



Kandidaatintyö

23.2.2009

Marko Kuittinen

0259973

Säte 5

Euroopan ulkopuolella toimivia sähköpörssejä

SISÄLLYSLUETTELO

1.	Johdanto.....	4
2.	Sähköpörssien toimintamekanismit	5
3.	Sähköpörssit Australiassa ja Oseaniassa	10
3.1	NEM.....	10
3.2	COMIT	15
4.	Sähköpörssit Pohjois-Amerikassa	20
4.1	Yhdysvallat.....	20
4.2	Kanada.....	23
4.2.1	Alberta	24
4.2.2	Ontario	26
5.	Sähköpörssit Aasiassa	29
5.1	JEPX.....	29
5.2	KPX.....	32
6.	Yhteenveto.....	35
	LÄHDELUETTELO	38

KÄYTETYT LYHENTEET JA MERKINNÄT

AER	Australian Energy Regulator
AESO	Alberta Electric System Operator
CAISO	California ISO
ERCOT	Electric Reliability Council of Texas
FEPC	Federation of Electric Power Companies of Japan
FERC	Federal Energy Regulatory Commission
FTR	Financial Transmission Rights
HOEP	Hourly Ontario Energy Price
IESO	Independent Electric System Operator
IEX	Indian Energy Exchange
ISO	Independent System Operator
ISO-NE	New England ISO
JEPX	Japan Electric Power Exchange
KPX	Korea Power Exchange
LMP	Locational Marginal Pricing
MCP	Market Clearing Price
MISO	Mid-West ISO
NEM	National Electricity Market
NEMMCO	National Electricity Market Management Company
NYISO	New York ISO
PJM	Pennsylvania-New Jersey-Maryland
SPP	Southwest Power Pool

1. Johdanto

Sähkömarkkinoiden vapauttaminen kilpailulle on luonut sähköpörssijä eri puolille maailmaa. Kandidaatintyön tavoitteena on analysoida joitakin Euroopan ulkopuolella toimivista. Yhteensä työssä käsitellään 11 sähköpörssiä eri puolilta maailmaa. Suurin osa sähköpörsseistä on Pohjois-Amerikasta. Lisäksi tutkittavana on kaksi sähköpörssiä Aasiasta ja Oseaniasta. Tässä työssä on keskitytty tarkastelemaan Euroopan ulkopuolisten sähköpörssien fyysisiä markkinoita. Niistä pörsseistä, joissa käydään myös sähkön johdannaiskauppaa, on tehty maininta, mutta ne eivät ole tässä työssä keskeisessä asemassa. Työssä käytetty aineisto on pääosin hankittu käsiteltävien pörssien kotisivuilta löytyvistä vuosikertomuksista tai muista pörssin toimintaa kuvaavista julkaisuista. Lisäksi joidenkin maiden kohdalla aineistona on käytetty sähkömarkkinoiden valvonnasta vastaavan viranomaisen toimittamia julkaisuja. Yhtenä osana tutkimusaineistoa on käytetty myös aihetta käsitteleviä diplomitöitä.

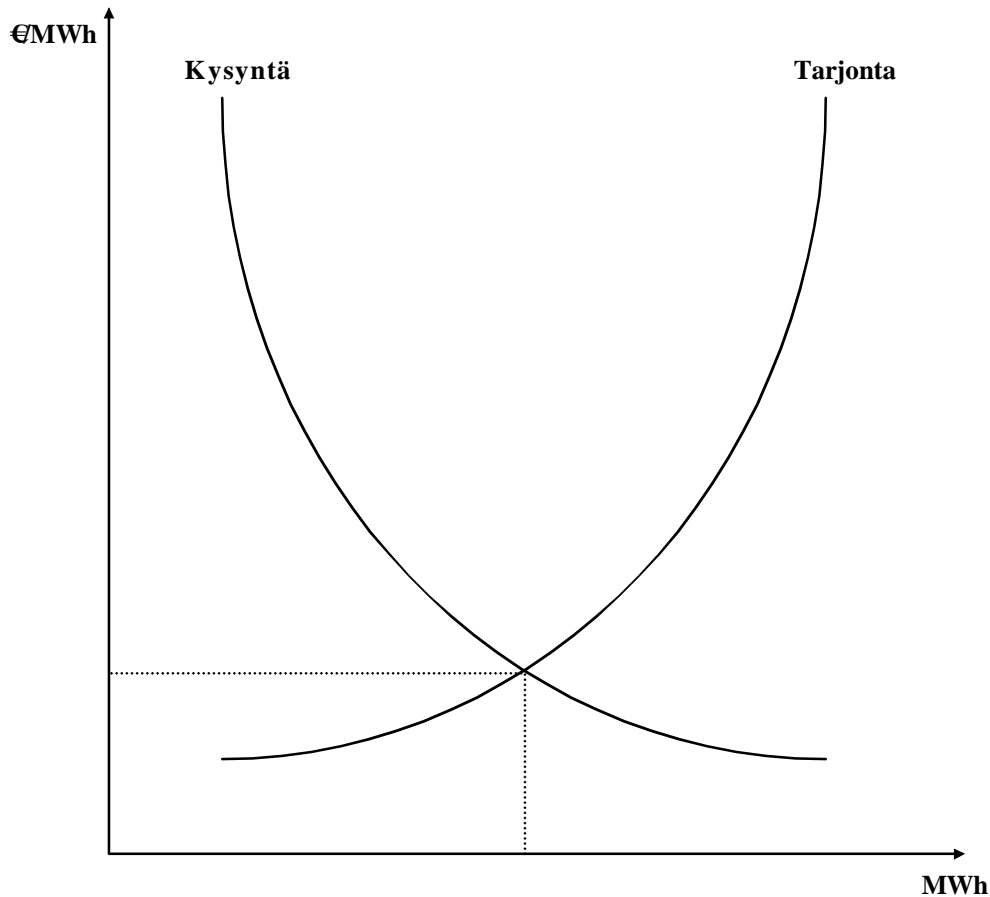
Työn alussa käsitellään sähköpörssien toimintamekanismeja yleisesti, jonka jälkeen on vuorossa Euroopan ulkopuolella toimivien sähköpörssien tarkastelu. Ensimmäisessä pääluvussa kerrotaan sähkön hinnanmuodostumismalleista avoimilla sähkömarkkinoilla. Lisäksi ensimmäisessä pääluvussa käydään läpi sähköpörssien kaupankäyntimallit sekä pörssikaupankäyntiin liittyviä riskejä.

Työn seuraavissa pääotsikoissa käydään läpi eri maanosissa toimivia sähköpörssijä, lukuun ottamatta Etelä-Amerikkaa. Tutkimuskohteina ovat, edellä mainittujen hinnoittelu- ja kaupankäyntimallien lisäksi, sähköpörssien volyymit sekä pörssin kautta myytävän sähkön tuotantorakenne. Tutkimuskohteeksi on valittu myös pörssissä muodostuva sähkön hinta sekä hinnan kehitys viimeisten vuosien aikana. Lopuksi jokaisesta sähköpörssistä tehdään vielä avoimuustarkastelu. Avoimuus käy ilmi esimerkiksi siitä miten tasapuolista viestintä on pörssissä oleville toimijoille tai muuten pörssin toiminnasta tietoa haluaville. Luvussa 6 on esitetty yhteenveto työssä analysoiduista pörsseistä sekä tarkasteltu niiden välillä olevia yhtäläisyyksiä.

2. Sähköpörssien toimintamekanismit

Sähköpörssit toimivat pääpiirteittäin samalla tavalla kuin muutkin hyödykepörssit. Yleisesti sähköpörssi on markkinapaikka, joka luo avoimen ja anonyymin paikan sähköenergian ja sähköjohdannaisten hankinnalle. Sähkö eroaa kaupankäyntituotteena muista hyödykepörssien yleisistä kaupankäyntituotteista kahdella tavalla. Ensimmäiseksi sähkön varastointi laajassa mittakaavassa ei ole taloudellisesti kannattavaa, joten tuotannon on vastattava kulutusta joka hetki. Toisena erityispiirteenä on se, että tietyllä tuotantomuodolla tuotettua sähköä ei voida erottaa jollain toisella tuotantomuodolla tuotetusta sähköstä. Sähköpörssin kaupankäyntituotteet jaetaan yleisimmin fyysisiin tuotteisiin sekä finanssituotteisiin. Fyysisillä tuotteilla käyty kauppa johtaa sähkön toimitukseen, kun taas finanssituotteilla käyty kauppa ei välttämättä johda sähkön toimitukseen.

Sähköpörssin tuotteiden hinnat määräytyvät kysynnän ja tarjonnan perusteella muodostuvan markkinahinnan mukaan. Sähköpörssin tarjontakäyrä muodostuu sähköntuottajien ja myyjien tekemien myyntitarjousten perusteella. Kysyntäkäyrä muodostetaan puolestaan pörssiin tehtyjen ostotarjousten perusteella. Edellä mainittujen käyrien leikkauspisteestä saadaan sähkön hinta. Markkinahinnan muodostumista on havainnollistettu kuvassa 1. (Partanen 2007)

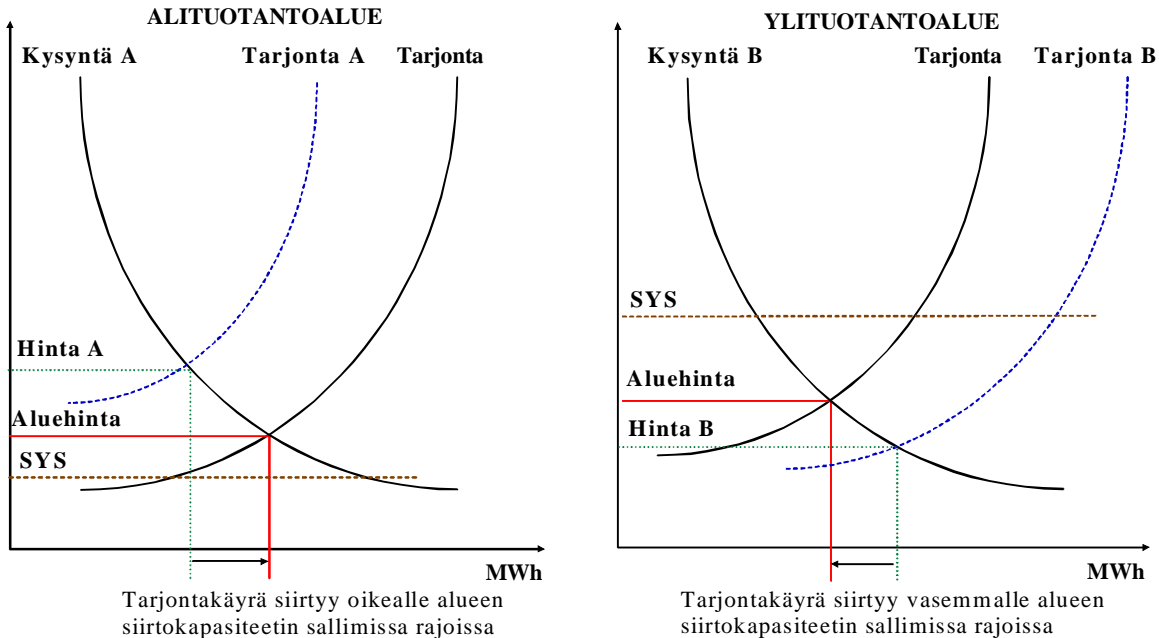


Kuva 1: Markkinahinnan muodostuminen sähköpörssissä tapahtuu kysyntä- ja tarjontakäyrien leikkauspisteen avulla. (Partanen 2007)

Yleisesti sähköpörssin kaupankäyntimallina on joko suljettuun huutokauppaan perustuva järjestelmä tai jatkuva-aikainen kaupankäyntijärjestelmä. Useimmissa sähköpörssissä on käytössä molemmat kaupankäyntijärjestelmät. Suljettu huutokauppa tarkoittaa sitä, että tuotteiden ostajat ja myyjät tekevät tarjouksensa näkemättä toisten osapuolten tarjouksia. Suljetussa huutokauppajärjestelmässä kaupankäyntikierros suoritetaan kerran päivässä, jonka jälkeen tuottajien tekemät myyntitarjoukset yhdistetään tarjontakäyräksi sekä kuluttajien tekemät ostotarjoukset vastaavasti kysyntäkäyräksi. Tosin kuten myöhemmin käy ilmi suljettu huutokauppa voi joissain pörssissä jatkua jopa kahden tunnin päähän toimitusajankohdasta. Käyrien yhdistämisen jälkeen saadaan niiden leikkauspisteestä markkinahinta sähkölle kuvan 1 esittämällä tavalla, joka on sama kaikille markkinaosapuolille, mikäli siirtokapasiteettirajoitukset eivät aiheuta hinta-alueita. (Partanen 2007)

Jatkuva-aikainen kaupankäyntijärjestelmä eroaa suljetusta huutokauppajärjestelmästä siten, että siellä ei muodostu yhteistä markkinahintaa eli systeemihintaa, vaan osto- ja myyntitarjoukset yhdistetään sopimuksiksi jatkuvasti. Jatkuva-aikaisen kaupankäyntijärjestelmän seurauksena fyysinen sähkökauppa voi jatkua mahdollisimman lähelle toimitushetkeä. Näin myös tietylle tunnille saatu sähkön toimituksen hinta voi vaihdella päivän aikana, toisin kuin suljetussa huutokaupassa, jossa hintataso kullekin tunnille muodostetaan edellisenä päivänä. Tosin tässä suhteessa, odottamalla jatkuva-aikaisen kaupankäyntijärjestelmän alkamista, riski on kaksipuolinen eli toimija voi tehdä sekä voittoa että tappiota. (Partanen 2007)

Siirtokapasiteettirajoitukset ovat suurin syy systeemihinnasta poikkeavien aluehintojen syntymiseen. Aluehinta eroaa jo lähtökohtaisesti systeemihinnasta eli aluehinnat eivät muodostu systeemihinnan mukaan, vaan kyseisen alueen tuotannon ja kulutuksen mukaan, ottaen lisäksi huomioon edellä mainitut siirtokapasiteettirajoitukset. Koska ylituotantoalueelta ei saada toimitettua sähköä sellaiselle alueelle jossa kysyntä ylittää tarjonnan, laskee ylituotantoalueen toimitushinta systeemihinnan alapuolelle. Tämän jälkeen ylituotantoalueelta siirretään siirtokapasiteetin sallimissa rajoissa sähköä alituotantoalueelle ja tarjontakäyrä siirtyy vasemmalle siirtokapasiteetin verran. Näin ollen ylituotantoalueen toimitushinta nousee, jääden kuitenkin systeemihinnan alapuolelle. Alitarjonta-alueella kysyntä- ja tarjontakäyrät muodostetaan niin ikään kyseisen alueen osto- ja myyntitarjousten perusteella. Aluksi alitarjonta-alueella toimitushinta nousee markkinahinnan yläpuolelle, jonka jälkeen tarjontakäyrää siirretään oikealle siirtokapasiteetin sallimissa rajoissa ja alitarjonta-alueen hinta laskee, mutta pysyen kuitenkin systeemihinnan yläpuolella. Kuvassa 2 on mallinnettu aluehintojen muodostumista sekä yli- että alituotantoalueilla. (Partanen 2007; Karjalainen 2006)



Kuva 2: Aluehintojen muodostumismekanismi sekä yli- että alituotantoalueilla. Kuvassa SYS tarkoittaa systeemihintaa ja A sekä B ilmoitusalueiden tarjontaa ja kysyntää ennen hinta-alueiden muodostumista. (Karjalainen 2006)

Tässä työssä keskeisessä asemassa olevat sähköpörssien hinnoittelumallit ovat aluehinnoittelu- ja solmupistehinnoittelumallit. Lisäksi Etelä-Koreassa on käytössä poolihinnoittelumalli, jonka toimintaperiaate on kuvattu tarkemmin kappaleessa 5.2. Aluehinnoittelumallin hinnanmuodostumistapa on pääpiirteittäin esitetty edellä. Sähköpörssin alueelle muodostuu hinta-alueita, joista jokaisella on erillinen toimitushinta. Hinta-alueet voivat olla joko kiinteitä tai muuttuvia, riippuen alueiden välisistä siirtoyhteyksistä ja alueiden tuotantokapasiteetista.

Solmupistehinnoittelumallissa markkina-alue sisältää useita eri solmupisteitä, esimerkiksi Uuden-Seelannin markkina-alueella on yli 200 solmupistettä, joista jokaiselle määritetään oma hinta. Solmupistehinnoittelumallissa jokainen solmupiste kuvaa fyysistä pistettä sähkönsiirtoverkossa, jossa on generaattori tai kuormaa. Kunkin solmupisteen hinta esittää energian paikallista hintaa. Tässä työssä käsiteltävien sähköpörssien markkina-alueilla solmupisteitä on yhdistetty erilaisiksi alueiksi tai hubeiksi eli keskuksiksi, jolloin alueen hinta on sama kuin solmujen hintojen painotettu keskiarvo. Laajempien alueiden tai hubien hintoja käytetään kyseisillä alueilla johdannaistuotteiden referenssihintana.

Solmupistehinnoittelussa sähkön hinta muodostuu tuotantomuodon, häviöiden sekä ruuhkamaksujen marginaalikustannusten summasta. (Phillips 2004)

Aluehinnoittelu- sekä solmupistehinnoittelumallien hinnanmuodostuminen vastaa toisiaan siinä tapauksessa, että verkossa ei ole pullonkauloja. Tässä ideaalitapauksessa ovat kaikkien alueiden ja solmupisteiden hinnat samoja. Useimmiten kuitenkin verkossa on pullonkauloja tai edullista energiaa ei muuten ole saatavilla riittävästi, jolloin solmupisteiden välille muodostuu hintaeroja. (Phillips 2004)

Sähköpörssissä tuottajien ja kuluttajien käymissä kaupoissa vastapuolena toimii pörssi, jolloin niin sanottua vastapuoliriskiä ei pääse syntymään. Vastapuoliriski kuvaa riskiä joka tulee siitä, että kaupan toinen osapuoli ei pysty suoriutumaan velvoitteistaan. Kahdenvälisissä toimitussopimuksissa myös vastapuoliriski on voimassa. Toinen sähköpörssien toiminnassa oleva riski on valuuttariski, joka tulee esille erityisesti silloin jos samassa pörssissä käydään usean eri maan välistä kauppaa. Tällöin valuuttakurssien muutokset, suhteessa kyseisessä pörssissä olevaan perusvaluuttaan, aiheuttavat toimijalle valuuttariskin kaikkiin pörssissä tehtyihin sopimuksiin. Kolmantena sähköpörssiin liittyvänä riskinä pidetään likviditeettiriskiä, joka konkretisoituu silloin kun tuotteiden hinnat eivät muodostu markkinaehtoisesti vaan tuotteiden hintoihin vaikuttavat esimerkiksi siirtokapasiteettirajoitukset tai jonkin toimijan dominoiva asema markkinoilla. Lisäksi likviditeettiriski tulee esiin silloin, kun jollain osapuolella ei ole riittävästi varallisuutta suoriutua velvoitteistaan. (Rinta-Runsala 1999; Partanen 2007)

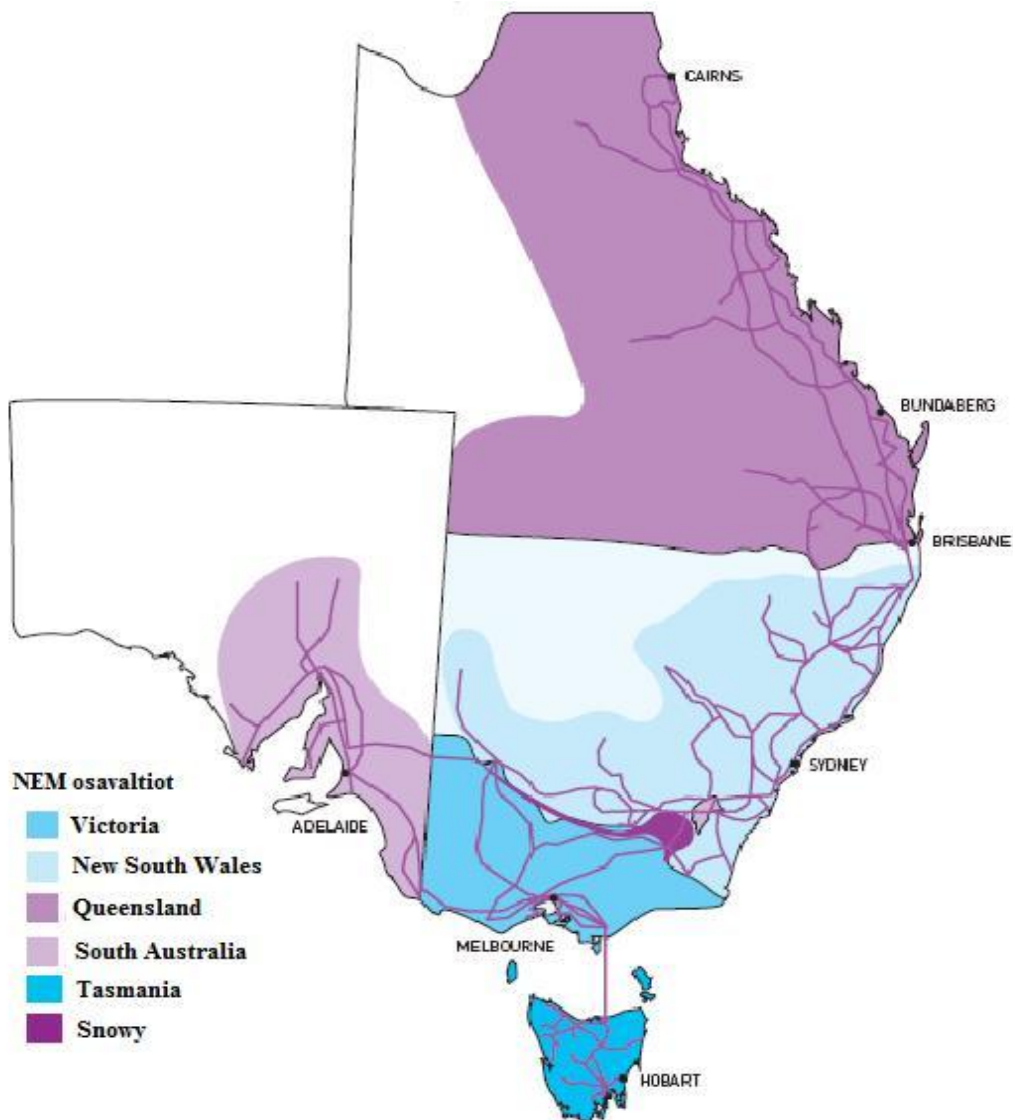
3. Sähköpörssit Australiassa ja Oseaniassa

Australiassa ja Oseaniassa toimivia sähköpörssijä ovat Australian kansallinen sähköpörssi NEM (National Electricity Market) ja Uudessa-Seelannissa sähköpörssi COMIT.

3.1 NEM

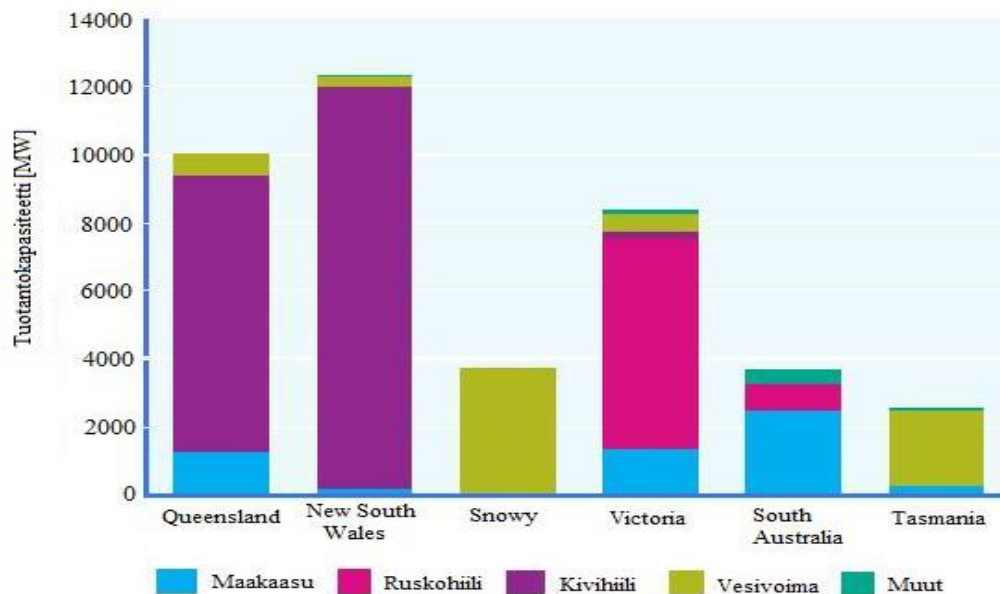
Australiassa kansallinen markkinapaikka sähkölle perustettiin vuonna 1998 ja se jakaantuu kuuteen eri osavaltioon, jotka ovat New South Wales, Queensland, South Australia, Snowy, Tasmania ja Victoria. Australian kansallisen sähköpörssin operaattorina toimii voittoa tavoittelematon yhtiö (National Electricity Market Management Company) NEMMCO. Edellä mainitut osavaltiot muodostavat kiinteät hinta-alueet Australian sähköpörssissä. (NEMMCO 2008)

Vuonna 2008 tehdyn selvityksen mukaan pörssiin kuuluvien alueiden tuotantokapasiteetti oli pääosin hiilivoimatuotantoa, jonka osuus kokonaistuotannosta oli noin 75 %:a. Jäljelle jäävästä osuudesta noin 9 %:a oli maakaasutuotantoa ja noin 7 %:a vesivoimatuotantoa, lukuun ottamatta marginaalista öljyllä tuotetun sähkön osuutta. Näin ollen hiilen markkinahinnalla on suuri vaikutus pörssissä muodostuvaan systeemihintaan. Kuvassa 3 on esitetty kartta, josta käy ilmi Australian sähköpörssiin osallistuvat osavaltiot. (AER 2007)



Kuva 3: Kartta Australian kansalliseen sähköpörssiin osallistuvista osavaltioista. (AER 2007)

Tarkasteltaessa kuvaa 4, jossa on esitetty tuotantorakenne hinta-alueittain, voidaan todeta, että pinta-alaltaan pienimmissä osavaltioissa (Snowy ja Tasmania) sähkö tuotetaan lähes kokonaan vesivoimalla. Edelleen voidaan havaita, että kahdessa suurimmassa osavaltiossa (Queensland ja New South Wales) suurin osa sähköstä tuotetaan hiilivoimalla. Muuttuvilta kustannuksiltaan kalliilla maakaasulla sähköä tuotetaan paljon South Australian osavaltiossa. Lisäksi maakaasulla tuotetaan sähköä myös Victorian ja Queenslandin osavaltioissa. (AER 2007)



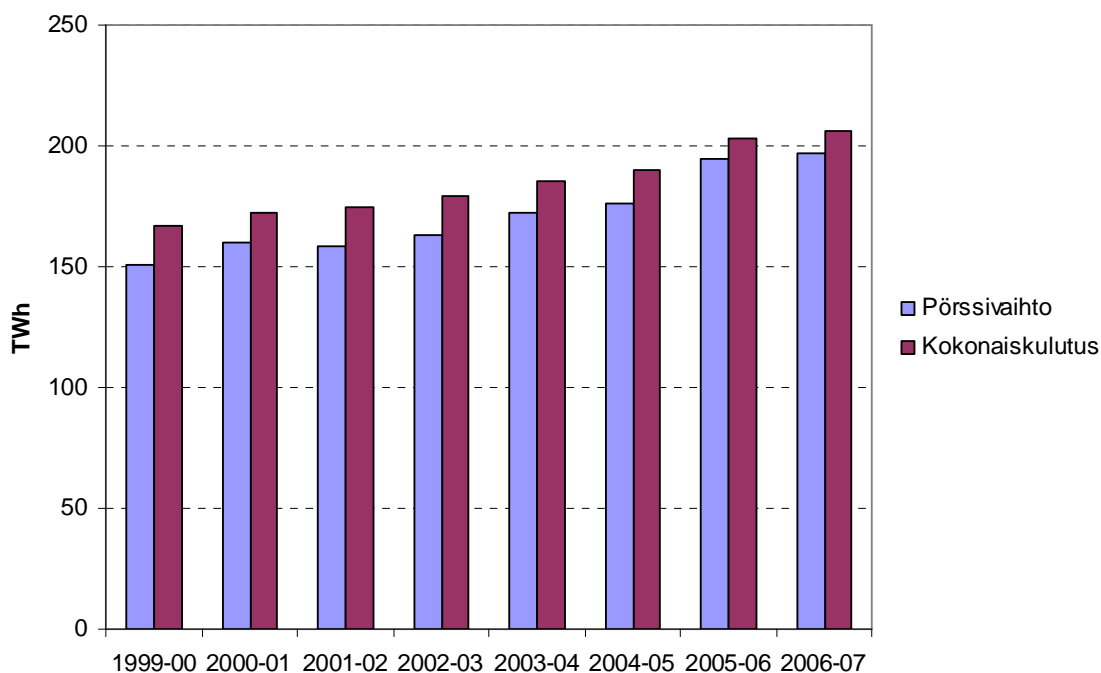
Kuva 4: Australian kansallisen sähköpörssin osavaltioiden tuotantokapasiteetti vuonna 2007. (AER 2007)

Australian sähköpörssin kaupankäyntimallina on suljettu huutokauppapörssi, jossa sähkön tuottajat jättävät tarjouksensa seuraavan päivän toimituksista paikallista aikaa kello 12.30 mennessä. Toimitushinta määritetään jokaiselle viiden minuutin jaksolle vuorokauden sisällä. Jokaiselle puolelle tunnille vuorokauden aikana toimitushinta saadaan kuudesta viiden minuutin toimitushinnan keskiarvosta. Suljetun huutokauppapörssin lisäksi NEM tarjoaa myös jatkuva-aikaisen kaupankäyntijärjestelmän, jossa sähkön tuottajat voivat muuttaa toimittamansa sähkön määrää viiden minuutin päähän toimitusajankohdasta. Jatkuva-aikainen kaupankäyntijärjestelmä käynnistyy sen jälkeen kun tarjosten jättöaika suljettuun huutokauppapörssiin on päättynyt. Jatkuva-aikaisessa järjestelmässä tuottajat eivät kuitenkaan voi enää muuttaa toimitushintaa, vaan pelkästään toimitettavan sähkön määrää. (NEMMCO 2008)

Lisäksi markkinoilla on tarjolla pysyväistarjouksia, jotka ovat voimassa silloinkin kun päivittäistarjouksia ei ole tehty. Pysyväistarjouksia jättävät pääosin hiilellä sähköä tuottavat toimijat eli ne toimijat joiden tuotannon alasajosta aiheutuu suuret kustannukset. Australian sähköpörssissä sähkön hinnalle on määritetty hintakatto, jota korkeammaksi sähkön hinta ei voi nousta. Raja on kuitenkin asetettu huomattavasti markkinahinnan

yläpuolelle, tällä hetkellä kyseinen raja on 10 000 AUD/MWh eli hieman alle 6100 €/MWh. (NEMMCO 2008; AER 2007)

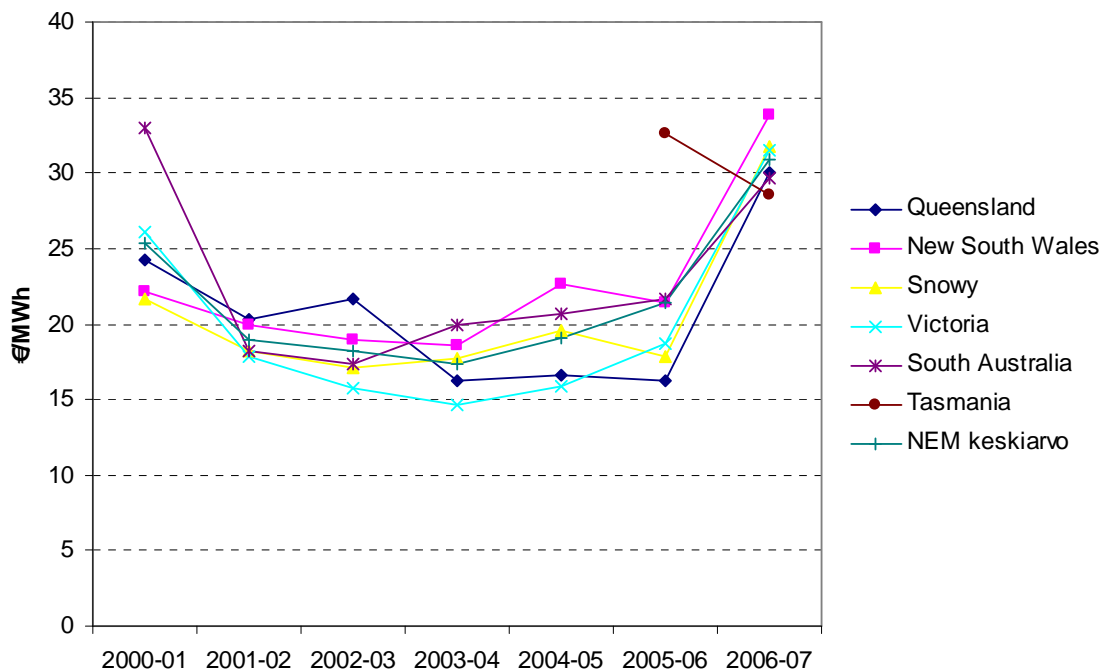
Kuvassa 5 on vertailtu Australian kansallisen sähköpörssin kokonaisvolyymin suhdetta pörssiin kuuluvien alueiden kokonaiskulutukseen. Kuvasta 5 voidaan havaita, että koko tarkastelujakson ajan pörssissä vaihdetun sähkön osuus on ollut yli 90 %:a verrattuna kokonaiskulutukseen. Tämä tarkoittaa sitä, että pörssissä muodostuvaa markkinahintaa voidaan pitää ns. uskottavana hintana. Viimeisimpien toimintavuosien aikana pörssin toimialueella kulutetusta sähköenergiasta jopa 95 %:a on hankittu pörssin kautta. Käytännössä sähköpörssin alueella fyysisesti kulutettu sähköenergia hankitaan siis pörssin kautta ja pörssiin liittyminen on pakollista kaikilta tuottajilta. (NEMMCO 2007; AER 2007)



Kuva 5: NEM:iin kuuluvien alueiden kokonaiskulutuksen ja pörssin kokonaisvolyymin kehitys. (NEMMCO 2007; AER 2007)

Toimintavuoden 2006 - 2007 aikana NEM:n fyysisten markkinoiden kokonaisvolyymi oli noin 196 TWh, mikä on noin 95 %:a alueen kokonaiskulutuksesta. Kyseisen toimintavuoden keskimääräinen sähkön SPOT - hinta oli noin 54 AUD/MWh, mikä on

elokuun 2008 valuuttakurssilla noin 33 €/MWh. Edellä mainittuna ajankohtana NEM:iin kuuluvien alueiden välillä ei ollut havaittavissa aiempina vuosina nähtyjä aluehintaeroja, johtuen huonosta vesivuodesta, joka nosti toimitushintoja jokaisella kuudesta alueesta. Huono vesivuosi nosti myös SPOT -hinnan korkeammalle tasolle kuin kertaakaan 2000 -luvulla, kuten kuvasta 6 voidaan nähdä. Kuvassa 6 on kerrottu keskimääräiset sähkön hinnat osavaltioittain kunkin toimintavuoden aikana. Kuvasta on syytä ottaa huomioon että Tasmanian osavaltio liittyi pörssiin vasta toimintavuoden 2004 - 2005 alussa, kyseinen vuosi on jätetty kaaviosta pois, koska alueen keskimääräinen SPOT - hinta oli tuolloin noin 190 AUD/MWh eli noin 110 €/MWh. Kuvasta 6 käy ilmi, että aluehinnoissa on havaittavissa eroja myös muiden alueiden välillä, mutta ne ovat huomattavasti pienempiä kuin Tasmanian alueeseen verrattuna. (NEMMCO 2007)



Kuva 6: NEM:in osavaltioiden keskimääräiset sähkön SPOT - hinnat [€/MWh] vuodesta 2000 eteenpäin. (NEMMCO 2007)

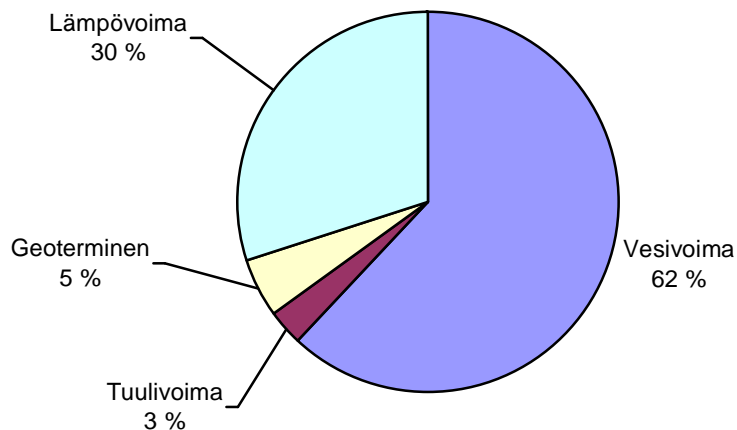
Australian kansallisen sähköpörssin erityispiirteinä voidaan pitää sen suljetun huutokauppajärjestelmän hinnanmuodostumismekanismia, jossa viiden minuutin jaksoista kerätään puolen tunnin toimitukselle systeemihinta. Australian sähköpörssin toiminta on kehittynyt pitkälle johtuen sen pitkästä historiasta. NEM:in toiminta on myös

melko avointa ja esimerkiksi hintatiedot ja volyymit on kerrottu tarkasti useamman vuoden ajalta. Lisäksi vuosikertomuksissa ja erilaisissa julkaisuissa on kuvailtu kattavasti pörssin toimintaa.

3.2 COMIT

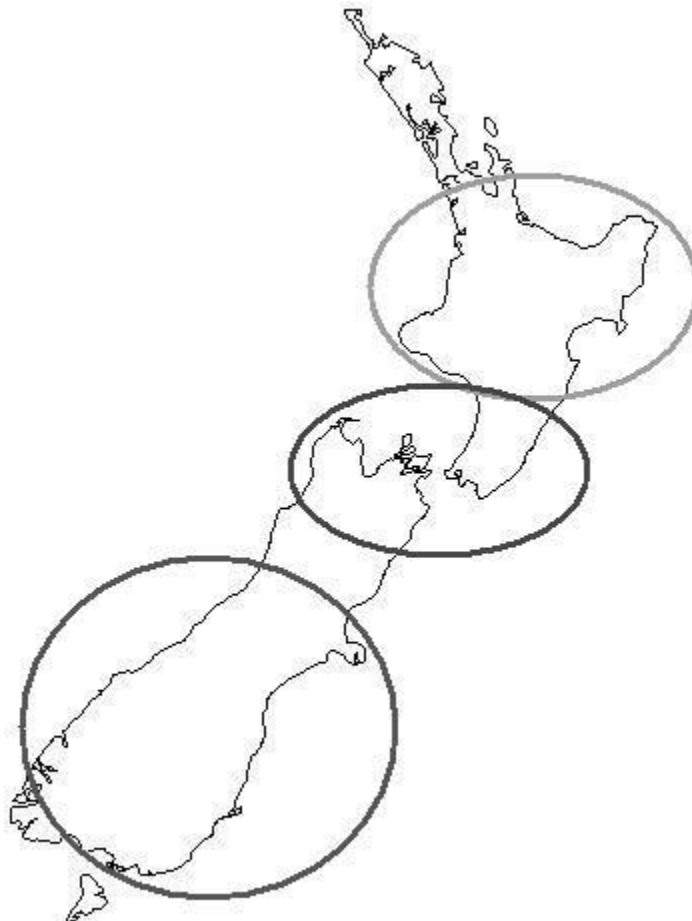
Uusi-Seelanti vapautti sähkömarkkinat kilpailulle vuonna 1996. Varsinainen sähkön pörssikauppa aloitettiin jo vuonna 1994, jolloin kaupankäyntituotteena olivat erilaiset sähkön finanssituotteet. Lokakuussa 1996 käynnistyi fyysisen sähkön pörssikauppa. (Electricity Commission 2007a; M-co 2002)

Uudessa-Seelannissa vesivoiman osuus sähkön tuotantokapasiteetista on noin 60 %:a, mutta erityispiirteenä Uudella-Seelannilla on maan pienet vesivarastot verrattuna esimerkiksi Pohjoismaihin. Tämä on omalta osaltaan aiheuttamassa volatilitteettia sähkön hintaan, josta Uuden-Seelannin sähköpörssi on tunnettu. Kuvasta 7 käy ilmi myös se, että Uudessa-Seelannissa sähkön tuotanto perustuu pääasiallisesti uusiutuviin energialähteisiin, eikä siellä käytetä lainkaan ydinvoimaa. Tosin lämpövoiman tuotannossa käytetään polttoaineena sekä hiiltä että maakaasua, jotka ovat fossiilisia polttoaineita. (Genesis energy 2006; Electricity Commission 2007b)



Kuva 7: Uuden-Seelannin sähkön tuotantorakenne vuonna 2007, kokonaistuotantokapasiteetin ollessa noin 8600 MW. (Electricity Commission 2007b)

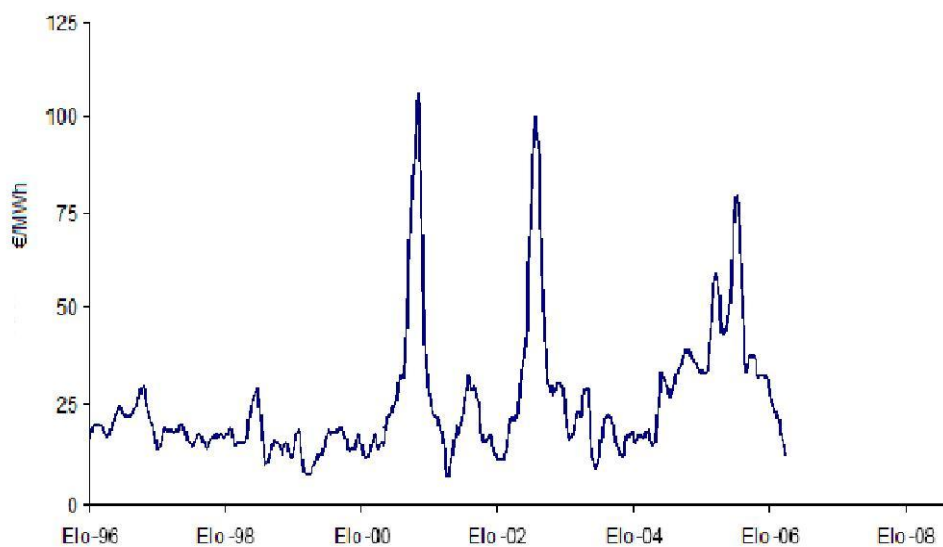
Uuden-Seelannin sähköpörssissä on käytössä solmupistehinnoittelumalli. Usein maa voidaan kuitenkin jakaa kolmeen hinta-alueeseen, jotka ovat ylempi ja alempi pohjoinen saari sekä eteläinen saari. Hinta-alueet on esitetty kuvassa 8. Koko maa jakaantuu yhteensä yli kahteensataan verkon liitoskohtaan eli solmuun, joista jokaiselle muodostetaan oma toimitushinta kullekin toimitusjaksolle. Toimitushinnat vaihtelevat myös liitoskohtien välillä, mutta suuremmat erot toimitushinnassa syntyvät maantieteellisen sijainnin perusteella. Alueiden väliset hintaerot vaihtelevat voimakkaasti vesitilanteen mukaan. Näin ollen on myös mahdollista, että joinakin vuodenaikoina hinnat ovat koko maassa lähellä toisiaan. (COMIT 2008; Electricity Commission 2007a)



Kuva 8: Uuden-Seelannin sähköpörssin hinta-alueet Upper ja Lower North Island sekä South Island. (COMIT 2008)

Vuoden 2006 aikana sähkön keskimääräinen pörssihinta oli noin 60 NZD/MWh, joka vastaa noin 29 €/MWh. Kyseisenä vuonna Uuden-Seelannin sähkön kulutus oli noin 40 000 GWh. Uuden-Seelannin sähköpörssin hintoja vertailtaessa on syytä ottaa huomioon vesivarastojen pienuus ja niiden ajoittain voimakas vaikutus sähkön pörssihintaan. Jos Uusi-Seelanti joutuisi tuottamaan kaiken sähkönsä vesivoimalla, riittäisivät sen vesivarastot maksimissaan noin kuudeksi viikoksi. Esimerkiksi heinäkuussa 2008 vesivarastojen ollessa reilusti alle keskiarvojen, on viikkotason keskihinta pörssissä noussut noin 300 NZD/MWh, joka on heinäkuun 2008 valuuttakurssilla noin 145 €/MWh. Toinen erityispiirre Uuden-Seelannin markkinoilla johtuu maan maantieteellisestä muodosta, jonka seurauksena tuotantolaitosten ja keskeisimpien kulutuskeskusten välisistä siirtoyhteyksistä tulee pitkiä. (COMIT 2008; Electricity Commission 2007b)

Uuden-Seelannin sähköpörssi on avoinna vuoden jokaisena päivänä vuorokauden ympäri ja se toimii suljetun huutokauppajärjestelmän mukaan. Tuottajien täytyy jättää tarjouksensa seuraavan päivän sähkön toimitushinnastaan edeltävään päivään kello 13.00 mennessä. Tarjousten perusteella muodostetaan jokaiselle toimitusjaksolle yhteinen toimitushinta. Vuorokaudessa toimitusjaksoja on 48 kappaletta eli toimitusjakson pituus on puoli tuntia. Suljetun huutokauppajärjestelmän lisäksi Uuden-Seelannin sähköpörssissä on käytössä jatkuva-aikainen kaupankäyntimalli, jossa sähkön toimitushinta määritellään viiden minuutin toimitusjaksolle. Kuvassa 9 on mallinnettu yhden keskeisen solmupisteen sähkön hinta viikkotasolla. Solmupiste sijaitsee pohjoisen saaren niemen kärjessä. Kuvasta käy hyvin ilmi huonojen vesivuosien toimitushintaa nostava vaikutus. (COMIT 2008; Electricity Commission 2007a; Electricity Commission 2007b; Genesis energy 2006)



Kuva 9: Viikkotason keskimääräinen sähkön hinta Haywardin solmupisteessä. (Electricity Commission 2007b)

Uuden-Seelannin sähköpörssin erityispiirteenä muihin työssä käsiteltäviin pörssiin on jo edellä mainittu vesivarastojen pienuus, joka aiheuttaa suurta volatilitteettia sähkön hintaan. Lisäksi yhtenä erityispiirteenä voidaan mainita se, että maassa ei ole ollenkaan ydinvoimalaitoksia ja muutenkin sähkö tuotetaan pääosin uusiutuvilla energiamuodoilla. Uuden-Seelannin sähköpörssiä ei voi pitää kovin avoimena, jos vertailukohtana käytetään Pohjoismaiden yhteistä sähköpörssiä tai Australian kansallista sähköpörssiä. Tietojen

saaminen ilman asiakassopimusta on haasteellista ja esimerkiksi vuotuisten keskihintojen tai kaupankäyntivolyymien tietoja ei löytynyt suoraan. Lisäksi palveluntarjoajan kotisivuilta ei löytynyt vuosikertomuksia tai muita vastaavia toimintaa kuvaavia julkaisuja. Palveluntarjoaja tosin antaa medialle viikoittain yhteenvedon menneen viikon vesitilanteesta ja toimitushinnoista kolmella maantieteellisellä perusteella valitulla hinta-alueella, joiden avulla jonkinlainen hintakehityksen seuranta on mahdollista.

4. Sähköpörssit Pohjois-Amerikassa

Pohjois-Amerikassa toimii useita alueellisia markkinapaikkoja sähkölle. Pelkästään Yhdysvalloissa on 10 markkina-alueita, jotka käytännössä kattavat koko maan. Kaikilla alueilla sähkömarkkinoita ei kuitenkaan ole vapautettu kilpailulle. Yhdysvalloissa ei ole olemassa yhtä tiettyä mallia sähkön hinnoittelulle tukkumarkkinoilla, vaan eri alueilla on käytössä toisistaan poikkeavia hinnoittelumalleja. Hinnoittelumalleina toimivat solmupistehinnoittelu (nodal pricing) ja siihen pohjautuvat mallit sekä aluehinnoittelumalli, mikä on kuitenkin siirtymässä syrjään mallista aiheutuvien ongelmien vuoksi. Ongelmia on syntynyt ainakin hinnanmuodostumisen sekä läpinäkyvyyden kanssa. Kanadassa sähköpörssi on toiminnassa Albertan sekä Ontarion provinseissa. (FERC 2008; IRC 2007; Oksanen 2008)

4.1 Yhdysvallat

Yhdysvaltojen sähkömarkkinoita on kannustettu toimimaan tehokkaammin jo vuodesta 1985 lähtien. Tämän seurauksena kuudella alueella toimii voittoa tavoittelematon itsenäinen operaattori (Independent System Operator), joka vastaa oman alueensa sähkön tukkumarkkinoista sekä verkon käytöstä. Kuvassa 10 on esitetty Pohjois-Amerikan itsenäiset operaattorit, jotka sijaitsevat Kaliforniassa (CAISO), New Englannissa (ISO-NE), New Yorkissa (NYISO), Itärannikolla toimiva (PJM) ja Teksasin alueella toimiva (ERCOT). Lisäksi yksi operaattori Midwest Independent System Operator (MISO) toimii Yhdysvaltojen ja Kanadan rajalla. Edellä mainittujen operaattoreiden lisäksi kuvassa näkyy kaksi Kanadan alueella toimivaa operaattoria Albertan provinssissa toimiva AESO ja Ontarion provinssissa toimiva IESO. Kuvassa 10 on esitetty myös Kansasin, Nex Mexican ja Oklahoman osavaltioissa toimiva Southwest Power Pool (SPP), joka ei kuitenkaan pidä yllä keskitettyä sähkön tukkumarkkinaa, mutta valvoo että alueella sähkön hinta muodostuu markkinaperusteisesti eli että halvemmat muuttuvat kustannukset omaavat tuotantomuodot tulee käytettyä ennen kalliimpia.



Kuva 10: Pohjois-Amerikan itsenäiset operaattorit ja alueet joilla sähkömarkkinat on vapautettu kilpailulle. (FERC 2008)

Yhdysvalloissa sähköpörssin hinnoittelumalleista solmupistehinnoittelu on käytössä neljän operaattorin alueella. Operaattorit ovat ISO-NE, NYISO, MISO sekä PJM. Kyseisten alueiden fyysiset sähkömarkkinat ovat kaksivaiheiset, kaupankäyntimalleina ovat day-ahead ja real-time -mallit. Jokaisen operaattorin molemmissa kaupankäyntimalleissa lasketaan LMP (Locational Marginal Pricing) -mallin mukaiset hinnat. LMP -mallissa tietyistä solmupistehinnoista lasketaan kuormapainotettu keskiarvo sähkön hinnaksi suuremmille alueille tai hubeille eli useamman solmupisteen yhdyskohdalle. Day-ahead -markkinoilla käydään kauppaa tulevan päivän toimituksista ja real-time -markkinoilla tasoitetaan day-ahead -markkinoilla osto- ja myyntitarjousten väliset erot. Real-time -markkinat vastaavat toimintaperiaatteeltaan säätösähkömarkkinoita. (Oksanen 2008)

Teksasin alueella toimiva ERCOT on siirtymässä käyttämään solmupistehinnoittelua vuoden 2009 aikana, mutta käyttää vielä aluehinnoittelumallia. Uudistusten jälkeen Teksasin alueen sähköpörssissä on käytettävissä myös erilaisia tuotantokapasiteetin

takaavia tuotantomuotoja day-ahead ja real-time -markkinoiden lisäksi. Kalifornian alueella toimiva CAISO vapautti sähkömarkkinat ensimmäisten joukossa Yhdysvalloissa ja on kärsinyt siitä muun muassa siksi, että toiminta suunniteltiin ilman kunnollista tietoa sähkömarkkinoiden toimintaperiaatteista. CAISO onkin kehittämässä toimintaansa jatkuvasti ja on siirtymässä käyttämään solmupistehinnoittelua. (EIA 2008; FERC 2008; IRC 2007; Oksanen 2008)

Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty tietoja vuodelta 2006. Taulukosta 1 käy ilmi tunnetuimpien Yhdysvaltojen itsenäisten operaattoreiden tuotantokapasiteetti, mitattu huipputehon tarve, rajatuotantomuoto, volyyymi sekä sähkön pörssihinta dollareissa ja euroissa muunnettuna vastaamaan likimain elokuun 2008 valuuttakursseja.

Taulukko 1: Yhdysvaltojen itsenäisten operaattoreiden vertailutaulukko. (FERC 2008)

Operaattori	Tuotantokapasiteetti [MW]	Huippukuorma [MW]	Rajatuotantomuoto	Volyyymi (06) [GWh]	Pörssihinta (06) [\$/MWh]	Pörssihinta (06) [€/MWh]
CAISO	56 000	50 300	maakaasu	240 000	61	41
NYISO	39 700	34 000	maakaasu	167 000	70	48
ISO-NE	30 900	28 100	maakaasu	132 000	61	41
PJM	165 000	144 600	hiili/maakaasu	696 000	50	34
ERCOT	70 700	62 500	hiili/maakaasu	300 000	51	35
MISO	137 000	116 000	hiili	607 000 (05)	40	27

Tarkasteltaessa eri alueiden tuotantokapasiteetteja nousee kahdella alueella kapasiteetti selkeästi muiden yläpuolelle. Kyseisten operaattoreiden (PJM ja MISO) alueilla on tuotantokapasiteettia paljon yli huipputehontarpeen. Tämä tarkoittaa sitä, että alueilta on siirtoyhteyksien salliessa mahdollisuus tarjota sähköä oman alueen ulkopuolelle. Useiden operaattorien alueella on rajatuotantomuotona maakaasu, joka nostaa pörssin hintatasoa verrattuna niihin alueisiin, joissa rajatuotantomuotona on hiilivoima. Tukkumarkkinoiden pörssihinnat ovat Yhdysvalloissa kautta linjan alemmalla tasolla kuin esimerkiksi Nord Poolin hinnat, vaikka rajatuotantomuotona onkin usein muuttuvilta kustannuksiltaan kallis maakaasu. Tämä johtuu osittain siitä, että Yhdysvalloissa hintoihin ei tule päästökaupan aiheuttamaa lisäkustannusta. Lisäksi hintaeroihin on syynä markkinoiden tiukka valvonta, joka vähentää hintapiikkejä. (FERC 2008)

Kuvassa 11 on tarkasteltu neljän Yhdysvaltojen osavaltion sähkön hintakehitystä 2000 - luvulla. Hinnat ovat muunnettu vastaamaan vuoden 2008 syyskuun euro/dollari - kurssia. Kyseisillä alueilla sähkömarkkinat on vapautettu kilpailulle ja alueilla tehdään riittävästi kauppvoja, jolloin saatua pörssihintaa voidaan pitää uskottavana. (EIA 2008)



Kuva 11: Sähkön hinnan kehitys 2000 - luvulla neljässä Yhdysvaltojen osavaltiossa. (EIA 2008)

Kuvasta 11 voidaan havaita, että sähkön hinta on noussut tarkastelukohteissa 2000 - luvulla lähes joka vuosi. On myös syytä huomioida vuoden 2005 hintapiikki, joka johtui ennätyslämpimästä kesästä. Lisäksi kyseisen vuoden hintapiikkiin ovat syynä luonnonkatastrofien vuoksi kohonneet raaka-aineiden hinnat. Yhtenä syynä mainitaan myös uusien tuotantolaitosinvestointien vähentyminen kulutuksen kasvaessa samaan aikaan jopa voimakkaammin kuin aikaisempina vuosina, johtuen esimerkiksi kotitalouksien lisääntyneestä jäädytystarpeesta. Lisäksi kuvasta on syytä havaita Kalifornian osavaltion korkea hintataso vuonna 2001, mikä omalta osaltaan on johtanut markkinoiden uudistamiseen kyseisellä alueella. (EIA 2008; FERC 2008)

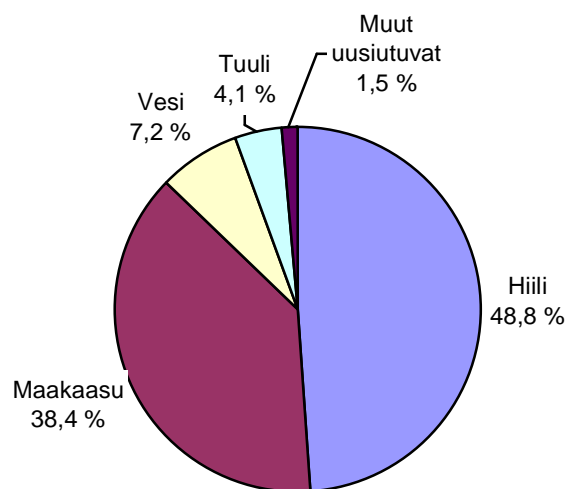
4.2 Kanada

Pohjois-Amerikassa, Yhdysvaltojen lisäksi, myös Kanadassa on joitakin alueita, joilla sähkömarkkinat on avattu kilpailulle. Kanadassa Albertan ja Ontarion provinseissa

toimii voittoa tavoittelematon itsenäinen operaattori, jotka vastaavat sähkömarkkinoiden toiminnasta kyseisissä provinseissa.

4.2.1 Alberta

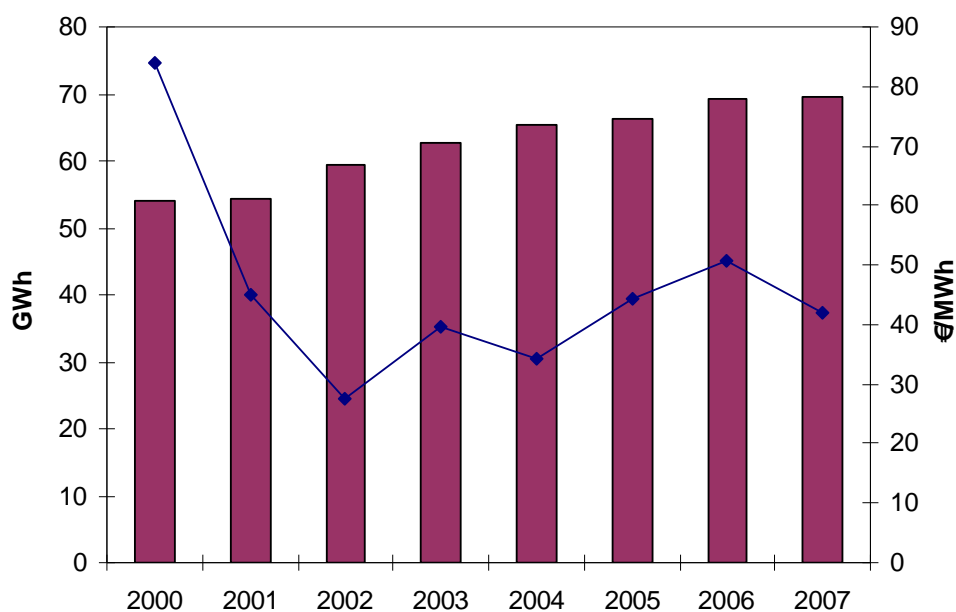
Albertan osavaltion sisäinen sähkön markkinapaikka toimii kaikkien alueella suoritettujen sähkökauppojen vaihtopaikkana. Kuvassa 12 on esitetty Albertan provinssin sähkön tuotantorakenne vuodelta 2008. Alueelle on asennettu tuotantokapasiteettia noin 12000 MW. Tuotantorakenteesta voidaan todeta, että fossiilisilla polttoaineilla tuotetaan lähes 90 %:a provinssin sähköstä. Rajatuotantomuotona vuoden 2006 perusteella Albertan provinssissa toimii 60 % ajasta hiilivoima. Jäljelle jäävänä aikana rajatuotantomuotona on maakaasu. Vuoden 2007 aikana tuulivoiman osuus sähkön tuotantorakenteesta on kasvanut voimakkaasti. Lisäksi kuvasta 12 on hyvä huomioida, että provinssin alueella ei ole ydinvoimalaitoksia. (AESO 2007 b; AESO 2008)



Kuva 12: Albertan provinssin sähkön tuotantorakenne vuonna 2008, kokonaistuotantokapasiteetin ollessa noin 12000 MW. (AESO 2008)

Kuvassa 13 on tarkasteltu Albertan provinssin sähkön hintakehitystä ja alueen sisällä kulutetun sähkön määrän kehitystä vuosina 2000 - 2007. Tarkasteluhintana on käytetty kunkin vuoden keskimääräistä hintaa Albertan sähköpörssin tukkumarkkinoilla.

Tarkasteluhinnat on muutettu vastaamaan vuoden 2008 elokuun valuuttakursseja. Kuvasta käy ilmi, että Albertan provinssin sähkön kulutuksen kasvu on jatkunut koko 2000 - luvun ajan. Kasvu on kuitenkin tasaantunut viimeisen kahden vuoden aikana. Kuvasta 13 huomataan myös, että sähkön hinta lähti laskuun vuonna 2007, mikä johtuu pääosin siitä, että vuoden 2007 aikana investoitiin uusiin muuttuvilta kustannuksiltaan halpuihin tuotantoyksiköihin. Albertan provinssissa on käytössä hintakatto jonka yli sähkön hinta ei voi nousta, hintakattona on 1000 CAD/MWh, joka on noin 630 €/MWh. (AESO 2007 a)



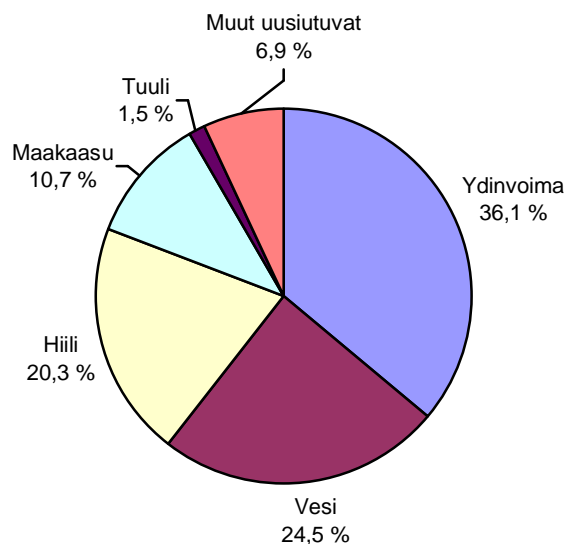
Kuva 13: Albertan provinssin sähkön kulutuksen kehittyminen ja sähkön hintakehitys 2000 - luvulla. (AESO 2007 a)

Albertan provinssin sähköpörssin kaupankäyntimuotona on suljettu huutokauppajärjestelmä, eli tuottajat ja kuluttajat eivät näe toisten vastaavan position omaavien tahojen tarjouksia. Pooliin osallistuvien jäsenten on lähetettävä tarjouksensa paikallista aikaa kello 12.00 mennessä seuraavan päivän toimituksia koskien. Tarjouksia voi alkaa lähettää keskiyöstä eteenpäin. Tarjoukset tehdään jokaiselle toimitusjaksolle seuraavien seitsemän päivän ajalle, jota voidaan pitää Albertan provinssin sähköpörssin yhtenä erityispiirteenä verrattuna muihin työssä käsiteltyihin pörsseihin. Toimitusjakson pituus on yksi tunti. Tarjoukset järjestetään hinnan ja määrän perusteella siten, että

halvimmat tarjoukset tulevat voimaan ennen kalliimpia. Tarjousten hinnat ovat kiinteitä seuraavan päivän toimitusten osalta, mutta seuraavien kuuden päivän ajalta tarjousten hintaa voidaan tarvittaessa muuttaa. Ostotarjousten tekijät voivat ilmoittaa uudelleen oman kysyntävolyyminsa mihin aikaan tahansa. Sähkön hinta muodostetaan ottamalla painotettu keskiarvo marginaalihinnasta tunnin ajalta, joka on voimassa kaikissa kyseisen tunnin aikana suoritetuissa kaupoissa koko provinssin alueella. (AESO 2007 b)

4.2.2 Ontario

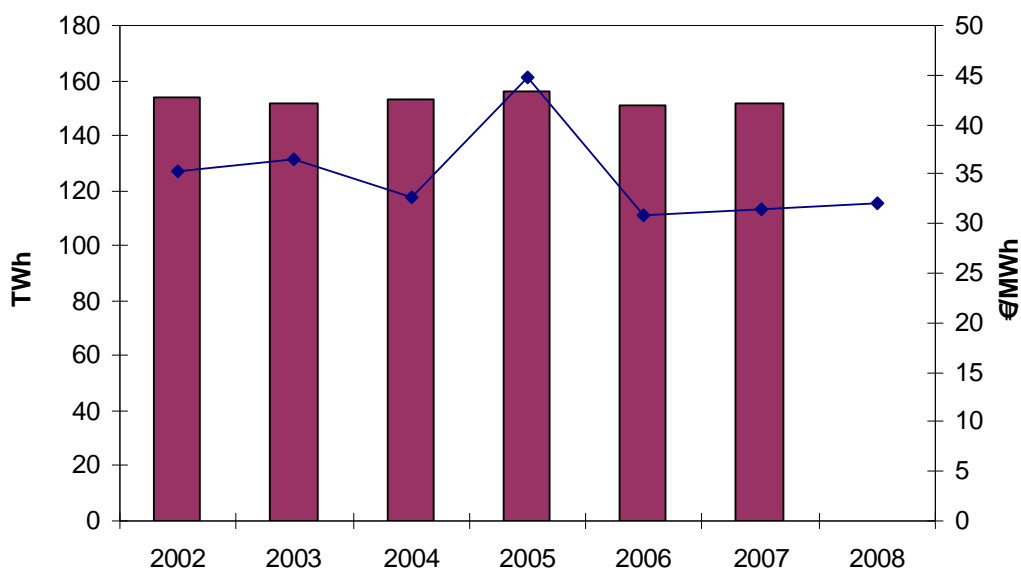
Albertan provinssin lisäksi myös Ontarion provinssissa on toiminnassa markkinapaikka sähkölle. Ontarion provinssissa sähkömarkkinat vapautuivat toukokuussa vuonna 2002. Kuvasta 14 voidaan havaita, että Ontarion provinssin tuotantorakenne on monipuolisempi verrattuna Albertan provinssin sähkön tuotantorakenteeseen. Ontarion alueella dominoivassa asemassa on ydinvoimalla tuotettu sähkö, jonka lisäksi kyseisellä alueella on muutenkin edullisempaa tuotantokapasiteettia verrattuna Albertan provinssin alueeseen, kuten esimerkiksi vesivoimaa. Ontarion provinssista on kattavat siirtoyhteydet muihin provinssihin ja Yhdysvaltojen puolelle. Kokonaissiirtokapasiteetti alueiden välillä voi olla jopa 4000 MW eli yli 10 % tuotantokapasiteetista. (IESO 2008 a)



Kuva 14: Ontarion provinssin alueen asennettu tuotantokapasiteetti jaoteltuna tuotantomuotoihin, kokonaistuotannon ollessa noin 31600 MW. (IESO 2008 a)

Ontarion provinssissa olevat tuotantoyksiköt ja suuret teollisuuslaitokset sekä paikalliset jakeluverkkoyhtiöt ovat pakotettuja osallistumaan sähköpörssiin. Muut markkinatoimijat, joilla on myös yhteys verkkoon, voivat valita osallistuvatko he pörssiin toimintaan vai käyttävätkö he kahdenvälisiä sopimuksia. Ontarion sähköpörssiin kaupankäyntimuotona ovat sekä jatkuva-aikainen (real-time) että suljettuun huutokauppaan perustuva kaupankäyntimalli. Lisäksi operaattori pitää yllä kapasiteettireserviä. Pörssissä on tarjolla myös Financial Transmission Rights (FTR) -johdannaismarkkinat, joilla voi suojautua pullonkauloista johtuvia sähkön hintaeroja vastaan. (IESO 2007 a)

Kuvassa 15 on seurattu sähkön kulutuksen kehittymistä ja sähkön hintakehitystä vuodesta 2002 alkaen. Ontarion provinssin sähkön kulutus on pysynyt vuositasolla noin 150 TWh:ssa koko tarkastelujakson ajan (vuoden 2008 kulutustiedot puuttuvat). Sen sijaan sähkön hinnassa on nähty hieman enemmän vaihtelua. Erityisesti kannattaa kiinnittää huomiota vuoden 2005 aikana syntyneeseen hintapiikkiin, joka johtui luonnonkatastrofien vuoksi kohonneesta maakaasun hinnasta. (IESO 05; IESO 2007 b)



Kuva 15: Ontarion provinssin sähkön kulutuksen kehittyminen ja sähkön hintakehitys vuodesta 2002 eteenpäin. (IESO 2005; IESO 2009)

Ontarion alueen sähköpörssissä toimijat jaetaan kahteen ryhmään aktiivisiin (dispatchable) ja passiivisiin (nondispatchable). Ensimmäinen ryhmä osallistuu

aktiivisesti markkinatoimintaan ja vastaanottaa komentoja viiden minuutin välein saavuttaakseen määrätyn tason tuotannossa tai kulutuksessa. Passiiviset toimijat ottavat markkinoilta saatavan toimitushinnan ja tuottavat tai kuluttavat sähköenergiaa reaaliaikaisesti. Eli he saavat korvauksen tai maksavat sähköenergiasta kunkin tunnin toimitushintaa vastaavan summan. Suurin osa Ontarion provinssin kuormasta kuuluu passiivisiin toimijoihin ja suurin osa tuottajista kuuluu aktiivisiin toimijoihin. Suuren ja nopeasti säädettävissä olevan kuorman omaavat toimijat voivat tosin olla aktiivisessa ryhmässä ja vastaavasti pienet tuotantolaitokset voivat kuulua passiivisten toimijoiden ryhmään. (IESO 2007 a)

Ontarion sähköpörssin ensimmäisenä kaupankäyntimallina on suljettuun huutokauppaan pohjautuva järjestelmä. Toimijoiden tulee jättää tarjouksensa päivää ennen tulevaa toimitusjaksoa paikallista aikaa kello 6.00 ja 11.00 välillä. Yhteensä tarjoukset jätetään 37 tunnille. Näin ollen osa tarjouksista toimii referenssihintana tulevaisuuteen. Erotuksena tässä työssä aikaisemmin esiteltyihin pörssihin toimijat ovat oikeutettuja muuttamaan tarjouksiaan kahden tunnin päähän ennen toimitusjakson alkua ilman rajoitteita. Ontarion provinssin sähköpörssissä toisena kaupankäyntimallina olevan jatkuva-aikaisen mallin sähkön hinta MCP (Market Clearing Price) määritellään jokaiselle viiden minuutin jaksolle, jota käytetään aktiivisten toimijoiden netotushintana. Viiden minuutin jaksojen keskiarvoista muodostuu jokaiselle tunnille sähkön toimitushinta HOEP (Hourly Ontario Energy Price), jota käytetään passiivisten toimijoiden netotushintana. Molempien kaupankäyntimallien avulla määritetyt sähkön hinnat ovat voimassa kaikissa Ontarion alueen sähkökaupoissa. Markkinapaikka on toiminnassa vuoden jokaisena päivänä ympäri vuorokauden. (IESO 2008 b)

Erityispiirteenä muihin työssä käsiteltyihin pörssihin, Ontarion alueen sähköpörssin tuotantokapasiteetti on pääosin yhden toimijan omistuksessa. Yritys omistaa peräti 75 %:a Ontarion alueen tuotantokapasiteetista. Lisäksi erityispiirteenä voidaan mainita kattavat siirtoyhteydet New Yorkin ja Mid-Westin sähköverkkoihin. (IESO 2007 a)

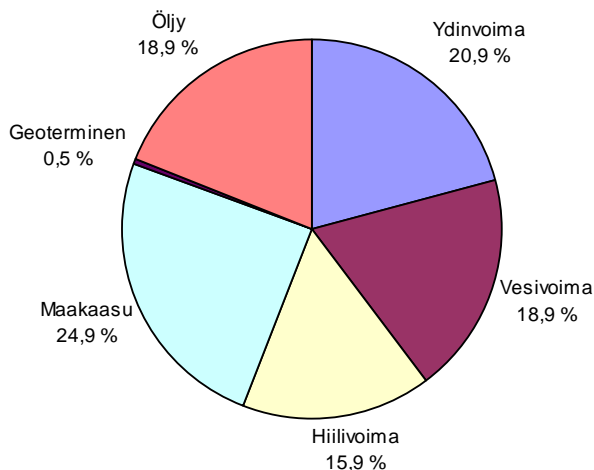
5. Sähköpörssit Aasiassa

Aasiassa toimii muutamia sähköpörssijä, joista yhdet kehittyneimmistä pörseistä ovat toiminnassa Japanissa sekä Etelä-Koreassa. Japanin sähköpörssi (Japan Electric Power Exchange) JEPX on perustettu vuonna 2003 ja Etelä-Korean vastaava markkinapaikka (Korea Power Exchange) KPX vuonna 2001. Lisäksi Intiaan on kesäkuussa 2008 perustettu sähköpörssi (Indian Energy Exchange). Myös Singaporessa toimii sähköpörssi. Seuraavaksi tarkastellaan Japanin ja Etelä-Korean sähköpörssien toimintaa.

5.1 JEPX

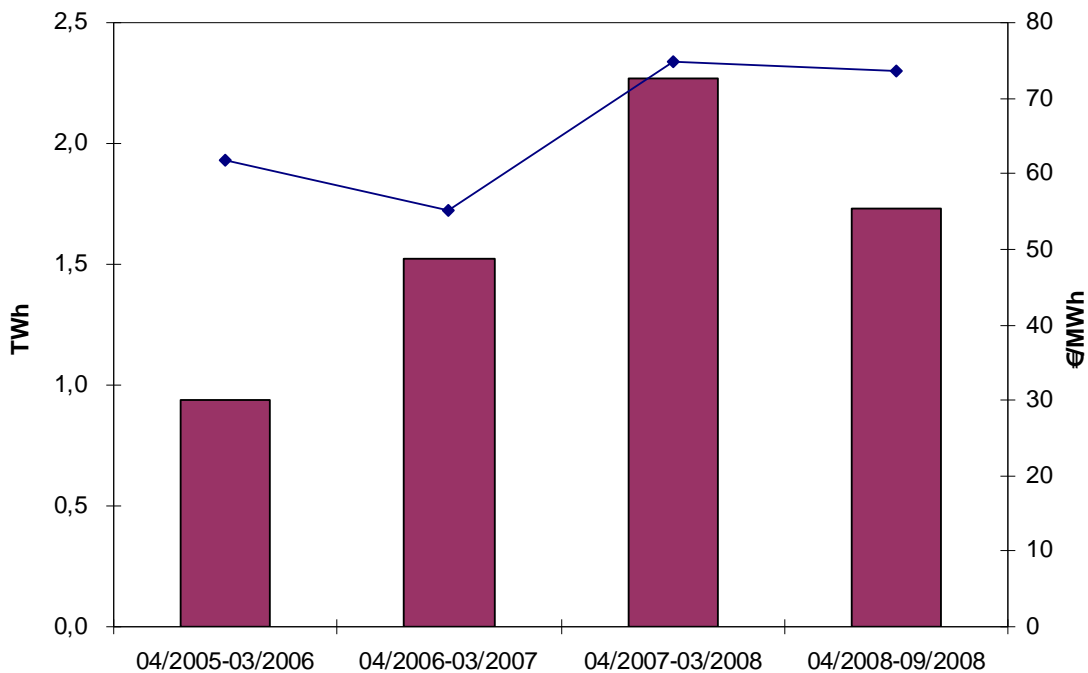
Japanin sähköpörssi aloitti varsinaisen kaupankäynnin keväällä 2005. Pörssissä käydään kauppaa sekä fyysisillä SPOT -markkinoilla että finanssijohdannaisilla. Lisäksi pörssi pitää yllä ilmoitustaulua sähkön finanssimarkkinoita koskien. Japanin sähköpörssissä on käytössä aluehinnoittelumalli ja sen yhtenä päätarkoituksena on aktivoida sähkönsiirtoja laajemmille alueille. (Asano 2008, JEPX 2008)

Kuvassa 16 on esitetty vuoden 2006 sähkön tuotantorakenne Japanissa. Kokonaistuotantokapasiteetti kyseisenä vuonna oli noin 238 GW. Kuvasta käy ilmi se, että Japanilla on melko monipuolinen sähkön tuotantorakenne. On kuitenkin huomioitava muiden uusiutuvien energialähteiden, kuin vesivoiman, vähäisyys tuotantorakenteessa. Tulevaisuudessa Japanin tarkoituksena on lisätä uusiutuvien energiamuotojen käyttöä voimakkaasti. Erityisesti investoinnit aurinkokennoihin sekä tuulivoimaloihin ovat kasvussa. Japani on voimakkaasti riippuvainen tuontienergiasta. (FEPC 2008)



Kuva 16: Sähkön tuotantorakenne Japanissa vuonna 2006, kokonaistuotantokapasiteetin ollessa noin 238 GW. (FEPC 2008)

Kuvassa 17 on tutkittu Japanin sähköpörssin volyymin sekä sähkön pörssihinnan kehitystä siitä lähtien kun kaupankäynti pörssissä alkoi. Japanin sähköpörssin toimivuosi alkaa huhtikuun alusta ja kestää seuraavan vuoden maaliskuun loppuun. Japanin sähköpörssin volyyymi on ollut voimakkaassa kasvussa kaupankäynnin alkamisesta saakka. On huomioitava, että huhtikuun 2008 - syyskuun 2008 välisenä aikana on pörssissä vaihdetun sähkön määrä jo ylittänyt toimivuoden 2006/07 vaihdon, vaikka tarkastelujakso on puolet lyhyempi. Pörssin kokonaisvaihto on kuitenkin pieni verrattuna Japanin kokonaiskulutukseen, mikä on viime vuosina ollut noin 890 TWh. Japanissa sähkön toimitukset toteutetaan useimmiten kahdenvälisen sopimusten avulla eli sähkön tuottajat myyvät tuottamasta sähkön suoraan asiakkailleen. Kahdenvälisen sopimusten pituudet ovat pääosin useita vuosia. Kuvassa 17 esitetty sähkön pörssihinta on vuorokauden keskimääräinen toimitushinta vuositasolla tarkasteltuna. (Asano 2008, FEPC 2008; JEPX 2008)



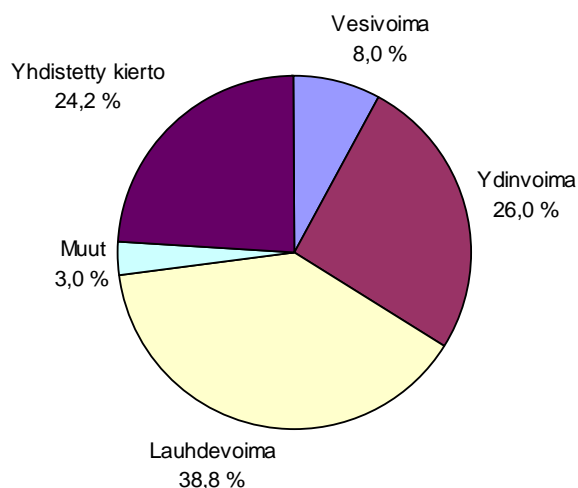
Kuva 17: Japanin sähköpörssin volyymin sekä sähkön pörssihinnan kehitys koko pörssin toimiajalta. (JEPX 2008)

Japanin sähköpörssissä fyysistä sähkökauppaa käydään koskien seuraavan päivän sähkötoimituksia. Kaupankäyntimuotona on suljettu huutokauppajärjestelmä, jossa toimijat jättävät kyseistä tuntia koskevat hinta/määrä - kombinaatiot pörssiin edeltävänä päivänä. Toimitusjakson pituus on 30 minuuttia, joten yhden päivän aikana on 48 eri toimitusjaksoa. Toimitusjakson systeemihinta saadaan osto- ja myyntitarjousten risteyskohdasta. (JEPX 2008)

Japanin sähköpörssin volyymi on kasvanut voimakkaasti kaupankäynnin alusta saakka. Muodostunutta systeemihintaa ei kuitenkaan voida pitää kovinkaan uskottavana, koska pörssivaihto on pientä verrattuna kokonaiskulutukseen. Japanin sähkömarkkinat ovat kokemassa muutoksia lähivuosien aikana, joilla pyritään muun muassa parantamaan sähköpörssin asemaa ja lisäämään pörssivaihtoa. Japanin sähköpörssin tarkastelua vaikeuttaa englanninkielisen materiaalin vähäinen saatavuus. (Asano 2008)

5.2 KPX

Korea Power Exchange vastaa Etelä-Korean sähkömarkkinoiden toiminnasta ja sähkön markkinapaikasta. KPX perustettiin vuonna 2001. Etelä-Korean sähkömarkkinat ovat kokemassa vaiheittaisia muutoksia vuoden 2009 loppuun mennessä, jotka johtanevat siihen, että sähkön markkinahinta muodostuu perustuen markkinaehtoisesti, ilman että kustannuksia valvotaan operaattorin toimesta. Vuoden 2007 lopussa KPX:n alueella oli tuotantokapasiteettia noin 68000 MW. Kuvassa 18 on kyseinen tuotantokapasiteetti jaettu eri tuotantomuotojen kesken. (KPX 2008)

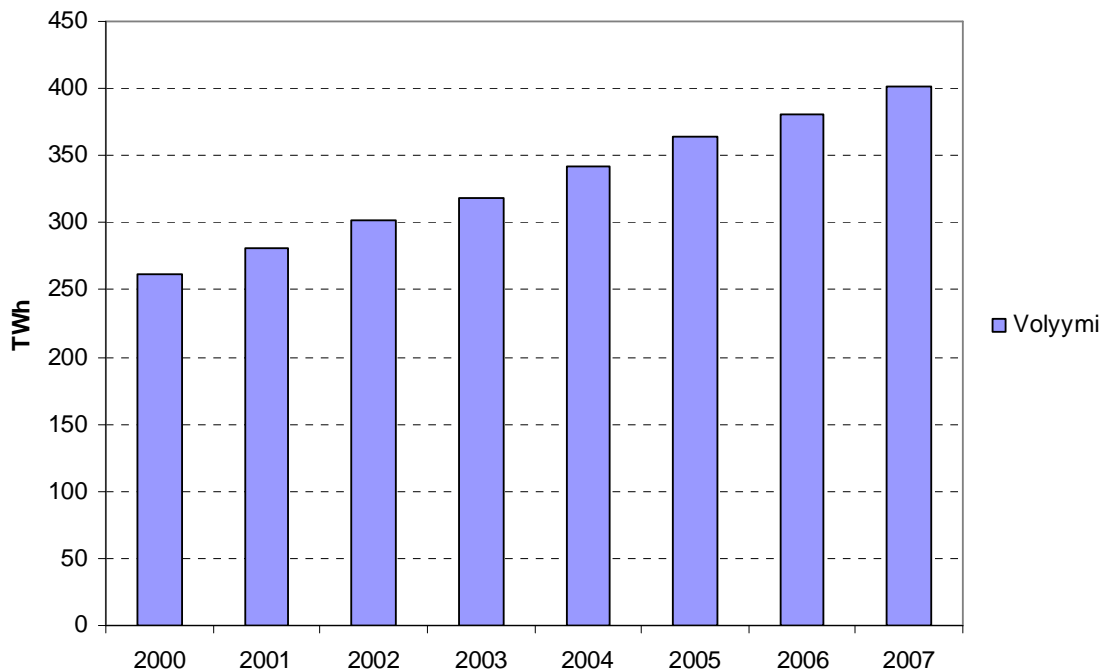


Kuva 18: Etelä-Korean sähkön tuotantorakenne vuonna 2007 jaoteltuna prosentiosuuksiin, kokonaistuotantokapasiteetin ollessa noin 68000 MW. (KPX 2008)

Etelä-Korean sähkön tuotantorakenteesta kannattaa ottaa huomioon suuri lauhdevoiman osuus. Höyryvoiman sisälle polttoaineista kuuluvat öljy, maakaasu, antrasiitti sekä bitumi. Lisäksi myös Etelä-Koreassa on syytä havaita vähäinen uusiutuvien energialähteiden käyttö sähköntuotannossa. Etelä-Korean sähköpörssissä rajatuotantomuotona on minimikulutuksen aikaan hiilivoima ja huippukuorman aikaan maakaasu.

Etelä-Korean sähkön kulutus on kasvanut tasaisesti 2000 - luvulla, kuten kuvasta 19 käy selville. Samaan aikaan KPX:n ylläpitämän markkinapaikan vaihto on kasvanut

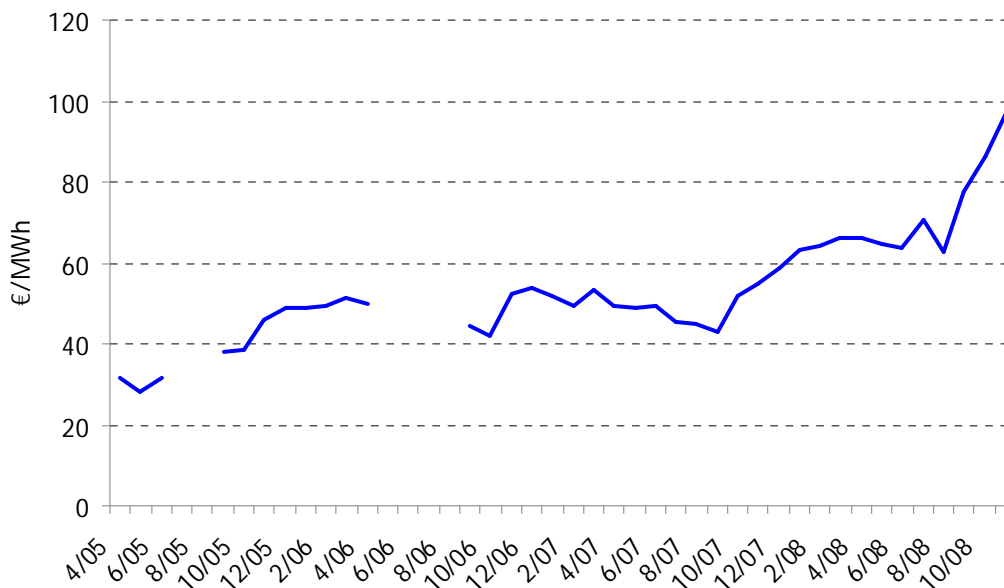
vastaavaa tahtia. Etelä-Korean sähköpörssin toimijoiden määrä on kasvanut ensimmäisen vuoden seitsemästä toimijasta vuoteen 2007 mennessä yhteensä 197 toimijaan. Vuoden 2007 pörssikauppojen rahallinen arvo oli noin 13 miljardia euroa. (KPX 2008)



Kuva 19: Etelä-Korean sähköpörssin volyymin ja sähkön kulutuksen kehitys 2000 - luvulla. (KPX 2008)

Ennen vuoden 2009 aikana toteutettavaa muutosta, on Etelä-Korean sähköpörssissä käytössä samanlainen kaupankäyntimalli kuin esimerkiksi Isossa-Britanniassa on ollut käytössä. Kyseisessä mallissa operaattori muodostaa ensin kulutusennusteen, jonka jälkeen operaattori vastaanottaa tuottajapuolelta käytössä olevan tuotantokapasiteetin määrän. Tämän jälkeen operaattori muodostaa sähkön toimitushinnoista listan, jonka perusteella valitaan ne tuotantolaitokset, jotka tuottavat sähköä toimitusjaksolla. Sähkön lopullinen toimitushinta jokaiselle toimitusjaksolle muodostetaan siten, että kaikki valitut tuotantolaitokset saavat tuotantojaksolta kalleimman toimitushinnan suuruisen korvauksen. Ennen kuin uudistus astuu voimaan, Etelä-Korean sähköpörssin sähkön hinta muodostuu kustannusperusteisen mallin (Cost-based Pool) mukaan eli tuottajien täytyy ilmoittaa kiinteät ja muuttuvat kustannukset viranomaisille kuukausittain ja toimitushintojen täytyy perustua ilmoitettuihin kustannuksiin. Kuvassa 18 on tarkasteltu sähköpörssin sähkön hintakehitystä vuoden 2005 kevästä eteenpäin. Tarkasteltu hinta on

kunkin kuukauden keskimääräinen systeemihinta Etelä-Korean sähköpörssissä. Vuoden 2005 heinä- ja elokuun sekä vuoden 2006 touko - elokuun hintatiedot puuttuvat, mutta kuvasta käy hyvin ilmi sähkön hinnan nouseva trendi. (KPX 2008)



Kuva 20: Etelä-Korean sähköpörssin sähkön hintakehitys keväästä 2005 eteenpäin. (KPX 2008)

Etelä-Korean sähköpörssissä tuottajien täytyy jättää tarjouksensa joka päivä paikallista aikaa kello 10.00 mennessä, koskien seuraavana päivänä kello 18.00 alkavia toimitusjaksoja. Tarjoukset on tehtävä 34 seuraavalle toimitusjaksolle, jonka pituus on yksi tunti. Jätetyistä 34:sta tarjouksesta seuraavan vuorokauden (24 toimitusjaksoa) tarjoukset käytetään tarjontakäyrän muodostamiseen ja jäljelle jääviä kymmentä toimitusjaksoa koskevia tarjouksia käytetään apuna tuotannon suunnittelussa. Tuottajien tarjousten tulee vastata heidän maksimikapasiteettiaan aina kyseisellä toimitusjaksolla. Tarjousten jättämisen jälkeen KPX käyttää tietoja muodostaakseen hintakehyksen kullekin toimitusjaksolle. Tuottajat, jotka jättävät tarjouksensa määräaikaan mennessä, ovat oikeutettuja saamaan korvauksia, joilla he voivat kattaa kiinteät kustannukset, huolimatta siitä tuottivatko he sähköä markkinoille toimitusjakson aikana. (KPX 2008)

6. Yhteenveto

Työssä käsiteltyjen sähköpörssien välillä on havaittavissa yhtäläisyyksiä, vaikka ne sijaitsevat eri puolilla maailmaa. Esimerkiksi lähes jokaisessa pörssissä rajatuotantomuotona on hiilivoima tai kulutuksesta riippuen joko hiilivoima tai maakaasu. Ainoastaan Uuden-Seelannin sähköpörssin rajatuotantomuodon asemassa oleva tuotantolaitos eroaa muista. On syytä muistaa, että Uuden-Seelannin sähköpörssin sähkön hinta on voimakkaasti riippuvainen alueen vesivarastojen tilasta ja näin ollen rajatuotantomuotona on joko vesivoima tai hiilivoima.

Yhtäläisyyksiä on havaittavissa myös hinnoittelumalleissa. Yhdysvalloissa toimivista sähköpörseistä kaikki ovat jo siirtyneet tai ovat pian siirtymässä käyttämään solmupistehinnoittelua. Yhdysvaltojen sähköpörseissä myös kaupankäyntimallit ovat yhtenevät. Yhdysvalloissa käytössä on useimmiten kaksi erillistä kaupankäyntimallia (day-ahead ja real-time), joista ensimmäisessä käydään kauppaa seuraavan päivän sähkön toimituksista ja jälkimmäisessä korjataan kulutuksessa tai tuotannossa tapahtuneet äkilliset muutokset. Lisäksi myös Uudessa-Seelannissa käytetään solmupistehinnoittelua ja yhtäläisiä kaupankäyntimalleja Yhdysvaltojen sähköpörseihin verrattuna.

Aluehinnoittelumalli on käytössä neljässä työssä läpikäydyssä sähköpörssissä. Näistä pörseistä kaksi sijaitsee Kanadassa, yksi Australiassa ja yksi Japanissa. Jokaisella aluehinnoittelumallia käyttävällä pörssillä on käytössä suljettu huutokauppajärjestelmä. Lisäksi Australian ja Ontarion provinssin sähköpörseissä on käytössä myös jatkuva-aikainen järjestelmä. Etelä-Korean sähköpörssi eroaa muista työssä käsitellyistä pörseistä siten, että siellä on käytössä poolihinnoittelumalli. Kaupankäyntimallina Etelä-Korean sähköpörssissä on vielä tammikuussa 2009 kustannusperusteinen malli.

Tarkasteltaessa sähköpörssien sähkön hintatasoja toimintavuodelta 2006 havaitaan, että kalleimmat sähköpörssit vuositasolla tarkasteltuna ovat Japanin ja Etelä-Korean sähköpörssit. Seuraavaksi korkeimmat hintatasot ovat Pohjois-Amerikan eri alueiden sähköpörseissä, lukuun ottamatta MISO:n ylläpitämää pörssiä, joka osoittautuu hintavertailussa edullisimmaksi pörssiksi. Hintatasoja vertailtaessa on syytä ottaa

huomioon, että joissakin pörseissä toimintavuosi alkaa eri aikaan vuodesta, jolloin pieniä hintaeroja voi syntyä jo tästä syystä. Lisäksi kannattaa pitää mielessä, että eri vuosien välillä voi olla voimakastakin vaihtelua sähkön hinnassa, johtuen useasta eri tekijästä. Kokonaisuudessaan voidaan kuitenkin todeta, että työssä analysoitujen sähköpörssien hintatasot vuonna 2006 ovat olleet varsin kohtuullisella tasolla, jos niitä verrataan esimerkiksi Nord Pool - sähköpörssin hintoihin. Nord Poolin sähkön systeemihinta vuonna 2006 oli noin 49 €/MWh. Suurimmassa osassa tässä työssä käsitellyjä pörsejä kaikki alueella toteutettava sähkökauppa kulkee pörssin kautta. Ainoastaan Japanin sähköpörssi muodostaa poikkeuksen. Yhteenvedo tässä työssä tarkastelluista sähköpörseistä on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2: Työssä käsiteltyjen sähköpörssien perustietoja.

Pörssin lyhenne/ Maa	Hinnoittelumalli	Kaupankäyntimalli	Rajatuotantomuoto	Volyymi [TWh] (2006)	Hintataso [€/MWh] (2006)
AESO/ Kanada	aluehinnoittelu	suljettu huutokauppa, real-time	hiilivoima/maakaasu	0,068	41
CAISO/ Yhdysvallat	siirtymässä solmupiste-hinnoitteluun	real-time, hour-ahead	maakaasu	240	41
COMIT/ Uusi-Seelanti	solmupiste-hinnoittelu	suljettu huutokauppa, real-time	vesi-/hiilivoima	40	29
ERCOT/ Yhdysvallat	aluehinnoittelu, siirtyy solmupiste (2009)	day-ahead, real-time	hiilivoima/maakaasu	300	35
IESO/ Kanada	aluehinnoittelu	suljettu huutokauppa, jatkuva-aikainen	hiilivoima/maakaasu	151	32
JEPX/ Japani	aluehinnoittelu	suljettu huutokauppa	-	1,5 (1)	55 (1)
KPX/ Etelä-Korea	poolihinnoittelu	kustannusperusteinen malli	hiilivoima/maakaasu	381	50 (2007)
MISO/ Yhdysvallat, Kanada	solmupiste-hinnoittelu	day-ahead, real-time	hiilivoima	607 (2005)	27
NEM/ Australia	aluehinnoittelu	suljettu huutokauppa, jatkuva-aikainen	hiilivoima/maakaasu	196 (1)	33 (1)
NYISO/ Yhdysvallat	solmupiste-hinnoittelu	day-ahead, real-time	maakaasu	167	48
PJM/ Yhdysvallat	solmupiste-hinnoittelu	day-ahead, real-time	hiilivoima/maakaasu	696	34

(1) Toimintavuosi 2006 - 2007

Useat työssä käsiteltävistä sähköpörssistä ovat uudistamassa toimintamallejaan lähitulevaisuudessa ja jatkossa onkin mielenkiintoista seurata, kuinka esimerkiksi kahden Yhdysvaltalaisen operaattorin (CAISO ja ERCOT) ylläpitämien pörssien toiminta tai hintatasot muuttuvat. Lisäksi on kiinnostava nähdä kuinka Etelä-Korean sähköpörssissä toteutettavat muutokset vaikuttavat kyseisen pörssin hintatasoon ja markkinaosuuteen. Jatkossa voisi odottaa myös lisää avoimuutta joidenkin pörssien toimintaan. Esimerkiksi Uuden-Seelannin sähköpörssillä olisi tässä kehitettävää. Lähitulevaisuudessa kannattaa seurata myös sitä, laajeneeko Australian kansallisen sähköpörssin toimialue kattamaan koko maan.

LÄHDELUETTELO

- (AER 2007) Australian Energy Regulator. State of the energy market 2007. [viitattu 9.7.2008] Saatavilla [www-muodossa: http://www.aer.gov.au/content/item.phtml?itemId=713232&nodeId=67b1d02a12f45d1e19b678772c1ea9b2&fn=State%20of%20the%20energy%20market%202007.pdf](http://www.aer.gov.au/content/item.phtml?itemId=713232&nodeId=67b1d02a12f45d1e19b678772c1ea9b2&fn=State%20of%20the%20energy%20market%202007.pdf)
- (AESO 2007 a) Alberta electric system operator. Annual Report 2007 [viitattu 15.10.2008] Saatavilla [www-muodossa: http://www.aeso.ca/downloads/2007_Annual_Report_-_Final.pdf](http://www.aeso.ca/downloads/2007_Annual_Report_-_Final.pdf)
- (AESO 2007 b) Alberta electric system operator. Participant manual. [viitattu 14.8.2008] Saatavilla [www-muodossa: http://www.aeso.ca/downloads/Participant_manual07.pdf](http://www.aeso.ca/downloads/Participant_manual07.pdf)
- (AESO 2008) Alberta electric system operator. Powering Albertans. [viitattu 14.8.2008] Saatavilla [www-muodossa: http://www.aeso.ca/downloads/AESO_Final_LR.pdf](http://www.aeso.ca/downloads/AESO_Final_LR.pdf)
- (Asano 2008) Asano, H. Restructuring the Electricity Industry and Emerging Issues in Japan. IEEE, 2008, China.
- (COMIT 2008) COMIT Free To Air. Service provider of New Zealand's electricity market [verkkosivut]. [viitattu 25.6.2008] Saatavilla [www-muodossa: http://www.electricityinfo.co.nz/comitFta/ftapage.main](http://www.electricityinfo.co.nz/comitFta/ftapage.main)

- (EIA 2008) Energy Information Administration. Official energy statistics from the U.S. Government [verkkosivut]. Saatavilla www-muodossa:
<http://www.eia.doe.gov/fuelelectric.html>
- (Electricity Commission 2007a) The Electricity Commission. Wholesale information and trading system. [viitattu 23.6.2008] Saatavilla www-muodossa:
<http://www.electricitycommission.govt.nz/pdfs/opdev/servprovinform/servprovpdfs/agreements/Wholesale-Information-and-Trading-System.PDF>
- (Electricity Commission 2007b) The Electricity Commission. Market Design Review – Survey of Market performance. [viitattu 15.9.2008] Saatavilla www-muodossa:
<http://www.electricitycommission.govt.nz/pdfs/opdev/wholesale/market-design/Market-Design-Review.pdf>
- (FEPC 2008) The Federation of Electric Power Companies of Japan. Electricity review Japan. [viitattu 24.9.2008] Saatavilla www-muodossa:
<http://www6.fepc.or.jp/english/library/review/2008/all.pdf>
- (FERC 2008) Federal energy regulatory commission. Electric Power Markets: National overview [verkkosivut]. [viitattu 30.7.2008] Saatavilla www-muodossa:
<http://www.ferc.gov/market-oversight/mkt-electric/overview.asp>

- (Genesis Energy 2006) Genesis Energy. Trading and electricity markets. [viitattu 24.6.2008] Saatavilla [www-muodossa: http://www.genesisenergy.co.nz/shadomx/apps/fms/fmsdownload.cfm?file_uuid=42F2E11E-7E95-D748-07D0-4721F0FC48B7&siteName=genesis](http://www.genesisenergy.co.nz/shadomx/apps/fms/fmsdownload.cfm?file_uuid=42F2E11E-7E95-D748-07D0-4721F0FC48B7&siteName=genesis)
- (IESO 2005) Independent Electricity System Operator. IESO Market Year in Preview 2005. [viitattu 22.1.2009] Saatavilla [www-muodossa: http://www.ieso.ca/imoweb/pubs/marketReports/MarketYearReview_2005.pdf](http://www.ieso.ca/imoweb/pubs/marketReports/MarketYearReview_2005.pdf)
- (IESO 2007 a) Zareipour, H. Cañizares, C.A. Bhattacharya, K. The Operation of Ontario's Competitive Electricity Market: Overview, Experiences, and Lessons. IEEE Transactions on Power Systems. Natural Sciences and Engineering Research Council, 2007, Canada.
- (IESO 2007 b) Independent electricity system operator. Ontario Market Outlook 2007. [viitattu 22.1.2009] Saatavilla [www-muodossa: http://www.ieso.ca/imoweb/pubs/marketReports/OMO-Report-2007.pdf](http://www.ieso.ca/imoweb/pubs/marketReports/OMO-Report-2007.pdf)
- (IESO 2008 a) Independent electricity system operator. Power to Ontario [verkkosivut]. [viitattu 15.8.2008] Saatavilla [www-muodossa: http://www.ieso.ca/default.asp](http://www.ieso.ca/default.asp)
- (IESO 2008 b) Independent electricity system operator. IESO Market Overview. [viitattu 17.8.2008] Saatavilla [www-muodossa: http://www.ieso.ca/imoweb/mktOverview/pres/intro.asp](http://www.ieso.ca/imoweb/mktOverview/pres/intro.asp)

- (IESO 2009) Independent electricity system operator. Ontario Market Outlook 2009. [viitattu 22.1.2009] Saatavilla www-muodossa:
<http://www.ieso.ca/imoweb/pubs/marketReports/OMO-Report-2009.pdf>
- (IRC 2007) The ISO/RTO Council. IRC sourcebook 2007.[viitattu 17.9.2008] Saatavilla www-muodossa:
http://www.isorto.org/atf/cf/%7B5B4E85C6-7EAC-40A0-8DC3-003829518EBD%7D/IRC_2007%20Sourcebook.pdf
- (JEPX 2008) Japan Electric Power Exchange. [verkkosivut] Saatavilla www-muodossa: http://www.jepx.org/English/index_e.html
- (Karjalainen 2006) Karjalainen, Risto. Sähkökaupan riskit ja riskienhallinta. Diplomityö, 2006, LTY.
- (KPX 2008) Korea Power Exchange [verkkosivut]. [viitattu 26.9.2008] Saatavilla www-muodossa: <http://www.kpx.or.kr/english/>
- (M-co 2002) M-co New Zealand. The marketplace company. M-co and New Zealand electricity market case study. [viitattu 23.6.2008] Saatavilla www-muodossa: http://www.nz.m-co.com/upload/sectionimages/7894_NZEM.pdf
- (NEMMCO 2008) The National Electricity Market Management Company. National Electricity Market [verkkosivut]. [viitattu 16.6.2008] Saatavilla www-muodossa:
<http://www.nemmco.com.au/about/000-0283.pdf>

- (NEMMCO 2007) The National Electricity Market Management Company. Annual report 2007. [viitattu 18.6.2008] Saatavilla www-muodossa:
<http://www.nemmco.com.au/corpinfo/000-0253.pdf>
- (Oksanen 2008) Oksanen, Mari. Markkinamekanismit sähkön tukkumarkkinoilla. Diplomityö, 2008, LTY.
- (Partanen 2007) Partanen, J., Viljainen, S., Lassila, J., Honkapuro, S., Tahvanainen, K., Karjalainen, R. Sähkömarkkinat. Opetusmoniste, LTY, 2007. ISBN 951-764-819-9.
- (Phillips 2004) Drew Phillips. Nodal Pricing Basics. Market Evolution Program. IMO (Independent Electricity Market Operator). IESO. 2004. [Viitattu 6.1.2009]. Saatavilla www-muodossa:
http://www.ieso.ca/imoweb/pubs/consult/mep/LMP_Nodal_Basics_2004jan14.pdf
- (Rinta-Runsala 1999) Rinta-Runsala, E., Kiviniemi, J. Sähkösäätelyn riskienhallinta avoimilla sähkömarkkinoilla. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Espoo, 1999. [Viitattu 10.6.2008]. Saatavilla www-muodossa:
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T2007.pdf>