

Lappeenranta University of Technology

School of Business and Management

Kandidaatintutkielma, Talousjohtaminen

Ulkoisten tekijöiden vaikutukset aurinkoenergiasektorin osakkeiden hinnoitteluun

**The Effects of External Factors to Solar Industry's Price Movements in the
Stock Market**

7.1.2016

Toni Pollari

Toni Sakari Pollari

Lappeenranta University of Technology

LUT School of Management, Talousjohtaminen

Ohjaaja Elena Fedorova

Tiivistelmä

Kandidaatintutkielman aiheena oli tutkia aurinkoenergia-alan osakkeiden hinnoitteluun vaikuttavia ulkoisia tekijöitä. Tutkielman aihe on erittäin ajankohtainen, sillä ilmastonmuutos ja ilmansaastumisen aiheuttamat ongelmat ovat lisänneet kiinnostusta uusiutuvia energiamuotoja kohtaan. Tutkielma tarjoaa uutta tutkimustietoa erityisesti sijoittajille ja päättäjille heidän tehdessään hajautus- ja lainsäädäntöpäätöksiä.

Tutkielma tehtiin kvantitatiivisin menetelmin käyttäen hyväksi lineaarista regressiomallia, jolloin malliin saadaan lisättyä useita selittäviä muuttujia. Aikaisempien tutkimusten perusteella malliin valittiin kolme lupaavinta selittävää tekijää, jotka olivat maakaasu, teknologiaosakkeet ja pii (mm. Henriques ja Sadorsky, 2008; Cummins, Garry ja Kearney, 2014). Pii valittiin koko tutkimusalalle uutena muuttujana, sillä piin havaittiin olevan merkittävä raaka-aine aurinkopaneeleiden tuotannossa. Aurinkoenergiayhtiöiden osakkeiden hinnoittelua kuvaamana selittävänä tekijänä käytettiin Guggenheim Solar – rahastoa, sillä se koostuu alan suurimmista toimijoista tarjoten näin laajankuvan koko arvoketjusta.

Mallin validius tarkastettiin testaamalla muuttujien multikollinearisuutta, heteroskedastisuutta ja autokorrelaatiota. Testien perusteella malli todettiin harhattomaksi, jolloin tutkimuksen lopputuloksia voidaan pitää kokonaisuudessaan luotettavina. Teknologiaosakkeiden osalta malli havaitsi voimakkaan keskinäisen riippuvuuden aurinkoenergiayhtiöiden ja teknologiaosakkeiden välillä. Havaittua riippuvuutta voidaan selittää aurinkoenergian teknologian nopealla kehityksellä, jolloin yhtiöt joutuvat panostamaan merkittävästi tutkimukseen ja kehitykseen. Osaltaan riippuvuuteen vaikuttaa myös se, että merkittävä osa aurinkoenergiayhtiöistä on listattu Nasdaq Compositeen. Maakaasun osalta malli ei löytänyt korrelaatiota muuttujien väliltä. Tulos eroaa aikaisemmasta tutkimuksesta, jossa havaittiin kausaliiteetti uusiutuvien energiayhtiöiden ja maakaasun kurssivaihteluiden välillä (Cummins et al.

2014). Yhtenä tekijänä voidaan pitää aurinkovoiman riippuvuutta valtion hintatuista, jolloin muuttujien välille ei synny suoranaista kilpailua investoinneista. Piillä todettiin olevan merkitsevä korrelaatio aurinkoenergiayhtiöiden kanssa, mutta aineiston voimakkaasta huipukkuudesta ja aineiston epälikvisyydestä johtuen tuloksia ei voida pitää luotettavina.

Tutkielma antaa testattujen muuttujien osalta hyvän kuvan niiden vaikutuksista aurinkoenergiayhtiöiden osakkeiden hinnoitteluun. Ottaen huomioon, että osakkeiden hinnanmuodostukseen vaikuttaa kymmeniä eri muuttujia. Malli osoittautui selitysasteeltaan hyväksi erityisesti teknologiaosake -muuttujan ansiosta. Tuloksien perusteella optimihajautuksen saavuttamiseksi sijoittajien on tarkkailtava sijoituksia teknologiaosakkeiden ja aurinkoenergiayhtiöiden välillä, jottei portfolion osakkeiden väliset korrelaatiot nouse liian suuriksi.

Toni Sakari Pollari

Lappeenranta University of Technology

LUT School of Management,

Examiner Elena Fedorova

Abstract

The bachelor's thesis studied effects of external factors to the pricing of the solar stocks. Topic of the study is really current because of the climate change and the air pollution problems around the world. This thesis offers new scientific information to investors and decision makers, when investors consider their diversification and lawmakers their decisions and what kind of effect it will have on the solar industry.

The study was executed using quantitative methods utilizing multiple regression as a model, since it allows multiple explanatory variables to be added to the model. Three most promising explanatory variables were selected utilizing prior scientific articles from the field (e.g. Henriques and Sadorsky, 2008; Cummins, Garry and Kearney, 2014). These three chosen variables were natural gas, technology stocks and high purity silicon. High purity silicon was a novelty variable to the study field, it was shown by this study that silicon is widely used as a raw material in solar panel manufacturing. Guggenheim Solar -fund was selected as a dependent variable and it described the price movements of the solar stocks. The fund offered the broadest view from the industry thus being most valid variable.

Validity of the variables was tested by examining possible multicollinieraty, heteroscedasticity and autocorrelation in the model. The results showed the model to be unbiased hence the results can be interpreted to be reliable. The model proved a strong correlation between price movements of technology and solar stocks. The interdependence can be explained by the rapid pace of technological development which forces the solar companies to invest heavily in research and development. Secondly, the correlation can be attributed to the fact that a great number of the solar companies are listed in Nasdaq Composite. In contrast to technology stocks, the model observed no correlation between natural gas and solar stock, contradicting prior studies from the field (Cummins et al. 2014). Lack of correlation can be explained partly by the high government subsidies. This causes the natural gas and solar industry to have less direct competition thus reducing the interdependence. Silicon proved to be

significant variable, but the variable had very high kurtosis, which reduces the reliability of the variable significantly. All in all the result from the silicon should be interpreted cautiously.

To conclude, the model proved to be fairly good in observing correlations between the price movements of the variables and solar industry. One have to remember that there are dozens of factors impacting to price movements; this in mind the model had a high coefficient of determination. Especially technology stocks seemed to have a strong influence to solar stocks. Results show in order to achieve optimal diversification investors should keep the correlation low thus investors should avoid being too heavily invested in these industries.

Sisällysluettelo

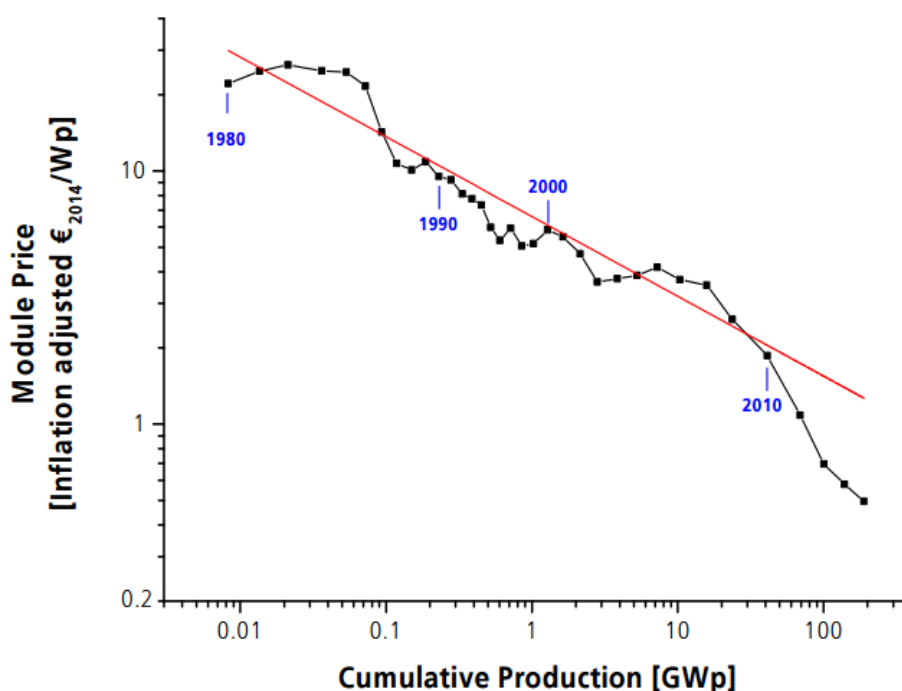
1 Johdanto	3
1.1 Tutkimuskysymys	5
1.2 Rajaukset	6
1.3 Tutkielman rakenne ja viitekehys	6
2 Katsaus aikaisempiin tutkimuksiin	8
3 Aurinkovoima-alan arvoketju	12
3.1 Piipohjaiset aurinkopaneelit	13
3.2 Ohutkalvopohjaiset aurinkopaneelit	14
3.3 Aurinkopaneelien asennus ja niiden rahoittaminen	14
4 Tutkimusaineisto ja menetelmät	16
4.1 Aineisto	16
4.1.1 Guggenheim Solar	17
4.1.2 Nasdaq Composite	18
4.1.3 Maakaasu	18
4.1.4 Pii	19
4.2 Metodologia	20
5 Empiiriset tulokset	22
6 Johtopäätökset	29
Lähdeluettelo	32
Liitteet	35

1 Johdanto

Kandidaatintutkielman tavoitteena on löytää aurinkoenergia-alan osakkeiden hinnoitteluun vaikuttavia tekijöitä. Sijoittajia ja päättäjiä kiinnostaa tietää aurinkoenergiaan vaikuttavat tekijät, jotta he pystyvät tekemään tieteellisen tiedon perusteella hajautus- tai lainsäädäntöpäätöksiä. Vaikuttavia muuttujia ovat esimerkiksi fossiiliset polttoaineet, jotka ovat yhteiskuntamme tärkein energiatukijalka, näin ollen on tärkeä ymmärtää niiden vaikutus aurinkoenergiasektoriin. Fossiilisten polttoaineiden lisäksi on muitakin vaikuttavia tekijöitä aurinkoenergia-alan kurssivaihteluihin kuten yleiset osakemarkkinat, päästökauppahinnat, harvinaiset maametallit, maakaasu, pii ja lakimuutokset. Tutkimuksen tarkoituksena on lisätä tietoa aihealueesta.

Aihealue on tärkeä, sillä ilmastonmuutoksen, ilmansaasteongelmien ja alentuvien uusiutuvien energiamuotojen hintojen johdosta, yhteiskunnassamme on meneillään merkittävä muutos, millä tavalla me tulemme nyt ja tulevaisuudessa tuottamaan yhteiskunnan pyörittämiseen tarvittava energia. Uusiutuvat energiamuodot tarjoavat jo nyt jossain määrin vaihtoehdon fossiilisille polttoaineille, tulevaisuudessa tämä trendi tulee vain vahvistumaan, sillä öljyä tullaan poramaan entistä vaikeammista olosuhteista ja tämä tulee nostamaan öljyn hintaa pitkällä aikavälillä. Uusiutuvissa energiamuodoissa ja varsinkin tutkimuksessani pääkohteena oleva aurinkoenergiassa trendi on aivan erisuuntainen.

Kuten voimme kuviosta 1 nähdä viimeisten 34 vuoden aikana aurinkoenergia-alalla tehtyjen empiiristen havaintojen perusteella on todettu, että aurinkopaneelien kumulatiivisen tuotannon kaksinkertaistuessa, aurinkopaneelien hinnat ovat laskeneet keskimäärin noin 20 prosenttia. Kuvan pysty akseli kuvaa euromääräisiä inflaatiokorjattuja moduulihintoja ja vaaka-akseli kuvaa aurinkomodulien kumulatiivista tuotantoa. (Fraunhofer Institut, 2015)



Kuvio 1. Aurinkoenergia-alan hintojen kehityskäyrä. Lähde: Fraunhofer Institut (2015).

Kyseisen kehityksen jatkuessa tulevaisuudessa aurinkoenergialla tuotettu sähkö tulee siis laaja-alaisesti saavuttamaan niin sanotun verkkosähköhintaparityetin, jolloin aurinkopaneelien tuottama sähkö on samanhintaista kuin verkosta ostettava sähkö. Pariteetti on saavutettu jo eteläisemmillä leveysasteilla, muun muassa Said ja El-Shirmy (2015, 37–48) ovat laskeneet, että Etelä-Egyptissä voidaan tuottaa sähköä aurinkopaneeleilla samaan tai alemmalla hinnalla kuin mitä on sähkön verkkohinta. Samanlaisiin lopputuloksiin on päässyt myös Guerrero-Lemus ja Gonsáles-Días (2015, 426–436), jotka totesivat sekä aurinkovoiman että tuulivoiman saavuttaneen uuden lainsäädännön myötä sähköverkkohinnan Teneriffan saarella.

Tämä todistaa sen, että uusiutuvat energiamuodot alkavat olla varteen otettava vaihtoehto sähköntuotannossa. EIA:n (2015a) seuraavan viisivuotisen ennustuksen toteutuessa uusiutuvien energiamuotojen osuus uudesta sähkökapasiteetista tulemaan olemaan OECD ulkopuolisissa maissa noin 35 prosenttia.

Aikaisempia tutkimuksia keskittyen pelkästään aurinkoenergia—alan yhtiöiden osakkeiden hinnoitteluun ei ole oikeastaan tehty. Robredo (2015, 32–45) havaitsi

tutkimuksessaan öljyllä ja aurinkoenergia yhtiöillä olevan 0,38 korrelaatio keskenään. Aikaisemmat tutkimukset ovat keskittyneet lähinnä uusiutuvan energiaan kokonaisuutena, jolloin aurinkoenergia-alan tulokset hukkuvat kokonaisuuden alle (Henriquesin ja Sadorskyn 2008, 998–110) ; (Kumar, Managi ja Matsuda 2012, 215–226); Managi ja Okimito 2013, 1-9). Näin ollen tutkielmassa päädytään keskittymään vain aurinkoenergia-alaan, jotta eri selittävien muuttujien vaikutuksista aurinkoenergia yhtiöihin saataisiin mahdollisimman tarkka kuva. Aikaisemmat tutkimukset tulevat kuitenkin antamaan erittäin hyvää osviittaa tutkimukseen, sillä aurinkoenergia yhtiöt ovat merkittävällä painolla monissa tutkimuksissa käytetyssä ECO- indeksissä, joka koostuu yhtiöistä, jotka toimivat eri uusiutuvilla energia-aloilla (Henriquesin ja Sadorskyn 2008, 998–110; Robredo 2015, 32–45; Managi ja Okimito 2013, 1-9). Yksi ensimmäisiä aiheeseen liittyviä tutkimuksia on Henriquesin ja Sadorskyn (2008, 998–110) tutkimus, jossa he yrittivät löytää kausaliteetin öljyn ja uusiutuvan energian välisille hinnoittelulle. Tutkimuksessaan he käyttivät Grangerin kausaliteettia testaamaan mahdollista yhteyttä muuttujien välillä. Tutkimuksessaan he osoittivat, että öljyn hinnan vaihteluilla ei ole merkittävää vaikutusta uusiutuvan energian osakkeisiin. Sen sijaan tulokset näyttivät, että sijoittavat näkivät kyseiset yhtiöt enemmänkin teknologiaosakkeisiin kuin öljyyn sidottuina. Samanlaisia havaintoja ovat myös tehneet muun muassa Sadorsky (2012, 248–255) ja Kumar et al. (2012, 215–226).

Aiheen ympärillä ei ole kuitenkaan löydetty yksimielisyyttä siihen, mitkä tekijät vaikuttavat eniten uusiutuvan energian osakkeisiin. Robredo (2015, 32–45) havaitsi omalla aineistollaan merkittävän riippuvuuden öljyn ja uusiutuvien energiamuotojen välillä. Näyttääkin siltä, että monet eri selittävät tekijät vaikuttavat uusiutuvan energian osakkeisiin. Tutkimusten perusteella voidaankin siis olettaa aurinkoenergia yhtiöiden seuraavan ainakin hieman öljyn tai teknologiaosakkeiden hinnoittelua.

1.1 Tutkimuskysymys

Tutkielman päätutkimuskysymyksenä on löytää aurinkoenergia yhtiöiden hinnoitteluun vaikuttavia ulkoisia tekijöitä. Tällaisia tekijöitä ovat muun muassa yleiset osakemarkkinat, maakaasu (Cummins, Garry ja Kearney 2014, 261–267), teknologiaosakkeet (esim. Sadorsky 2012, 248–255), öljy (esim. Managi ja Okimito 2013, 1-9) ja päästökauppahinnat (esim. Kumar, Managi ja Matsuda 2012, 215–226).

Lopuksi tutkielman lopputuloksia tullaan vertaamaan aiemmin uusiutuvista energia yhtiöiden riippuvuuksista saatuihin tutkimustuloksiin ja todeta näin eroavatko aurinkoenergiaosakkeet merkittävästi riippuvuus suhteiltaan uusiutuvista energia osakkeista.

Päättökysymys:

- Mitkä ulkoiset tekijät vaikuttavat aurinkoenergia yhtiöiden hinnoitteluun?

1.2 Rajaukset

Tutkielman rajaukset liittyvät lähinnä toimialaan ja dataan. Tutkielman tärkeimpänä rajauksena toimii toimiala, jolloin tutkimuksessa keskitytään vain yrityksiin, joiden liikevaihdosta merkittävä osa tulee aurinkoenergia-alalta. Aurinkoenergia-alan kehitystä tulee kuvaamaan Guggenheim Solar -rahasto, johon otetaan vain yrityksiä, joiden liikevaihdosta merkittävä osa tulee kyseiseltä toimialalta. Rahasto on niin sanottu passiivinen rahasto, jolloin sen hallinnointikulut eivät ole suhteettoman suuret ja niillä ei ole merkittävää vaikutusta tutkielman kannalta. (Guggenheim Investment, 2015) Kyseisen rahaston käyttäminen aineistona rajoittaa tutkielman vain listattuihin aurinkoenergian arvoketjussa oleviin yhtiöihin. Yhtiöt voivat siis valmistaa esimerkiksi paneelivalmistuksessa tarvittua yksi- tai monikiteistä piitä, piikiekoja, tuotannossa tarvittavia koneita tai tarjota aurinkopaneelien asennus- ja rahoituspalveluita. Tutkimuksen aikavälinä käytetään kolmea vuotta, jolloin aikaväliltä saadaan riittävästi havaintoja ottaen huomioon, että tutkimuksessa käytetään viikoittaista dataa hyödyksi. Tutkielmassa tullaan keskittymään vain aurinkoenergiayhtiöiden hinnoittelun ulkoisiin vaikuttaviin tekijöihin, eikä tutkielmassa oteta kantaa toimialan sisäisiin tekijöihin, kuten esimerkiksi sektorin yli tai alitarjonta tilanteisiin.

1.3 Tutkielman rakenne ja viitekehys

Tutkielman viitekehityksenä käytetään aikaisempia aiheeseen liittyviä kvantitatiivisia tutkimuksia, joissa on tutkittu uusiutuvien energiamuotojen hinnoitteluun vaikuttavia tekijöitä. Aikaisemmat tutkimukset tulevat antavat hyvän pohjan tutkimuksen tekemiselle, sillä kyseiset tutkimukset ovat sivunneet aiheeni, sillä aurinkoenergia on osa uusiutuvaa energia-alaa. Tutkielman tarkoituksena on lisätä uutta

tutkimusaineistoa vähän tutkitulle aihealueelle, jotta sijoittajat ja päättäjät pystyvät ymmärtämään paremmin eri muuttujien välisiä suhteita. Tämä tutkielma tavoitteena on tuottaa aiheesta lisää tietoa, jolloin sijoittajat voivat tehdä hajautus- ja suojauspäätöksiä tämän tutkimuksen tulosten pohjalta.

Tutkielman rakenne koostu pitkälti yleisten kandidaatinohjeiden pohjalle, jolloin ensimmäinen kappale koostuu aihealueen johdannosta, tutkimuskysymyksiä avaamisesta, rajauksista ja viitekehuksesta. Toinen kappale perustuu aikaisempien tutkimuksien avaamiseen aihealueesta. Kolmannessa kappaleessa kuvaillaan lyhyesti aurinkoenergian arvoketjut, jotta tutkimuksessa saadaan paremmin selville aurinkoenergian taustalla olevia tärkeimpiä mekanismeja, kuten minkälaisia raaka-aineita tuotannossa käytetään. Neljännessä kappaleessa keskitytään tutkielmassa käytetyn datan kuvailuun ja metodologian osalta käytettyjen menetelmien avaamiseen ja perustelemiseen. Viidennessä kappaleessa avataan empiriasta saatuja tuloksia. Viimeisessä kappaleessa tehdään yhteenveto tutkielmasta ja avataan mahdollisia jatkotutkimusaiheita.

2 Katsaus aikaisempiin tutkimuksiin

Tutkimusaiheena uusiutuvan energiamuotojen ulkoisten tekijöiden riippuvuuksien havainnointi on uusi aihealue, sillä ensimmäisiä yrityksiä löytää selittäviä tekijöitä uusiutuvien energia osakkeiden hinnoittelulle oli Henriquesin ja Sadorskyn (2008, 998–1010) tutkimus, jossa he käyttivät autoregressiivistä vektori -mallia testaamaan mahdollista yhteyttä öljyn, korkojen, teknologia- ja uusiutuvien energiaosakkeiden välillä. Tutkimuksessaan he osoittivat, että öljyn hintavaihteluilla ei ollut merkittävää vaikutusta uusiutuvan energian osakkeisiin. Sen sijaan tulokset osoittivat, että sijoittajat näkivät kyseiset yhtiöt enemmänkin teknologiaosakkeisiin riippuvaisina kuin öljyyn. Tämä aihe alueella urauurtava tutkimus avasi mahdollisuuksia monille jatkotutkimusaiheille ja vuonna 2015 aiheesta löytyy jo kymmeniä tutkimuksia.

Sadorsky (2012, 248–255) jatkoi tutkimusta korrelaation ja volatilitietin leviämisestä muuttujien välillä. Tutkimuksessaan hän käytti GARCH- mallia, joka poikkeaa aikaisemmassa tutkimuksessa käytetystä mallista. Tutkimuksen lopputulokset olivat mallin muutoksista huolimatta yhtenäiset Henriquesin et al. (2008, 998-1010) tutkimuksen kanssa. Teknologiaosakkeilla ja uusiutuvan energian osakkeilla havaittiin olevan vahva positiivinen korrelaatio, kuitenkin merkittävää vaikutusta ei löydetty öljyn suhteen. Sadorskyn tekemän DCC-mallin perusteella suojauksen tekeminen öljyn ja uusiutuvien energia osakkeiden välillä on mahdollista. Kuitenkaan tämä ei ollut mahdollista teknologiaosakkeiden kanssa, sillä korrelaatio on liian voimakas näiden muuttujien välillä.

Aiheeseen liittyvässä tutkimuksessa ei olla kuitenkaan päästy yksimielisyyteen öljyn hintavaihteluiden merkityksestä uusiutuvan energian osakkeisiin. Esimerkiksi Managi ja Okimito (2013, 1-9) tutkivat Markov switching -mallilla mahdollisia strukturaalisia muutoksia öljyn, teknologia- ja uusiutuvien energia osakkeiden korrelaatioissa vuosien 2001–2010 välillä. Tutkimuksessaan he havaitsivat strukturaalisen muutoksen vuonna 2007 öljyn ja uusiutuvan energia osakkeiden välisessä korrelaatiossa. Ennen vuotta 2007 kyseisillä muuttujilla ei ollut merkittävää korrelaatiota, tämän jälkeen korrelaatio muuttui merkittäväksi. Managi ja Okimoto esittivät mahdolliseksi syyksi korkean öljyn hinnan aiheuttamaa siirtymää fossiilisista polttoaineista kohti uusiutuvia energiamuotoja. Samanlaisia tuloksia saivat myös Broadstock, Cao ja Zhang (2012, 1888–1895) tutkimuksessaan he havaitsivat merkittävän korrelaation vahvistumisen öljyn- ja energiaosakkeiden välillä vuoden 2008 finanssikriisissä. Näiden tutkimuksien

perusteella näyttääkin siis siltä, että osakemarkkinoiden shokit ja korkea öljyn hinta vaikuttavat vahvistavan korrelaatiota öljyn ja uusiutuvien energia osakkeiden kanssa.

Samanlaisen havainnon teki myös Robredo (2015, 32–45), hänen tuloksiansa perusteella öljyn ja uusiutuvan energia osakkeiden korrelaatio vahvistuu merkittävästi aineiston ääriarvoilla. Kuitenkin aurinkoenergian kohdalla havaittiin vahvistuva korrelaatio vain negatiivisten ääriarvojen kohdalla. Robredo perustelee havaittua ilmiötä sillä, että öljyn positiiviset ja negatiiviset hinta shokit vaikuttavat merkittävästi uusiutuvan energia projektien kannattavuuteen. Näin ollen merkittävä öljyn hinnan lasku voi tehdä osan uusiutuvan energian projekteista kannattamattomaksi.

Yhdysvaltojen ulkopuolista näkökulmaa aihe alueeseen toi Cummins et al. (2014, 261–267) tutkimus, jossa käytettiin FTSE 100- ja FTSE Small Cap-indeksiä selittävinä tekijöinä kuvamaan yleisten osakemarkkinoiden vaikutusta. Uusiutuvan energian indekseinä käytettiin FTSE Renewable and Alternative Energy indeksiä ja the Regional Bloomberg Europe, Middle East and Africa Clean Energy -indeksiä. Tutkijat löysivät kausaliiteetin FTSE -indeksien ja uusiutuvan energia -indeksien välillä. Tutkimuksen perusteella ainakin Euroopassa laajat osakemarkkinat näyttäisivät vaikuttavan merkittävästi uusiutuvan energian osakkeisiin. Eurooppalaisen näkökulman lisäksi, he tutkivat myös maakaasun hintojen vaikutusta uusiutuviin energian indekseihin. Heidän tuloksensa osoittivat näiden kahden muuttujan välillä olevan kausaliiteetin, jolloin maakaasun hintavaihtelut näkyivät uusiutuvan energian -indeksissä, samanlaista vaikutusta he eivät löytäneet kuitenkaan Brent-öljyn suhteen. Tutkijat perustelivat havaintoja sillä, että maakaasu ja uusitut energiamuodot kilpailevat keskenään alhaisten hiilidioksidipäästöjen investoinneista, toisin kuin öljy, joka ei kilpaile suoranaisesti samoista investoinneista.

Kumar et al. (2012, 215–226) kehittivät Henriques et al. (2008, 998–1100) kehittämää mallia käyttämällä selittäjinä öljyä, teknologia osakkeita, korkoja sekä EU:n päästäkauppajärjestelmään perustuvia kauppahintoja, aineisto perustui vuosien 2005–2008 välille. Tutkimuksen tulokset myötäilivät pitkälti aikaisempia tutkimuksia, tosin öljyn osalta löydettiin vahvempi korrelaatio öljyn hinnan ollessa korkealla kuin mitä eräissä aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu (Henriques et al. 2008, 998–1010 ; Sadorsky, 2012, 248–255 ; Inchauspe, Ripple ja Trück, 2015, 325–335). Tutkimusten välinen ero saattaa johtua osittain sekä aineiston että käytetyn mallin

eroavaisuuksista. Kuitenkaan uutena selittäjänä lisätyillä päästökauppahinnoilla ei ollut merkitsevää vaikutusta uusiutuviin energian osakkeisiin. Tutkijat ehdottivat mahdolliseksi syyksi päästökauppahintojen alhaista hintaa, joka ei luo tarpeeksi kannustetta vaihtaa fossiilisia polttoaineita uusiutuviin energiamuotoihin. Päästökauppa hinnoittelulla ei ole havaittu olevan merkittävää vaikutusta muissa tutkimuksissa (Cummins et al. 2014, 261–267).

Harvinaisten maametallien vaikutuksia uusiutuvan energian osakkeisiin tutkivat Baldi, Peri ja Vandone (2014, 53–61), heidän tutkimuksen pääkohteena oli tarkastella uusiutuvan energia-alalla käytetyn neodyymin ja dysprosiumin mahdollisia vaikutuksia seitsemään eri uusiutuvan energian indeksiin. Tutkimuksessa havaittiin neodyymin vaikuttavan uusiutuvan energian osakkeisiin 2009–2011 välisenä aikana, jolloin kyseisen alkuaineen hinta nousi 436 prosenttia. Merkittävä vaikutus näkyi erityisesti tuulivoimayhtiöistä koostuneessa indeksissä sekä Smart -indeksissä, joka koostuu lähinnä energian säästöön ja tehokkuuteen keskittyvistä yrityksistä. Tutkimusta saatujen tuloksien perusteella neodyymin nopea hinnannousu vaikutti negatiivisesti kyseisten indeksien tuottoon. Tuulivoimaloiden valmistuksessa käytetään erityisen paljon neodyymia, jolloin sen vaikutukset näkyvät tuotantokustannuksissa. Neodyymin hinnan palauduttua alemmalle tasolle kyseistä vaikutusta ei enää havaittu. Tutkielman kannalta mielenkiintoista on se, että harvinaisilla maametalleilla ei ollut vaikutusta aurinkoenergia -indekseihin. Tämä selittyy luultavasti sillä, että kyseisiä maametalleja ei käytetä niin merkittävästi aurinkoenergian arvoketjussa.

Edellä mainittujen merkitsevien muuttujien lisäksi erityisen tärkeä uusiutuvien energian alalla on valtioiden antamat tuet. Reboredo ja Wen (2015, 624–636) tutkivat Kiinan hallituksen tekemien lakimuutosten vaikutuksia tuulivoima-, aurinkoenergia-, ydinvoima- ja litium -indekseihin. Tutkijat vertasivat indeksituottoja ja volatiliiteetin muutoksia ennen ja jälkeen lakien hyväksyminen. Merkitseviä eroja löytyi vain rahallisten tukipäätösten jälkeen, joilla oli selkeä positiivinen vaikutusta kaikkien indeksien kehitykseen.

Kuten olettaa saattaa ulkoisten tekijöiden vaikutukset uusiutuvan energia osakkeiden hinnoitteluun on hyvin monisyinen ilmiö. Vaikka kyseiset muuttujat korreloisivatkin selitettävän tekijän kanssa, ei se välttämättä tarkoita, että kyseisellä selittäjällä oikeasti olisi vaikutusta selitettävään tekijään. Tämän vuoksi on kriittisesti ajateltava

esimerkiksi öljyn, harvinaisten maametallien, teknologiaosakkeiden yms. muuttujien mahdollisia vaikutus mekanismeja aurinkovoimayhtiöiden liiketoimintaan. Taulukkoon 1 on vielä listattu kertaavasti kappaleessa mainitut selittävät muuttujat niiden havaittune vaikutuksineen.

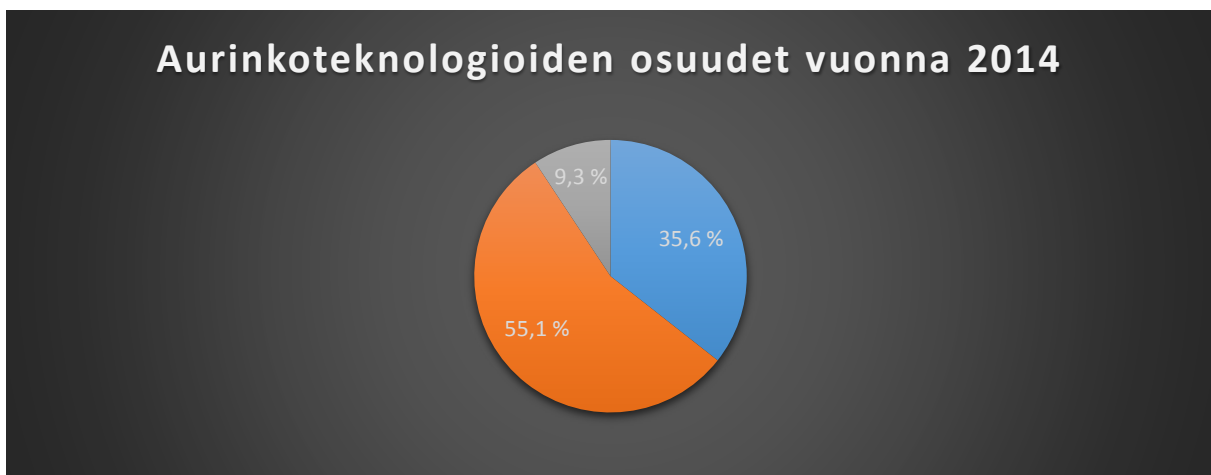
Taulukko 1. Keskeisiä tuloksia aihealueen tutkimuksista

Tutkimus	Selittävän tekijän havaitut vaikutukset		
	Muuttuja	Uusiutuvat energiaan	Aurinkovoimaan
Managi ja Okimito (2012)	Öljy	Merkittävä vaikutus vuoden 2007 strukturaalisen muutoksen jälkeen	Ei tutkittu
Robredo (2015)	Öljy	Merkittävä vaikutus öljyshokkien aikana	Korrelaatio havaintojen ääriarvoilla
Henriquesin ja Sadorskyn (2008)	Teknologiaosakkeet	Merkittävä vaikutus	Ei tutkittu
Cummins, Garryn ja Kearneyn (2014)	Yleiset osakemarkkinat	Merkittävä vaikutus Euroopassa	Ei tutkittu
Baldi, Peri ja Vandone (2014)	Harvinaiset maametallit	Korkean hintapiikin aikaan vain tuulivoima indekseihin	Ei tutkittu
Cummins, Garryn ja Kearneyn (2014)	Maakaasu	Merkittävä vaikutus	Ei tutkittu
Kumar, Managi ja Matsuda (2012)	Päästökauppahinnat	Ei vaikutusta	Ei tutkittu
Reboredo ja Wen (2015)	Lakimuutokset	Rahallisilla tukipäätöksillä merkittävä vaikutus	Rahallisilla tukipäätöksillä merkittävä vaikutus

3 Aurinkovoima-alan arvoketju

Ymmärtääksemme aurinkovoimaan vaikuttajia tekijöitä on erittäin tärkeä ymmärtää alan arvoketju raaka-aineista valmiiseen tuotteeseen. Kappaleessa tullaan viittaamaan useasti käsitteisiin aurinkokenno, aurinkopaneeli ja aurinkojärjestelmä. Käsitteet tullaan määrittelemään tässä erikseen, sillä suomenkielen kirjallisuudessa on useita samaan asiaan viittavia nimikkeitä. Aurinkokenno on aurinkopaneelin yksittäinen solu, useita aurinkokennoja yhdistelemällä muodostetaan aurinkopaneeli. Aurinkoenergiajärjestelmä määritellään tutkielmassa valmiiksi järjestelmäksi, jolloin se on valmis tuottamaan sähköä suunniteltuun tarkoitukseensa.

Kappaleessa tullaan keskittymään piihin ja ohutkalvoihin perustuvaan teknologiaan, jossa auringon valo muutetaan sähköksi. Muitakin tapoja on auringon säteilyenergian hyödyntämiseen, esimerkiksi heijastamalla energia keskitettyyn pisteeseen peilien tai linssien avulla, kuitenkin tämä teknologia on vain marginaalinen osa alan kokonaisuutta, joten sitä ei avata tutkielmassa enempää.



Kuvio 2. Vuoden 2014 tuotantojakauma eri teknologioiden välillä.

Lähde: Fraunhofer Institut (2015).

Yllä olevasta kuviosta 2 voimme nähdä vuoden 2014 tuotantoon perustuvan jakauman fotoneihin perustuvien teknologioiden välillä. Aurinkovoiman arvoketju voidaan jakaa kolmeen selvään eri vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe koostuu piin valmistuksesta, joista valmistetaan piikiekoja. Toinen vaihe koostuu kokoonpanosta, jossa piikiekoista ja muista aurinkokennoon muodostamiseen tarvittavasti osista kootaan toimiva aurinkopaneeli. Kolmas vaihe kattaa asennuksen kohteessa ja ostoon liittyvän rahoituksen. Yleensä paneelivalmistajat ovat vertikaalisesti integroituja valmistajia,

jolloin yhtiöt toimivat kaikissa arvoketjun osissa, tällaisia yhtiöitä ovat esimerkiksi vuoden 2014 maailman kolme suurinta paneelivalmistajaa Trina Solar, Yingli Solar ja Canadian Solar (IHS, 2015). Kuitenkin on yhtiöitä, jotka keskittyvät vain jälleen myyntiin ja asennus puolelle.

3.1 Piipohjaiset aurinkopaneelit

Piipohjaisten aurinkokennojen tärkein raaka-aine on 99.999 prosenttisesti puhdas pii. Monikiteisen aurinkokennon valmistusprosessi aloitetaan sulattamalla pii 1400 asteessa, jonka jälkeen piin annetaan viilentyä upokkaassa, jossa se muodostaa pitkäikäisyyttä lisääviä monikristallisoituneen kuution. Kyseinen pitkäikäisyys tehostaa aurinkokennon kykyä muuttaa auringonvaloa sähköksi. Monikiteisen aurinkokennon valmistaminen on halvempaa kuin yksikiteisen piikiekkon kasvatus, johtuen yksikiteisen piin kalliimmista valmistusmenetelmistä. Piin monikiteisyyden takia monikiteiset aurinkopaneelit häviävät auringonvalon muuntotehokkuudessa sähköksi tehokkaammille yksikiteisille aurinkopaneeleille. Piikuution viilennettyä se leikataan kiekoksi, jonka jälkeen epäpuhtaudet poistetaan kemikaaleilla. Toimivan aurinkokennon saamiseksi tarvitaan kaksi piikiekkoa, joista toinen upotetaan fosforiin ja toinen booriin. Näin ollen toisessa piikiekkossa on negatiivinen ja toisessa positiivinen varaus, jolloin se tuottaa sähkövirtaa fotonien iskeytyessä kahteen piikiekkoon ja niiden välissä olevaan virtapiiriin. Toimivan aurinkopaneelin saamiseksi piistä muodostettuja aurinkokennoja yhdistetään useita kappaleita, esimerkiksi kuusikymmentä kappaletta, yhdistämisen jälkeen ne vielä päällystetään aurinkolasilla ja taakse laitetaan pistoke, jolloin se voidaan liittää sähköverkkoon. Aurinkopaneeleita voidaan lisätä aurinkoenergiajärjestelmään niin paljon kuin halutaan, jolloin saavutetaan haluttu sähköntuotanto. (Thorpe 2011, 125–133)

Kennojen valmistuksessa tarvittavan piin valmistuskustannukset vastaavat noin 40–50 prosenttia aurinkopaneelin kokonaiskustannuksista, kyseinen vaihe on erittäin pääomaintensiivinen ja herkkä, sillä pienetkin epäpuhtaudet pilaavat tuotteen (BlueGreen Alliance, 2011). Näyttäisikin siltä, että piin hinnan ja aurinkoenergia yhtiöiden osakkeiden hintavaihteluilla saattaa olla merkittävä riippuvuus.

3.2 Ohutkalvopohjaiset aurinkopaneelit

Ohutkalvoteknologia pohjautuu samaan auringonvaloon perustuvaan ilmiöön kuin piihin perustuvat aurinkokennot. Yksi ohutkalvoteknologian eduista on se, että se ei tarvitse piitä. Pii on korvattu erittäin ohuilla valoa imevillä kalvoilla, jotka on asennettu halvalle alustalle, kuten esimerkiksi alumiinille tai lasille. Ohutkalvotekniikassa on useita kilpailevia vaihtoehtoja, jotka ovat jo tuotannossa. Yleisimmät valmistusmenetelmät käyttävät, joko kadmium-telluuri-, kupari-indium-gallium-, diselenidi- tai amorfispii-yhdistelmiä. Ohutkalvoteknologian etuna verrattuna piihin perustuviin aurinkokennoihin on niiden halpa tuottaminen, sillä raaka-aineita ei juuri tarvita ja niiden tulostaminen alustalle on halpaa. Vastapainona kuitenkin niiden tehokkuus on selvästi alhaisempi kuin piipohjaisten kennojen. Kyseisen teknologian käyttäminen on yleistä varsinkin isoissa aurinkoenergia projekteissa, joissa ei ole maankäyttö tai tila ongelmia. (Thorpe 2011, 130) Aiemmin mainittujen valmistusmenetelmien paneeli tehokkuudet ovat noin 11–16 prosentin välillä, kun taas piipohjaiset yltyvät tehokkuudessa 18–23 prosenttiin (Fraunhofer Institute, 2015). Ohutkalvotekniikalla ei siis näyttäisi olevan samanlaista kiinteää suhdetta piihin, vaan kyseinen teknologia näyttäisi olevan enemmän sidottu tutkimukseen. Tutkimuksen avulla pystyttäisiin mahdollisesti nostamaan ohutkalvoteknologian tehokkuutta ja näin ollen se pystyisi tulevaisuudessa kilpailemaan piipohjaisten aurinkopaneelien kanssa muun muassa kotitalouden aurinkoenergiajärjestelmistä.

3.3 Aurinkopaneelien asennus ja niiden rahoittaminen

Vaikka aurinkopaneelit ovatkin aurinkoenergiajärjestelmän ydin, sen osuus kokonaiskustannuksista on hämmästyttävän pieni. Yhdysvaltain energiaministeriön (US Department of Energy, 2014) laskelmien mukaan vuoden 2013 lopussa kotitalouksien aurinkoenergiajärjestelmän kokonaishinta oli Yhdysvalloissa keskimäärin 3,29 dollaria watilta, vain neljäsosa kuluista kohdistui itse paneeleihin, loput kuluista liittyivät itse asennukseen ja virran saamiseksi verkkoon. Tärkeimpinä mainittakoon invertteri, joka muuttaa aurinkopaneelien tuottaman sähkön sähköverkkoon sopivaksi, jotta se voidaan syöttää verkkoon.

Toinen iso kustannus on asennus, joka on suhteellisen työvoima intensiivinen vaihe ja sitä kautta iso kuluerä. Näin erityisesti, jos ostaja on valinnut aurinkoa seuraavan järjestelmän, jolloin paneelit osoittavat aina optimaalisessa kulmassa aurinkoa kohti. Toinen mahdollisuus on asentaa paneelit katolle, jolloin niiden tehokkuus laskee hieman, mutta kulut laskevat selvästi (US Department of Energy, 2014).

Hinnoittelultaan aurinkovoimajärjestelmät ovat suhteellisen isoja investointeja, esimerkiksi keskimääräinen kotitalouden 5 kWh järjestelmä maksaa Yhdysvalloissa keskimäärin 20000–30000 dollaria, tämän vuoksi monet järjestelmät maksetaan velalla. (Center for Sustainable Energy, 2015) Huomattavaa on kuitenkin se, että järjestelmän hintaa alentaa ainakin vuoteen 2016 asti voimassa oleva 30 prosentin liittovaltion veroetu ja lisäksi osavaltioiden omat veroedut, jotka alentavat kotitalouteen asennettavan aurinkoenergianjärjestelmän hintoja (SEIA, 2015). Veroetujen avulla 30 000 dollarin järjestelmästä jää veroetujen jälkeen maksettavaa 21 000 dollaria (Center for Sustainable Energy, 2015).

Veroeduista huolimatta korko voi olla erittäin huomattava tekijä laskettaessa aurinkoenergianjärjestelmän kannattavuutta esimerkiksi takaisinmaksumetodin tai sisäisen korkokannan mukaan. Kyseinen edun mahdollinen poistuminen vuonna 2016 voi aiheuttaa selkeän ostopiikin aurinkoenergianjärjestelmiin ennen kuin veroedut poistuvat tai vähenevät merkittävästi.

Toisena mahdollisuutena on rahoittaa taloon aurinkoenergianjärjestelmä niin sanotulla leasing-sopimuksilla, jolloin ostaja ei tarvitse alkupääomaa tai ottaa velkaa, vaan ostaja maksaa kuukausittaisia leasing-maksuja aurinkojärjestelmästä. Tällaisia maksuvaihtoehtoja tarjoaa esimerkiksi Solar City -yhtiö (Solar City, 2015). Kyseisestä tavasta tullut suosittu tapa hankkia aurinkoenergianjärjestelmä ja se saattaa vähentää osaltaan korkojen vaikutuksia päätöksenteossa.

4 Tutkimusaineisto ja menetelmät

Tässä luvussa tullaan käsittelemään tutkimuksen aineistoa ja metodologiaa. Aineiston osalta tullaan perustelemaan selittävän ja selittävien muuttujien aineiston valintaperusteita. Luvussa avataan myös tutkimuksessa käytettyä tutkimusmenetelmää.

4.1 Aineisto

Aurinkoenergian yhtiöiden kurssivaihteluita tullaan tutkimuksessa selittämään kolmen eri selittävän tekijän avulla: Nasdaq Composite, maakaasu ja pii. Aurinkoenergian kurssimuutoksia kuvamaan on valittu tutkimuksessa Guggenheim Solar -rahasto. Aineisto koostuu viikoittaisista havainnoista vuosien 2012–2015 välillä ja se on haettu Thomson Reuters Datastream -ohjelmiston kautta. Aineiston havaintoväliksi on valittu viikko, sillä päivittäiset havainnot tuottavat liikaa kohinaa ja kuukausittaiset havainnot taas tuottavat liian vähän havaintoja, jolloin aineiston vinoutuneisuuden riski kasvaa.

Aineiston ollessa kurssidataa se tarkoittaa sitä, että aineisto on epästationaarinen, tämän vuoksi havainnot on muutettava prosentuaalisiksi muutoksiksi, jotta aineistosta saataisiin mahdollisimman harhaton. Aineiston muuttujina käytetään aikavälien logaritmisia tuottoja

$$P_t = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \quad (1)$$

, jossa (P_t) on ajanhetkellä, (\ln) luonnollinen logaritmi ja (P_{t-1}) on edellisen viikon havainto. Tutkielmassa käytetään logaritmisia tuottoja, sillä ne tarjoavat ajan suhteen konsistentteja arvoja. Liitteisiin 1 ja 2 on lisätty muuttujien kurssikehitys ja histogrammit aikaväiltä 2012–2015.

Taulukko 2. Deskriptiiviset luvut

	N	Keskiarvo	Minimi	Maksimi	Vinous	Huipukkuus	Keskihajonta
Guggenheim Solar	202	0,0000	-0,170	0,183	0,070	0,576	0,057
Maakaasu	202	-0,0014	-0,279	0,167	-0,630	2,626	0,063
Nasdaq Composite	202	0,0032	-0,070	0,052	-0,476	0,942	0,019
Pii	202	-0,0021	-0,089	0,024	-3,565	30,262	0,001

Huomattavaa aineistossa on piin voimakas huipukkuus ja vinous negatiivisiin arvoihin. Piin huipukkuus johtuu erityisesti piin likviditeetin puutteesta, jolloin se saa usein arvonnolla, näin ollen hintavaihteluita ei ole tapahtunut. Maakaasun ja aurinkovoima -indeksin huomattavia asioita on niiden voimakas volatiliteetti, jolloin niiden viikoittaiset hintavaihtelut ovat olleet voimakkaita.

4.1.1 Guggenheim Solar

Aurinkoenergia-alan kehitystä kuvamaan on valittu Guggenheim Solar - ETF, kyseinen ETF on arvoltaan suurin aurinkoenergia yhtiöitä seuraava rahasto. Rahaston koko on noin 240 miljoona dollaria vuonna 2015. Kyseinen rahasto on passiivisen sijoittamisen rahasto, joka pyrkii seuramaan mahdollisimman pienin kuluin ja mahdollisimman tarkasti valittua indeksiä. Valitettavasti Datastreamistä ei löytynyt tietoja MACD Global Solar -indeksistä, jota Guggenheim -rahasto seuraa. Näin ollen kulut saattavat hieman aiheuttaa seurantavirheitä (tracking error), jolloin aineisto ei aivan täydellisesti kuvaa yhtiöiden osakkeiden kehitystä. Guggenheim Solar -rahasto koostuu 25 eri aurinkoenergiaketjussa toimivasta yrityksestä, joista huomattava osa keskittyy paneelivalmistukseen. Painotuksiltaan kyseinen rahasto on hieman ongelmallinen, sillä sen neljä suurinta sijoitusta vastaavat noin 31 prosenttia koko portfoliosta. (Guggenheim Investment, 2015) Kyseinen rahasto on kuitenkin vähemmän keskittynyt

kuin kilpailevat rahastot ja näin ollen se tarjoaa paremman poikkileikkauksen koko arvoketjusta.

4.1.2 Nasdaq Composite

Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että uusiutuvien energiayhtiöiden ja teknologiayhtiöiden välillä on selkeä korrelaatio ja sijoittajat näkevätkin kyseiset yhtiöt teknologiaan sidottuina yhtiöinä (Henriques et al. 2008, 998–1010; Sadorsky, 2012, 248–255; Inchauspe et al. 2015, 325–335). Tätä hypoteesia testaamaan aurinkoenergia osalta on valittu Nasdaq Composite -indeksi. Aurinkoenergia-alalla teknologian kehitys on nopeaa ja uusi teknologia voi muuttaa merkittävästi muuttaa alan voimasuhteita. Näin ollen teknologiaosakkeiden vaikutusta on tärkeä tutkia. Nasdaq Composite on yksi Yhdysvaltojen seuratuimmista indekseistä ja se on painottunut informaatioteknologiaan, näin ollen se on sopiva selittäväksi tekijäksi.

4.1.3 Maakaasu

Maakaasu on valittu tutkimuksen selittäväksi tekijäksi, sillä aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu kausaliiteetti maakaasun ja uusiutuvan energia osakkeiden hintakehityksen välillä. Tutkijat ovat perustelleet havaintoja sillä, että maakaasu ja uusituvat energiamuodot kilpailevat keskenään alhaisten hiilidioksidipäästöjen investoinneista. (Cummins et al. 2014, 261–267) Maakaasun ennustetaan tuottavan vuonna 2015 noin 31 prosenttia Yhdysvaltojen sähköntarpeesta ollen näin toiseksi suurin sähkönlähde hiilen jälkeen, jonka ennustetaan tuottavan noin 36 prosenttia kaikesta sähköntarpeesta (EIA b, 2015). Kiinassa maakaasun osuus sähköntuotannosta tulee myös kasvamaan pitkällä aikavälillä nykyisestä 2 prosentista 8 prosenttiin (EIA c, 2015). Cummins et al. (2014, 261–267) aikaisempien havaintojen lisäksi on huomattava se, että aurinkoenergian ja maakaasun ensisijainen käyttö on pääasiallisesti sähköntuotannossa, tämä tekijä vahvistaa myös heidän oletustaan, että kyseiset sektorit kilpailevat keskenään samoista investoinneista.

Maakaasun hintakehitystä kuvaamaan käytetään Henry Hub -maakaasun hintaa, joka on yksi käytetyimmistä maakaasun viitehinnoista. Henry Hub -viitehintaa on maailman kolmanneksi vaihdetuin raaka-aine futuuri maailmassa (CME Group, 2015). Näin ollen

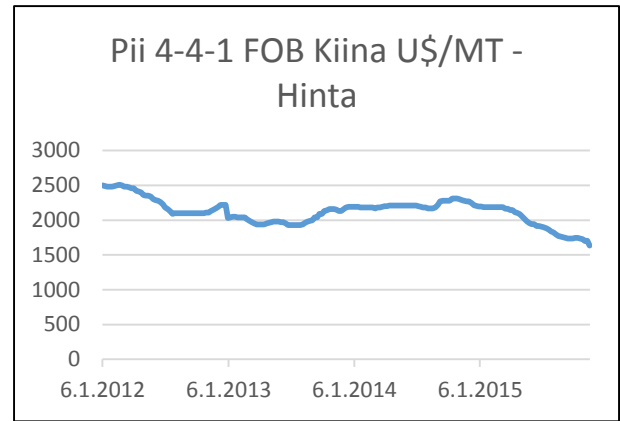
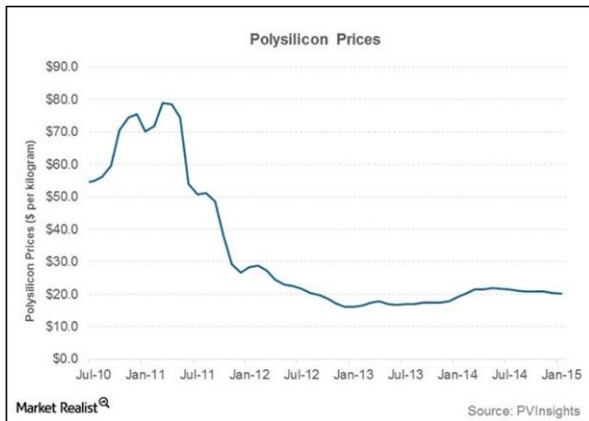
voidaan olettaa maakaasun hinnan vastaavan likvideillä markkinoilla erittäin hyvin sen todellista hintaa.

4.1.4 Pii

Tutkimusalueelle uutena muuttujana tutkielma tulee tutkimaan piin hinnan vaikutuksia aurinkoenergiayhtiöiden hintavaihteluihin. Pii on piipohjaisten aurinkopaneelien tärkein raaka-aine ja se vastaa noin puolta paneelivalmistuksen kokonaiskustannuksista (BlueGreen Alliance, 2011). Näin ollen pii on merkittävä osa koko arvoketjua ja sen vaikutuksia on tärkeä tutkia.

Ongelmana piin lisäämisenä selittävänä tekijänä malliin on sen epälikviditeetti markkinoilla, jolloin markkinoilla oleva hinta ei välttämättä vastaa todellista markkinahintaa. Yleisesti piillä käydään kauppaa yhtiöiden välisillä sopimuksilla, jolloin niiden hintoja ei raportoida markkinoilla. Toinen vaikeuttava tekijä on piin monet eri puhtauslaadut, jotka vaikuttavat merkittävästi piin markkinahintaan. Monesta eri puhtauslaadusta tutkimukseen on valittu pii 4-4-1, joka on vähintään 99 prosenttisesti piitä, sisältäen enintään 0,4 prosenttia rautaa ja alumiinia, ja enintään 0,1 prosenttia kalsiumia. Kyseinen pii ei ole vielä tarpeeksi puhdasta kuitenkaan suoraan käytettäväksi aurinkopaneelien valmistukseen, vaan sitä on vielä puhdistettava ennen käyttöä aurinkoenergiasovelluksissa. Kyseisen piilaadun likviditeetti on kasvanut vuoden 2012 jälkeen merkittävästi, jolloin aineistosta on toivottavasti mahdollista saada validia dataa.

Tutkimuksen kannalta keskeistä on tietää voidaanko 4-4-1 piitä käyttää selittävänä tekijänä, jollei sitä käytetä suoranaisesti paneelien valmistukseen. Tämän ongelman selvittämiseksi tutkimuksessa on vertailtu aurinkopaneelissa käytetyn piilaadun ja 4-4-1 piilaadun korrelaatiota vuosien 2012–2014 välillä. Kuvaajan 3 perusteella 4-4-1 pii ja aurinkovoimassa käytetty pii näyttävät korreloivan merkittävästi keskenään, jolloin 4-4-1 piin laadunkäyttö tutkimuksessa tarjoaa validia tietoa. Kuvaajasta 3 voimme nähdä, että pii laatujuen hinnat ovat laskeneet tutkimuksen aikavälillä 2012–2014 noin 25 prosenttia aurinkopaneelissa käytetyn piin osalta ja noin 15 prosenttia 4-4-1 laadun osalta. Havaintojen perusteella kyseiset laadut näyttävät kuitenkin korreloivan riittävän hyvin, jotta 4-4-1 laatu voidaan käyttää selittävänä tekijänä.



Kuvio 3. Polypiiin ja 4-4-1 piin kurssikehitys. Lähde: Market Realist (2015).

4.2 Metodologia

Tutkielma tehdään kvantitatiivisin menetelmin käyttäen hyödyksi aikaisemmassa kappaleessa kuvattua aineistoa ja sen mallinnukset tullaan tekemään Excel ja SAS EG -ohjelmistoja hyväksikäyttäen. Tutkielmassa on tarkoitus rakentaa kvantitatiivinen malli, jossa yritetään selittää aurinkoenergiayhtiöiden hintavaihteluita Nasdaq Compositen, maakaasun ja piin hintavaihteluilta. Malli tulee siis paljastamaan mahdollisia merkitseviä riippuvuuksia muuttujien välillä ja kertomaan myös onko malli merkitsevä, jolloin voidaan todentaa selittävien tekijöiden vaikutukset aurinkoenergiayhtiöiden hintavaihteluihin.

Tutkielman menetelmäksi on valittu usean muuttujan regressiomalli, sillä selittäviä tekijöitä on useita. Usean muuttujan regressiomalli perustuu pienimmän neliösumman menetelmään, jossa minimoidaan havaintojen ja regressiosuoran etäisyyden neliöt. Pienimmän neliösumman menetelmän avulla mallista saadaan validi ja muuttujien varianssi pidettynä pienimpänä, jolloin tulokset ovat tarkempia kuin muita menetelmiä käyttämällä. Tämä kuitenkin edellyttää oletuksien täyttymistä, lineaarinen regression tärkeimpinä oletuksia ovat muuttujien jatkuvuus, selittävät muuttujat eivät saa olla täysin kollineaarisia, selittävä muuttuja ei ole satunnaismuuttuja ja residuaali ei saa korreloida virhetermin kanssa. (Hill, Griffiths ja Lim 2012, 167–219) Usean muuttujan lineaarinen regressio malli rakennetaan seuraavalla tavalla:

$$y = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3x_3 + \dots + \beta_Kx_K + e \quad (2)$$

, jolloin tutkielman malli rakentuu seuraavasti:

$$Y_{Solar} = \beta_1 + \beta_2 Nasdaq + \beta_3 Maakaasu + \beta_4 Pii + e \quad (3)$$

Mallissa β_1 on vakiotermi, β_2 , β_3 ja β_4 ovat selittäviä tekijöitä ja e on mallin virhetermi. Virhetermi mallissa kertoo mallin selittämättä jääneen osan, ihanteellista mallin kannalta olisi, jos kyseisen termin arvo olisi nolla. Kuitenkin yleensä virhetermi jää malliin, jolloin toivottavaa on, ettei virhetermi korreloisi selittävien tekijöiden, näin ollen voidaan välttää harhaisten arvojen pääsy malliin mukaan. (Hill, Griffiths ja Judge 2001, 47–50)

5 Empiiriset tulokset

Tässä kappaleessa tullaan esittämään tutkimuksen tulokset käyttäen hyväksi kerättyä aineistoa ja usean muuttujan lineaarista regressiomallia. Aluksi kappaleessa tullaan todistamaan mallin toimivuus, jolla voidaan varmistaa, että kehitetty malli antaa mahdollisimman harhattomia tuloksia. Lopuksi tulkitaan itse lopputulokset, joista voidaan todistaa mallin toimivuus. Testeissä tullaan käyttämään viiden prosentin luottamustasoa, joka toimii muuttujien merkitsevyyden rajana. Empiirisessä osiossa tullaan käyttämään sekä Excel että SAS Enterprise -ohjelmistoa tutkimusta tehdessä.

Tutkimuksen nollahypoteesi eli H_0 on: ” Nasdaq Composite, maakaasu ja pii selittävät aurinkoenergiayhtiöiden osakkeiden hintavaihteluita.” Toisaalta, jos aineisto osoittaa, ettei kyseisillä muuttujilla ole merkitystä aurinkoenergiayhtiöiden hintavaihteluihin astuu voimaan vaihtoehtoinen hypoteesi H_1 , jossa: ” Nasdaq Composite, maakaasu ja pii eivät selitä aurinkoenergiayhtiöiden osakkeiden hintavaihteluita.”

Selittävien tekijöiden multikollineaarisuuden testaamiseksi, tutkimuksessa on Exceliä käyttäen tehty korrelaatiomatriisi, jonka perusteella voidaan tehdä päätelmiä mahdollisista multikollineaarisuuden aiheuttamista ongelmista.

Multikollineaarisuus aiheuttaa sen, että yksittäisten selittävien muuttujien vaikutuksia on vaikea erottaa toisistaan. Tämä aiheuttaa ongelmia mallissa, sillä mallin selittävyys saattaa nousta korkeaksi, vaikkei yksittäisen muuttujan p-arvo olisikaan merkittävä. Täydellinen korrelaatio muuttujien välillä antaisi arvon yksi ja täysin korreloimattomat muuttujat arvon nolla. (Hill et. al., 2012, 240–243)

Kuten voimme havaita taulukosta 3 selittäville tekijöille ei ole merkittävää korrelaatiota, korrelaatiot vaihtelevat muuttujien kesken noin -0,08 ja -0,03 välillä. Tulokset tarkoittavat sitä, että muuttujat ovat erittäin lievästi negatiivisesti korreloituneita, jolloin toisen muuttujan positiivinen hintamuutos johtaa keskimäärin toisen muuttujan negatiiviseen hintamuutokseen. Kuitenkin korrelaatio on erittäin pieni, jolloin multikollineaarisuuden vaaraa ei ole. Tulokset huomioon ottaen malli on validi multikollineaarisuuden osalta eikä siihen tarvitse tehdä muutoksia.

Taulukko 3. Korrelaatiomatriisi

	<i>Maakaasu</i>	<i>Pii</i>	<i>Nasdaq</i>
Maakaasu	1		
Pii	- 0,02661	1	
Nasdaq	- 0,04284	- 0,08258	1

Tärkeää on myös tarkastella aineistosta saatuja arvoja, jolloin aineistosta voidaan poistaa mahdolliset äärihavainnot, jotka osaltaan heikentävät mallin toimivuutta. Liitteessä 3 olevien muuttujien sirontakuvioiden perusteella Nasdaq Compositen ja Guggenheim Solar muuttujien osalta datapisteet näyttävät erittäin yhtenäisiltä. Molempien muuttujien ääriarvot ovat samoilta päivämääriltä, joten niiden poistaminen ei ole tarpeellista. Sen sijaan maakaasun osalta poistetaan yli -20 prosentin viikoittaiset pudotukset datasta, sillä ne ovat kertaluontoisia sääilmiöiden aiheuttamia korkean volatilitietin datapisteitä. Piin osalta poistetaan myös yksi datapiste, joka on erittäin selkeästi muista erillään.

Alla olevasta taulukosta 4 pystymme toteamaan korjatun selitysasteen olevan 0,358, jolloin mallin selittävyys on suhteellisen hyvä ottaen huomioon, että malli yrittää vain selittää toimialan ulkoisia vaikuttavia tekijöitä. Tutkielmassa käytämme korjattua selitystä astetta, sillä se huomioi muuttujien määrään ja näin ollen huonon muuttujien lisääminen malliin ei kasvata selitysastetta ja sitä kautta paranna keinotekoisesti mallia (Hill et al. 2012, 135–139). Liitettä 4 katsomalla voimme todeta F-testin avulla, että malli on toimiva eikä siinä ole suuria mallinnus virheitä, sillä sen p-arvon selkeästi alle 0,05 merkitsevyyden rajan. Näin ollen voimme tarkastella yksittäisen muuttujien merkitsevyyttä taulukosta 5, josta näemme että Nasdaq Composite ja pii ovat tilastollisesti merkitseviä muuttujia, kun taas maakaasu ei ole merkitsevä. Mallia pyrimme parantamaan poistamalla maakaasun selittävästä tekijöistä. Tämän jälkeen ajamme usean muuttujan lineaarisen regression uudestaan, jolloin selittävinä muuttujina toimivat vain Nasdaq Composite ja pii.

Taulukko 4. Regressiotunnusluvut

<i>Regressio tunnusluvut</i>	
R	0,606
Selityaste (R2)	0,368
Korjattu selityaste (Adjusted R2)	0,358
Keskihajonta	0,0455
Havainnot	203

Taulukko 5. Regressioanalyysi

	<i>Kerroin</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>T-arvo</i>	<i>P-arvo</i>
Vakiotermi	- 0,003	0,003	- 0,961	0,338
Nasdaq Composite	1,723	0,171	10,104	1,2257E-19
Maakaasu	- 0,023	0,058	- 0,392	0,696
Pii	1,367	0,414	3,302	0,001

Uuden regression tulokset näyttävät hieman parantavan mallin toimivuutta, kuten taulukosta 6 näemme, mallin korjattu selitysaste nousee marginaalisesti. Huomattavaa selitysasteen ja korjatun selitysasteen välille on niiden lähes identtiset tulokset, jolloin voidaan todeta, että malliin ei ole lisätty turhia muuttujia vain selitysasteen nostamiseksi.

Taulukko 6. Uudet regressiotunnusluvut

<i>Uuden regression tunnusluvut</i>	
R	0,606
Selityaste (R2)	0,368
Korjattu selitysaste (Adjusted R2)	0,361
Keskihajonta	0,0455
Havainnot	203

Alla olevasta taulukosta 7 näemme F-testin mallin merkitsevyyden nousseen hieman, tällä ei ole kuitenkaan erityistä merkitystä, sillä malli oli jo aikaisemmin todettu toimivaksi. Muuttujien osalta taulukosta 8 voimme havaita, ettei merkitsevyydessä ole tapahtunut merkittävää muutosta, vaikka niiden merkitsevyydet ovat kasvaneet hieman. Nasdaqin osalta merkitsevyys viiden prosentin luottamustasolla on $8,84e-20$, jolloin voidaan todeta Nasdaqin selittävän erittäin vahvasti aurinkoenergian yhtiöiden osakkeiden hintavaihteluita. Piin osalta p-arvo ylittää $0,0009$, jolloin voidaan todeta piin selittävän kurssimuutoksia. Kuitenkin huomattavaa piin osalla on sen vähäinen selittävyys mallissa kuten voimme nähdä liitteestä 5, jossa piitä on käytetty ainoana selittäjänä. Vaikka pii on mallissa merkitsevä, sen selitysaste nousee vain neljään prosenttiin, kun taas Nasdaq Compositen osalta selitysaste on 37 prosenttia. Tulosten perusteella näyttääkin siltä, että mallin toimivuus perustuu lähinnä Nasdaqin Compositen vahvaan selittävyyteen. Piin osalta ongelmaksi muodostuu luultavasti arvon nolla yliedustus, joka vääristää mallia, jolloin piin osalta tulokset eivät ole luotettavia. Ongelmaa mahdoton korjata, ellei aineistoa vaihdeta kokonaan. Tästä johtuen piin merkitsevyyteen on suhtauduttava varauksella.

Mallin vakiotermin ei ole merkitsevä tosin sen merkitys on vähäinen tässä mallissa, sillä voimme olettaa vakiotermin sijaitsevan lähellä nollaa, aineistosta olevan pohjimmiltaan kurssidataa. Tässäkin ei-merkitsevän vakiotermin oletetaan olevan pisteessä $-0,003$, joka on erittäin lähellä nollaa.

Taulukko 7. Varianssianalyysi

ANOVA					
	<i>Vapausaste</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>F merkitsevyys</i>
Regressio	2	0,2398	0,1199	58,0464	1,32E-20
Residuaalit	200	0,4132	0,0021		
Yhteensä	202	0,6531			

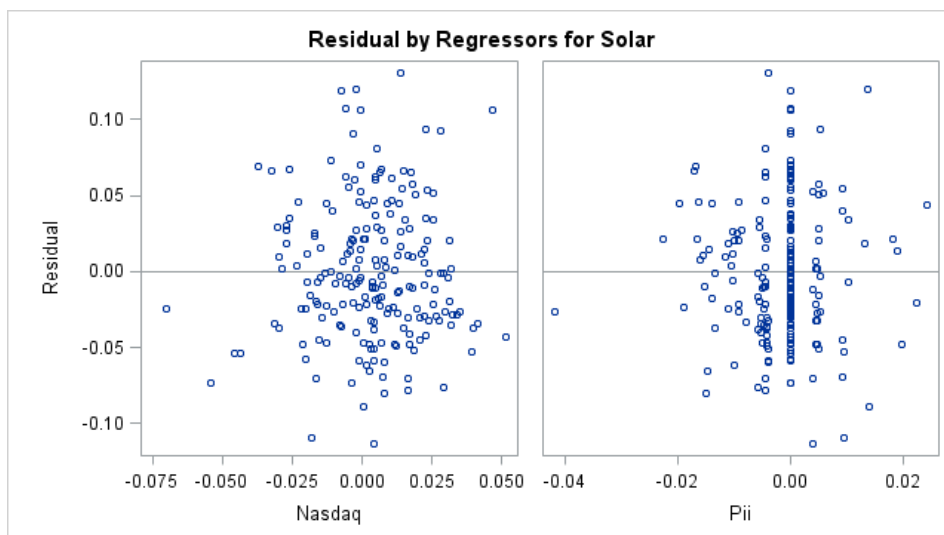
Taulukko 8. Uusi regressioanalyysi

	<i>Kerroin</i>	<i>Keskivirhe</i>	<i>T-arvo</i>	<i>P-arvo</i>	<i>LCL 95%</i>	<i>UCL95%</i>
Vakiotermi	- 0,003	0,003	- 0,971	0,333	- 0,0097	0,0033
Nasdaq Composite	1,726	0,170	10,147	8,84E-20	1,3904	2,0611
Pii	1,383	0,411	3,362	0,0009	0,5717	2,1935

LCL= alempi luottamusraja

UCL= ylempi luottamusraja

Seuraavaksi tarkastamme aineiston mahdollisen heteroskedastisuuden katsomalla selittävien muuttujien residuaaleja kuviosta 4. Heteroskedastisuus tekee mallin muuttujista harhaisia, jolloin pienimmän neliösumman menetelmän ei ole enää paras, sillä se yliarvioi muuttujien estimaattorien luotettavuuden. Heteroskedastisuutta on havaittavissa, jos residuaalien varianssi vaihtelee eri arvoilla järjestelmällisesti, esimerkiksi johtuen ajan yli oppimisesta. (Martin, Hurn ja Harris 2013, 272–293) Kuvion perusteella muuttujien residuaalit näyttävät olevan jakautuneen tasaisesti kuvaajalle, jolloin heteroskedastisuus ei olisi ongelma. Tämän tarkastaaksemme vielä tilastollisesti suoritetaan Whiten -testi, jonka tarkoituksena on varmistaa aineiston homoskedastisuus. Testin H_0 on: ”muuttujat ovat heteroskedastisia”, jolloin malliin olisi tehtävä muutoksia. Testin tulokseksi saadaan taulukossa 9 esitetty 0,3698 p-arvo, jolloin nollahypoteesi hylätään. Näin ollen kuvoista havaittu residuaalien homoskedastisuus voidaan todeta pitävän paikkansa.



Kuvio 4. Selittävien muuttujien residuaalien jakautuminen

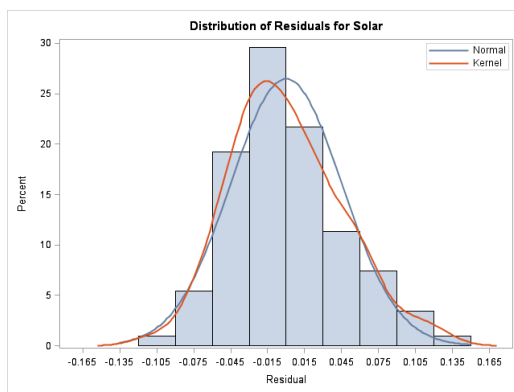
Taulukko 9. Whiten- ja Durbin-Watson testi

Durbin- Watson testi	
Durbin-Watson D	1.943
Havaintojen määrä	203
1. asteen autokorrelaatio	0.028
White testi	
DF	5
Chi-Square	5.39
Pr > ChiSq	0.37

Autokorrelaatiolla tarkoitetaan residuaalien yhteyttä ajan suhteen, joka aiheuttaa sen että pienimmän neliösumman menetelmä ei ole enää paras estimaattori, sillä jollain ajanjaksoilla se yliarvioi luotettavuuden ja joillain taas aliarvioi. (Martin et al. 2013, 228–233) Mallia tehdessä autokorrelaation riskiä vähennettiin muuttamalla muuttujien aikasarjat prosentuaaliseksi logaritmituotoiksi, jolloin pystyttiin yleensä aikasarjoissa esiintyvä autokorrelaation riskiä vähentämään. Residuaalien mahdollista autokorrelaatiota on testattu Durbin-Watson testillä, jonka tarkoituksena on vahvistaa tai kumota oletus autokorrelaatiosta. Testin tuloksia luetetaan siten, että arvot vaihtelevat 0-4 välillä, jolloin nolla tarkoittaa positiivisesti autokorreloitunutta aineistoa

ja neljä negatiivisesti autokorrelloitunutta. Aineisto, jossa ei ole autokorrelaatiota saa arvon kaksi. Taulukosta 9 voimme nähdä testin saavan arvon 1.943, jolloin voidaan todeta, ettei residuaaleissa ole havaittavissa merkittävää autokorrelaatiota. Näin ollen PNS-estimaattori antaa harhattomia tuloksia ja se on paras estimaattori.

Viimeiseksi katsotaan residuaalien normaalijakautuneisuus kuviosta 5, jotta voimme todentaa että testit jotka perustuvat residuaalien normaalijakautuneisuuteen ovat harhattomia (Hill et al. 2012, 46–49). Kuviossa 5 punainen viiva kuvaa mallin residuaalien jakautuneisuutta ja sininen viiva kuvaa normaalijakautuneisuutta. Residuaalit näyttävät olevan lähes normaalijakautuneita, vaikkakin hieman negatiivisin arvoihin painottuneena. Voimme todeta kuitenkin residuaalien lähes olevan normaalijakautuneita, jolloin malli ja testit antavat valideja tuloksia.



Kuvio 5. Residuaalien normaalijakautuminen

Tutkielmassa käytettyjen testien ja havaintojen perusteella malli, jossa Nasdaq Composite ja piin selittävät aurinkoenergiayhtiöiden hintavaihteluita on validi. Ennustetun regressiosuoran muoto näyttää tältä:

$$y_{Solar} = -0,00321 + 1,725737x_{Nasdaq} + 1,38257x_{Pii} \quad (4)$$

Kyseisen kaavan avulla on mahdollista tehdä vaikutuksista ennustettava malli, jossa regressiosuora ennustaa muuttujien keskimääräisiä muutoksia eri arvoilla. Kuitenkin mallin ennustettavuuteen on suhtauduttava varauksella ja se ennustaa vain historiallisia keskimääräisiä kurssimuutoksia.

6 Johtopäätökset

Tutkielmassa on tutkittu aurinkovoimayhtiöiden kurssivaihteluihin vaikuttavia tekijöitä, kyseisen aihealueen tutkimusaineisto on vielä vähäistä, joten teoria osuus painottui lähinnä uusiutuvissa energiamuodoissa havaittuihin riippuvuuksiin. Näin ollen tutkimuksien lopputulokset voivat erota toisistaan huomattavastikin, vaikkakin aurinkoenergiayhtiöt ovat osa uusiutuvan energia-alaa. Kolmannessa kappaleessa avattiin aurinkoenergiaketjun osia, jolloin voidaan ymmärtää paremmin alaan liittyviä riippuvuus suhteita ja tämän myötä valita tutkielmaan parhaimmat muuttujat. Lopuksi aineiston kuvailussa perusteltiin muuttujien valinnat ja empiirisessä tuloksissa avataan valitun muuttujien merkitsevyyksiä.

Tutkielmaan rakennettu usean muuttujan regressio malli, jonka selittävinä tekijöinä toimivat Nasdaq Composite, joka kuvasi teknologiaosakkeiden vaikutusta että maakaasu ja pii. Malli osoittautui validiksi, eikä aineistossa ollut havaittavissa autokorrelaatiota, hetereskedastisuutta tai multikollineaarisuutta. Näin ollen usean muuttujan regressio mallin estimaattorit olivat harhattomia ja tuloksia voidaan pitää luotettavina.

Teknologiaosakkeita kuvaaman valittu Nasdaq Composite osoittautui erittäin vahvaksi selittäväksi tekijäksi, sillä sen merkitsevyys oli erittäin korkea ja se selitti yksittäisenä muuttujana noin 33 prosenttia aurinkoenergia osakkeiden hintavaihteluista. Tutkielman tulokset tukevat pitkälti aikaisempia tutkimuksia, joissa on havaittu uusiutuvien energia osakkeiden myötäilevän teknologiaosakkeiden kurssikehitystä (Henriques et al. 2008, 998–1010; Sadorsky 2012, 248–255; Inchauspe et al. 2015, 325–335; Kumar et al. 2012, 215–226). Tuloksien perusteella tämä riippuvuus suhde pätee myös aurinkoenergiayhtiöiden kohdalla. Tätä voidaankin perustella muun muassa sillä, että monet Yhdysvaltoihin listatuista yhtiöistä ovat Nasdaq Composite-indeksissä, jolloin vaikutukset indeksin kautta ovat luonnollisia. Näyttääkin siltä, että sijoittajat näkevät aurinkoenergiayhtiöt hyvin pitkälti teknologiyhtiöinä, johtuen luultavasti alan jatkuvasta ja nopeasta teknologisesta kehityksestä.

Maakaasun osalta malli ei löytänyt merkitsevyyttä hintavaihteluiden suhteen. Tämä eroaa aikaisemmin Cummins et al. (2014, 261–267) tekemästä tutkimuksesta, jossa he todensivat kausaliiteetin maakaasun ja uusiutuvien energia osakkeiden välille. Eroavaisuus saattaa johtua erilaisesta aineistosta, sillä tutkimuksessaan he käyttivät

Euroopan maakaasu hintoja, kun taas tämän tutkielman maakaasu -aineisto perustui Yhdysvaltojen Henry Hub -hintoihin. Toisaalta kyseessä voi olla ero myös uusiutuvien energiamuotojen ja aurinkoenergian välillä. Huomattavaa uusiutuvassa energiassa on niiden merkittävä riippuvuus valtioiden rahallisista tukimuodoista, jota ilman ne eivät olisi kannattavia. Tämä osaltaan selittää aurinkoenergian ja maakaasun vähäistä keskinäistä riippuvuutta, sillä se vähentää aurinkovoiman suoranaista kilpailua muiden energiamuotojen kanssa. Tuet vähentävät siis markkinaehtoisuutta näin suojaten jossain määrin aurinkoenergiayhtiöitä maakaasun hintavaihteluilta.

Aurinkopaneeleissa yleisesti käytetty pii tuotiin uutena muuttujana koko tutkimusalueelle. Piin osalta malli havaitsi sen merkitseväksi muuttujaksi, jonka perusteella voidaan tehdä jonkinasteinen päätelmä siitä, että riippuvuussuhteita on muuttujien välillä. Vaikka pii osoittautui merkitseväksi, tuloksiin on syytä suhtautua varauksella johtuen aineiston erittäin huomattavasta huipukkuudesta. Usean muuttujan regressio malli ei myöskään paljasta sitä, mihin suuntaan tämä riippuvuussuhde kulkee, vaikuttaako piin hinta aurinkoenergiayhtiöiden hintavaihteluihin vai toisinpäin.

Kaiken kaikkiaan tutkimuksen tarkoituksena on ymmärtää uusiutuvien energia alasektorin eli aurinkoenergiayhtiöiden riippuvuuksia. Tutkielman perusteella voidaan tehdä rajoitettuja oletuksia, joiden perusteella aurinkoenergiayhtiöiden hintavaihtelut perustuvat teknologiaosakkeiden osalta ainakin samaan riippuvuuteen kuin uusiutuvan energia osakkeiden. Kuitenkin erojakin näyttäisi mahdollisesti olevan, kuten maakaasun osalta tutkielman tulokset osoittavat. Aiheesta on kuitenkin tehtävä lisää jatkotutkimusta, jotta voidaan tehdä minkäänlaisia varmoja johtopäätöksiä sektoreiden välisistä eroista.

Aihealueen tutkiminen tuottaa arvokasta tietoa sekä sijoittajille että päättäjille. Tutkimustieto tulee hyödyttämään sijoittajia tuomalla arvokasta tietoa erityisesti aurinkoenergia-alalle sijoittaville henkilöille ja instituutiolle sektorien ja raaka-aineiden välisistä riippuvuuksista. Tämän tiedon avulla sijoittajat pystyvät esimerkiksi optimoimaan ja hajauttamaan sijoitusportfolionsa. Päättäjille tieto mahdollistaa aurinkovoimatuki- ja lainsäädäntöpäätösten tekemisen tieteellisen tutkimuksen pohjalta, jolloin voidaan ymmärtää niiden aiheuttamia mahdollisia vaikutuksia sektoreiden yli.

Aiheesta tarvitaan vielä merkittävästi lisää tutkimusta, jotta pystytään havaitsemaan merkittävimmät tekijät, jotka vaikuttavat aurinkoenergianyhtiöiden hintavaihteluihin. Tämän tutkielman perusteella ei voida vielä tehdä aukottomia johtopäätöksiä asian suhteen, sillä muuttujien määrä oli rajattu. Jatkotutkimuksissa olisi erittäin mielenkiintoista tutkia, millä tavalla uusiutuvien energia-alan ja aurinkoenergia-alan riippuvuus suhteet poikkeavat toisistaan.

Lähdeluettelo

Baldi, L., Peri, M. & Vandone, D. (2014) Clean energy industries and rare earth materials: Economic and financial issues, *Energy Policy*, 66, 3, 53-61.

Blue Green Alliance. (2011) Overview of the Solar Energy Industry and Supply Chain [Verkkodokumentti]. [Viitattu 3.11.2015]. Saatavilla <http://www.thecemc.org/body/Solar-Overview-for-BGA-Final-Jan-2011.pdf>

Broadstock, D., Cao, H. & Zhang, D. (2012) Oil shocks and their impact on energy related stocks in China, *Energy Economics*, 34, 6, 1888-1895.

Center for Sustainable Energy. (2015) How much does a typical residential solar electric system cost? [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.11.2015]. Saatavilla <https://energycenter.org/california-solar-initiative/homeowners/cost>

CME Group. (2015) Henry Hub Natural Gas Futures Quotes. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 13.11.2015]. Saatavilla <http://www.cmegroup.com/trading/energy/natural-gas/natural-gas.html>

Cummins, M., Garry, O. & Kearney, C. (2014) Price discovery analysis of green equity indices using robust asymmetric vector autoregression, *International Review of Financial Analysis*, 35, 5, 261-267.

EIA. (2015a) Renewable Energy Market Analysis and Forecasts to 2020 Medium-Term Market Report [Verkkodokumentti]. [Viitattu 20.10.2015]. Saatavilla <http://www.iea.org/Textbase/npsum/MTrenew2014SUM.pdf>

EIA. (2015b) Power generation from coal and natural gas expected to temporarily converge this spring [Verkkodokumentti]. [Viitattu 13.11.2015]. Saatavilla <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=21232>

EIA. (2015c) China electricity generation by source and CO₂ intensity in the New Policies Scenario [Verkkodokumentti]. [Viitattu 13.11.2015]. Saatavilla <https://www.iea.org/newsroomandevents/graphics/20150909-china-electricity-generation-by-source-and-co2-intensity.html>

EL-Shimy, S. M. & Abdelraheem, M. A. (2015) Photovoltaics energy: Improved modeling and analysis of the levelized cost of energy (LCOE) and grid parity – Egypt case study, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 1,9, 37-48.

Fraunhofer Institute. (2015) Photovoltaics report [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.11.2015]. Saatavilla <https://www.ise.fraunhofer.de/en/downloads-englisch/pdf-files-englisch/photovoltaics-report-slides.pdf>

Guerrero-Lemus, R., González-Díaz, B., Ríos, G. & Ramzi, N. (2015) Study of the new Spanish legislation applied to an insular system that has achieved grid parity on PV and wind energy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 9, 426-436.

Guggenheim Investment. (2015) Guggenheim Solar ETF [Verkkodokumentti]. [Viitattu 21.11.2015]. Saatavilla <http://guggenheiminvestments.com/products/etf/tan>

Henriques, I. & Sadorsky, P. (2008) Oil prices and the stock prices of alternative energy companies, *Energy Economics*, 30, 3, 998-1010.

Hill, C., Griffiths, B. & Lim, G. (2012) *Principles of Econometrics*, 4.p, John Wiley & Sons, Inc.

Hill, C., Griffiths, B. & Judge, G. (2001) *Undergraduate Economics*, 2.p, John Wiley & Sons, Inc.

IHS. (2015) chinese-suppliers-continued-lead-solar-pv-module-market-2014-ihs-says [Verkkodokumentti]. [Viitattu 8.11. 2015]. Saatavilla <http://press.ihs.com/press-release/technology/chinese-suppliers-continued-lead-solar-pv-module-market-2014-ihs-says>

Inchauspe, J., Ronald, D. R. & Trück, S. (2015) The dynamics of returns on renewable energy companies: A state-space approach, *Energy Economics*, 48, 2, 325-335.

Kumar, S., Managi, S. & Matsuda, A. (2012) Stock prices of clean energy firms, oil and carbon markets: A vector autoregressive analysis, *Energy Economics*, 34, 1, 215-226.

Managi, S. & Okimoto, T. (2013) Does the price of oil interact with clean energy prices in the stock market?, *Japan and the World Economy*, 27, 2, 1-9.

Market Realist. (2015) Polysilicon price [Verkkodokumentti]. [Viitattu 15.11.2015]. Saatavilla http://marketrealist.com/analysis/stock-analysis/energy-power/solar-power-equipment/charts/?featured_post=297198&featured_chart=297199

Martin, V., Hurn, S. & Harris, D. (2013) *Econometric Modelling with Time Series*, 1.p, Cambridge University Press.

Reboredo, J. C. (2015) Is there dependence and systemic risk between oil and renewable energy stock prices?, *Energy Economics*, 48, 2, 32–45.

Reboredo, J. C. & Wen, X. (2015) Are China's new energy stock prices driven by new energy policies?, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 5, 624-636.

Sadorsky, P. (2012) Correlations and volatility spillovers between oil prices and the stock prices of clean energy and technology companies, *Energy Economics* , 34, 1, 248–255.

SEIA. (2015) Solar Investment Tax Credit [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.11.2015]. Saatavilla <http://www.seia.org/policy/finance-tax/solar-investment-tax-credit>

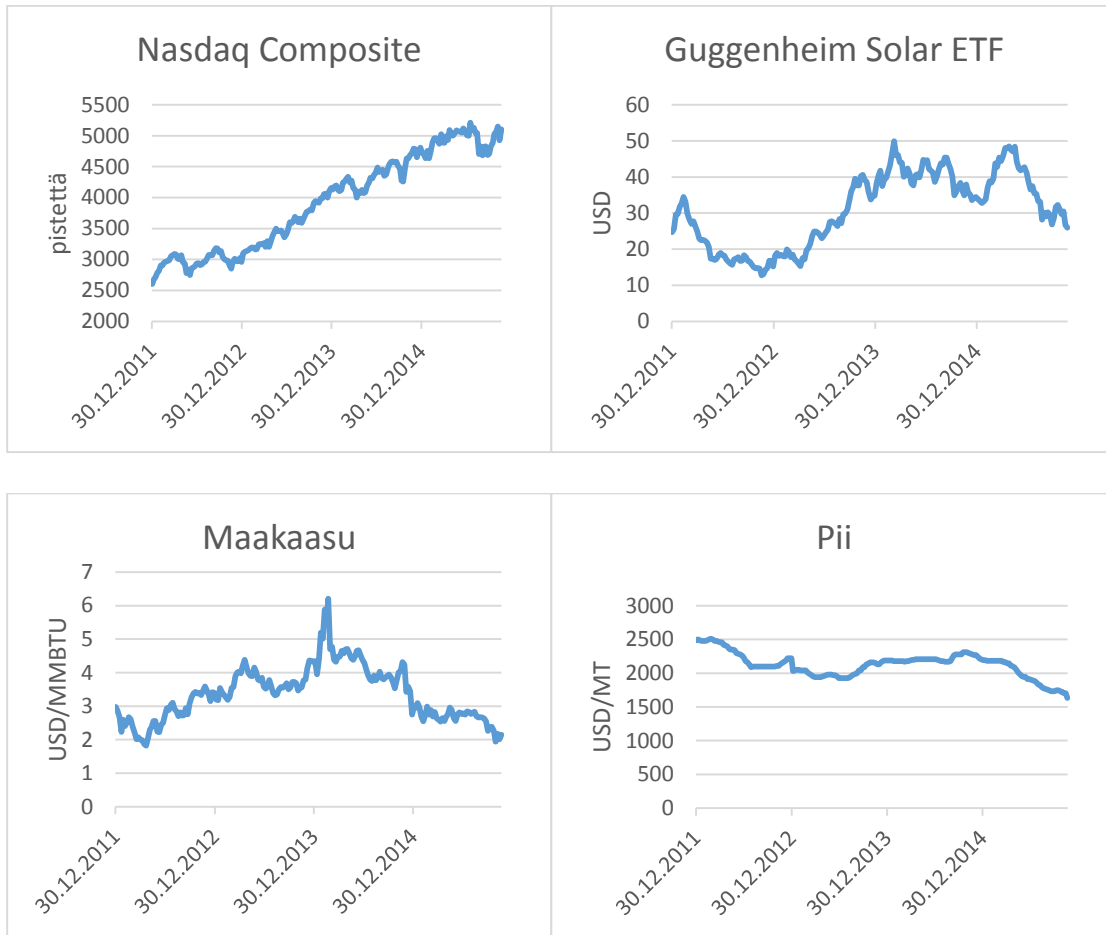
Solar City. (2015) Residential [Verkkodokumentti]. [Viitattu 8. 11. 2015]. Saatavilla <http://www.solarcity.com/residential>

Thorpe, D. (2011) *Solar technology*. 1. p, Earth Scan.

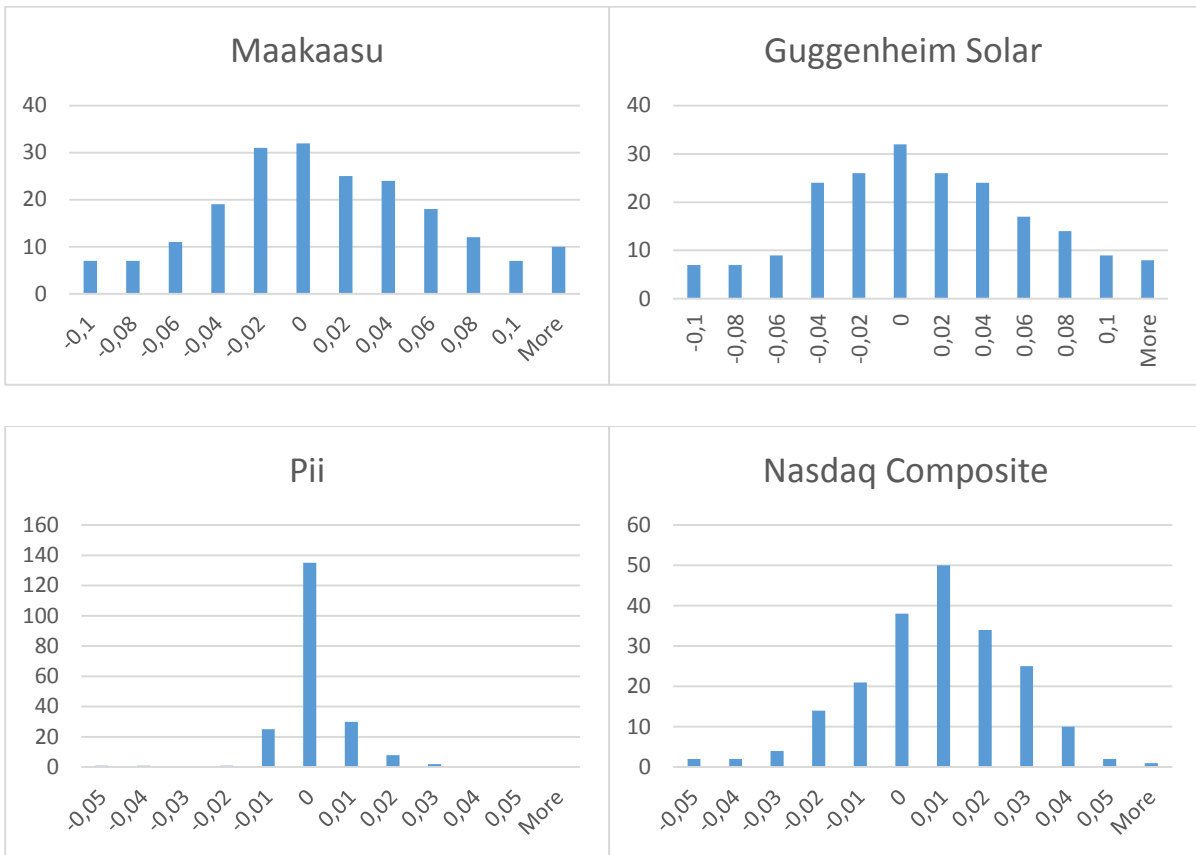
US. Department of Energy. (2014) *Photovoltaic System Pricing Trends* [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.11.2015]. Saatavilla <http://www.nrel.gov/docs/fy14osti/62558.pdf>

Liitteet

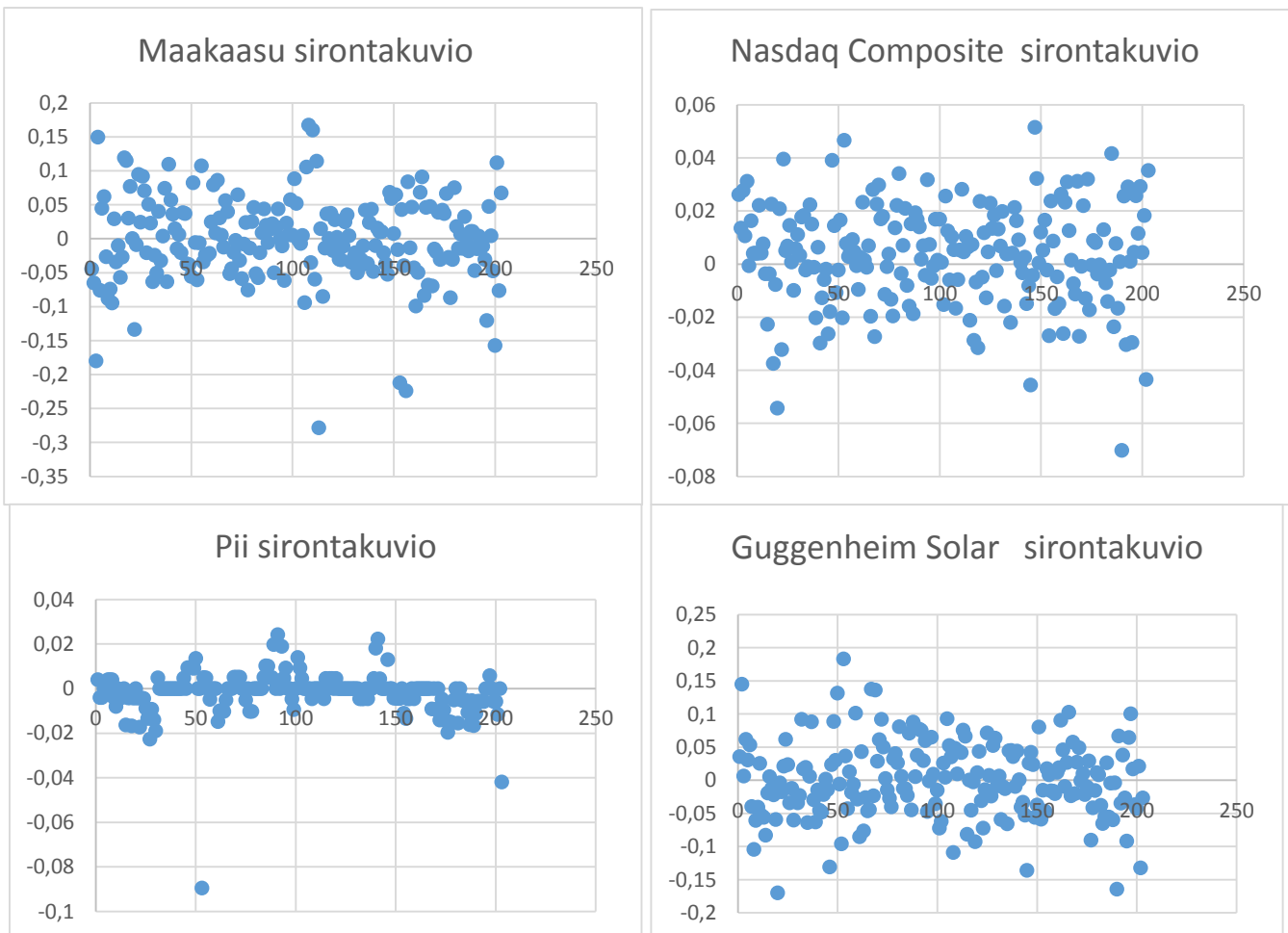
Liite 1. Muuttujien kurssikehitys ajanjaksolla 2012–2015



Liite 2. Muuttujien histogrammit



Liite 3 Sirontakuviot



Liite 4. Anova

ANOVA					
	<i>vapausaste</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>F</i> <i>merkitsevyys</i>
Regressio	3	0,240193365	0,080064455	38,58490294	1,06437E-19
Residuaali	199	0,41292903	0,00207502		
Yhteensä	202	0,653122395			

Liite 5

<i>Nasdaq Composite regressio tunnusluvut</i>	
Multiple R	0,606032
Selitysaste	0,367275
Korjattu selityaste	0,360947

<i>Pii regressio tunnusluvut</i>	
Multiple R	0,203886
Selityaste	0,041569
Korjattu selityaste	0,036801

MUUTOKSET

Taulukoiden otsikoinnit lihavoitu

Pääkappaleiden numeroinnin perästä otettu pisteet pois

Sisällysluettelosta poistettu lihavointi alakappaleista

Numerointi muutettu alkamaan kansisivulta

Kuvioiden 1, 2 ja 3 Lähdeviittaukseen eteen kirjoitettu ”lähde:”

Kaava 1 ja 3 esitysmuotoja korjattu

Taulukko 9 ja 10 yhdistetty

Kaava 4 siirretty tekstin keskelle

Johtopäätös luvussa on lisätty lauseita maakaasu kappaleeseen ja luvun viimeisessä kappaleessa korjattu lauserakenteita

Päivämäärä päivitetty

Luvussa 2 tehty korjauksia lauserakenteessa