yhdistettyä rannikon kysyntäkeskuksiin. Tarkoituksena on myöskin turvata Keski- ja Kaakkois-Aasian maakaasutuonnit.

#### 5.2.4 Ydinvoima

Ydinvoima luetaan usein kuuluvaksi myös uusiutumattomiin energianlähteisiin, sillä energia ydinvoimassa saadaan uusiutumattomasta uraanista, joka on eroteltu kallioperästä tai merivedestä. Uraani ei kuitenkaan lasketa fossiiliseksi polttoaineeksi, koska se ei varsinaisesti pala energiantuotantoprosessissa eikä se ole lähtöisin eliöjäänteistä.

Ydinvoiman etuina on tehokas energiansaanti ja energiantuotannon tasaisuus sekä hiilidioksidittomuus. Yhdestä uraanigrammasta saadaan yhtä paljon energiaa, kuin kolmesta tonnista hiiltä. Ydinvoimalla tuotetun energian hinta on myös helppo ennustaa sen tasaisen luoteen ansiosta. Ydinvoiman etuna on myös se, että siitä ei synny palamiskaasuja, kuten hiilidioksidia. Ydinvoiman huolena on uraanin, ja erityisesti ydinpolttoaineena käytettävän isotooppi U-235:n, riittävyys. Myöskin satojatuhansia vuosia aktiivisen ydinjätteen säilöminen on haaste. Ydinvoimaloilla on aina myös riskinä ydinonnettomuus, joka aiheutuessaan aiheuttaa ympäristölle merkittäviä tuhoja.

Manner-Kiinassa on tällä hetkellä toiminnassa 26 ydinvoimalareaktoria ja 23 rakenteilla. Ensimmäinen ydinvoimala Kiinaan avattiin vuonna 1991. Useita

voimaloita lisää on suunnitteluvaiheessa. Ydinvoiman osuus kokonaisenergiatuotannosta oli vuonna 2014 2,4 prosenttia, 123,8 kWh (IEA). Ydinvoimalla on tärkeä rooli erityisesti Kiinan rannikkoalueilla, jotka ovat kaukana hiilikaivoksissa ja joissa talous kasvaa nopeinta tahtia. Kiina käyttää ydinvoiman tuotannossaan pääasiassa ranskalaista, kanadalaista ja yhdysvaltalaisista teknologiaa. Nopea ydinenergian tuotannon kasvattaminen on vaatinut Kiinalta myös uraanin maahantuontisopimusten solmimista. Tuontisopimuksia on tehty mm. Australian, Kazakstanin ja Nigerin kanssa (Bahgat 2011: 74).

Ydinvoiman määrän kasvattamiseen on turvauduttu ilmansaasteiden takia. Ydinvoima on erittäin vähäsaasteinen energiamuoto oikein tuotettuna. (World Nuclear Association 2015) Ydinvoiman etuna on sen riippumattomuus vallitsevista ympäristöoloista. Ydinvoimalat voidaan lisäksi rakentaa lähelle kysyntäkeskuksia, jolloin muiden energiamuotojen kuljetusongelmilta vältytään.

### 5.3 Uusiutuvat energialähteet

Uusiutuvilla energialähteillä tarkoitetaan tuulivoimaa, aurinkovoimaa ja aurinkosähköä, vesivoimaa, vuorovesienergiaa, geotermistä energiaa ja biomassasta tuotettavaa energiaa. Nämä energiamuodot ovat tärkeimpiä vaihtoehtoja fossiilisille polttoaineille. Näiden polttoainemuotojen avulla voidaan vähentää riippuvuutta fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja tuonnista sekä vähentää ympäristölle haitallisia kasvihuonekaasupäästöjä.

Tällä hetkellä Kiinassa tuotetaan uusiutuvia energialähteitä vain noin 13 prosenttia kokonaisenergiatuotannosta. Kiinan tavoitteena on nostaa uusiutuvien energiamuotojen osuus 15 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä (International Hydropower Association, IHA). Kiinassa on yltäkyläiset, mutta tällä hetkellä täysin alihyödynnetyt uusiutuvan energian resurssit. Nämä resurssit ovat merkittävän suuri potentiaali uusituvan energian kehitykselle.

Uusiutuvien polttoaineiden käyttöönotto on välttämättömyys Kiinalle, jotta vallallaan oleva energian tuotannon ja energian kulutuksen välinen ero saataisiin kurottua maltillisemmaksi ja jotta tahdotunlaista talouskasvua voidaan ylläpitää. Fossiilisten polttoaineiden rajallisuus ja seuraukset ympäristölle ovat merkittäviä globaaleita huolenaiheita. Esiteltävien vesi-, tuuli- ja aurinkovoiman lisäksi Kiinassa hyödynnetään vähissä määrin myös mm. biomassaenergiaa, vuorovesi- ja aaltoenergiaa sekä geotermistä energiaa. Näiden energiamuotojen osuus on kuitenkin vielä tällä hetkellä niin pieni kokonaistuotannosta, että niiden käsittely jätetään tutkimuksen ulkopuolelle.

### 5.3.1 Vesivoima

Kiinalla on eniten vesivoimakapasiteettia maailmassa. Kiinassa on erittäin paljon jokia, 3886 kappaletta. Potentiaalisen vesivoiman määrä Kiinassa on yltäkyläinen, mutta ongelmana on vesistöjen epätasainen jakauma sekä epätasaisuus taloudellisen kehityksen kanssa. 78 prosenttia vesivoimaresursseista on keskittynyt läntisiin osiin Kiinaa, jossa talous on alikehittynyt. Kehittyneimmillä ja väkirikkaimmilla itäisillä ja rannikkoalueilla on vain 6 prosenttia kaikista vesivoimaresursseista. Nämä kehittyneemmät alueet aiheuttavat 51 prosenttia kokonaisenergiankysynnästä. (Liu, Lund, Vad Mahiesen, Zhang 2010: 519)

Jokien määrä ja sijainti ovat olleet sekä siunaus että kirous maalle. Yli puolet maailman padoista on Kiinassa, sillä joet aiheuttavat säännöllisesti tulvia ja kuivuusjaksoja. Patojen avulla kuivia alueita voidaan keinokastella ja tulvia helpottaa. Kaikki padot eivät ole siis pelkästään energiantuottotarkoituksessa rakennettuja. Jangtse-joen laaksossa, Kiinan Hubein maakunnassa, sijaitseva kuuluisa Kolmen rotkon pato, The Three Georges Dam, rakennettiin sekä maailman suurinta vesivoimalaa varten sekä suojaamaan aluetta tuhoisilta tulvilta.

Nykyisellä kokonaisvesivoimamäärällä Kiinalla olisi potentiaalia Kansainvälisen vesivoimayhdistyksen (IHA) mukaan tuottaa enemmän energiaa, kuin Saksa ja

Espanja kuluttavat yhteensä. Kiinalla oli vuonna 2013 käytössään 281,5 GW:ta<sup>1</sup> vesivoimaa. Vuosien 2011-2015 viisivuotissuunnitelman tavoitteena on nostaa vesivoiman tuotanto 284 GW:hen ja 13. viisivuotissuunnitelman tavoitteena vuosille 2015-2020 on nostaa vesivoiman määrä kunnianhimoisesti 420 GW:iin.

Nykyisin käytössä olevista vesivoimaresursseista hyödynnetään vain 27,3 prosenttia. Kehittyneissä maissa vesivoiman hyödyntämisen aste on keskimäärin 60 prosenttia. Yhdysvalloissa, Japanissa, Sveitsissä ja Ranskassa potentiaalisesta vesivoimasta hyödynnetään yli 80 prosenttia. (Liu jne. 2011: 520)

### 5.3.2 Tuulivoima

Tuulivoima on kehittynein ja kaupallistunein uusituvan energian muoto. Suuren koon ja pitkän rannikkokaistaleen ansiosta Kiinassa on erittäin hyvä resurssit tuottaa tuulivoimaa. Kiina mainitseekin tuulivoiman avaintekijänä talouskasvun aiheuttaman energiankasvun kattamisessa. Vuoteen 2010 mennessä Kiinasta tuli maailman suurin tuuliturbiinien tuottaja ohittaen mm. Tanskan, Saksan ja Yhdysvallat.

Liun jne. tutkimuksessa (2011) esitetään, että jos 1,5 megawatin turbiineja sijoitettaisiin Kiinan rannikkoalueille suotuisiin tuuliolosuhteisiin, voitaisiin potentiaalisesti energiaa tuottaa yli seitsemän kertaa vuoden 2011 kansallisen energiankulutuksen verran. Tällä hetkellä Kiinan tuulivoiman tuotanto ei pysty kattamaan sen kysyntää.

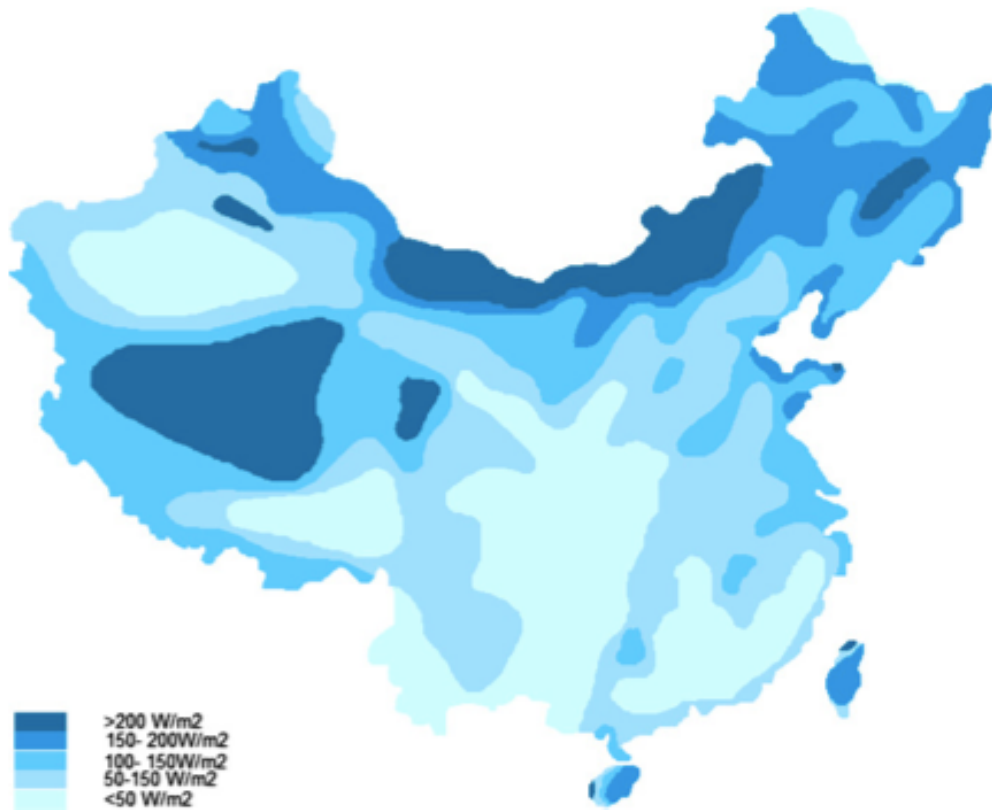
Tuulivoimalla kuten vesivoimallakin on kuitenkin ongelmana geopoliittiset tekijät. Kuva kolme esittää tuuliolosuhteiden jakaantumisen Kiinassa. Kaakkoisalueilla, joissa energiaa tarvittaisiin eniten koko maassa, on kehnommat tuuliresurssit, kuin pohjoisilla alueilla, joilla kysyntää on huomattavasti vähemmän. On toki myös alueita, joilla kysyntä ja tarjonta kohtaavat, kuten Jiangsun, Fujianin ja

---

<sup>1</sup> GW = gigawatti. 1 gigawatti vastaa tuhatta megawattia. Yksikköä käytetään suurissa sähköverkoissa. Tyypillisen ydinvoimalan hyötyteho on noin yksi gigawatti.



Guangdongin alueet. Näillä teknologisesti ja taloudellisesti kypsillä alueilla tuulivoima tulee olemaan tulevaisuuden energiantuotannossa tärkeässä roolissa. (Liu jne. 2011: 520)



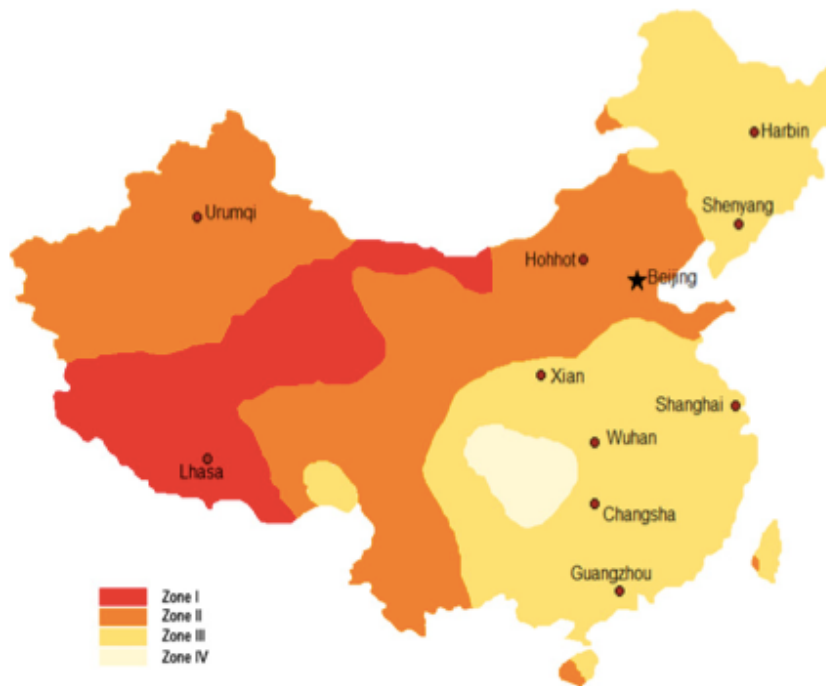
**Kuva 3.)** Tuulienergian tehokkuuden jakautuminen Kiinassa vuonna 2008.  
lähde: Liu jne. 2011

Kiinan hallituksella on nykyisin oma strategia matalapäästöisten energiamuotojen kehitykselle. Tuulivoima on yksi pääenergiamuodoista, joiden avulla hiilidioksidipäästötavoitteet aiotaan saavuttaa. OECD ja IEA ennustavat yhteisessä tutkimuksessaan (2011), että Kiina tulee kasvattamaan tuulivoimantuotantonsa 200 GW:hen vuoteen 2020 mennessä, 400 GW:hen vuoteen 2030 mennessä ja 1000 GW:hen vuoteen 2050 mennessä 2011. Jotta nämä tavoitteet saavutettaisiin, tulee tuulivoimaan tehdä kokonaisuudessaan arvion mukaan 12 000 miljardin Kiinan juanin, eli yli 2 041 miljardin euron, investoinnit. Investointikulut per energiayksikkö ennustetaan kuitenkin putoavan niin nopeasti, että vuoteen 2020

mennessä tuulivoiman kustannusten odotetaan olevan lähes samalla tasolla kuin hiilivoiman.

### 5.3.3 Aurinkovoima

Yleisesti ottaen aurinkovoimaa voidaan pitää runsaana energialähteenä Kiinassa, mutta energian jakautuminen ei ole tasaista. Kiinassa on arvioiden mukaan 1,08 miljoonaa neliökilometriä aavikkoa, joka sijaitsee pääasiassa erittäin aurinkoisilla seuduilla, zoneilla I ja II, kuten kuvasta neljä voidaan havaita. Kuvasta huomataan myös, kuinka itärannikon väkirikkaimmilla alueilla aurinkoenergian kerääminen ei ole yhtä kannattavaa, kuin läntisillä erämaa-alueilla. Näitä alueita hyödyntämällä aurinkoenergian käyttö kasvaisi merkittävästi. (Jin jne. 2011: 521)



**Kuva 4.)** Aurinkoenergian resurssien jakautuminen maantieteellisesti Kiinassa. lähde Liu jne. 2011

Kiinassa on suurimmat aurinkoenergiamarkkinat Euroopan ulkopuolella. Eurooppaa on yleisesti pidetty aurinkoenergian johtavana alueena, erityisesti

Saksa johtotähtenä. Kiina on lähes kolminkertaistanut aurinkoenergiakapasiteettinsa vuosien 2011 ja 2013 välisenä aikana. Vuoteen 2020 mennessä Kiinalla on tavoitteena saavuttaa WEC:in (World Energy Councilin) mukaan noin 50 gigawatin aurinkovoimakapasiteetti. Vuonna 2013 aurinkoenergialla tuotettiin noin 8000 megawattia energiaa. Nopea kasvu on valtion hiilidioksidinvähennystoimien ansiota. Valtion on panostanut mm. merkittäviä summia aurinkoenergiaa tuottaviin yrityksiin.

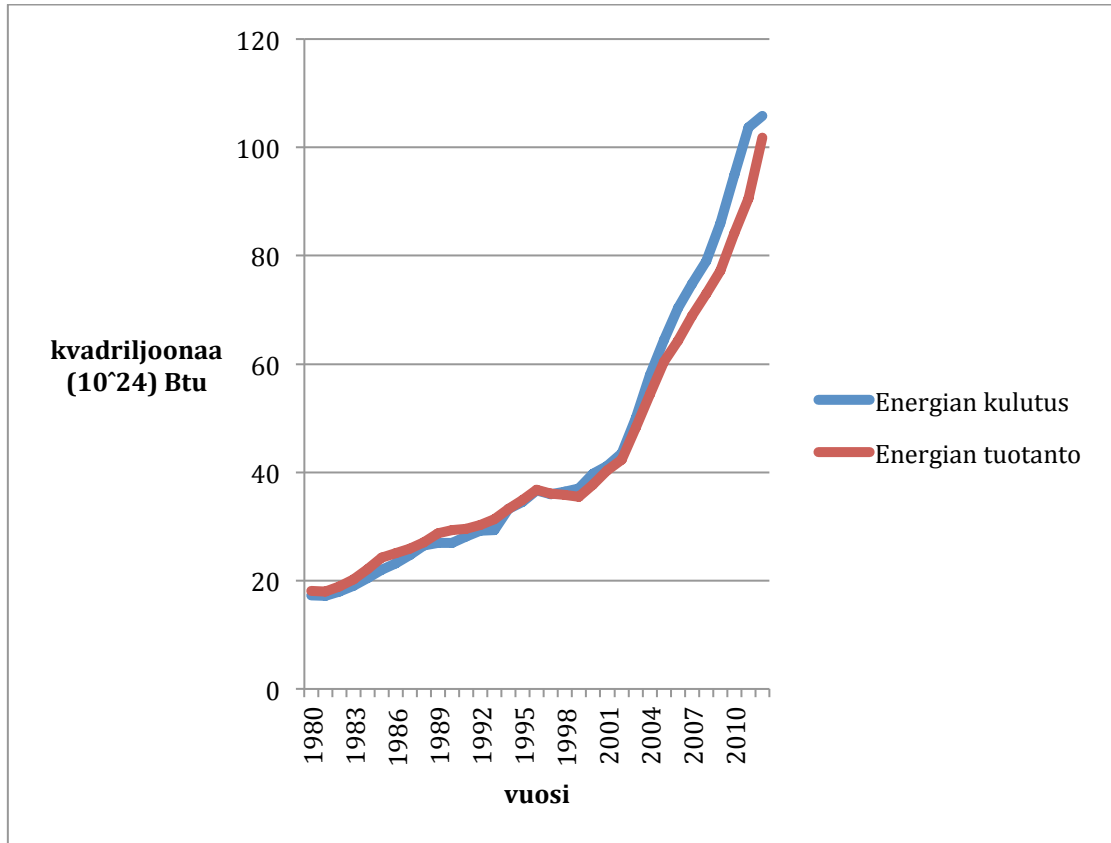
Kiinasta on kasvanut maailman suurin aurinkopaneelien tuottaja. Kiina tuottaa 95 prosenttia koko maailman aurinkopaneeleista. Jo vuonna 2010 Kiina tuotti 10 gigawatin edestä aurinkopaneeleita. (WEC) Kiina tuotti vuonna 2011 63 prosenttia koko maailman aurinkosähköenergiasta. Kiina tuottaa myös yli  $\frac{3}{4}$  koko maailman aurinkoenergialla toimivista vedenlämmittimistä. (Liu 2011)

#### 5.4 Energian tuonti Kiinaan

Kiinan väestömäärä on noin 20 prosenttia koko maailman populaatiosta, mutta maalla on hallussaan vain noin 1,2 prosenttia todistetuista öljyreserveistä, 1,3 prosenttia maakaasureserveistä ja 13,9 prosenttia hiilireserveistä. Kiinalla ei ole mitään mahdollisuuksia olla nykyisellä kulutuksellaan ja väestömäärällään omavarainen energiatalous. (Bahgat 2011: 60) Kiina ei voi ylläpitää talouskasvuun ilman tuontienergiaa. Kiina onkin ollut vuodesta 1993 alkaen energian nettotuojana. Kansainvälisellä energiapolitiikalla Kiina pyrkii takaamaan maalleen pitkän ajan luotettavan ja riittävän energiavirran ja tuotannon raaka-aineet. Kiina on erityisen riippuvainen öljyn ja kaasun tuonnista ja viime vuosina Kiinasta on tullut myös hiilen nettotuojana.

Kuten alla olevasta kuvasta viisi voidaan havaita, kasvoi energian kulutus ja tuotanto lähes käsi kädessä vielä maltillista vauhtia 1980 vuodesta vuosituhannen loppuun asti. Kiina oli jopa ajoittain energian nettotuottaja. Kahden vuosikymmenen aikana energian

kulutus ja tuotanto kaksinkertaistuivat 20 kvadriljoonasta btu:sta<sup>2</sup> noin 40 kvadriljoonaan btu:hun.



**Kuva 5.)** Energian kulutus ja tuotanto Kiinassa 1980-2012

(lähde: U.S. Energy Information Administration 2013)

2000-luvulla alkoi Kiinan räjähdysmäisen nopea kasvu, jolloin energian kulutus kiilasi tuotannon ohi ja Kiinasta tuli riippuvainen energian maahantuonnista. Energian tuotanto ja kulutus kasvoivat vain vuosikymmenen aikana yli 1,5-kertaisiksi vuosituhatteen vaihteeseen verrattuna. Tärkeäksi kysymykseksi onki noussut, miten ero energian kulutuksen ja tuotannon välillä katetaan.

Vuonna 2009 Kiinasta tuli ensimmäistä kertaa kahteen vuosikymmeneen hiilen nettotuoja. Kotimainen hiilen tuotanto ei pystynyt enää vastaamaan nopeasti

<sup>2</sup> Btu= British thermal unit. 1 btu = 1 055 06 kilojoulea.

kasvaneeseen kysyntään. Vuonna 2012 hiilen maahantuonti oli 323 shorttitonnia<sup>3</sup>, joka on noin 30 prosenttia enemmän kuin vuotta aiemmin vuonna 2011. Indonesia ja Australia ovat suurimpia hiilen viejiä Kiinaan noin 60 prosentin yhteenlasketulla osuudellaan. (EIA)

Hiilen tuonnin kasvun määrään on vaikuttanut myös hiilen korkeat kuljetuskustannukset. Kiinan rautatieverkostossa on pullonkauloja, jotka nostavat kuljetuskustannuksia tehden näin maahantuodun hiilen houkuttelevaksi vaihtoehdoksi erityisesti kaakkois- ja eteläosissa Kiinaa. Maan merkittävimmät hiililähteet sijaitsevat lännessä ja pohjoisessa siinä missä merkittävimmät kysyntäalueet ovat itärannikolla ja eteläisissä osissa Kiinaa. Myöskin kansainvälinen hiilen hinta on ollut hiukan Kiinan hintoja matalampi vuodesta 2011 alkaen. (EIA 2014)

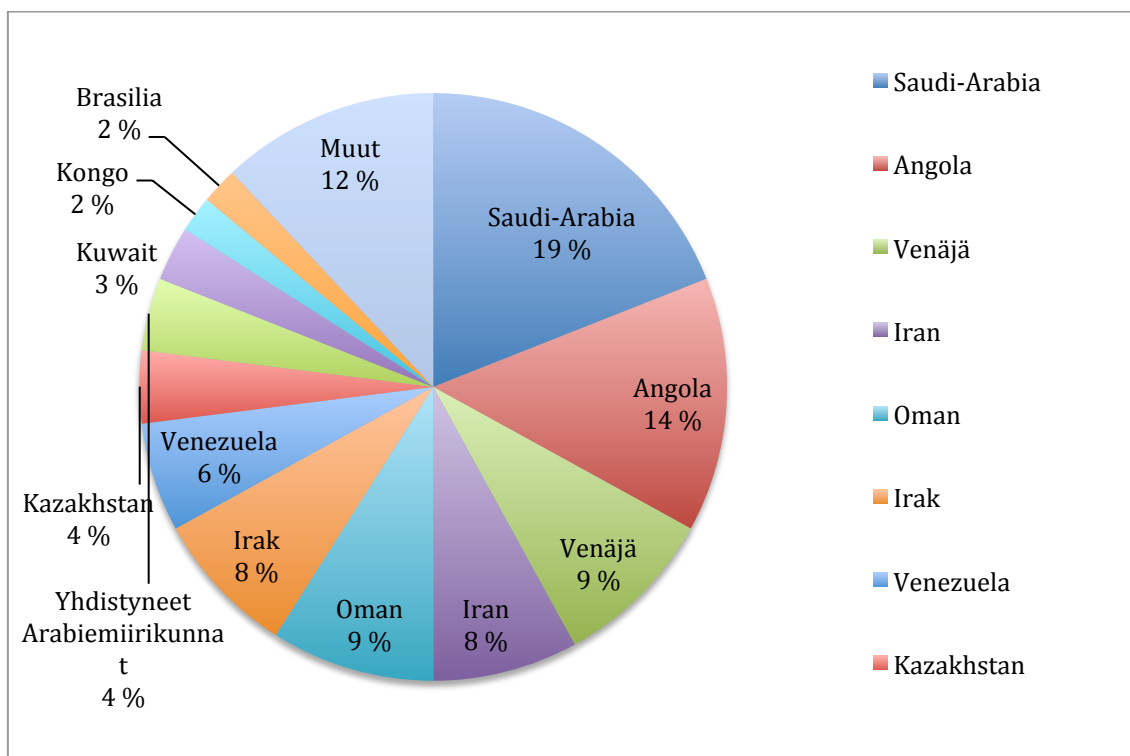
Kiinalaiset öljy-yritykset ovat kasvattaneet merkittävästi kansainvälisiä öljy- ja kaasuhankintojaan viime vuosien aikana. Yritykset ovat tehneet suoria pääomahankintoja sekä antaneet lainoja vaihtokauppana öljytoimituksista turvatakseen öljyn ja kaasun toimitukset. Tärkeimpiä syitä kansainvälisiin investointeihin ovat öljy- ja kaasureservien kasvattaminen, tuotannon laajentaminen ja energialähteiden monipuolistaminen. Myöskin Kiinan valtio on listannut tavoitteekseen energian saannin turvaamisen kansainvälisen yhteistyön avulla. Tämä on osa Kiinan ulkomaille suuntaavaa ("going abroad") politiikkaa. (Jiang & Sinton 2011: 12) Kiinalaisten tavoitteena on myös kehittää jalostustoimintaansa (upstream) öljykenttien etsinnän ja öljyn tuotannon (downstream) muuttuessa vähitellen kannattamattommaksi.

Kiinan on käyttänyt 2000-luvun lopulla vellonutta globaalin talouden alavireisyyttä hyväkseen hankkimalla kansainvälisiä energialähteitä ja osuuksia kansainvälisistä yrityksistä ja projekteista. Kiinalla on erittäin merkittävät vaihtoreservit, joiden avulla se on toiminut näillä markkinoilla. Vuoden 2015 alussa reservit olivat yli 3,8 biljoonaa US dollaria (Trading Economics 10.3.2015). Vuodesta 2008 eteenpäin Kiinan kansalliset energiayhtiöt ovat hankkineet sijoituksia Keski-Idästä, Pohjois-Amerikasta,

---

<sup>3</sup> 1 shorttitonni = 2000 paunaa eli 907,18474kg. 323 shorttitonnia on siis 293 020,67kg.

latinalaisesta Amerikasta, Afrikasta ja Aasiasta. Vuonna 2012 Kiina teki arviolta 34 miljardin dollarin investoinnit kansainvälisiin öljy- ja kaasutoimijoihin. (IEA 2014)



**Kuva 6.)** Raakaöljyn tuonti maittain Kiinaan vuonna 2013

Lähde: IEA 2014

Raakaöljyn tuonti jakautui Kiinassa vuonna 2014 kuvan kuusi kaltaisesti. Kiina on edelleen huomattavan riippuvainen Lähi-idän ja Afrikan tuotannosta. Lähi-idän maiden kauppasuhteita vahvistaa öljyn lisäksi erityisesti asekauppa. Kiinasta on tullut yksi aseiden pääviejistä Lähi-idän maille, kun joidenkin maiden asekauppasuhteissa Yhdysvaltojen ja Euroopan kanssa on rajoituksia. Molemminpuoleinen kauppa on vahvistanut myös öljyn tuotantoa. (Bahgat 2011: 63) Afrikassa Kiina on panostanut erityisesti öljyn osalta Angolaan, Kuwaitiin ja Kongoon. Yhteistyö Afrikan maiden kanssa sain Bahgatin mukaan (2011: 67) alkunsa 1970-luvulla ideologisista syistä: kehittyvät maat halusivat pitää yhtä, edistää kiinalaista yhteisöä korostavaa kommunismia ja ”taistella” lännen imperialismia vastaan. 1990-luvulta lähtien öljykaupan motiivit ovat kuitenkin olleet pääasiassa kaupallisia.

Kiina on kuitenkin pyrkinyt monipuolistamaan maita, joista se maahantuo öljyä. Tämä on huomattavissa investoinneissa esimerkiksi Länsi-Afrikkaan, entisen Neuvostoliiton alueille ja Etelä-Amerikkaan. Mitä monipuolisemmin tuonti jakautuu, sitä energiaturvallisempaa sitä voidaan pitää.

### 5.5 Kiinan energiareservit

Maat voivat turvata talouskasvuun ja tarjota puskurin energian hintojen ja tarjonnan vaihteluille strategisten energiareservien (Strategic Energy Reserves, SER's) avulla. Energiareservit ovat erityisen tärkeitä maille, joilla on itsellään vähäiset energiavarannot ja jotka ovat täten riippuvaisia tuontienergiasta. Nämä maat ovat erityisen haavoittuvaisia muutoksille kansainvälisillä energiamarkkinoilla. Energiareservien rakentaminen ja ylläpito on kallista ja joidenkin mielestä varastointi on turhaa, ellei shokki ratkea luonnollisesti lyhyen ajan sisällä (Trombetta jne. 2013: 117).

Myöskin Kiinan energiastrategiaan sisältyy energiaresejä. Energiastrategiat ovat tyypillisesti keskittyneet turvaamaan energiahyödykkeiden saannin ja estämään energialähteiden tuhoutumisen. Nykystrategiat keskittyvät turvaamaan ennen kaikkea energiapalveluiden tarjontaa eivätkä sinänsä itse energiahyödykkeitä. Nyt tähdätään erityisesti monipuolistamaan energiatarjontaa.

Strategisilla energiareseillä hillitään kotimaisten hintojen volatilitteettia eli heiluntaa. Heiluntaa aiheuttavat esimerkiksi energiamarkkinoille osuvat tarjontaan tai hintoihin kohdistuvat shokit. Myöskin yhtäaikaiset taloudelliset menetykset tuotannon pysähtymisen johdosta tai tarve tehdä lyhyen ajan energiahankintoja avistamarkkinoilta (eli käteismarkkinoilta) aiheuttavat heiluntaa. Energiareservit voidaan nähdä julkisena hyödykkeenä, koska ne turvaavat koko maan talouden energiaturvallisuutta ja talouden kestävyyttä.

Öljyn reserveistä on keskusteltu ympäri maailman jo yli 40 vuoden ajan. Viime vuosina keskusteluun on noussut myöskin muiden energiamuotojen reservien perustaminen.

Tällaisia ovat mm. hiili ja kaasu. Lähitulevaisuudessa ehkä kerätään myös reservejä esimerkiksi biomassasta. Keskustelu strategisten öljyreservien tarpeellisuudesta alkoi Kiinassa vuonna 1993, kun maasta tuli öljyn nettotuoja. Pitkällisten keskustelujen jälkeen vuonna 2001 alettiin kehittää strategisia öljyvarastoja käytännössä. Kiinan tavoitteena on ylläpitää reservejä, jotka kattaisivat 90 päivän tuonnin. Tämä on myöskin kansainvälisen energiajärjestö IEA:n pakollinen tavoite öljyreserveille. (Bahgat 2011:60-61) Kiina tosin ei ole virallinen IEA:n jäsen.

## 5.6 Ympäristönmuutos

Ympäristönmuutoksella on merkittävä vaikutus globaaleihin energioresursseihin, energian tarjontaan ja energian kulukseen. Erityisesti uusituvat energiamuodot, kuten vesivoima, tuuli- ja aurinkovoima ovat nousseet merkittävämpään asemaan viime vuosien ”vihreän heräämisen” aikana. Ympäristönmuutos luonnollisesti vaikuttaa myös poliittiseen päätöksentekoon. Kasvihuonekaasupäästöemissiot vaikuttavat valtioiden energiastrategioihin ja energiaturvallisuus vaikuttaa koko valtion turvallisuuteen. Energiaturvallisuus on läheisessä suhteessa taloudelliseen kehitykseen, teknologisiin innovaatioihin, yhteiskuntaan, kulttuuriin, luonnonsuojeluun ja kansainväliseen politiikkaan. (Chuang & Ma 2013: 10)

Maon aikana Kiinassa ei ollut juurikaan ympäristötietoisuutta. 1900-luvun puolivälissä Kiinan kansantasavallan merkittävimpana taloudellisena tavoitteena oli nopea teollistuminen. Suhdetta luontoon kuvaavat Maon kehotukset: ”Ihmisen tulee valloittaa luonto” ja ”Taistelu luontoa vastaan antaa loppumatonta iloa”. Ympäristötietouden voidaan katsoa saaneen todellisen alkusysäyksen Kiinassa vasta 1980-luvulla, kun ensimmäiset kansalliset ympäristövirastot luotiin ja ympäristöhallinto sai rakenteelliset puitteensa. National Environmental Policy Agency (NEPA) sai hallinnollisen itsenäisyyden vuonna 1988 ja vuonna 1998 virasto nimettiin koko valtion kattavaksi State Environmental Policy Agencyksi ja siitä tehtiin ministeriö. (Naughton 2007: 488).



Kiinassa on tällä hetkellä kaksi ympäristöongelmaa yli muiden. Toinen niistä on valtava ja jatkuvasti kasvava hiilen kysyntä energiantuotannossa, joka aiheuttaa vakavia CO<sub>2</sub> eli hiilidioksidipäästöjä. Toinen merkittävä ongelma on vesien saastuminen ja veden kestämaton, tuhlaileva käyttö. Vielä vuonna 2005 Kiinan päästöt olivat alemmat kuin sen aikaisen suurimman päästöjen tuottajan Yhdysvaltojen, mutta vuosien 2013 ja 2015 välillä päästöjen odotetaan olevan tuplasti Yhdysvaltojen suuruiset. Tämä herättää mietteitä, kuinka nopeasti Kiinan talous on kasvanut ja kuinka iso osa kasvusta on tapahtunut ympäristön kustannuksella.

Vaikka Kiina onkin kehittänyt merkittävästi tapojaan ja määriä, joilla valtio käyttää luonnonvaroja energiantuotannossaan, eivät nämä keinot ole olleet tarpeeksi tehokkaita nopeasti kasvaneen talouden rinnalla. Ympäristöhaasteisiin, kuten ympäristömuutokseen ja päästötavoitteisiin pääseminen, johtaa yleisesti ottaen korkeampiin kustannuksiin. Kiinassa onkin ollut ristiriita ympäristötavoitteiden ja matalien energiakustannusten välillä.

Yhdeksi kaupan liberalisaation haittapuoleksi on noussut huoli siitä, että johtaako raaka, vapaa kilpailu siihen, että kansainvälistä kilpailukykyä ruokitaan heikennettyjen ympäristölakien perusteella. Hiilen, biomassan ja polttoainetuotteiden tuotannot ovat edelleen vastuussa suurimmasta osasta ilmansaasteita. Kiina tuottaa enemmän ilmansaasteita, kuin yksikään muu valtio ja osallistuu näin hyvin merkittävilta osin kasvihuonekaasujen tuottamiseen ja maapallon ilmaston lämpenemisen edistämiseen.

Kiinan valtio julkaisee viisivuotissuunnitelmia, joissa linjataan valtion tulevien vuosien kehityssuunnat. Kiinan valtion ympäristönsuojelutoimisto (China's State Environmental Protection Agency, SEPA) linjasi edellisen viisivuotissuunnitelman aikaan vuonna 2006: "Eripura luonnon ja taloudellisen kehityksen välillä on tulossa entistä pysyvää. Suhteellisesta resurssien puutteesta, haavoittuvasta luonnosta ja riittämättömästä taloudellisesta kapasiteetista on tulossa Kiinan

kehitystä haittaavia ongelmia.” Nykyisessä suunnitelmassa ”kasvua hinnalla millä hyvänsä” -periaate on korvattu ”rakenteellisilla talouden uudistuksilla”.

Industrial Efficiency Policy Database kertoo Kiinan 12. viisivuotissuunnitelman (2011-2015) ottavan askeleita jälleen kohti matalampaa energiaintensiteettiä. 11. viisivuotissuunnitelman energiavoitteiden onnistuminen (-20%:a) kannusti entistä vaativimpiin tavoitteisiin 12. kaudelle. 12. viisivuotissuunnitelman mukaan energiaintensiteettiä tullaan laskemaan 16 prosentilla ja hiili-intensiteettiä (hiilipäästöjen suhde BKT:hen) 17 prosentilla verrattuna vuotta 2010 edeltäneisiin aikoihin. Tavoiteaikana on vuoden 2015 loppu. 16 prosentin energiaintensiteetin lasku tulee laskemaan Kiinan energiaintensiteetin alle vuoden 2005 tason.

Kiinan hallitus on julistanut tavoitteet saavuttaakseen työsuunnitelman, jonka avulla tähdätään energiatehokkuuden kasvattamiseen ja päästöjen vähentämiseen. Ohjelma sisältää mm. 50 erilaista energiaintensiteetin mittaria. Hiilitavoitteet Kiina aikoo saavuttaa kasvattamalla maakaasun, ydinvoiman ja uusiutuvien energiamuotojen osuutta kokonaisenergiatuotannosta. Vuoteen 2015 mennessä tavoitteena on, että ei-fossiilisten polttoaineisen osuus kokonaisenergiankulutuksesta olisi 11,4 prosenttia.

## 6. ENERGIATURVALLISUUDEN KEHITTYMINEN KIINASSA

Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia vuosikohtaisia muutoksia diversiteetti-indekseissä ja peilata näitä muutoksia energiaturvallisuuden kehitykseen. Tässä luvussa sovelletaan edellä esiteltyjä Shannon-Wiener – ja Hirschman-Herfindahl –indeksejä Kiinaan, Yhdysvaltoihin ja Euroopan unionin alueeseen. Jokaiselta alueelta lasketaan energiantuotannon diversiteetin kehittyminen sekä energian maahantuonnin diversiteetin kehittyminen. Shannon-Wiener –indeksi (SWI) ja Hirschman-Herfindahl –indeksi (HHI) poikkeavat jossain määrin toisistaan tulkintamuodoiltaan; SWI kuvaa järjestelmän monimuotoisuutta kun taas HHI kuvaa markkinoiden keskittymistä. Kahden hiukan erilaisen diversiteetti-indeksin avulla energiaturvallisuuden kehityksestä on mahdollista saada monipuolisempi ja syvällisempi ymmärrys. Ajanjaksona on vuosien 1990 ja 2012 välinen aika. Tuona aikana Kiina nousi kehittyvästä taloudesta ennätysmäisen nopeasti maailman suurimmaksi taloudeksi.

Indeksien käyttämä aineisto koostuu kymmenestä maailmassa eniten käytetyn energiamuodon alueellisista tuotanto- ja tuontimääristä. Nämä energiamuodot ovat hiili, raakaöljy, öljyjalosteet, maakaasu, ydinvoima, vesivoima, geoterminen energia, biopolttoaineet ja jäte-energia, sähkö ja lämpö. Energiamuodot on mitattu miljoonina tonneina öljyä vastaavana määränä eli ktoe:na.<sup>4</sup> Laskelmien data perustuu Kansainvälisen energiajärjestö IEA:n vuosittaisiin julkaisuihin maailman energiankäytöstä. IEA on OECD:n vuonna 1974 perustama tieteellinen asiantuntijajärjestö, jonka tehtävänä on edistää energiaturvallisuutta, energian saatavuutta sekä kestävä kehityksen mukaista taloudellista kasvua.

Shannon-Wiener –indeksi ratkaistaan laskemalla jokaiselle energiamuodolle prosentuaalinen määrä vuosittaisesta kokonaistuotannosta ja kertomalla tämä tulos logaritmoidulla prosenttimäärällä. Tulokset lasketaan jokaiselle

---

<sup>4</sup> ktoe = kilotonne of oil equivalent oil, miljoonia öljyä vastaavia tonneja, kerrotaan 10<sup>3</sup>

energiamuodolle, jotka yhteenlaskemalla saadaan vuosikohtaiset Shannon-Wiener -indeksit. Mitä korkeampi arvo on, sitä vähemmän

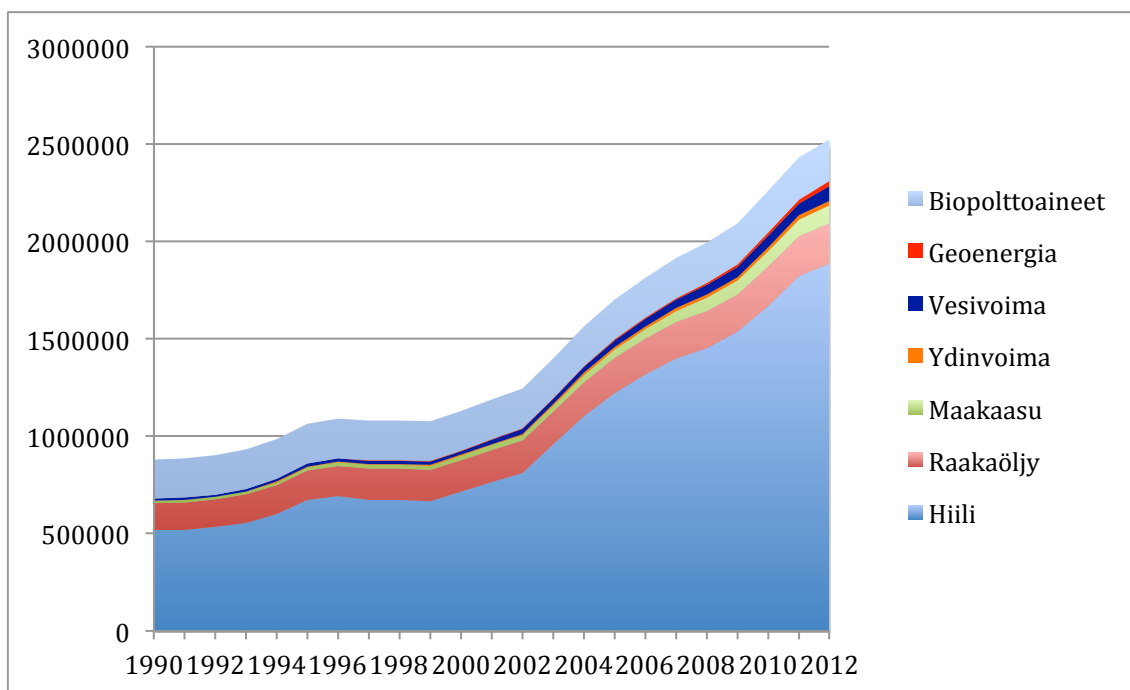
Hirschman-Herfindahl -indeksillä tutkitaan markkinoiden keskittymistä. Indeksillä lasketaan korottomalla jokaisen markkinoilla olevan energiamuodon prosentuaalinen tuotanto- tai tuontiosuus osuus toiseen potenssiin ja tämä jälkeen lasketaan näin saadut neliöt yhteen kutakin tarkasteluvuotta kohden. Indeksillä voidaan saada arvoja 0 ja 10 000 välillä. Indeksillä saa sitä suuremman arvon, mitä keskittyneemmät markkinat ovat kyseessä. Toisin sanoen, jos yhdellä tai harvoilla yrityksillä/energiamuodoilla on selkeästi muita suurempi markkinaosuus. Tyypillisesti markkinoita, joiden HHI on yli 1800 pidetään keskittyneinä. Indeksillä voidaan tarkastellaan nyt markkinoilla olevien energialähteiden kokoa suhteessa koko energiamarkkinoiden kokoon.

Aluekohtaisten katselmusten jälkeen luvussa tehdään vielä katsaus Kiinan energiaturvallisuuden tulevaisuuteen ja mahdollisiin tulevaisuuden energiamuotoihin.

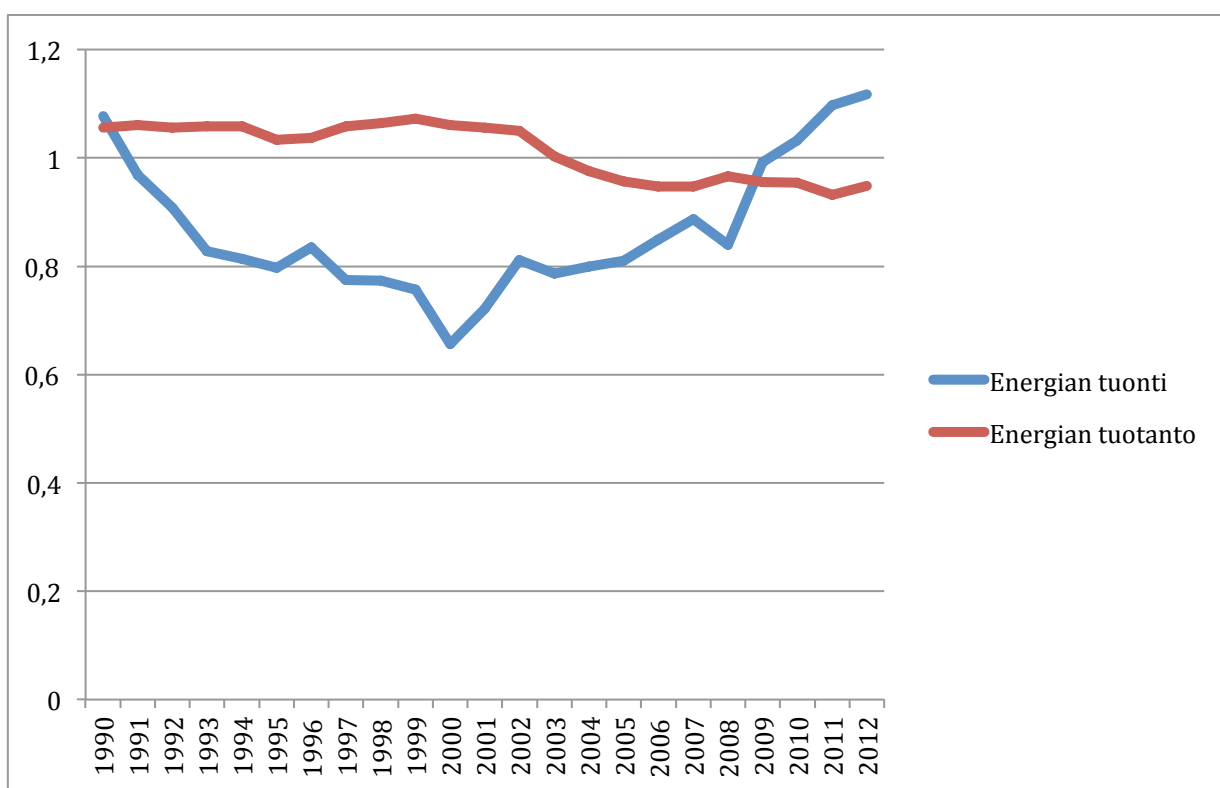
### 6.1 Energiadiversiteettien kehitys Kiinassa

Kiina on kehittyvä talous, joka on kohdannut ja tulee kohtaamaan lukuisia energiaturvallisuusongelmia. Shannon-Wiener - ja Hirschman-Herfindahl - indeksien avulla selvitämme, kuinka Kiinan energiaturvallisuus on kehittynyt vuosien 1990 ja 2012 välisenä aikana.

Kuvassa kuusi on esitetty Kiinan energiantuotannon jakautuminen energialajeittain vuodesta 1990 vuoteen 2012. Kuvasta nähdään, että hiilen osuus Kiinan energiantuotannosta on ollut koko tarkasteluperiodin ajan erittäin merkittävä. Muiden energiamuotojen yhteenlasketut osuudet ovat pysyneet melko tasaisen suuruisina. Hiilen tuotanto alkoi kasvaa vuosituhanteen vaihteessa kiihtyvällä tahdilla.



**Kuva 6.)** Energian tuotanto Kiinassa 1990-2012



**Kuva 7.)** Kiinan energiantuotannon ja energiantuonnin Shannon-Wiener -indeksit 1990-2012.

Yllä olevassa kuvassa seitsemän esitetään Kiinan energian tuotannon ja energian tuonnin diversiteettien kehittyminen Shannon-Wiener indeksin avulla vuosien 1990-2012 välisenä aikana. Mitä korkeampi SWI arvo on, sitä monimuotoisempi järjestelmä on kyseessä. Kuten kuvasta voidaan havaita, on tuotannon diversiteetti laskenut kahden vuosikymmen aikana noin 0,10 yksikköä. Energiadiversiteetti kehittyi alkuun tasaisesti 1990-luvun alkupuoliskolla. Tuolloin talouskasvu oli vasta lähdössä kiitoon ja energiankulutus oli vielä ennustettavaa. Vuosien 1994 ja 1995 aikana diversiteetissä tapahtui 0,03 yksikön tippuminen. Selityksenä tälle pienelle monimuotoisuuden heikentymiselle voidaan nähdä öljyn tuotannon lähes kolmen prosenttiyksikön väheneminen vuosien 1993 ja 1995 välillä. Raakaöljyn tuotanto tippui samalla aikavälillä reilusta 11 prosentista 6,5 prosenttiin. Hiilen tuotanto korvasi nämä laskut yksipuolistaen tuotantoa entisestään.

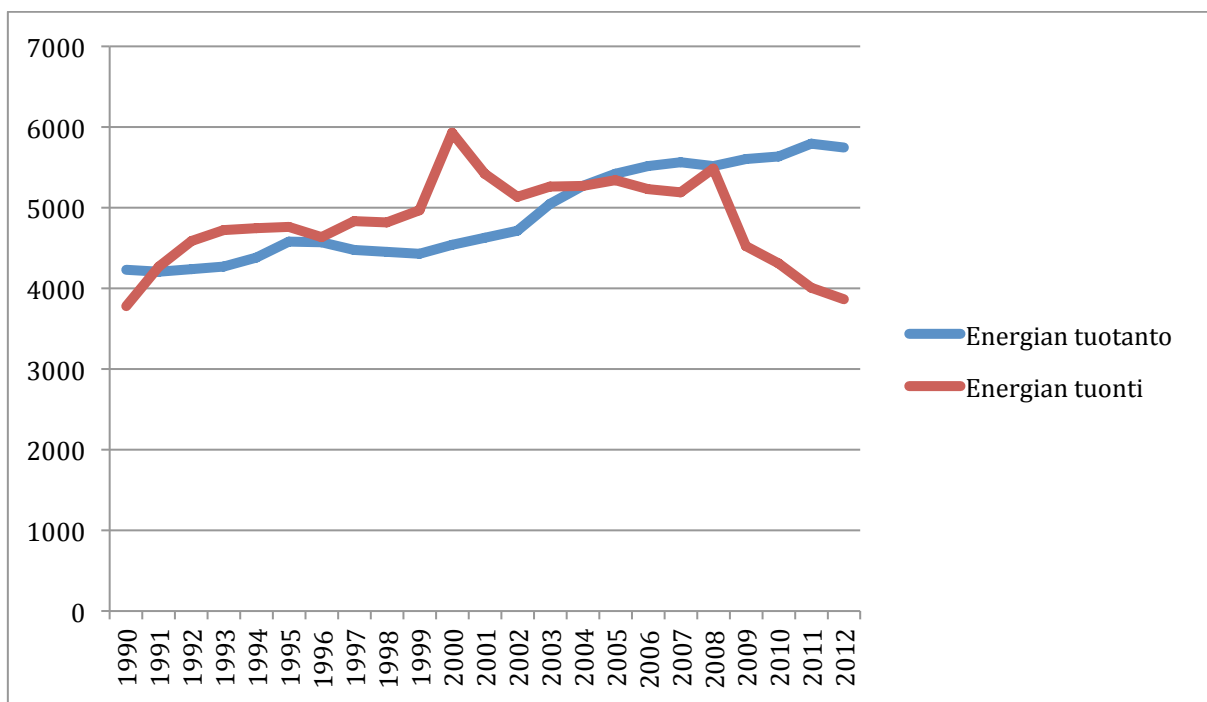
Vuodesta 1999 lähtien SWI oli laskusuhdanteessa vuoteen 2008 asti. Lasku selittyi energiamuotojen yksipuolistumisella. Erityisesti hiilen tuotanto on kasvanut koko laskenta-ajanjakson ajan. Vuosituhannen alkuun asti kasvu oli melko tasaista, mutta noin 2002 vuodesta lähtien hiilen tuotannon kasvu oli noin 100 000 ktoe:a vuosittain. Hiilen tuotannon osuus kokonaistuotantomäärästä kasvoi vuoden 1990 58,9 prosentista vuoteen 2012 tultaessa 74,7 prosenttiin.

Shannon-Wiener -indeksin lasku pysähtyi vuoden 2008 tienoilla. Tällöin hiilen ja öljyn tuotantojen osuuksien pitkään jatkunut kasvu kokonaisenergiatuotannosta hidastui ja uusiutuvien energiamuotojen esiinmarssi alkoi. Presidentti Hun hallitus keskittyi tuona aikana erityisesti luonnonsuojeluun ja vaihtoehtoisten energiamuotojen kehitykseen ja käyttöönottoon. Vuosille 2006-2010 osuivat Kiinan kiihkeimmät talouskasvun vuodet, jolloin energian kokonaiskulutuksen hillitseminen oli haastava, mutta tärkeä tehtävä. Kasvihuonekaasupäästöt olivat erityisen suuri huolenaihe Hun hallitukselle. Kiina oli jäänyt jälkeen vuosille 2001-2005 suunnatun viisivuotissuunnitelman päästötavoitteista. Kiina asettikin tavoitteekseen 11. viisivuotiskaudelle vuosille 2006-2010 vähentää maan

energiaintensiteettiä 20 prosentilla. Energiaintensiteetillä tarkoitetaan energian kokonaiskulutusta kansantalouden arvonlisäystä kohden. (katso tarkemmin 6.5)

Energian tuonnin osalta SWI kehitys oli vuosituhannen vaihteeseen asti laskusuhdanteinen. Energiantuonti keskittyi 1990-luvun alussa pitkälti hiilen (noin 13,5 %:a), raakaöljyn (noin 38,0 %:a) ja öljyjalosteiden (46,4 %:a) tuontiin. Diversiteetti alkoi laskea, kun hiilen tuontiosuus väheni ja raakaöljyn tuonti taas kasvoi merkittävästi. Vuonna 2000 öljyn osuus koko maahantuonnista oli 72,5 prosenttia.

Muutos monialaisempaan energiantuontiin tuli vuonna 2006, kun myös maakaasua alettiin tuoda maahan. Tuonnin SWI on ollut 2010-luvulla nousussa. Tähän on vaikuttanut esimerkiksi hiilen nettotuonnin kasvu. Hiiltä tuotiin Kiinaan vuonna 2012 30 prosenttia kokonaisenergiantuonnista. Kiinan energiantuonti nojaa kuitenkin edelleen pitkälti öljyn tuontiin. Öljyä tuotiin 53 prosenttia, öljyjalosteita 10,3 prosenttia, maakaasua 6,5 prosenttia ja sähköä 0,1 prosenttia.



**Kuva 8.)** Energian tuotannon ja tuonnin Hirschman-Herfindahl -indeksin kehitys Kiinassa 1990-2012.

Kuvassa 8 on kuvattu Hirschman-Herfindahl -indeksin (HHI) kehitys Kiinassa sekä energiantuotannon että -tuonnin osalta vuosien 1990-2012 välisenä aikana. Kuvasta näkee, että sekä energian tuotantoa että energian tuontia voidaan Hirschman-Herfindahl -indeksin mukaan pitää erittäin keskittyneinä (arvo yli 1800). Sekä tuonnin että tuotannon indeksin arvot olivat lähes koko tarkasteluajan yli 4000 pisteen. Energian tuotannon HHI on ollut kasvusuuntainen koko tarkasteluperiodin, kun taasen energian tuonnin osalta HHI on vaihdellut enemmän. 2000-luvun aikana HHI on kääntynyt energian tuonnin osalta laskuun, eli tuontien energiamuotojen keskittyminen on vähentynyt.

Energian tuotannon keskittyminen kasvoi melko tasaista tahtia koko 2000-luvun. Tähän syynä on hiilen tuotannon jatkuva kasvu. Energian tuonnin osalta HHI ei ole ollut yhtä vakaa. Energian tuonnin keskittyminen kasvoi vuosituhannen taitteeseen asti. Tämän jälkeen energian tuonti monipuolistui ja jakaantui tasaisemmin jonkin verran aiheuttaen HHI indeksin laskun. Erityisesti 2000-luvun puolivälissä alkanut maakaasun tuonnin kasvu on monipuolistanut Kiinan energiantuontia. Vuonna 2012 Kiinan energiantuonti jakaantui hiileen 30 %, raakaöljyyn 53 %, öljyjalosteisiin 10,3 % ja maakaasuun 6,5 %. Vuonna 2012 energian tuonnin HHI indeksi on lähes samalla tasolla, kuin vuonna 1990.

Ongelmana yksipuolisessa energiarakenteessa on sen alttius toimitushäiriöille. Riippuvuus yhdestä energiamuodosta altistaa koko talouden energiahäiriön vaikutuksille. Erityisesti Kiinan energiantuonnin merkittävä nojautuminen öljyyn on huolestuttavaa. Vuonna 2011 Kiina kulutti 18 prosenttia öljyä kokonaisenergiankulutuksestaan. Tästä öljymäärästä merkittävä osa oli maahantuotua. Jos Kiinan merkittävimmät öljytuonnit katkeaisivat yllättäen, olisi maa pulassa.

Yhteenvedona Shannon-Wiener -indeksistä ja Hirschman-Herfindahl -indeksin sovelluksista voidaan todeta, että energian tuotannon osalta Kiinan energiadiversiteetti on laskenut ja tuotanto keskittynyt yhä harvempiin



energiamuotoihin vuosien 1990-2012 välisenä aikana. Energian tuonti on kehittynyt tasaisempaan ja monipuolisempaan suuntaan tutkimusaikana. Muutokset ovat molemmissa indekseissä kohtalaisen pieniä, mutta niistä voidaan päätellä kuitenkin kehityssuuntia. Jotta Kiina voisi parantaa energiaturvallisuuttaan, tulisi sen tuottaa energiaa entistä monipuolisemmin keinoin ja pienentää hiilen merkittävää osuutta energiantuotannosta.

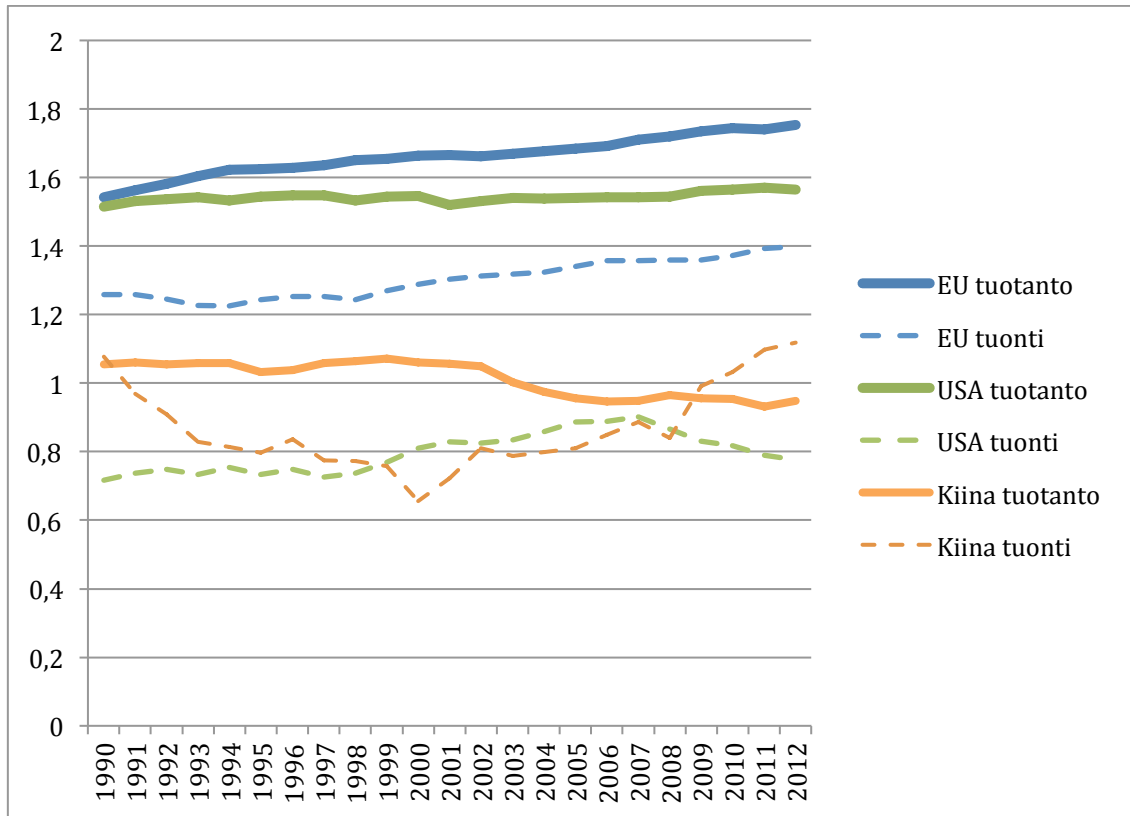
Myöskin energian tuonnin hajauttaminen on keino energiaturvallisuuden parantamiseksi. Kiinan energiantuonnista 53 prosenttia oli raakaöljyn tuotantoa. Koska öljyn osuus on näin merkittävä, tulee huomiota kiinnittää myös tuottajamaiden diversiteettiin. Tällä hetkellä lähes puolet Kiinan tuontiöljystä tuotetaan Lähi-idässä ja noin 20 prosenttia Afrikassa.

Aiheellinen jatkotutkimusaihe olisi perehtyä Kiinan tuottamien energiamuotojen maa- ja aluekohtaisiin diversiteetteihin. Tällöin saataisiin tarkempi kuva energiantuonnin riskeistä ja niiden alueellisista jakaumista. Tuontienergian diversiteetin laskenta antaa vain karkean kuvan siitä, kuinka monipuolisesti Kiina tuo erilaisia energiamuotoja maahan.

## 6.2 Energiadiversiteettien kehitys Yhdysvalloissa ja Euroopan unionissa

Yhdysvaltojen ja Euroopan unionin energiadiversiteettien kehitykselle laskettiin samoin menetelmin sekä Shannon-Wiener – että Hirschman-Herfindahl –indeksit kuin Kiinallekin.

Alla olevasta kuvassa yhdeksän kuvataan, kuinka Shannon-Wiener –indeksi on kehittynyt vuosien 1990-2012 välisenä aikana. Kaaviosta voidaan havaita, kuinka sekä energian tuotannon että tuonnin osalta Shannon-Wiener –indeksin kehitys on ollut pääasiassa positiivista sekä Yhdysvalloissa että Euroopan unionissa. Positiivisella kehityksellä tarkoitetaan, että energiamuodot ovat monipuolistuneet ja niiden hyödyntämistasapaino on jakaantunut tasaisemmin.



**Kuva 9.)** Yhdysvaltain ja Euroopan unionin energian tuotannon ja energian maahantuonnin Shannon-Wiener –indeksin kehitys vuosina 1990-2012.

Euroopan unionin alueella energiantuotannon SWI on ollut koko vertailuajanjakson ajan korkeammalla kuin Yhdysvalloissa ja Kiinassa. Energian tuotannon diversiteetti on kehittynyt 1,54 yksiköstä tasaisella tahdilla vuoden 2012 1,75 yksikköön. Vuonna 1990 EU ja Yhdysvallat olivat lähes samalla SWI-tasolla (EU 1,542 ja Yhdysvallat 1,515), mutta tämän jälkeen EU on monipuolistanut energiantuotantoaan, siinä missä Yhdysvalloissa tuotannon SWI on pysynyt vakaana 1,51 ja 1,57 yksikön välillä.

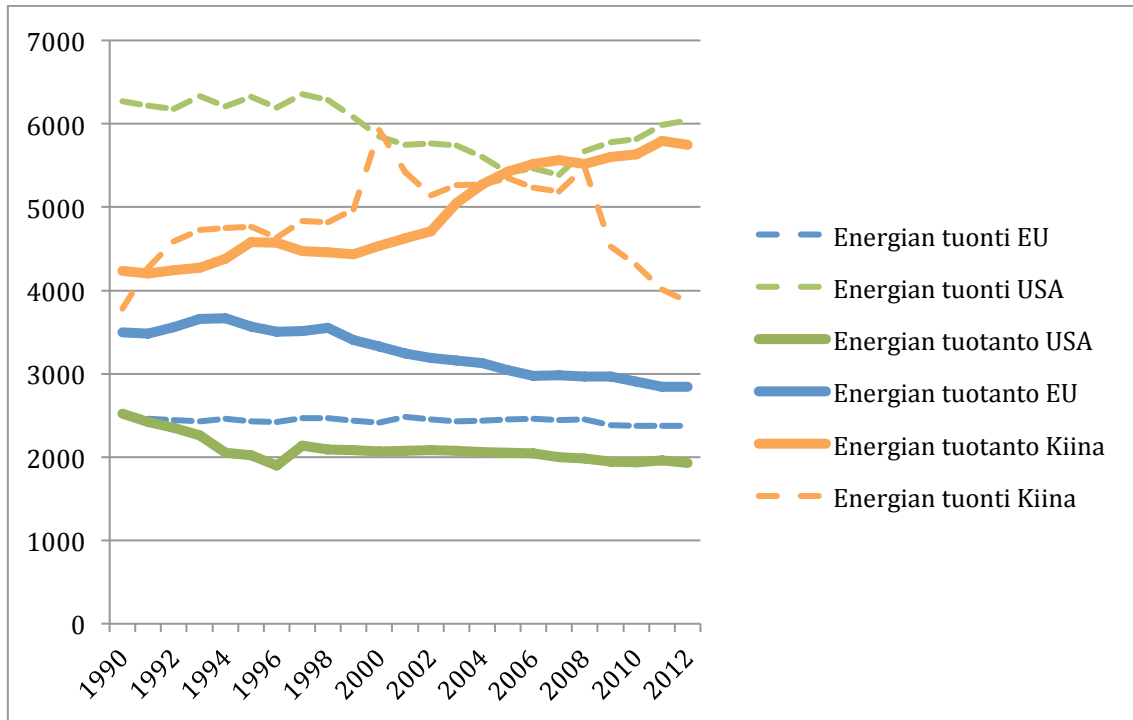
Euroopan unionissa energian tuotanto on keskittynyt merkittävimmiltä osin seitsemään eri energiamuotoon. Vuonna 2012 ydinvoima, hiili ja luonnonkaasu olivat merkittävimpiä energiantuotantomuotoja EU:n alueella. Myöskin raakaöljyä, vesi- ja geoenergiaa sekä biopolttoaineita tuotettiin merkittävät määrät. Myös

Yhdysvalloissa energiantuotanto oli vuonna 2012 monipuolista. Merkittävimpiä energiamuotoja olivat maakaasu, hiili, raakaöljy ja ydinvoima.

Energiaturvallisuuden kannalta Yhdysvaltain ja EU:n asema energian tuotannon osalta on turvatumpi, sillä alueiden energian tuotannon Shannon-Wiener –indeksi on siis ollut tarkasteluajanjaksolla merkittävästi korkeampi sekä vakaampi, kuin Kiinan SWI. Kiinan indeksissä näkyy talouskasvun aiheuttama nopean energiantarpeen kasvu sekä energiaturvallisuuden systemaattisen kehityksen aloittaminen 2000-luvulla.

Tuontienergian diversiteetti on pysynyt lähes vakaana koko ajanjakson ajan Euroopan unionin alueella kasvaen tasaisesti noin 1,2:sta 1,4:jään yksikköön. Energian tuonnin osalta Euroopan unionin SWI on vertailualueista myöskin korkein. Indeksillä on kehittynyt EU:ssa tasaista tahtia, mutta kuitenkin alempana, kuin tuotannon SWI. Tuonnin osalta Kiinan SWI on korkeampi kuin Yhdysvaltain, mutta Kiinan tuonnin indeksi on ollut 2000-luvun puolivälistä lähtien pienoisessa laskussa. Yhdysvaltain pientä tuonnin diversiteettiä selittää korkea energiaomavaraisuuden aste. Sekä Kiina että Yhdysvallat tuovat pääasiassa raakaöljyä. Kiinassa nykyisin myös hiilen tuonti on merkittävässä roolissa.

Hirschman-Herfindahl –indeksejä vertaillessa huomataan, että Kiinan energiantuotanto on merkittävästi keskittyneempää, kuin Euroopan unionin ja Yhdysvaltojen. Tämä on esitetty graafisesti kuvassa kymmenen. Huomionarvoista on kuitenkin se, että myöskin Euroopan unionin että Yhdysvaltain energiantuotantoa voidaan pitää keskittyneinä. Yhdysvaltain energiantuotanto on 2000-luvun ajan ollut noin 2000 HHI-pisteessä, aavistuksen jopa laskien. Tämä kertoo monipuolisesta energiamuotojen hyödyntämisestä. Euroopan unionin alueella HHI on myöskin ollut laskussa tämän vuosikymmenen ajan siinä missä Kiina energiantuonnit keskittyvät entisestään kasvavasti.



**Kuva 10.)** Yhdysvaltain ja Euroopan unionin energian tuotannon ja energian maahantuonnin Hirschman-Herfindahl –indeksin kehitys vuosina 1990-2012.

Energiantuonnin osalta Yhdysvallat on merkittävän keskittynyt siinä missä Euroopan unionin tuonnin diversiteetti on pysynyt vakaana koko tarkasteluperiodin. Kiina sijoittuu vaihtelevalla indeksi-arvolla Yhdysvaltojen ja Euroopan unionin välimaastoon. Huomattavaa on kuitenkin se, että Yhdysvalloissa energiantuonti on jatkanut keskittymistään 2010-luvulla siinä missä Kiina on monipuolistanut tuontiaan.

Kiinan merkittävimmillä kilpailijatalouksilla on huomattavasti monimuotoisempi energian tuotanto- ja erityisesti kulutus rakenne. Yhdysvallat kuluttaa noin neljänneksen koko maailman energiantuotannosta, mutta myös tuottaa merkittävän määrän energiaa kaikilla pääenergiamuodoilla. Maailma Kiinaa lukuun ottamatta käyttää hiiltä noin 21 prosenttia energiantuotannostaan. (Naughton 2007: 335) Kiinassa taasen energiankulutuksesta 75 prosenttia on lähtöisin hiilestä (EIA 2014). Kaikkein eniten suoraa ympäristövaikutuksia aiheuttavien öljyn ja hiilen yhteenlaskettu osuus Yhdysvaltojen energiankulutuksessa oli vuonna 2011 noin 56 prosenttia siinä missä

Kiinan samojen energialähteiden yhteenlaskettu määrä samana vuonna oli 88 prosenttia. (EIA: Annual Energy Review 2011)

Gawdat Bahgat vertaa maailman energiaturvallisuutta koskevassa teoksessaan (2001: 60) Kiinan, Yhdysvaltain ja Euroopan suhdetta. Kiinassa energiaturvallisuutta ajaa pääasiassa taloudelliset markkinatavoitteet, siinä missä Yhdysvaltoja ja Euroopan unionia energiapolitiikkaa ajaa geopolitiittinen päätöksenteko.

### 6.3 Energiaturvallisuuden tulevaisuus Kiinassa

Kiinan energiantarve on Kansainvälisen energiajärjestön mukaan kaksinkertaistunut kymmenessä vuodessa. Kysynnän odotetaan kasvavan voimakkaasti myös tulevaisuudessa. Kiina on samanaikaisesti maailman suurin hiilidioksidipäästöjen tuottaja. Energiaturvallisuuden tärkeimmät tehtävät tulevaisuudessa tulevatkin olemaan puhtaamman energian tuotanto sekä kasvavan kysynnän kattaminen ja hallinnassa pitäminen.

Kiinan valtio on merkittävimmissä roolissa energiaturvallisuuden kehityksessä. Valtion päätehtävät kehityksessä ovat energian kulutuksen vähentäminen ja energiatehokkuuden parantaminen. Tutkimus- ja kehityssektoreille tulee suunnata enemmän investointeja, jotta energiantuotantosektori saisi käyttöönsä uusia tehokkaampia teknologioita. Energiamuotojen hintojen turvaamiseksi Ren ja Sovacool painottavat markkinoiden likvidisyyden parantamista ja hintojen tasapainon ylläpitämistä. Jotta likvidisyys ja hintojen tasapaino kehittyisivät, tulisi vähentää Kiinan markkinoita edelleen hallitsevia valtion monopoleja sekä kannustaa energiahintauudistusta. Energiahintauudistuksella Kiina tähtää kilpailun kehittämiseen sekä öljyn ja kaasun tarjonnan parantamiseen. Yhtä aikaa pyritään vähentämään tehottomien polttoaineiden kulutusta.

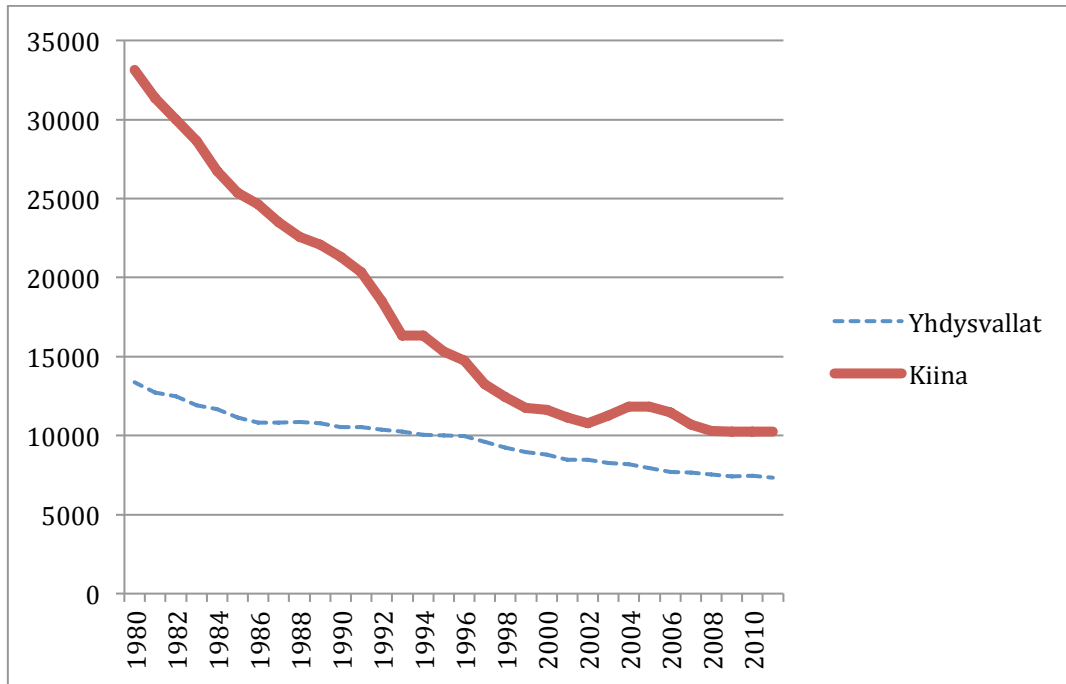
Vuonna 2013 Kiinan presidentiksi noussut Xu Jinpigin johtama hallitus otti tavoitteekseen kehittää maan taloutta entistä pitkäaikaisempaan ja kestävämpään

kasvuun ja kehitykseen. Marraskuun 2013 suuressa, joka viidennes vuosi pidettävässä, yleiskokouksessa Kiinan talousuudistukselle rakennettiin laajat periaatteet. Hallituksen tavoitteena on nyt entistä tasapainoisempi kasvu ja pyrkimys talousjohtoisista valtavista investoinneista ja vientituotteisiin panostamisesta kohti kotimaisten kulutuksen kasvattamista.

Energiasektorilla tämä tarkoittaa sitä, että valtio on vähitellen siirtymässä markkinavetoiseen hinnoitteluun, energiatehokkuusmittareihin ja kilpailuun energiantuottajien välillä täydellisestä valtion energiaviraston hallinnasta. Myöskin investoinnit hiilivetyyn ja uusiutuvan energian projekteihin ovat merkittävässä roolissa Kiinan kehittyvässä energiapolitiikassa. (IEA 2014) Kiinan valtion tavoitteena on myös houkuttaa lisää kansainvälisiä investoijia energiasektorilleen, erityisesti vientirakenteen kehittämiseksi. Tämän edistämiseksi yhtenä keinona ovat olleet hintajäykkyyksien purkaminen.

Kulutus olisi Kiinassa vielä nykyistäkin suurempaa, ellei hallitus olisi ryhtynyt toimiin energiaintensiteetin pienentämiseksi. Energiaintensiteetti on energiatehokkuuden mittari, joka kuvaa kuinka paljon energian kulutus ja talouden kasvu eroavat toisistaan. Indikaattori lasketaan suhteuttamalla kokonaisenergian kulutus bruttokansantuotteeseen kalenterivuoden ajalta. Kokonaisenergiakulutus lasketaan viiden energialähteen kulutuksen summana: nestemäisten polttoaineiden, kaasun, ydinvoiman ja uusiutuvien energialähteiden. Mitä korkeamman arvon energiaintensiteetti saa, sitä enemmän energiaa käytetään yhtä BKT:n yksikköä kohden. (European Environment Agency)

Kuvassa 11 on kuvattu energiaintensiteetin kehittyminen Kiinassa 1980-2011 vuosina. Vertailun vuoksi kuvaan on otettu myöskin Yhdysvaltojen energiaintensiteetin kehitys samalta ajanjaksolta. Intensiteetti on laskettu suhteuttamalla energiaan kuluttujen dollareiden määrä BKT:n ostovoimapariteettia hyväksi käyttäen. Kiina oli energiaintensiteetiltään vuonna 2011 maailmassa sijalla 35.



**Kuva 11.)** Kiinan ja Yhdysvaltain kokonaisenergiaintensiteetit vuosina 1980-2011.

Lähde: U.S. Energy Information Administration

Kiinan energiantensiteetti oli voimakkaassa laskussa vuodesta 1980 vuosituhanteen vaihteeseen asti. 2000-luvun ajan energiantensiteetti on pysynyt melko vakaana noin 10 000 kvadriljoonassa btu:ssa per päivä. Kiinan energiantensiteetti on tällä hetkellä jonkin verran suurempi, kuin koko maailman yleinen keskiarvo (IEA). Kiina otti tavoitteekseen 11. Viisivuotissuunnitelmassaan vuosille 2006-2010 laskea energiantensiteettiään 20 prosentilla tavoitteessa onnistuen. Tavoitteeseen pääsemiseksi Kiinan hallitus mm. muutti verotuspolitiikkaansa vähäpäästöisempiä energiantuotantomuotoja suosivaksi ja aloitti lukuisia uudistusprojekteja energiankäytön tehostamiseksi niin yksityisellä kuin julkisella sektorilla. ( , Levine, Price 2010)

Mittariston laskua selittää BKT:n nopea kasvu, mutta myös toimet energiankulutuksen vähentämiseksi. Kiina on ottanut tehokkaasti kiinni kilpailijaansa Yhdysvaltoja. Energiaintensiteetin trendi onkin 2000-luvun puolivälistä alkaen ollut maltillisen laskusuhdanteinen sekä Yhdysvalloissa, että Kiinassa. Voidaan ennustaa ja vähintäänkin toivoa, että trendi jatkuisi myös tulevaisuudessa.

Jingzheng Renin ja Benjamin K. Sovacoolin tutkimus (2014) linjaa merkittäviä energiaturvallisuutta parantavia tekoja. Energian saatavuutta parantaakseen Kiinan tulee kasvattaa uusiutuvien energiamuotojen määrää energiantarjonnassaan. Tällä hetkellä uusitutuvien energiamuotojen määrä on alle 10 prosenttia kokonaistuotannosta. Toisekseen Kiinan tulee monipuolistaa energialähteitään. Kiinan energiarakenne nojautuu tällä hetkellä yli 70 prosenttisesti hiileen. Sovacool ja Ren esittävät arvion, että Kiinan hyödynnettävät hiilivarannot tulevat riittämään enää 45 vuodeksi nykyisellä käytöllä.

Nämä ohjeet ovat suoraan hyödynnettävissä Kiinan energiaturvallisuuspolitiikassa. Kiina on alkanut jo panostaa uusiutuviin energiamuotoihin ja energialähteiden monipuolistamiseen. Maa pyrkii vähentämään hiilen tuotantoa ja korvaamaan sen uusiutuvilla energiamuodoilla. Myöskin energiantuonnin ja erityisesti tuontiöljyn diversiteettiä on pyritty parantamaan tekemällä investointeja mm. Etelä-Amerikan ja Kanadan öljykentille Lähi-idän ja Afrikan valtioiden lisäksi.

Paljon on kuitenkin vielä tehtävää energiamuotojen monipuolistamiseksi. Hiilen tuotantoa pyritään vähentämään, mutta sen tuotanto tulee vähennyksistä huolimatta olemaan edelleen erittäin merkittävässä osassa Kiinan ja koko maailman energiantuotantoa vielä vuosikymmenten ajan. Kiina tuotti vuonna 2012 hiiltä lähes neljä kertaa niin paljon kuin maailman toiseksi suurin hiilen tuottaja Yhdysvallat, 3561 megatonnia (Maailman hiilijärjestö). IEA:n mukaan maailmassa on noin 2300 hiilikäyttöistä energiantuotantolaitosta, joista 620 on Kiinassa. Kiinan on tulella kehittää nykyisiä tuotantolaitoksiaan matalapäästöisemmiksi sekä energiatehokkaimmiksi ja uusia laitoksia mahdollisimman ympäristöystävällisiksi.

Pekingin kaupunki on päättänyt sulkea viimeisenkin neljästä suurimmasta hiilivoimaisesti energiantuotantolaitoksestaan vuonna 2016. (Bloomberg 24.3.2015) Hiilivoimalat tullaan korvaamaan kaasupolttoisilla, joiden energiantuotokapasiteetti on yli 2,6-kertainen hiileen verrattuna. Pääkaupunki Peking näyttää tällä teollaan esimerkkiä koko maan toiminnalle. Kiinan



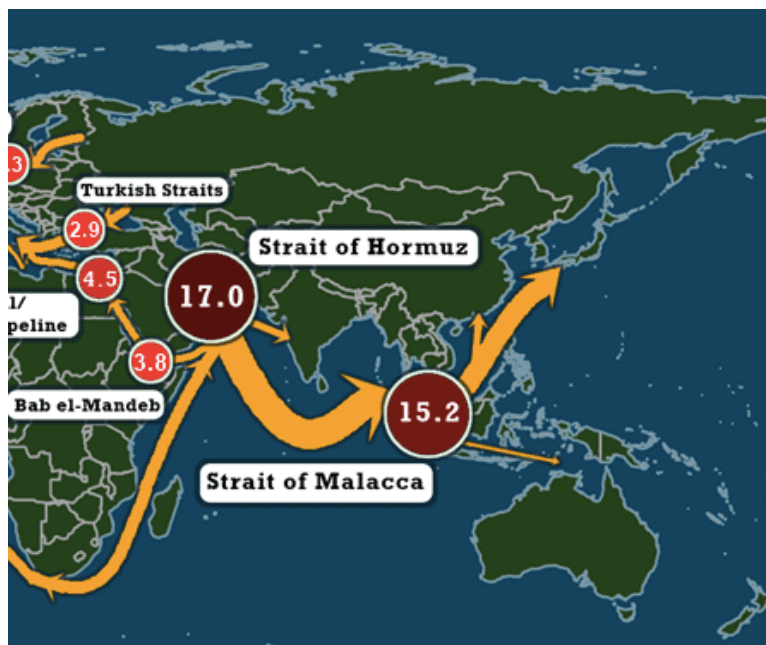
suunnitelmissa on sulkea yli 2000 pienempää hiilikaivosta vuoden 2015 loppuun mennessä. Vuonna 2014 Kiinan hiilidioksidipäästöt vähenivät ensimmäisen kerran edelliseen vuoteen verrattuna sitten vuoden 2001, joka on selkeä merkki toimien tehokkuudesta.

Geopoliittiset tekijät vaikuttavat eniten energian saatavuuteen. Öljy on Kiinan toiseksi merkittävin energialähde ja merkittävästi koko maailman energiaturvallisuuteen vaikuttava tekijä. Energiaturvallisuuden kannalta huomionarvoista on se, että Kiina on pitkälti riippuvainen tuontiöljystä. Yksi energiaturvallisuuden parantamisen muoto olisi monipuolistaa maita, joista öljyä tuodaan.

Kansainväliset energiemarkkinat ovat riippuvaisia luotettavista kuljetusreiteistä, joten myös erilaisten kuljetusmuotojen monipuolistaminen edistäisi energiaturvallisuutta. Otetaan esimerkiksi öljyn tuonti, jolla on merkittävin osuus Kiinan energian tuonnista. Noin 63 prosenttia maailman öljyn tuotannosta kulkee merireittejä pitkin. Hormuzin ja Malaccan salmet ovat maailman tärkeimpiä strategisia öljyn kuljetuksen pullonkauloja. Näiden salmien läpi kuljetettiin vuonna 2013 lähes 60 prosenttia koko maailman meriteitse kulkevasta öljystä ja 36 prosenttia koko maailman öljyn tarjonnasta. Hormuzin salmi johtaa Persianmerelle ja sijaitsee Omanin ja Iranin välissä. Hormuzin salmen kautta kulkevasta raakaöljystä kuljetetaan EIA:n arvion mukaan yli 85 prosenttia Aasian markkinoille, erityisesti Japaniin, Intiaan, Etelä-Koreaan ja Kiinaan. Myöskin nestemäistä kaasua kuljetetaan merkittävässä määrin Hormuzin salmen läpi.

Malaccan salmi yhdistää Intianmeren ja Tyynen valtameren ja kulkee Indonesian, Malesian ja Singaporen välillä. Salmi on lyhin reitti Lähi-Idän ja kasvavien Aasian markkinoiden välillä. Malaccan salmi on kapeimmalta kohtaansa vain 2,8km leveä, joka tekee siitä helposti suljettavan. Kapeat ja vilkkaasti liikennöidyt väylät tekevät tankkereista haavoittuvaisia merirosvojen hyökkäyksille, terrori-iskuille ja lastausonnettomuuksille, jotka voivat johtaa esimerkiksi tuhoisiin ylivuotoihin. Jos Malaccan salmi suljettaisiin, lähes puolet maailman laivastoista joutuisi etsimään

uuden reitin Indonesian saariston lävitse. Uudet reitit lisäisivät merkittävästi kuljetuskuluja ja näin vaikuttaen merkittävästi myös energian hintoihin.



**Kuva 11.)** Hormuzin salmen ja Malaccan salmen läpi kulkevat raakaöljy- ja polttoainemäärät (miljoonaa barrelia päivässä) vuonna 2013. Lähde IEA.

Kiina on pyrkinyt vähentämään riippuvuuttaan Malaccan salmesta. Kiina ja Myanmar rakensivat Myanmarin läpi Kiinaan kulkevan nestemäisen kaasun kuljetukseen tarkoitetun putkiston, jonka avulla pystytään ohittamaan riskialtis Malaccan salmi. Reitti kulkee Bengalinlahdelta Kiinan Yunnanin provinssiin. Ren ja Sovacool (2014) ehdottavatkin, että kokonaisuudessaan Kiinan tulisi pyrkiä vähentämään riippuvuuttaan öljyn tuonnista epävakailta alueilta, kuten Lähi-Idästä ja Afrikasta. Niiden sijaan öljyn tuonti voitaisiin suunnata rauhallisemmille alueille kuten Kanadaan ja Etelä-Amerikkaan.

Kokonaisuudessaan Kiinan energiaturvallisuuden tulevaisuudessa näkyy savusumun keskellä pieniä auringonpilkahduksia. Kiina on saavuttanut elintason, joka mahdollistaa myös ympäristönsuojeluun panostamisen talouskasvun ohella. Maalla on varaa tuottaa ja kuluttaa muitakin, kuin kaikista edullisimpia energiamuotoja. Kiina on aloittanut toimet hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi

ja kirjannut julkiset tavoitteet. Maa korvaa hiilen tuotantoa ja kulutusta vuosi vuodelta enemmän uusiutuvilla luonnonvaroilla tuotetuilla energiamuodoilla. Maantieteellisesti tuonnin osalta Kiina tarkkailee jatkuvasti uusia mahdollisuuksia ja investoi ympäri maailman. Kiinan kokoisessa maassa liikkeet eivät kuitenkaan voi olla nopeita ja vaikutukset näkyvät kunnianhimoisista tavoitteista huolimatta (tai niiden ansiosta) useimmiten kymmenien vuosien kuluttua.

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Maailman energiamarkkinat ovat joutuneet kehittymään nopeasti viimeisten vuosikymmenten aikana, jotta kasvavat ja muuttuvat energiantarpeet on kyetty tyydyttämään. Jatkuva energiansaanti on nykypäivän maailman liikkeessä pitävä voima ja välttämättömyys elämälle siinä missä ilma ja vesi. Energian tarjonnan turvaamisesta, energiaturvallisuudesta, on tullut yksi maailman tulevaisuuteen merkittävimmin vaikuttavista tekijöistä.

Kiina on kokonsa, väestömääränsä, taloutensa ja kansainvälisen asemansa takia erittäin merkittävässä roolissa nykyisessä ja tulevaisuuden energiapolitiikassa. Maan johdolla on suuri taloudellinen, geopoliittinen ja ympäristöä koskeva valta käsissään niin Kiinassa, kuin Kiinan ulkopuolellakin. Kiina on kohonnut asemaansa räjähdysmäisen nopeasti, vain kahdessa vuosikymmenessä.

Tämän tutkielman tavoitteena oli selvittää, kuinka Kiinan energiaturvallisuus on kehittynyt energiadiversiteetti-indekseillä mitattuna 1990-2012 välisenä aikana. Tutkielmassa perehdyttiin aluksi energiaturvallisuuden monimuotoiseen käsitteeseen ja esiteltiin erilaisia tapoja mitata energiaturvallisuutta. Työssä päädyttiin mittaamaan energiaturvallisuutta energian tarjonnan näkökulmasta. Energian tarjontaa voidaan mitata erilaisin diversiteetein, joita työssä esiteltiin luvussa kolme.

Työssä laskettiin energiadiversiteetti kahden eri indeksin avulla; Shannon-Wiener -indeksillä ja Hirschman-Herfindahl -indeksillä. Työssä laskettiin indeksien arvot vertailutarkoituksessa myös Yhdysvalloille ja Euroopan unionin alueelle. Näin indeksien kehitykselle saatiin vertailupintaa. Luvussa kolme perehdyttiin näihin kahteen vertailualueeseen yksityiskohtaisemmin.

Diversiteetit laskettua ilmeni, että Kiinan energiaturvallisuus ei ole kehittynyt energiadiversiteeteillä mitattuna sitten vuoden 1990. Shannon-Wiener -indeksi on itse asiassa laskenut vuosien 1990-2012 välillä 0,10 yksikköä. Energian tuotanto

on siis erittäin yksipuolisesti keskittynyt hiilen tuotantoon, vuonna 2012 75 prosentin osuudella. Uusiutuvien energiamuotojen lisääntynyt tuotanto ei näy vielä indekseissä, koska niiden osuus on sen verran pieni verrattuna edelleen pääosan tuotannosta haukkaavaan hiileen. Kiina energiantuotannon SWI on yli 0,2 yksikköä matalampi, kuin Yhdysvaltain tuotannon SWI ja yli 0,3 yksikkö matalampi kuin Euroopan unionin SWI. Energian tuonnin osalta Kiinan SWI sijoittuu Yhdysvaltain ja Euroopan välimaastoon.

Hirschman-Herfindahl -indeksin laskeminen paljasti, että Kiinan energian tuotanto että maahantuonnit ovat erittäin keskittyneitä. Kehityksen suunta on ollut koko periodin ajan nousujohteinen, eli enemmän keskittyvä. Energian tuonnin osalta HHI on Kiinassa vaihdellut enemmän 1990-2012 vuosien aikana ollen 2008 vuodesta lähtien merkittävässä laskussa tarkoittaen energiatuontimuotojen monipuolistumista. Yhdysvaltoihin ja Euroopan unioniin verrattuna Kiinan energiantuotanto on erittäin keskittyntä.

Tulokset alleviivaavat huolta Kiinan energiasektorin kestävydestä ja energiantarjonnan turvaamisesta. Maan energian tuotantosektori nojaa liian yksipuolisesti hiilen tuotantoon ja tuontisektori öljyn tuontiin. Jotta Kiina voisi parantaa energiadiversiteettiään, tulee maan monipuolistaa energiantuotantoaan sekä -tuontiaan. Tuotannon osalta monipuolistaminen tarkoittaa väistämättä hiilen tuotannon korvaamista uudistuvilla energiamuodoilla. Tuonnin osalta Kiinan tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota öljyn tuonnin diversiteettiin. Kiina on erittäin riippuvainen öljyn maahantuonnista, jolloin öljyntuojamaiden ja -alueiden monipuolistaminen parantaisi koko tuonnin energiaturvallisuutta.

Kiina on jo käynyt toimeen energiaturvallisuuden parantamiseksi. Hiilivoimaloita suljetaan ja niitä korvataan kaasuvoimalla. Maa pyrkii parantamaan energiankuljetuksensa turvallisuutta niin maalla kuin merelläkin. Kiina tulee tulevaisuudessa olemaan entistä riippuvaisempi energiantuonnista. Erityisesti öljyn ja maakaasun tuonti on elintärkeää Kiinalle, jotta korkeaa talouskasvua

voidaan ylläpitää. Kiina tekee jatkuvasti uusia investointeja öljyalalle ympäri maailman, myös Lähi-idän ulkopuolelle.

Kiina on myös asettanut vihdoin virallisia, julkisia päästötavoitteita. Kiina ei ole Kioton sopimuksen mukaan velvollinen vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään. Kuitenkin jotta kaikki tulevaisuuden päästösopimukset tulevat olemaan tehottomia, ellei Kiina lähde mukaan merkittäviin päästöjen leikkauksiin. Kiina ja Yhdysvallat julistivatkin vuoden 2014 lopulla yhteisiä päästötavoitteita.

Tulevaisuudessa olisi mielenkiintoista tutkia lisää viisivuotissuunnitelmien tavoitteiden toteutuksen vaikutuksia ja niiden seurauksia energiaturvallisuudelle. Missä aikataulussa Kiina onnistuu hiilenvähennystavoitteissaan? Entäpä uusiutuvien energiamuotojen lisäystavoitteissaan? Olisi myös mielenkiintoista tehdä ennuste Kiinan energiadiversiteetin kehityksestä seuraavien vuosikymmenten ajalle. Tässä tutkielmassa energiaturvallisuuden mittariksi valittiin energiadiversiteetti. Jatkotutkimuksissa energiaturvallisuuden mittaristoja voisi edelleen kehittää entistä luotattavimmiksi, kattavimmiksi ja monipuolisimmaksi.

## LÄHTEET

Bahgat, Gawdat (2011). *Energy Security: An Interdisciplinary Approach*. John Wiley & Sons. 256 s. ISBN: 9780470689042

Bloomberg Business. *Beijing to Shut All Major Coal Power Plants to Cut Pollution*. 24.3.2015. Siteerattu 24.3.2015. Saatavilla World Wide Webistä: <  
<http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-03-24/beijing-to-close-all-major-coal-power-plants-to-curb-pollution>>

British Petroleum. Kotisivut. Siteerattu 5.5.2015. Saatavilla World Wide Webistä:<  
<http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/review-by-energy-type/oil/oil-reserves.html>>

Chuang, Ming Chih & Ma, Hwong Wen (2013). *Energy Security and Improvements in the Function of Diversity Indices – Taiwan Energy Supply Structure Case Study*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 24. 9-20 s. Saatavilla myös World Wide Webistä:  
 <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113001809>>

Copeland, Brian R. & Taylor, Scott M. (2003) *Trade Growth and the Environment*. Working Paper 9823. National Bureau of Economic Research, Cambridge. 116 s. Saatavilla World Wide Webistä: <URL:  
<http://works.bepress.com/cgi/viewcontent.cgi?article=1012&context=taylor>>

Dryer, Hugh & Trombetta, Maria Julia (2013). *International Handbook of Energy Supply*. Edward Elgar Publishing. 560 s. ISBN: 978-1-78100-789-1

Hippel, David von; Suzuki, Tatsujiro; Williams, James H.; Savage, Timothy; Hayes, Peter (2011). *Energy security and sustainability in Northeast Asia*. Energy Policy 39. 6719-6730 s. Saatavilla myös World Wide Webistä: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509005138>>

International Hydropower Associate. Siteerattu 4.5.2015. Saatavilla World Wide Webistä: <<http://www.hydropower.org/country-profiles/china>>

Jiang, Julie & Sinton, Jonathan (2011). *Overseas investments by Chinese national oil companies. Assessing the drivers and impacts*. Information Paper. International Energy Agency. 47 s. Saatavilla myös World Wide Webistä: <[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/overseas\\_china.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/overseas_china.pdf)>

Björroth, Tom; Frosterus, Heli; Kajova, Milla ja Palo, Eija (2012). *Kilpailuviraston päivittäistavarakauppaan koskeva selvitys. Kuinka kaupan ostajavoima vaikuttaa kaupan ja teollisuuden välisiin suhteisiin?* Kilpailuvirasto. 136 s. ISSN 978-952-5289-12-1. Saatavilla myös World Wide Webistä: <<http://www.kilpailuvirasto.fi/tiedostot/Kilpailuviraston-Selvityksia-1-2012-PT-kauppa.pdf>>

Enerdata. Global Energy Statistical Yearbook 2014. Siteerattu 1.5.2015. Saatavilla World Wide Webistä: <<https://yearbook.enerdata.net>>

Euroopan komission kotisivut. Siteerattu 3.3.2015. Saatavilla World Wide Webistä: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/energy-security-strategy>

Europen Environment Agency. Energy intensity. Siteerattu 16.3.2015. Saatavilla World Wide Webistä: <<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/total-primary-energy-intensity-1>>

Energiateollisuus kotisivut. Siteerattu 2.5.2015. Saatavilla World Wide Websit: <<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/energialahteet/geoterminen-energia>>

IEA (2014). *Energy Policies of IEA Countries. The United States 2014 Review. Executive Summary*. Saatavilla World Wide Webistä: <<http://www.iea.org/Textbase/npsum/US2014sum.pdf>>



Industrial Efficiency Policy Database. China: CN-2: Energy and Carbon Intensity Targets of the 12th Five Year Plan. Siteerattu 16.3.2015. Saatavilla World Wide Webistä: <<http://iepd.iipnetwork.org/policy/energy-and-carbon-intensity-targets-12th-five-year-plan>>

Jun, Eunju, Kim, Wonjoo, Chang, Soon Heung (2009). *The Analysis of Security Cost for Different Energy Sources*. Applied Energy 86. 1894-1901. Saatavilla World Wide Webistä: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261908003097>>

Kruyt, Bert,; van Vuuren, D.P; de Vries, H.J.M. & H. Groenenberg (2009). *Indicators for energy security*. Energy Policy 37. 2166-2181 s. Saatavilla myös World Wide Webistä: <URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509002262>>

Lang, Larry H.P. & Stulz, René M. (1993). *Tobin's q, corporate diversification and firm performance*. Working Paper No. 4376. National bureau of economic research. 41 s. Saatavilla myös World Wide Webistä: <<http://www.nber.org/papers/w4376.pdf>>

Liu, Wen; Lund, Henrik; Vad Mathiesen, Brian & Zhang, Xiliang (2011). *Potential of renewable energy systems in China*. Applied Energy 88. 518-525 s. Saatavilla World Wide Webistä: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261910002837>>

Löschel, Andreas; Moslener, Ulf; Rübberke, Dirk T.G. (2010). *Indicators of energy security in industrialised countries*. Energy Policy 38. 1665-1671 s. Saatavilla myös World Wide Webistä: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509002262>>

Maailman hiilijärjestö. World Coal Association. Kotisivut. Siteerattu 7.5.2015. Saatavilla World Wide Webistä: <<http://www.worldcoal.org/resources/coal-statistics/>>

Naughton, Barry (2006). *The Chinese Economy – Transitions and Growth*. 1. painos. Cambridge: The MIT Press. 528s. ISBN 0-026.14095-0.

OECD ja International Energy Agency (2011). *Technology Roadmap. China Wind Energy Development Roadmap 2050*. 51 s. Saatavilla World Wide Webistä: <[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/china\\_wind.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/china_wind.pdf)>

Ranjan, Ashish & Hughes, Larry (2014). Energy Security and the Diversity of Energy Flows in an Energy System. *Energy* 73. 137-144 s. Saatavilla World Wide Webistä:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214006896>>

Ren, Jingzhen & Sovacool K. Benjamin (2014). *Quantifying, measuring, and strategizing energy security: Determining the most meaningful dimensions and metrics*. *Energy* 71. S. 838-849. Saatavilla myös World Wide Web: <URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214010482>>

Sovacool, K. Benjamin & Mukherjee, Ishani (2011). *Conceptualizing and measuring energy security: A synthesized approach*. *Energy* 26. 5343-5355 s. Saatavilla myös World Wide Webistä: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544211004294>>

Stirling, Andrew (1998). *On the Economics and Measurement of Diversity*. SPRU Electronic Working Papers Series. Paper No. 28. 134s. Saatavilla myös World Wide Webistä: <<http://www.sussex.ac.uk/Units/spru/publications/imprint/sewps/sewp28/sewp28.pdf>>

Von Hippel, David; Sauzuki, Tasujiro; Williams, James H.; Savage, Timothy & Hayes, Peter (2009). *Energy Security and sustainability in Northeast Asia*. *Energy Policy* 39.

6719-6730 s. Saatavilla World Wide Webistä: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509005138>>

World Energy Council kotisivut. Siteerattu 5.5.2015. Saatavilla World Wide Webistä: <

<https://www.worldenergy.org/data/resources/country/china/coal/>>

The World Bank. Global Economic Prospects. Country and region specific forecasts and data. Siteerattu 12.3.2015. Saatavilla World Wide Webistä:

<<http://www.worldbank.org/en/publication/global-economic-prospects/data?variable=NYGDPMKTPKDZ&region=EAP>>

U.S. Energy Information Administration. Independent Statistics & Analysis. Kotisivut.

Lainattu 16.3.2015. Saatavilla World Wide Webistä:

<<http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=CH&trk=m#tpe>>

Yao, Lixia & Chang, Youngho (2014). *Energy security in China: A quantitative analysis and policy implications*. Energy Policy 67. 595-604 s. Saatavilla World Wide

Webistä: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513013116>>

Yao, Lixia & Chang, Youngho (2015). *Shaping China's energy security: The impact of domestic reforms*. Energy Policy 77. 131-139 s. Saatavilla myös World Wide Webistä:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151400679X>>

Zhang, Junfeng & Smith, Kirk R. (2007). *Household air pollution from coal and biomass fuels in China: measurements, health impacts, and interventions*.

*Environmental Health Perspectives*. Vol 115. No 6. Saatavilla World Wide Webistä: <

<http://www.jstor.org/discover/10.2307/4139302?uid=3737976&uid=2&uid=4&sid=21106707195353>>

Zhou, Nan; Levine, Mark D. & Price, Lynn (2010). *Overview of Current Energy-efficiency Policies in China*. Energy Policy. Volume 38. Issue 11. 6439-6452 s.

Saatavilla myös World Wide Webistä: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509005849>>