

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0202 Energiatekniikan kandidaatintyö

ENERGIAPROJEKTEIHIN LIITTYVÄT RISKIT
RISKS RELATED TO ENERGY PROJECTS

Työn tarkastaja: Aija Kivistö

Työn ohjaaja: Aija Kivistö

Lappeenranta 1.3.2017

Aino Kari

TIIVISTELMÄ

Aino Kari

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyön ohjaaja: Aija Kivistö

Kandidaatintyö 2017

34 sivua, 10 kuvaa, 2 taulukkoa ja 1 liite

Hakusanat: Energiaprojektien riskit, riskit, riskitekijät

Kandidaatintyön tavoitteena on kartoittaa energiaprojekteihin liittyviä riskejä taloudelliselta, sosiaalipoliittiselta ja teknologiselta kannalta. Riskitekijöitä kartoitettaessa on huomioitu energiankäytön ja –tuotannon tulevaisuuden näkymät. Kirjallisuustyön aineisto pohjautuu pääosin Kansainvälisen energiajärjestö IEA:n julkaisuihin.

Merkittävimpana riskitekijänä on maailmalla läpikäytävä energiamurros nyt ja tulevina vuosikymmeninä. Energiantuotannon riittävyyttä koettelee erityisesti Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö OECD:n ulkopuolisten valtioiden energiankulutuksen voimakas kasvaminen väestönkasvun ja talouskasvun myötä. Vuoteen 2040 mennessä OECD:n ulkopuolisten valtioiden energiankulutuksen on ennustettu kattavan likimain kaksi kolmasosaa maailman primäärienergiantarpeesta.

Ilmastonmuutoksen hillitseminen ja hiilineutraaliuteen pyrkivä energiantuotanto ovat energiapolitiikan ytimessä. Ilmastonmuutosta ehkäisevänä toimenpiteenä kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään ja fossiilisten polttoaineiden käyttöä energiantuotannossa korvataan uusiutuvilla. Toimenpiteet tietävät haasteita energiantuotannossa. Tavoitteiden saavuttaminen edellyttää investoimista teknologian tutkimukseen ja kehitykseen, paikoin mittavia uudistuksia infrastruktuuriin sekä myönteistä politiikkaa. Verotus ja tehokas päästökauppa ovat myös olennaisessa osassa toteutuksessa. Toimet edellyttävät kansainvälistä yhteistyötä ja sitoutumista sopimukseen. Riskitekijöiden ennalta tunnistaminen on paras keino välttyä epäonnistuneilta järjestelmiltä, tuotannon menetyksiltä tai tappioilta.

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä

Sisällysluettelo

Symboli- ja lyhenneluettelo

1 Johdanto	5
2 Energiankäytön tulevaisuuden skenaario	6
3 Energiaprojektien riskit	11
3.1 Taloudelliset riskit.....	12
3.1.1 Energiaprojektien investointi	12
3.1.2 Polttoaineiden hintojen kehitys	13
3.1.3 Sähkömarkkinat.....	17
3.1.4 Päästökauppa	18
3.1.5 Tuet ja verotus	19
3.2 Teknologiset riskit	21
3.2.1 Energiantuotannon teknologinen kehitys	21
3.2.2 Sähköntuotannon integroiminen älykkääseen sähköverkkoon....	22
3.2.3 Ympäristötekijät	23
3.3 Poliittiset ja sosiaaliset riskit	24
3.3.1 Poliittiset riskit	24
3.3.2 Sosiaaliset riskit.....	25
4 Uusiutuvien ja perinteisten energiantuotantomuotojen kohtaamien riskien eroavaisuudet	26
5 Yhteenveto	30
Lähdeluettelo	32

Liite 1. Conventional Energy Risk Map (IEA 2011)

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Lyhenteet

EIA	Yhdysvaltojen energiaministeriön alainen laitos (U.S. Energy Information Administration)
IEA	Kansainvälinen energiajärjestö (International Energy Agency)
MMBtu	Miljoona brittiläistä lämpöyksikköä (One Million British thermal unit)
MT	Metrinen tonni, 1000 kg (Metric ton)
OECD	Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö (Organization for Economic Cooperation and Development)
OPEC	Öljynviejäm maiden järjestö (Organization of Petroleum Exporting Countries)
TWh	Terawattitunti
WEC	Maailman energianeuvosto (World Energy Council)
WEO	Kansainvälisen energiajärjestön vuosikatsaus (World Energy Outlook)

1 JOHDANTO

Maailman energiankulutus on murroksessa. Energiankulutuksen dominoiva asema siirtyy OECD-valtioiden ulkopuolelle Aasian alati kasvaville markkinoille. Energiantarpeen kasvu on voimakasta kehittyvien maiden, etenkin Kiinan ja Intian, elintason nousun ja väestönkasvun myötä. Energiatasapainon saavuttamisen ja energiantuotannon lisäämisen haasteena on vähittäinen fossiilisista polttoaineista luopuminen ilmastonmuutosta hillitsevän energiapolitiikan ajamana. Osana kestävästä kehityksestä uusiutuvan energiantuotannon osuutta energiapaletissa on kasvatettava.

Energiaprojektit heijastavat yhteiskuntamme kehitystä, taloustilannetta ja hyvinvointia. Projektit ovat haavoittuvaisia erinäisille riskitekijöille. Riskitekijöitä voivat olla poliittisesti epävakaa olosuhteet ja konfliktit, finanssikriisit, tuloksettomat neuvottelut yhteisissä sopimuksissa tai onnettomuuteen johtava teknologian pettäminen. Uusiutuvaan energiaan pohjautuva energiantuotanto voi kohdata ennalta tunnistamattomia riskejä projektien kuluissa, sillä nopeasti kehittyvä teknologia on vielä vailla vankkaa kokemuspohjaa. Siirtyminen uudenlaiseen energiamalliin vaatii suuria investointeja uusiutuvan energian tuotantoon, sähköverkkojen uusimista sekä älykkään teknologian käyttöönottoa. Poliitiikan osalta muutos edellyttää pitkäaikaista, muutokselle myönteistä linjaa. Samalla järjestelmän uudistaminen lisää riskejä energian toimitusvarmuuden ja kilpailukyvyn ylläpidolle.

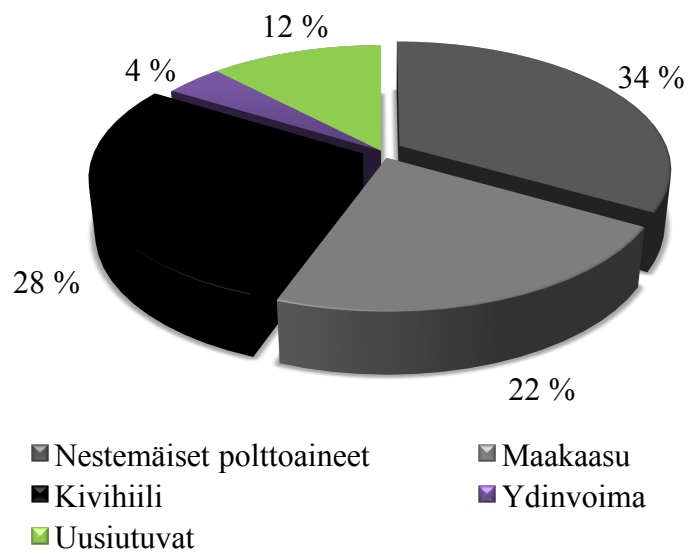
Kandidaatintyön tavoitteena on kartoittaa energiaprojekteihin liittyviä mahdollisia riskitekijöitä energiankäytön ja -tuotannon tulevaisuuden näkymät huomioiden. Merkittävimpiä riskitekijöitä tarkastellaan teknologiselta, taloudelliselta ja yhteiskunnalliselta kannalta. Erityispainoa annetaan uusiutuville energiantuotantomuodoille, joiden kohdalla vertailuaineistoa on toistaiseksi vähän saatavilla. Riskitekijöiden eroja uusiutuvien ja perinteisten energiantuotantomuotojen välillä pohditaan viimeisessä kappaleessa. Aineisto pohjautuu pääosin Kansainvälisen energijärjestö IEA:n ja Maailman energianeuvosto WEC:n julkaisuihin.

2 ENERGIANKÄYTÖN TULEVAISUUDEN SKENAARIO

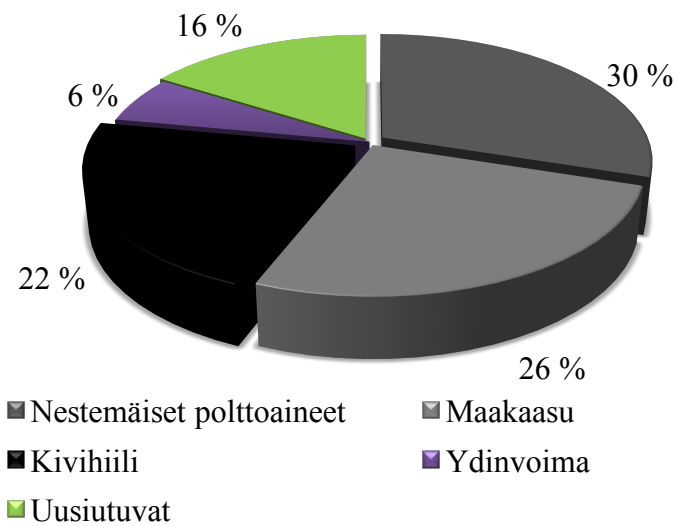
Energiantarve tulee kasvamaan vielä muutaman vuosikymmenen ajan väestönkasvun ja kehittyvien yhteiskuntien sähköistymisen myötä. Globaalin primäärienergiantarpeen on ennustettu nousevan 50 % vuoteen 2040 mennessä. Kasvu on pääosin peräisin OECD:n ulkopuolisista kehittyvistä valtioista Kiinasta, Intiasta sekä Afrikan, Lähi-idän ja Kaakkois-Aasian maista. Merkittävimmän energiantarpeen kasvun kokevat Kiina ja Intia, katkaen yli puolet maailman energiantarpeen kasvusta. Kiina ja Intia oletettavasti saavuttavat dominoivan aseman maailman energiankulutuksessa suurine väestöineen ja talouskasvuineen. OECD-maissa energiankulutuksen kasvu on maltillisempaa parantuneen energiatehokkuuden myötä. (EIA 2017, s.8.)

Haastetta energiantarpeen tyydyttämiseen tuovat fossiilisten polttoainevarantojen hupe-neminen ja tiukentuneet hiilidioksidipäästöjen rajoitukset. Kasvihuonekaasupäästöjen vä-hentämiseksi ja ilmaston lämpenemisen rajoittamiseksi on asetettu kansallisia ja ylikan-sallisia säädöksiä. Euroopan unionin sisällä on asetettu ohjeelliset päästövähennystavoit-teet 2050-luvulle asti. Välitavoitteita on asetettu vuosille 2020 ja 2030. Uusiutuvien ener-giamuotojen osuuden kasvattaminen ja energiatehokkuuden parantaminen ovat osana ta-voitteita. Vuoteen 2030 mennessä kasvihuonepäästöjen vähennystavoite on 40 % vuoden 1990 tasosta ja uusiutuvilla energiamuodoilla on katettava vähintään 27 % energian lop-pukulutuksesta. Lisäksi jokaiselle jäsenvaltiolle on määritetty omat sitovat tavoitteet läh-tötilanteet huomioiden. (Energiateollisuus Ry 2016a.) Marraskuussa 2016 voimaan astu-neen kansainvälisen Pariisin sopimuksen tavoitteena on estää maapallon keskilämpötilan nouseminen yli kahden asteen ja luoda pitkän aikavälin tavoite ilmastonmuutokseen so-putumiselle sekä edistää vähähiilistä ja ilmastokestävää kehitystä (YM 2016). Toteutus vaatii suuria investointeja uusiutuvan energian teknologian kehittämiseen.

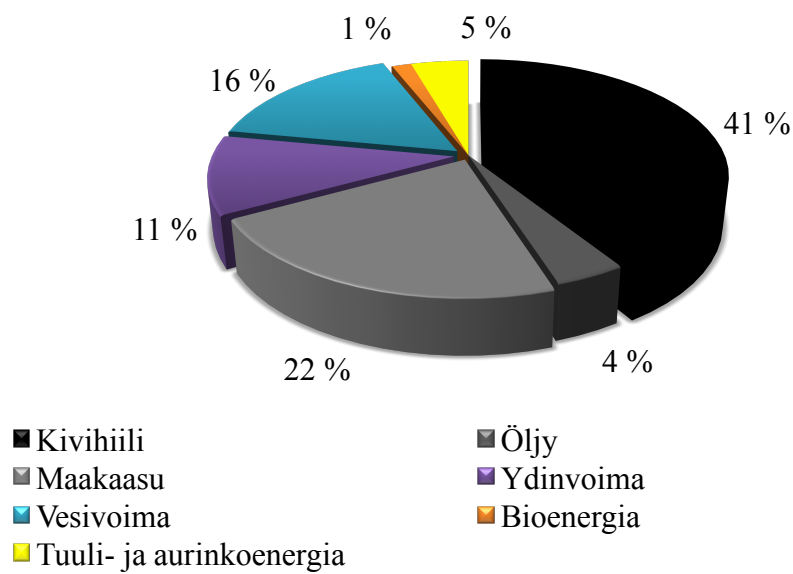
Kuvat 1 ja 2 kuvastavat primäärienergianlähteiden jakautumista vuonna 2013 ja arviota vuodelle 2040. Kuvat 3 ja 4 kuvaavat vastaavien vuosien primäärienergianlähteitä säh-köntuotannossa. Vuoden 2040 arvioiden laatimisessa on huomioitu ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi tiukentuneet poliittiset linjaukset.



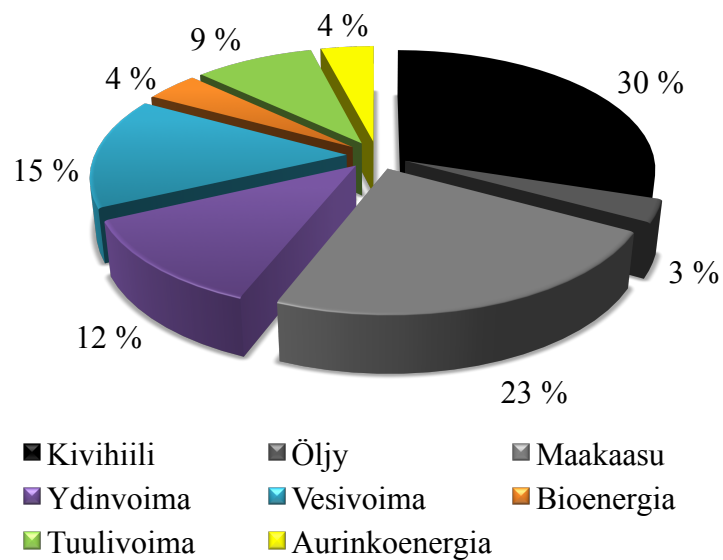
Kuva 1. Primäärienergianlähteet vuonna 2013, 164 000 TWh (EIA, 2016).



Kuva 2. Primäärienergianlähteet vuonna 2040, 239 000 TWh (EIA, 2016).



Kuva 3. Sähkön tuotanto primäärienergianlähteittäin 2013, 23 000 TWh
(IEA 2015, s.85).



Kuva 4. Sähkön tuotanto primäärienergianlähteittäin 2040, 39 500 TWh.
(IEA 2015, s.85).

Vuonna 2013 alkanut öljyn hinnan romahdus on hidastanut siirtymistä öljyn poltosta vähemmän saastuttaviin polttoaineisiin. Öljyn osuus kokonaisenergiantuotannossa pienee, mutta öljyn tarve tulee kasvamaan 15 % tiukimmat päästövähennyslinjaukset huomioivassakin skenaariossa vuoteen 2040 mennessä. Kulutus näkyy etenkin liikenteessä dieselin käytön kasvuna. Rakentamisessa ja teollisuudessa käyttö vähenee vaihtoehtoisten energianlähteiden lisääntymisen myötä. Maailman suurin öljyn kuluttaja, Yhdysvallat, kokee 25 % laskun kulutuksessa tiukentuneiden energiatehokkuusvaatimusten ja ajoneuvojen päästörajoitusten vaikutuksesta. Euroopan unionissa lasku jatkuu vastaavasti tiukentuneiden säädösten vuoksi. Vuoteen 2030 mennessä Kiina on vienyt paikan maailman suurimpana öljynkuluttajana. Öljyn käytön kasvun arvioidaan kuitenkin olevan suurinta Intiassa. (IEA 2015, s.118.)

Maakaasu lienee ainut fossiilinen polttoaine, jonka käyttö tulee selvästi lisääntymään. Kulutus kasvaa eritoten Kiinassa ja Lähi-idässä. (IEA 2015, s.193.) Maakaasu on puhdaspolttoisin fossiilisista polttoaineista ja sen hiilidioksidipäästöt ovat vain noin 40 % hiilen poltosta syntyvistä päästöistä. Maakaasun etuna on myös sen korkea lämpöarvo ja helppo käytettävyys. Maakaasureservien riittävyys on kasvanut Yhdysvaltojen liuskekaasusiintymien hyödyntämisen mahdollistaneen teknologian myötä. Maakaasujakeluverkot on tyypillisesti toteutettu maanalaisina putkina, mutta nestemäinen maakaasu, LNG, on mahdollista kuljettaa säiliöissä satamasta toiseen. LNG-terminaalit mahdollistavat maakaasun käytön perinteisen maakaasuverkon ulkopuolellakin. (WEC 2013, s.15.)

Kivihiilen nettokulutuksen kasvu maailmanlaajuisesti hidastuu nopeimmassakin skenaariossa keskimäärin 0,4 % vuosivauhtiin. 2030–vuosikymmenen aikana kivihiili menettää asemansa ensisijaisena sähköntuotannon lähteenä uusiutuville energianlähteille, mutta kattaa edelleen 30 % sähköntuotannon ja reilun viidenneksen kokonaistuotannon energianlähteistä. (IEA 2015, s.269.) Kärjessä kulutuksessa ovat Intia ja Kaakkois-Aasia kattaen neljä viidesosaa maailmanlaajuisesta kokonaiskulutuksesta. Kiinassa kysyntä kolminkertaistui 3000 Mtoe:iin vuosina 2000–2013. Kysynnän uskotaan kääntyvän laskuun vasta vuoden 2035 kulutuspiikin jälkeen hiilen käytön teollisten muutosten myötä. Euroopan unionissa ja Yhdysvalloissa kulutus on säilynyt laskusuhdanteessa jo 2000-luvun

alun jälkeen. (IEA 2015, s.278.) Kivihiilen tulevaisuus riippuu pitkälti hiilen talteenotto- ja varastointimenetelmä CCS:n käyttöönotosta, mikä vähentäisi merkittävästi hiilen poltosta aiheutuvia ympäristöpäästöjä. Menetelmä on kuitenkin vielä pilottivaiheessa korkeiden kustannusten takia. Hiilen käyttöä puoltavia tekijöitä energiantuotannossa ovat laaja saatavuus, luotettavuus ja edullisuus. Erityisesti Aasian ja Afrikan kehittyvien maiden energiatarpeen kasvua tukee saatavilla oleva kivihiili. (WEC 2013, s.11.)

Ydinvoima saavutti 17 % osuuden koko maailman sähköntuotannossa 1980-luvun loppupuolella, mutta on sittemmin menettänyt osuuttaan. Osuutta kokonaissähköntuotannossa pienentää vuonna 2011 tapahtuneen Fukushima Daichin ydinonnettomuuden myötä alas ajetut reaktorit Japanissa ja Saksassa. Toisaalta Lähi-itään ja Aasiaan kaavaillut ydinvoiman lisäykset tulevina vuosikymmeninä kasvattavat osuutta sähköntuotannossa. Vähäpäästöisten energiantuotantomallien skenaarioissa ydinvoiman osuuden oletetaan kasvavan merkittävästi. Ydinvoimaa puoltavia tekijöitä ovat sen riittävyys, CO₂-päästöttömyys käyttöaikana ja tehokkuus perusvoimana. Riskitekijöitä sen sijaan ovat loppusijoitettava ydinjäte, korkea pääoman tarve ja ydinvoiman tuotantoon kohdistuneet ennakkoluulot. (WEC 2013, s.16.)

Uusiutuvat energiamuodot ovat kasvattaneet osuuttaan energiapaletissa ollen hiilen jälkeen toiseksi suurin tuotantomuoto maailman sähköntuotannossa vuonna 2014. Suurimmasta osuudesta energiantuotannossa vastaavat perinteiset vesivoima ja biomassa, mutta sähköntuotannossa tuuli- ja aurinkoenergian osuudet ovat kasvaneet merkittävästi. Kansainvälisen energiajärjestön uudet poliittiset linjaukset huomioonottavassa skenaariossa uusiutuvilla energianlähteillä tuotetaan kolmannes sähköenergiasta ja kuudennes kokonaisenergiasta vuoteen 2040 mennessä. Uusiutuvien energiamuotojen käyttöönottoa vauhdittavat aiempaa edullisempi ja kehittyneempi teknologia, tuotantotuet sekä ilmasto- ja energiapolitiikka. (IEA 2015, s.343.)

3 ENERGIAPROJEKTtien RISKIT

Energiaprojekteille on ominaista pitkäaikaisuus ja investointien suuruus. Projektien toteutumisen kannalta on siten tärkeää kartoittaa mahdolliset riskitekijät koko projektin varrelta suunnitteluvaiheesta loppukuluttajille toimittamiseen asti. Projektista riippuen kriittisimpiä epävarmuustekijöitä ovat yleisimmin taloudelliset, poliittiset tai teknologiset tekijät. Esimerkiksi öljyn tuotanto vaatii reservien tunnistamisen, porauksen, jalostuksen, polton ja jakelun ohella lupamenettelyt sekä toimivan koordinoinnin koko toimitusketjulle.

Seuraavassa taulukossa on koostetusti esitetty keskeisimpiä energiaprojektien riskitekijöitä. Riskitekijöiden ajoittuminen on sidoksissa epävarmuustekijöihin projektin aikana. Alkuperäinen kuva on liitteessä I.

Taulukko 1. Riskitekijöiden ajoittuminen projektin aikana (Mukailleen IEA 2011).

	ALKUVAIHE	KESKIVAIHE	LOPPUVAIHE
Poliittiset tekijät	Lupien myöntäminen Poliittinen epävakaus (Erityisesti pitkäaikaisten investointien osalta)	Kansainväliset jakeluyhteydet Takuut	Eroavuudet kansallisissa kannustimissa Epätasapainoinen kilpailutilanne kansainvälisillä markkinoilla
Taloudelliset tekijät	Tarjonnan riski Muutos verotuksessa Urakoitsijat Kustannusten epätarkkuus Yhtiön likviditeetti	Kysyntä Vaihtokurssi Markkinatilanne Varastointikyky Projektien kansainvälisyys	Talouskriisit
Sosiaaliset tekijät	Sabotaasi ja terrorismi	Hiilijalanjälki ym. ympäristötekijät Kiristyneet ympäristövaatimukset Yleinen hyväksyntä	Ilmastohuolet
Teknologiset tekijät	Resurssien puute Referenssien puute Kalliit T&K-projektit	Hallinnolliset riskit Koordinoitioingelmat Viivästymiset Ylittyneet kustannukset	Kysyntäjoustavuus

3.1 Taloudelliset riskit

Taloudellinen hyöty on toiminnan ja investointipäätösten lähtökohtana. Taloudelliset riskit tavanomaisissa energiainvestoinneissa voidaan jakaa hyödykkeellisiin, kaupallisiin, vaihtokurssin, koron ja maksukyvyyn sekä luoton mukaisiin luokkiin. Lisäksi luokittelemattomia riskejä voi sisältyä projektien kulun aikana missä vaiheessa tahansa. (IEA 2011, s.21.) Taloudellista riskiä luovat muuttuvat tekijät, kuten polttoaineiden hintojen kehitys, projektin tuottava elinikä, sähkömarkkinat sekä verotus ja tuet.

Konkreettinen esimerkki taloudellisten riskien vaikutuksesta on vuodesta 2013 jatkunut öljyn hinnan romahdus, mikä on alentanut huomattavasti öljypolttoisten voimaloiden ja liikenteen kustannuksia. Samanaikaisesti heikentynyt päästökaupan teho halpojen hiilidioksiditonniin seurauksena on aiheuttanut suuria taloudellisia tappioita öljynvientimaille ja ongelmia päästötavoitteiden toteutumiselle. Öljyn tuonnin kasvu ja viennin kannattamattomuus taas ovat johtaneet öljyvarastojen ylitäyttymiseen ennen öljyntuottajamaiden yhteistä sopimusta tuotannon leikkaamisesta.

3.1.1 Energiaprojektien investointi

Rahoitus on olennaisimpia asioita hankkeen toteuttamisen kannalta. Rahoituksen löytämisen taustalla ovat investoinnin suuruus ja takaisinmaksuaika sekä tulostavoitteet. Projektin luonteesta riippuen on eroa, millä ajankohdalla rahoitus on kriittisin. Esimerkiksi ydinvoimalla ja tuulivoimalla on korkea pääomainvestoinnin tarve tuotannon rakennusvaiheessa, mutta sen jälkeen tuotantokulut ovat matalat.

Takaisinmaksuajat vaihtelevat muutamista vuosista kymmeneen vuosiin hankkeen elinikästä, investoinnista ja esimerkiksi sähköhinnasta riippuen. Sähköhinnan tai korkotason poikkeaminen ennustetusta projektin elinaikana voivat vaikuttaa hankkeen kannattavuuteen. Hankkeen elinkaaren vaiheissa riskin todennäköisyys ja kustannukset vaihtelevat. Hankkeen epäonnistumisen riski on suurimmillaan alkuvaiheilla, mutta suurimmat arvolliset menetykset ovat tuotantovaiheessa etenkin suuren pääomainvestoinnin vaativissa projekteissa.

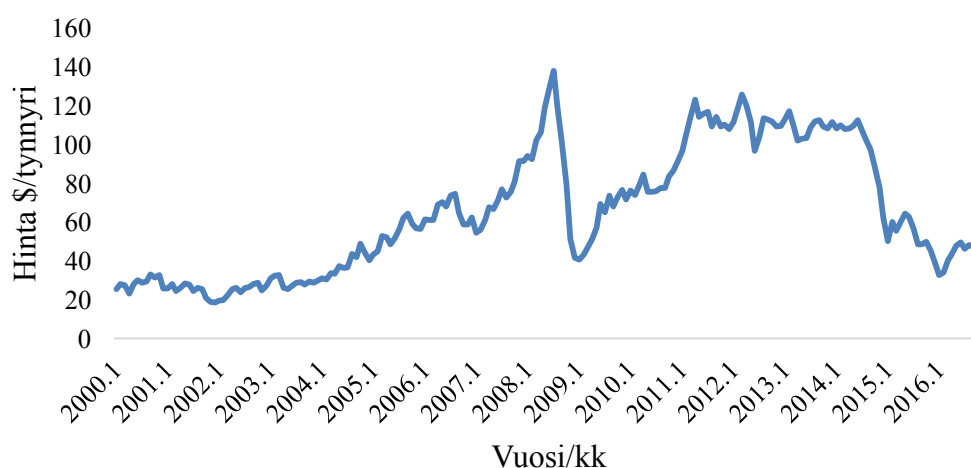
Hinnan vaihtelun epävarmuuden tuomia riskejä voidaan pienentää pidempiaikaisilla sopimuksilla ja ehdoilla esimerkiksi koroista. Sen sijaan vaihtokurssin vaikutus näkyy kaupankäynnissä eri valuutoilla kurssien heilahtelulla ja valuutanvaihdossa. Vaihtokurssien vaikutuksen eliminoimiseksi voidaan kauppa tehdä samalla valuutalla tai sopimalla kiinteä vaihtokurssi. (IEA 2011, s.21.) Esimerkiksi Britannian kansanäänestys EU-erosta, Brexitistä, aiheutti puntahinnoiteltujen kauppojen arvon laskua hetkellisesti.

3.1.2 Polttoaineiden hintojen kehitys

Polttoaineen hinta on merkittävimpiä yksittäisiä tekijöitä tuotannon kannattavuuden kannalta. Energiamarkkinoiden polttoainehintoja ohjaa paljolti öljyn hinta, verotus ja päästökauppa. Polttoaineiden hintojen kehitykselle on esitetty useampia skenaarioita, joissa eri tavoitteet ja ennusteet ilmenevät.

Öljy

Öljyn hinta on ollut altis hinnan heilahteluille aina 70- ja 80-lukujen öljykriisivaiheen ja 2010-vuoden ennätyskorkeista lukemista vuonna 2013 alkaneeseen öljyn hinnan romahuttamiseen asti. Alla olevassa kuvaajassa on esitetty öljyn hinnan kehitys vuodesta 2000 lähtien. Kuvaajasta on havaittavissa arabikevään, finanssikriisin, talouden elpymisen ja ylituotannon vaikutukset.



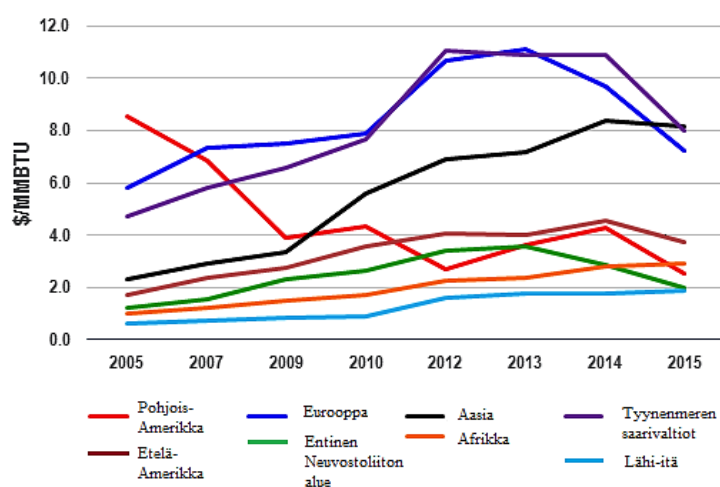
Kuva 5. Öljytynnyrin hinta dollareissa (Oil 2016).

Vuonna 2013 alkaneen öljyn hinnan romahtamisen jälkeen öljytynnyrin hinta on käynyt pohjalukemissaan alle 2008 vuoden finanssikriisin. Öljyn hintataso on laskenut finanssikriisiä edeltäneestä tasosta yli 50 % ja pysynyt hinnaltaan 40–60 dollaria tynnyriltä tämän jälkeen. Romahdusta edelsi kysynnän kasvun hidastuminen ja merkittävä kasvu Pohjois-Amerikan liuskekaasuvarantojen tuotannossa sekä OPEC-maiden silloinen päätös olla leikkaamatta tuotantoaan. Öljyn hinnan ennustetaan nousevan 80 \$/tynnyri vuoteen 2020 ja 130 \$/tynnyri 2040 mennessä, mutta on myös luotu skenaarioita öljyn hinnan alhaisena säilymisen varalle. (IEA 2015, s.112.) Yhdentoista OPEC-maan ja OPEC:n ulkopuolisen öljyntuottajamaan sopiminen tuotannon rajoittamisesta vuoden 2016 lopulla nostatti öljyn maailmanmarkkinahintaa viimeisellä vuosineljänneksellä (Uusi-Eskola 2016).

Maakaasu

Maakaasulle vastoin öljyn markkinoita, ei ole määritetty globaalia vertailuhintaa, vaan sillä on kolme pääasiallista erillään toimivaa markkina-alueita, Pohjois-Amerikka, Aasia-Tyynivaltameri ja Eurooppa. Euroopassa ja Aasiassa maakaasun hinta on pitkälti sidoksissa öljyn markkinahintaan ja pidempiaikaisiin sopimuksiin. Tosin Euroopassa on sittemmin siirrytty kaasun markkinoijien välisen kilpailun määrittämään hinnoittelumekanismiin, joka nykyisin kattaa arviolta puolet Euroopan kaasumarkkinoista. Pohjois-Amerikassa käytössä on oma hinnoittelumekanismi, jossa hinnat määritetään hubeissa. Hintojen kehityksen voidaan ennustaa kulkevan yhtenäisempään suuntaan nestemäisen maakaasun käytön lisääntymisen myötä. Tällöin nestemäisen kaasun hinta määräytyy vapaasti satamien tarjoamien hintojen välillä. Täysin yhtenäisen hinnan määräytymistä kuitenkin rajoittavat pitkäaikaiset sopimukset markkinoilla ja etäisyydet. (IEA 2015, s.51.)

Maakaasun hintakehitystä markkina-alueittain vuosina 2005–2015 on havainnollistettu seuraavassa kuvaajassa. Merkittävä huomio on maakaasun hinnan aleneminen Pohjois-Amerikassa liuskekaasun hyödyntämisen myötä. Lähi-idän edullisemman hintatason selettävät runsaat varannot ja hyvä saatavuus. Brittiläinen energiayksikkö 1 MMBTU vastaa 0,29307 MWh.



Kuva 6. Maakaasun hintakehitys alueittain vuosina 2005–2015 (IGU 2016, s.9).

Kivihiili

Kivihiilen hinnat ja markkinat vaihtelevat paljolti laadun, maantieteellisen sijainnin ja infrastruktuurin takia, mutta ovat olleet tyypillisesti alhaisemmat ja stabiilimmat kuin öljyllä tai maakaasulla. Hintatasoa ovat painaneet alas vuosien 2007 ja 2011 välillä Australiassa, Columbiassa, Indonesiassa ja Etelä-Afrikassa tapahtuneiden kaivosinvestointien johdosta syntynyt ylitarjonta. Samaan aikaan suuret kivihiilivarannot omaavassa Kiinassa kivihiilen kysynnän kasvu tyrehtyi paikallisten ilmansaasteongelmien myötä. Yhdysvalloissa kivihiilen tarvetta korvasi liuskekaasuvarannot. Kivihiilen polttoainehinnan on enustettu nousevan kattamaan palkkojen nousun ja tiukentuneiden päästörajoitteiden sekä energiatehokkuusvaatimusten myötä korottuneet valmistuskustannukset. (IEA 2015, s.285.) Seuraavassa kuvaajassa kivihiilen pörssihinnan kehitystä vuodesta 2009 lähtien.



Kuva 7. Kivihiilen pörssihinnan kehitys dollareina tonnia kohden (Trading economics, 2017).

Ydinpolttoaineet

Ydinenergian valtti on sen polttoaineen, pääasiassa uraanin, energiaintensiivisyys ja siten polttoaineen hinnan pieni osuus kokonaisinvestoinnista. Muista polttoaineista eroten, uraanin vaihdantaa ei käydä avoimilla markkinoilla, vaan sopimukset tehdään osakkaiden kesken ja hinnat julkaistaan itsenäisten konsulttien toimesta (Cameco 2016).

Uraanin louhinta on jälleen ollut kasvussa pitkän laskuajan jälkeen. Lasku oli seurausta Fukushima Daíchin ydinonnettomuudesta seuranneesta reaktoreiden alasajosta, jolloin uraanilla oli runsaasti ylitarjontaa. (WEC 2013, s.16.) Hinnan voidaan olettaa säilyvän kohtuullisen alhaisella tasolla uraanin riittävyyden perusteella. Riskitekijöitä hinnalle voivat olla korotetut verot tai käytetyn polttoaineen säilömiseen liittyvät riskit. Poliittisilla tekijöillä ja asenteilla voi osaltaan myös olla vaikutusta uraanin saatavuuteen ja hintaan.

Uusiutuvat energianlähteet

Uusiutuvalla energialla tarkoitetaan ehtymättömien energianlähteiden hyödyntämistä energiantuotannossa. Yhtenäinen piirre näille on se, että ”polttoaine” on niin sanotusti ilmaista, jolloin polttoaineen hinnalle ei voida määrittää arvoa. Suurimmat riskitekijät koostuvat uusiutuvilla siten eri osa-alueista, kuin perinteisillä polttoainetta hyödyntävillä

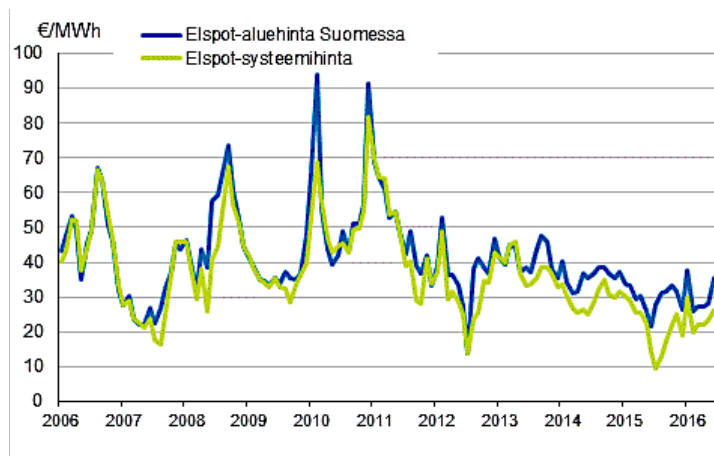
voimaloilla. Poikkeuksena on biomassa, jota voidaan pitää uusiutuvana energianlähteenä sen suhteellisen nopean kasvutahdin vuoksi. Esimerkiksi Suomessa metsähakkeen käyttöä suositaan kevennetyllä verotuksella ja tuotantuilla erityisesti sähkön ja lämmön yhteistuotannossa, mikä vähentää polttoainekustannuksia ja lisää polttoaineen kannattavuutta vaihtoehtona energiantuotannossa.

3.1.3 Sähkömarkkinat

Markkinoilta saatava sähkön hinta on monesti avaintekijä tuotantolaitoksia ja investointilaskelmia suunniteltaessa. Sähkön markkinahinta määräytyy sähköpörssiin, missä pörssiin viimeisenä mukaan listatun tuotantomuodon marginaalisten tuotantokustannusten perusteella lasketaan sähkön sen hetkinen arvo. Voimalaitosten ajojärjestys tapahtuu siten hintajärjestyksessä. Sähkön hintaan vaikuttavimpia tekijöitä ovat polttoainekustannusten ohella säätövoimana käytettävä vesivoima. Siten vähäsateinen vuosi voi aiheuttaa sähkön hinnan nousua siellä, missä vesivoimaa on tavallisesti runsaasti, kuten Pohjoismaissa. (Energiateollisuus Ry 2016c.)

Sähkönhinnan ennusteet voivat vaikuttaa uusien sähkövoimalaitosinvestointien mielekkyyteen. Sähköverkon uudistaminen uusiutuvaan energiantuotantoon soveltuvaksi sekä ajantasaisen, hajautetun energiantuotannon mahdollistava älykkään verkon käyttöönotto vaativat isoja investointeja sähköntuotantoon sekä olemassa olevaan sähköverkkoon. Energiapaletin vieminen kohti kestävämpää tuotantoa vaatii mahdollisesti myös kasvavia tukimenoja energiantuotannossa. EU-alueella tehtävistä sähköntuotannon investoinneista jo yli 70 % tehdään uusiutuviin energianlähteisiin. Tuettu energiantuotanto laskee tuottajahintaa, mutta nostaa kotitalouksien kuluttajahintaa, jolloin riskinä on sähkömarkkinoiden vääristyminen. Saksassa ja Tanskassa tämä on havaittu sähkönhinnan kallistumisena. (Energiateollisuus Ry 2016c.)

Alla olevassa kuvassa on esitetty Pohjoismaisen Nord Pool Spotin Elspot-hinnat kuukausikeskiarvoina. Sähkönhinta on tullut alaspäin vuoden 2011 jälkeisen talouden taantumun, päästökaupan alhaisen hinnan sekä polttoaineiden halpenemisen öljyn maailmanmarkkinahinnan laskun seurauksena. (Tilastokeskus, 2012–2016.)



Kuva 8. Nord Pool Spot – sähköpörssin kuukausikeskiarvot systeemihinnoissa ja aluehinnat Suomessa (Tilastokeskus 2016b).

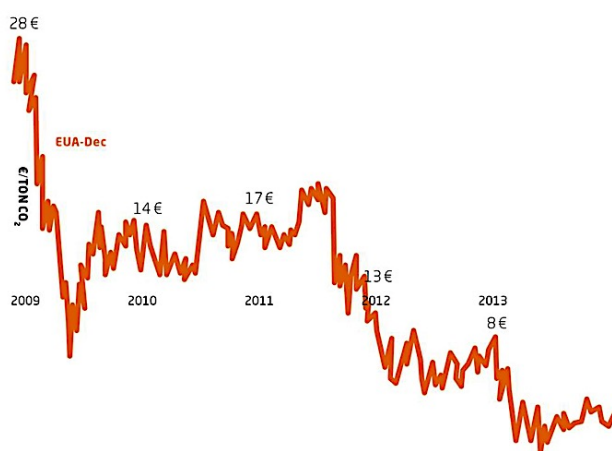
3.1.4 Päästökauppa

Vuonna 2005 lanseerattiin YK:n ilmastonmuutosta koskevaa puitesopimusta täydentävän Kioton pöytäkirjan mukainen kansainvälinen päästökauppajärjestelmä. Päästökaupan tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen seuraaminen ja hiilidioksidin päästövähennystavoitteiden saavuttaminen kustannustehokkaasti. EU:ssa astui samana vuonna voimaan oma EU:n sisäinen päästökauppa, jossa teollisuusmaat sitoutuvat määritettyihin päästövähennysvelvoitteisiin. (Energiavirasto 2016.)

Päästökaupan tavoitteena on hiilineutraaliuden lisäksi uusiutuvaan energiatuotantoon kannustaminen. EU:n sisällä tehdyt kunnianhimoiset suunnitelmat päästövähennysten suhteen johtivat uusiutuvan energian ylenpalttiseen tukemiseen, mikä lisäsi tuntuvasti tuotantoa. Samaan aikaan iskenyt talouden taantumun myötä päästöoikeuksilla oli tarjontaa yli kysynnän. Tämä romahdutti päästöoikeuden hinnan alle tavoitellusta ja heikensi

päästökaupan ohjausvaikutusta. Päästökaupan hinnan kehitys on esitettyä kuvassa 9. Alhainen hinta ei myöskään edistä muiden päästövähennyskeinojen kehitystä tai käyttöönottoa. (Energiateollisuus Ry 2016c.)

Päästökaupalla on tulevaisuudessa iso rooli hiilineutraalin energiantuotannon toteutumisessa. Hiilidioksiditonniin hinta toimii kannustimena ja on suoraan verrannollinen uusien teknologioiden kehitykselle ja käyttöönotolle.



Kuva 9. Päästökaupan hinnan kehitys (Energiateollisuus Ry 2016b).

3.1.5 Tuet ja verotus

Erityisesti uusiutuvien energiamuotojen lisäämisen tukemiseksi ja kilpailukyvyyn parantamiseksi on otettu käyttöön erinäisiä tukijärjestelmiä ja verokevennyksiä esimerkiksi hiilidioksidiveron suhteen. Tukijärjestelmän ansiosta uusiutuviin energiamuotoihin investoimisen suosio on kasvanut. Markkinaehtoisuuden kannalta tukijärjestelmän toimivuutta on kuitenkin kyseenalaistettu.

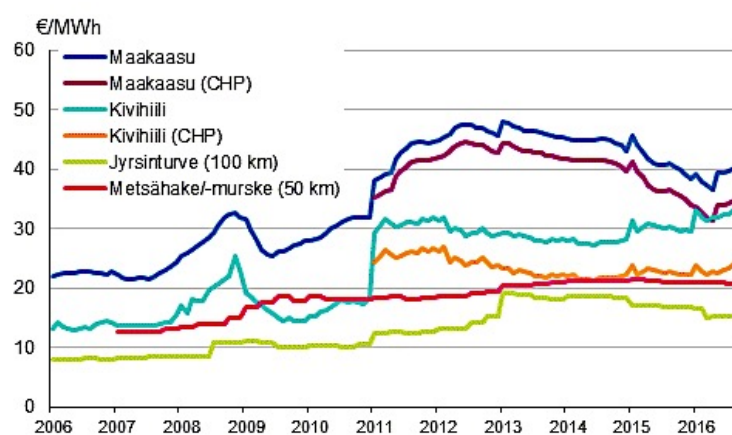
Tuotantotukea maksetaan niin sanottuina syöttötariffeina. Syöttötariffeilla on merkittävä taloudellinen vaikutus etenkin projektien alkuvaiheessa. Tyypillisesti myönnetty tuki vähenee tietyin prosenttiosuuksin teknologian kehittymisen myötä. Tuen asteittaisen vähentämisen tarkoituksena on kannustaa teknologian kehitystä eteenpäin ottaen samalla huomioon kehittyvän teknologian myötä halpenevat hinnat esimerkiksi aurinkopaneelien ja

tuuliturbiinien osalta. Vaihtoehtoisen kiinteäpalkkioisen syöttötariffin tehtävänä on pienentää sähköverkkoon syötetyn energian markkinahinnan ja usein korkeampien tuotantokustannusten erotusta. (IEA 2011, s.16.)

Kiintiötukien tarkoituksena on tuoda markkinoille hallituksen sanelema määrä uusiutuvaa energiaa, mutta sertifikaattien hinta määräytyy suoraan markkinoiden mukaan. Markkinoilta saatavan hinnan ennustaminen etukäteen on vaikeaa, lähes mahdotonta, joten investoimisen riski on merkittävä. (IEA 2011, s.16.)

Verokannustimet ja tuet ovat usein sidoksissa hallituksen toimenpiteisiin ja samalla keino lisätä investointien kannattavuutta. Toisaalta verokannustimet ovat kumottavissa suhteellisen helposti ja nopeasti. Tukien leikkaaminen oletettavasti hillitsee uusien projektien tai teknologioiden markkinoille tuloa, sillä riski investoinnin kannattamattomuudelle kasvaa. (IEA 2011, s.16.)

Kuvassa 10 on esitetty polttoaineiden hintojen kehitys lämmöntuotannossa Suomessa. Kuvaajasta on havaittavissa polttoaineiden hinnannousu vuoden 2011 jälkeen, joka on seurausta verojen osuuden kasvusta johtuen valmisteveron säätämisestä kolmiosisaiseksi. Myös verokevennykset CHP-tuotannon ja turvetuotannon osalta näkyvät alhaisempina polttoaineen verollisena hintana.



Kuva 10. Polttoaineiden hinnat lämmöntuotannossa, Suomessa 2006–2016 (Tilastokeskus 2016a).

3.2 Teknologiset riskit

Teknologisten riskien luonne vaihtelee energiaprojektien sisällä. Riskit ovat erilaisia öljy- ja maakaasukentillä ja vastaavasti fossiilista tai biopohjaista polttoainetta hyödyntävillä voimalaitoksilla. Yhdistäviä riskitekijöitä sektorien yli ovat muun muassa vaikeat kustannuslaskelmat referenssipohjan puuttuessa tai kustannusten stabiiliudessa, uusien teknologioiden käyttöönotto ja käytössä ilmenevät ongelmat. Lisäksi projektien hallinnolliset ongelmat projektin koordinoinnissa ja ylläpidossa ovat tyypillisiä riskejä. (IEA 2011, s.23.)

3.2.1 Energiantuotannon teknologinen kehitys

Teknologinen kehitys energiantuotannossa on ollut nopeaa kahden viimeisen vuosikymmenen ajan. Huomattavaa on etenkin uusiutuvilla energianlähteillä tuotetun energian eksponentiaalinen kasvu Euroopassa ja Kiinassa. Kasvu on ajanut teknologian jatkuvan kehittämisen kierteeseen, mikä havaitaan yhä paranevien tehomäärien muodossa. Tutkimuskenttä on uutuudessaan vielä vailla kunnollista vertailupohjaa, mikä lisää kustannuksia ja epävarmuutta tuotannosta. Tutkimus- ja kehitystyötä on jatkuvasti parannettava tuotannon varmistamiseksi ja kilpailukyvyä säilyttämiseksi (IEA 2011, s.7).

Perinteisten voimalaitosprojektien kehitys on ollut lähinnä jo olemassa olevien teknologiaratkaisujen edelleen kehittämistä taloudellisemmiksi, energiatehokkaammiksi tai ympäristöystävällisemmiksi. Edelleen pilottivaiheessa oleva hiilidioksidin talteenotto ja varastointimenetelmä, CCS, on kehitteillä kivihiilipolttolaitosten voimaloiden hiilidioksidipäästöjen leikkaamiseksi. Menetelmän käyttöönotto olisi tärkeää, sillä merkittävä osa maailman kokonaisenergiantuotannosta tullaan jatkossakin tuottamaan kivihiihellä. Erietyisesti Aasian ja Afrikan kehittyvissä valtioissa hiilen käyttö tulee kasvamaan runsaasti hiilineutraaliuteen ajavista tavoitteista huolimatta. CCS-menetelmän ei kuitenkaan odoteta kaupallistuvan hetkeen hiilidioksiditonniin alhaisen hinnan, korkeiden kustannusten ja hiilidioksidin varastoimiseen sopimattoman maaperän takia. (WEC 2013, s.11.)

3.2.2 Sähköntuotannon integroiminen älykkääseen sähköverkkoon

Sähköverkon toimivuus ja sähkön laatu ovat sitä parempia, mitä paremmin verkko pysyy tehotasapainossaan. Tehotasapainoa ylläpidetään taajuusohjatuilla reserveillä sekä manuaalisesti toteutettavilla säädöillä kulutuksen mukaan. (Fingrid 2016.) Haasteita sähköverkon tasapainon ylläpitämiselle luovat ennenaikaisesti tuotannosta poistuvat voimalaitosyksiköt, sähköverkoja runtelevat myrskyt sekä kulutuksen ja tuotannon tarjonnan kohtaamattomuus uusiutuvilla tuotetun sähkön myötä. Monet teknologiat on ohjattu joustamaan kysynnän ja tarjonnan mukaan. Syklinen ylitarjonta ja tarjonnan riittämättömyys vaikuttavat sähkön saatavuuteen ja sitä kautta hintaan. (IEA 2011, s.8.)

Tuottavuuden volatilitteetti on suurta etenkin sääolosuhteista riippuvaisten aurinko- ja tuulivoiman tuotannossa. Heilahtelevuus aiheuttaa ongelmia sähköverkkoon kytkennässä ja sen tehojakauman säilyttämisessä. Vaarana on sähköntuotannon häiriintymisen myötä sähkökatkosten lisääntyminen. Uusiutuvaan energiaan pohjautuva sähköntuotanto vaatii sähköverkolta uusia energijärjestelmän joustavuutta lisääviä ratkaisuja. Mahdollisia keinoja voivat olla esimerkiksi sähkön varastointi, kysyntäjouston mahdollistava kaksisuuntainen älykäs sähköverkko tai sähköautojen latausratkaisut tehoreservinä niiden yleistyessä. (VTT 2016.)

Älykkäässä sähköverkossa perinteiseen sähkönsiirtojärjestelmään yhdistetään automaatio-, tieto- ja viestintäteknologian ratkaisuja. Älykäs sähköverkko mahdollistaisi pienimuotoisen hajautetun energiantuotannon liittämisen valtakunnan verkkoon ja uusiutuvan energian taloudellisen hyödyntämisen. Sähköverkon kuormitus ja sähköntuotanto olisi tasattavissa energiavarastoja, voimalaitoksia ja sähkökuormaa verkko-ohjatusti reaaliajassa säädellen. (STEK 2016.)

3.2.3 Ympäristötekijät

Ympäristötekijät, kuten vaativat sääolosuhteet edellyttävät teknologialta erityistä suunnittelua. Olosuhteet ovat kriittinen tekijä etenkin niissä uusiutuvaan energiaan pohjautuvan tuotannon tapauksissa, joissa riippuvaisuus sääolosuhteista on yleistä ja voimat sijainniltaan hankalia.

Esimerkiksi tuulivoimaloiden tuuliolosuhteet ovat suotuisimmat merellä ja korkeilla maastoalueilla, jotka sijainniltaan voivat olla hankalia toteuttaa ja mahdollisesti kaukana toimituskohteesta. Luonnollisesti voimalan sijoittaminen tällaiselle alueella vaatii suuremman investoinnin ja laajemman tutkimuksen riskien kartoittamiseksi. Arktisemmillä alueilla tuulivoimaloiden yksi riskitekijä voi olla pakkasen aiheuttama jään muodostuminen tuuliturbiinin lavoille ja off shore-voimaloille myös vesistön jäätyminen. Jään muodostuminen tuuliturbiinin lavoille on estettävissä siiven pinnalle asetettavilla lämpövaikutuksilla. Ankarat olosuhteet ja turbulenttiset tuulet myös kuluttavat tuulivoimalan komponentteja, joten niiden kunnon säännöllinen tarkkailu ja vaihtaminen ovat tärkeää. Off shore-tuotannon haasteita ovat myös siirron vaatiman infrastruktuurin kalleus, korkeat asennus- ja operointikustannukset sekä suuremmat häviöt sähkönsiirrossa. Useamman laitoksen sijoittaminen samalle alueelle niin sanottuna tuulipuistoina mahdollistaa laitostoimintojen jakamiseen, jolloin yksikkökustannukset laskevat. Helpotusta tuovat myös energian varastointiratkaisujen kehittyminen esimerkiksi paineistetun ilman avulla, verkkoon liitännän parantuminen ja ns. superverkkojen käyttöönotto tulevaisuudessa (IRENA 2016, s.56).

Sääolosuhteet ovat merkittävä tekijä myös aurinkoenergian kannalta. Aurinkoisina päivinä aurinkopaneeleilla tuotettu sähköntuotanto on päiväsaikaan tasaista. Energiakapasiteettiin vaikuttaa paljon päivän pituus, auringon säteiden tulokulma ja auringon säteiden esteetön kulkeutuminen paneelin pinnalle. Tehokkuutta alentavat pilvisuus, sade ja erityisesti paksu lumipeite, jolloin tuotettava energiamäärä on olematon. Tuulta sen sijaan hyvin kiinnitetyt paneelijärjestelmät kestävät varsin hyvin hirmumyrskyissäkin. Ukonilmalta suojautumisessa ukkosenjohdin on välttämätön. (Crossley 2016.)

Olosuhteiden vaikutus näkyy aurinko- ja tuulisähkön tuotannoissa tuotannon heilahteluina. Aurinko- ja tuulienergian osuuden ennustetaan kuitenkin kasvavan. Ratkaisuna voitaneen pitää kehittyvää akku- ja varastointiteknologiaa, jonka myötä sähköntuotannon heilahtelun vaikutusta saadaan tasattua.

3.3 Poliittiset ja sosiaaliset riskit

Energiaprojekteissa on huomioitava poliittiset ja sosiaaliset riskitekijät. Monet projektit, kuten uusiutuvien energiantuotannon lisääminen, öljyn tuotanto ja CCS-menetelmän kaupallistuminen ovat kiinni niille suotuisista poliittisista päätöksistä. Poliittisen ja sosiaalisen näkökulman riskit eivät suoraan kohdistu kassavirtaan, vaan ovat ennemminkin laadullisia. Monesti lähtökohtana ovat energian toimitusvarmuuden ja kilpailukyvyn ylläpidon ohella turvallisuuden lisääminen, ympäristöstä huolehtiminen ja kestävä kehityksen takaaminen.

3.3.1 Poliittiset riskit

YK:n ilmastonmuutosta ehkäisevän suunnitelman ja Kioton pöytäkirjan viimeistelevässä Pariisin COP21-konferenssissa sovitut säädökset kannustavat hiilidioksidipäästöjen leikkaamiseen ja uusiutuvien energiantuotantomuotojen lisäämiseen. Säädös edellyttää kansallisia toimia ja aiheuttanee mittavia leikkauksia fossiilisten polttoaineiden käytössä. Sopimus on merkittävä askel yhteisisissä pelisäännöissä energiapolitiikassa. Sopimukseen sitoutuminen takaa tasapuoliset lähtökohdat jäsenmaille ja ehkäisee energiamarkkinoiden vääristymistä.

Ulkopoliittiset seikat voivat olla merkittäviä riskitekijöitä energian tuotannon ja jakelun kannalta, ja voivat ääritapauksissa estää toiminnan. Esimerkiksi suurimmat öljy-, maa-kaasu- ja uraaniesiintymät sijaitsevat alueilla, jotka ovat poliittisesti tai taloudellisesti epävakampia kuin suurin osa OECD-maista. Epävakautta lisääviä uhkatekijöitä ovat sisä- ja ulkopoliittiset ongelmat sekä konfliktit. Poliittiset riskit ovat olemassa myös

OECD-maissa, mutta ovat tyypiltään lähinnä lupamenettelyjä tai rahoitusta koskevia. Riskinä on tällöin projektin viivästyminen ja kallistuminen. (IEA 2011, s.20.)

Poliittiset riskit ovat etenkin ylikansallisissa projekteissa isossa roolissa. Poliittista vään-
töä on aiheuttanut esimerkiksi Itämeren halki kulkeva Venäjän ja Saksan yhdistävä maa-
kaasuputkihanke, Nord Stream 2. Hanke kaksinkertaistaisi maakaasun tuonnin valtioiden
välillä ja takaisi toimitusvarmuuden teknologian puolesta. Hanke on monikansallisesta
omistuksestaan huolimatta herättänyt epäilyjä kansallista turvallisuutta ja ympäristöä
koskevissa kysymyksissä. Poliittiset toimet voivat kaataa hankkeen, mikäli vastustus
hankkeen toteuttamiselle on liian suuri.

3.3.2 Sosiaaliset riskit

Ympäristöystävällisyys, kestävä kehitys ja sosiaalinen vastuu korostuvat projektien suun-
nittelussa entistä selvemmin. Ympäristöarviointi huomioi maaperän, vesistöjen ja ilman
laadun heikentämiseen johtavia haittatekijöitä ja niiltä suojautumisen paikallisesti ja glo-
baalisti. Samaten huomionarvoisia ovat väestön hyvinvointi ja turvallisuus. Monet yhtiöt
ovat hyötyneet tästä trendistä myös taloudellisesti brändin parantuessa ja sosiaalisten kon-
fliktien vähentyessä. (IEA 2011, s.23.)

Lupien myöntäminen edellyttää useita vaiheita eri toimijoiden välillä, mikä voi olla kriit-
tinen riskitekijä projektien etenemisessä. Energiantuotanto suuremman luokan voimalai-
toksilla ja tuulipuistoilla sekä biopolttoaineiden viljely vaativat usein laajan maa-alueen
tuotannon varmistamiseksi. Tuotanto tapahtuu tavallisimmin syrjäisillä seuduilla, sillä
voimalaitosten sijoittamista asutuskeskusten lähelle voivat rajoittaa alueen asukkaiden
vastustus ja maisemalliset häiriöt. (IEA 2011, s.23.)

4 UUSIUTUVIEN JA PERINTEISTEN ENERGiantuotanto- muotojen kohtaamien riskien eroavaisuudet

Tärkein erottava tekijä perinteisten ja uusiutuvien energiantuotantomuotojen välillä on energianlähde itsessään. Energianlähteiden hyödyntäminen vaatii tavallisesti hyvinkin poikkeavat prosessit. Eroavaisuuksia ovat myös teknologian kehityksen vaihe ja tunnettuus, markkinoilla oloaika ja energiapolitiikan ajaman suunnan vaikutus. Yhteisiä linjattavia tekijöitä ovat päämääränä tuotannon turvaaminen loppukuluttajille ja projektin taloudellinen hyöty tuottajille tuotantotavasta riippumatta.

Seuraavassa taulukossa on verrattu uusiutuvien ja perinteisten energiantuotantomuotojen riskien ominaisuuksia keskenään. Merkinnöissä (–) tarkoittaa matalaa, (+) keskivertoa ja (++) korkeaa ominaisuutta tai riskiä. Taulukon lähteenä on käytetty IEA:n julkaisemaa vastaavaa englanninkielistä taulukkoa.

Taulukko 2. Riskien vertailua uusiutuvien ja perinteisten energiatuotantojen välillä (Mukaiillen IEA 2015).

	Uusiutuvat	Perinteiset
Markkina-aika	<20 vuotta	>>20 vuotta
Markkinoille tuloaika	Nopea	Keskiverto
Teknologian tunnettuus	-	++
Käyttömarginaalit	-	++
Sijoitusaika	Yleensä >10 vuotta	10-15 vuotta
Velka/Oma pääoma	70/30	0/100 – 30/70
Riippuvaisuus hallituksen tuesta	++	-
Tuntemattomat riskitekijät tuotannon kannattavuuden kannalta	++	+
Herkkyys öljyn hinnan suhteen	++	++
Herkkyys sähkön hinnan suhteen	++	+
Hankkeen valmistumisen viivästyminen	++	+
Toimitusketjun pysyvyys	-	++
Teknisten standardien kehityksen vaihe	-/+	++

Perinteisten energiatuotantomuotojen käyttö perustuu jo pidempiaikaiseen kokemuspohjaan ja tilastoihin, joten olemassa olevat riskit ovat todennäköisesti tiedossa ja pystytään ehkäisemään jo kehitetyillä ratkaisuilla. Teknologia ei pääpiirteissään ole juurikaan muuttunut, mutta etenkin energiatehokkuutta on pystytty parantamaan muun muassa lämmön

talteenotolla sekä päästöjä vähentävin puhdistusmenetelmin. Etuna perinteisille hankkeille onkin tunnettuus tuotannon ja koko toimitusketjun osalta, tuottavuuden varmuus sekä vähäisempi riippuvuus rahoituksesta ja tuista. Näin ollen projektin kannattavuus on melko todennäköistä.

Pääpiirteet uusiutuville energiantuotantomuodoille ovat aiemman referenssipohjan vähäisyys tai puuttuminen kokonaan, velkapainotteisuus sekä riippuvaisuus hallituksen ajamasta energiapolitiikasta. Nopea voimaloiden teknologinen kehitys mahdollistaa tehojen kasvun myötä paremman tuottavuuden ja kannattavuuden. Projektien tuottavuus on kuitenkin vielä merkittävästi epävarmempaa kuin perinteisillä voimalaitoksilla ja sähkön markkinahinnan vaikutus on suurempi johtuen usein lyhemmästä toiminta-ajasta markkinoilla. Lisäksi hankkeiden kannattavuus on vielä pitkälti riippuvainen hallituksen pitkäaikaisista tukijärjestelmistä. Poliittisen linjauksen muuttuminen tukijärjestelmien suhteen voi siten vaikuttaa radikaalisti toiminnan kannattavuuteen. Esimerkki kalliiksi koetusta hankkeesta on tuulivoiman käyttö isolla mittakaavalla sähkönhinnan ollessa matala. Toisaalta markkinoille tuloaika on usein huomattavasti nopeampaa kuin perinteisten fossiilisten voimaloiden.

Riskitekijät jakaantuvat perinteisten ja uusiutuvien tuotantotapojen välillä kriittisempiin ja vähemmän kriittisiin tekijöihin. Kriittisempiä riskitekijöitä perinteiselle energiantuotannolle ovat investoinnin kannattavuuden kannalta polttoaineiden hintojen heilahtelu, mikä usein heijastuu öljyn markkinahinnasta sekä hiilineutraaliutta korostava päästöttömämpään energiantuotantoon ajava politiikka. Polttoainevarantojen voidaan nykyreservien perusteella uskoa riittävän pidemmäksikin aikaa, mutta niiden sijaitseminen osittain poliittisesti epävakailta alueilla voi vaikeuttaa polttoaineiden saatavuutta. Fossiilisten polttoaineiden tuonti pitkien etäisyyksien päästä tekee toimitusketjun hallinnasta riskialttiimman kuin paikallisesti tuotetun uusiutuvan energian. Toisaalta uusiutuvan energian heikkoutena on juuri varastointikyvyttömyydestä johtuva paikallinen ja ajoittainen energiantuotanto.

Uusiutuvien energiantuotantomuotojen kohtaamat riskit liittyvät epävarmuustekijöihin teknologian toimivuudessa, sääolosuhteissa ja investoinnissa. Kokemuksen vähäisyys ja verrokkipinnan puuttuminen lisäävät virhearviointien riskiä ja riippuvaisuutta tukijärjestelmistä. Kääntöpuolena teknologian nopeassa kehityksessä puolestaan ovat korkeat kehityskustannukset sekä teknologian suhteellisen nopea vanhentuminen, mikä voi johtaa toimitusketjun pullonkaulaan tarvittavien komponenttien ja resurssien puuttumisen myötä. Toimitusongelmat kasvattavat projektin viivästymisen todennäköisyyttä, vaikka muutoin projektien markkinoille tuloaika on tyypillisesti perinteisiä voimaloita nopeampaa.

Energiantuotantoa tullaan seuraavina vuosikymmeninä riskeistä huolimatta viemään uusiutuvampaan suuntaan ja uusiutuvien osuus energiantuotannossa tulee jo lähivuosina kasvamaan merkittävästi. Fossiilisten polttoaineiden korvaamiseksi tarvitaan pitkäjänteisiä linjauksia, uutta teknologiaa ja investointeja kehitykseen kohti hiilineutraalimpaa tuotantoa. Projektien edetessä tietotaito ja osaaminen kehittyvät ja riskejä pystytään enustamaan ja ehkäisemään entistä tehokkaammin.

5 YHTEENVETO

Energiantarve tulee kasvamaan seuraavien vuosikymmenien aikana eritoten Aasian nopean talouskasvun maissa Kiinassa ja Intiassa sekä Afrikan kehittyvissä maissa. Energiamarkkinoiden dominoiva asema siirtyneekin Aasian suuntaan, kun kaksi kolmasosaa maailman kokonaisenergiankulutuksesta tapahtuu OECD-maiden ulkopuolella. Saman aikainen energiantuotannon murros ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi vauhdittaa siirtymistä kohti hiilineutraalimpaa yhteiskuntaa ja uusiutuvien energiantuotantomuotojen käyttöönottoa. Kasvihuonekaasupäästöjen leikkauspyrkimyksestä huolimatta fossiilisten polttoaineiden käyttö kasvaa vielä 2040-luvulle asti ennen kuin kääntyy laskuun. Suunnannäyttäjänä toimivat kehittyneet teollisuusmaat, joiden energiankulutus kääntyy laskuun ensimmäisenä parantuneen energiatehokkuuden ansiosta. Kehitystä edesauttavat olemassa olevat puitteet teknologian kehitykselle ja uuden teknologian käyttöönotolle.

Edellytyksenä energiamurroksen toteutumiselle ovat suuret investoinnit projekteihin ja tutkimus- ja kehitysmenoihin, mittavat uudistukset sähköjärjestelmissä sekä vakaa politiikka kansallisella ja ylikansallisella tasolla. Muutosta ajavia tekijöitä ovat myös kannustimet, kuten tehokas päästökauppajärjestelmä, verotus ja tuet. Päästökaupan merkitys tuotannon ohjauksessa mitä todennäköisemmin kasvaa hiilidioksiditonniin kallistuessa ja päästörajoitusten tiukentuessa. Tiukentunut ohjaus edesauttaa uuden teknologian tuomista markkinoille sekä hiili- ja öljypolttoisten voimaloiden vähittäiseen käytöstä poistamiseen. Asteittainen päästörajojen tiukentaminen antaa teknologialle aikaa kehittyä. Pariisin ilmastopimuksen läpimeno vuoden 2016 lopulla oli merkittävä askel yhtenäisen linjan kannalta energiapolitiikassa. Asetettujen tavoitteiden saavuttaminen edellyttää osallistujavaltioilta säädöksiin sitoutumista ja niiden noudattamista annettujen ehtojen mukaisesti.

Energiaprojektit ovat pitkäaikaisia ja investoinniltaan suuria, joten riskitekijät tulee huomioida yksittäisessäkin energiaprojektissa. Riskit ovat olemassa taloudellisella, teknologisella sekä sosiaalipoliittisella tasolla ja niiden tunnistaminen on osa projektien onnistu-

mista. Haasteet näkyvät kuluttajasähkönhinnan nousuna ja uuden teknologian käyttöönotossa. Ylikansalliset sähköpörssit mahdollistavat sähköntuotannon siellä, missä se on kannattavinta ja parantavat toimitusvarmuutta huippukulutuksen aikaan. Älykäs, hajautettu sähköverkko luo uusia mahdollisuuksia sähköntuotantoon ja energian säätöön. Tavoitteena on energiantuotannon riittäminen vastaamaan kasvavaa kysyntää ja sen tuottaminen eettisesti. Toimitusvarmuuden ja kilpailukyvyn ennallaan säilyminen ja turvallisuuden takaaminen kansallisesti ja ylikansallisesti ovat ensisijaisen tärkeitä projektien toteutuksessa.

Kandidaatintyössä kartoitettiin merkittävimpiä energiaprojekteihin liittyviä riskejä. Suurimmiksi riskitekijöiksi todettiin ilmastonmuutos ja ilmastonmuutosta ehkäisevän politiikan merkitys energiavalinnoissa ja tuotantotavoissa sekä energiatasapainon saavuttaminen vastaamaan kasvavaa energiantarvetta. Uusiutuvien energiantuotantomuotojen kohdalla keskeisimpiä riskitekijöitä olivat vähäinen kokemus ja teknologian varhainen vaihe sekä energiankulutuksen ja -tuotannon tasapainon kohtaamattomuus.

LÄHDELUETTELO

Cameco. 2016. Uranium price. [Camecon verkkosivut]. [Viitattu 19.12.2016]. Saatavilla: <https://www.cameco.com/invest/markets/uranium-price>

Crossley, Reed. 2016. How does the weather affect solar panel efficiency?. [Verkköjulkaisu]. [Viitattu 20.12.2016]. Saatavilla: <https://www.revolvesolar.com/how-does-the-weather-affect-solar-panel-efficiency/>

EIA. 2017. International Energy Outlook 2016. Table: World total energy consumption by region and fuel. [Verkköjulkaisu]. [Viitattu 18.1.2017]. Saatavilla: <http://www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser/#/?id=2-IEO2016®ion=0-0&cases=Reference&start=2010&end=2040&f=A&linechart=&sourcekey=0>

EIA. 2017. International Energy Outlook 2016. With Projections to 2040. [Verkköjulkaisu]. [Viitattu 18.1.2017]. Saatavilla: www.eia.gov/forecasts/ieo

Energiateollisuus Ry. 2016a. EU:n energia- ja ilmastopolitiikka vuoteen 2030. [Energiateollisuus Ry:n verkkosivut]. [Viitattu 5.12.2016]. Saatavilla: http://energia.fi/energiateollisuuden_edunvalvonta/energiapolitiikka/eu_n_2030-tavoitteet

Energiateollisuus Ry. 2016b. Päästökaupalta matto alta. [Energiateollisuus Ry:n verkkosivut]. [Viitattu 5.12.2016]. Saatavilla: http://energia.fi/energiateollisuus_jarjestona/vision/hiilineutraali_tulevaisuus/mitka_ovat_ongelmat

Energiateollisuus Ry. 2016c. Sähkömarkkinakatsaus 2016. [Energiateollisuus Ry:n verkkosivut]. [Viitattu 25.11.2016]. Saatavilla: http://energia.fi/sites/default/files/sahkomarkkinakatsaus_20160129.pdf

Energiavirasto. 2016. Yleistä päästökaupasta. [Energiaviraston verkkosivut]. [Viitattu 5.12.2016]. Saatavilla: <http://www.energiavirasto.fi/yleista-paastokaupasta>

IEA, Uusiutuvan energiateknologian osasto. 2011. Risk Quantification and Risk Management in Renewable Energy Projects. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 22.12.2016]. Saatavilla: www.iea.org.

IEA. 2015. World Energy Outlook 2015. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 22.12.2016]. Saatavilla: www.iea.org.

International Gas Union. 2016. Wholesale gas price survey 2016 edition. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 19.1.2017]. Saatavilla: http://www.igu.org/sites/default/files/notes/news_itemfield_file/IGU_WholeSaleGasPrice_Survey0509_2016.pdf

IRENA. 2016. Innovation Outlook: Offshore wind. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 22.12.2016]. Saatavilla: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Innovation_Outlook_Offshore_Wind_2016.pdf

Oil. 2016. Raakaöljyn hintakehitys. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 18.12.2016] Saatavilla: <http://www.oil.fi/fi/tilastot-1-hinnat-ja-verot/13-raakaoljyn-hintakehitys>

STEK. 2016. Älykäs sähköverkko. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 7.12.2016]. Saatavilla: https://www.stek.fi/Alykas_sahkon_kaytto/fi_FI/Alykas_sahkoverkko/

Tilastokeskus. 2016a. Energian hintojen lasku tasaantui kolmannella neljänneksellä. [Tilastokeskuksen verkkosivut]. [Viitattu 19.12.2016]. Saatavilla: http://www.stat.fi/til/ehi/2016/03/ehi_2016_03_2016-12-08_tie_001_fi.html

Tilastokeskus. 2016b. Nord Pool Spot-sähköpörssin kuukausikeskiarvot. [Tilastokeskuksen verkkosivut]. [Viitattu 4.12.2016]. Saatavilla: http://www.stat.fi/til/ehi/2016/02/ehi_2016_02_2016-09-07_kuv_006_fi.html

Trading economics. 2017. Coal Forecast 2016-2020. [Trading economicsin verkkosivut]. [Viitattu 19.1.2017]. Saatavilla: <http://www.tradingeconomics.com/commodity/coal/forecast>

Uusi-Eskola, Minna. 2016. Opecin ulkopuoliset maat supistavat öljyntuotantoa. [YLE:n verkkosivut]. [Viitattu 18.12.2016]. Saatavilla: <http://yle.fi/uutiset/3-9345899>

World Energy Council. 2013. World Energy Resources, 2013 Survey: Summary. [Verkköjulkaisu]. Saatavilla: https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/WEC_Resources_summary-final_180314_TT.pdf

Ympäristöministeriö. 2016. Pariisin ilmastopimus. [Ympäristöministeriön verkkosivut]. [Viitattu 22.11.2016]. Saatavilla: <http://www.ym.fi/pariisi2015>

CONVENTIONAL ENERGY RISK MAP (IEA 2011)

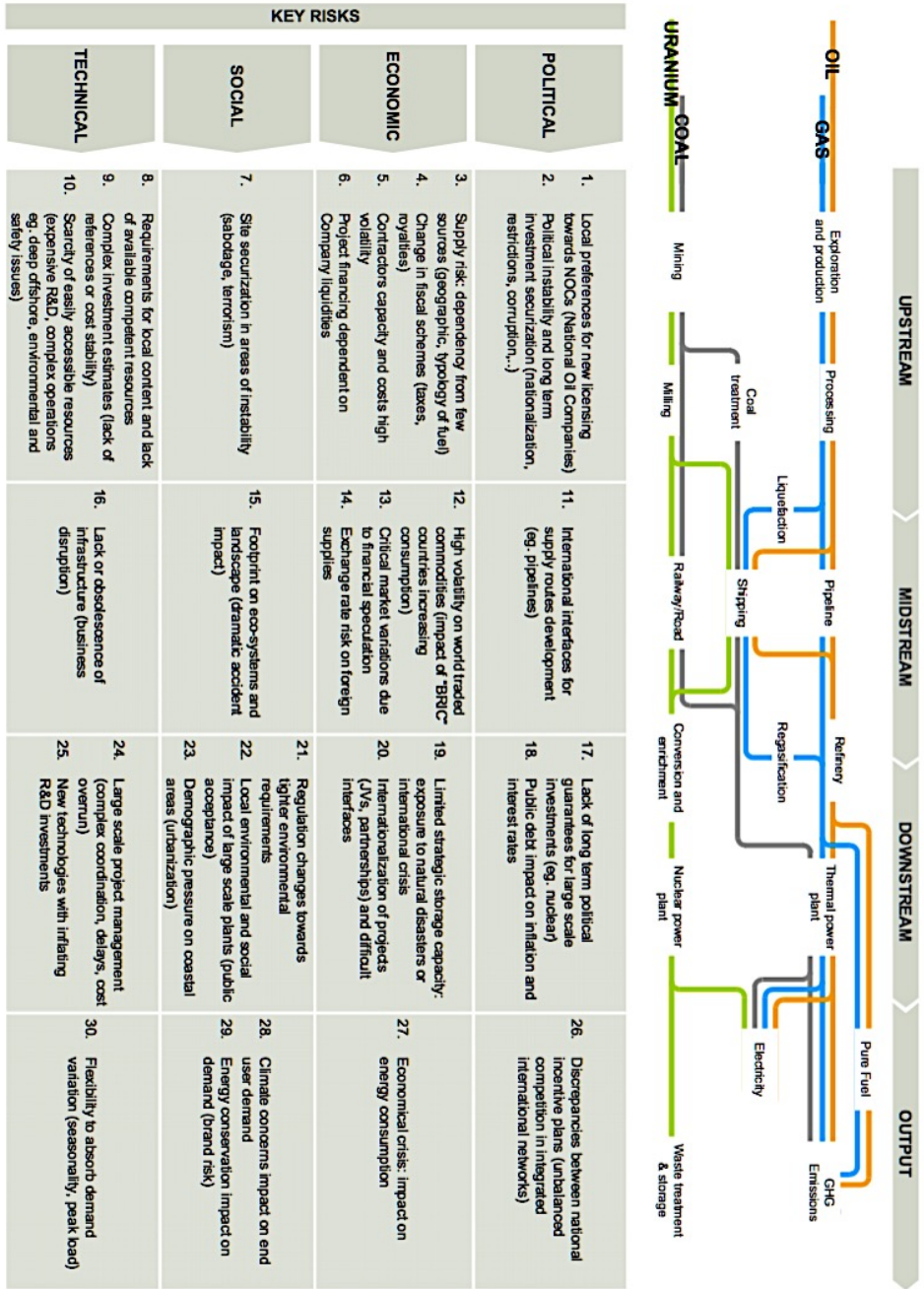


Figure 6 Conventional Energy Risk Map

Risk Quantification and Risk Management in Renewable Energy Projects