

Forsström, Juha; Honkatukia, Juha; Lehtilä, Antti

**Working Paper**

## Maakaasun hinnan vaikutukset ilmastopoliitikan kustannuksiin

ETLA Discussion Papers, No. 801

**Provided in Cooperation with:**

The Research Institute of the Finnish Economy (ETLA), Helsinki

*Suggested Citation:* Forsström, Juha; Honkatukia, Juha; Lehtilä, Antti (2002) : Maakaasun hinnan vaikutukset ilmastopoliitikan kustannuksiin, ETLA Discussion Papers, No. 801, The Research Institute of the Finnish Economy (ETLA), Helsinki

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/63860>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

## Keskusteluaiheita – Discussion papers

No. 801

Juha Forsström\* – Juha Honkatukia\*\* – Antti Lehtilä\*\*\*

### **MAAKAASUN HINNAN VAIKUTUKSET ILMASTOPOLITIIKAN KUSTANNUKSIIN**

\* Tutkija, VTT Energia, PL 1606 02044 VTT Espoo, Puh. 4561

\*\* Tutkimusjohtaja, VATT, Hämeentie 3 B 00531 Helsinki, Puh. 050-3801416

\*\*\* Erikoistutkija, VTT Energia, PL 1606 02044 VTT Espoo, Puh. 4561

**FORSSTRÖM, Juha – HONKATUKIA, Juha – LEHTILÄ, Antti, MAAKAASUN HINNAN VAIKUTUKSET ILMASTOPOLITIIKAN KUSTANNUKSIIN.** Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 2002, 26 s. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN, 0781-6847; no. 801).

**TIIVISTELMÄ:** Tässä muistiossa tarkastellaan mallilaskelmien avulla Kansallisen ilmastostrategian kustannusarvioiden herkkyyttä maakaasun hinnalle ja kariutuneille kustannuksille. Muistion laskelmissa maakaasun hinnan oletetaan laskelmissa kohoavan selvästi ilmastostrategian arviota nopeammin vuoteen 2010 mennessä. Laskelmien perusteella maakaasun hinnan nousu lisää ilmastostrategian kustannuksia maakaasuvaihtoehdossa noin 500 miljoonalla markalla ja kasvattaisi maakaasu- ja ydinvoimavaihtoehtojen välistä kustannuseroa 560 miljoonalla markalla. Kansantuotteen lasku olisi maakaasun hinnan nousun seurauksena noin 0,1-0,2 prosenttiyksikköä suurempaa kuin ilmastostrategian arviossa ja ydinvoima- ja maakaasuvaihtoehtojen välinen ero BKT:n suhteen kasvaisi ilmastostrategian noin 0,2 prosenttiyksiköstä yli 0,3 prosenttiyksikköön. Myös kulutuskysynnän ja työllisyyden lasku olisi korkeammalla maakaasun hinnalla selvästi suurempaa kuin ilmastostrategian arviossa. Kariutuneiden kustannusten arvioidaan tutkimuksessa asettuvan noin 4200 mmk:n tasolle ilmastostrategiassa esitetyn 700-800 milj. markan sijaan. Jos kustannukset kuitenkin jakautuisivat useiden vuosien ajalle, jäisi niiden korvaamiseksi tarvittava vuotuinen veron korotus suhteellisen pieneksi. Niinpä kariutuneiden kustannusten korvaamisella ei olisi kovin suuria vaikutuksia koko kansantalouden tasolla.

**Asiasanat:** kariutuneet kustannukset, maakaasu, ydinvoima, energiaverot

**FORSSTRÖM, Juha – HONKATUKIA, Juha – LEHTILÄ, Antti, MAAKAASUN HINNAN VAIKUTUKSET ILMASTOPOLITIIKAN KUSTANNUKSIIN.** Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 2002, 26 p. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN, 0781-6847; no. 801).

**ABSTRACT** This study evaluates the sensitivity of the cost estimates of the Finnish Climate Change Strategy to the assumptions about natural gas prices and stranded costs. The study assumes that natural gas prices increase faster than expected, and that stranded costs are covered by the state. The study finds that an increase of 10-45 FIM/MWh in natural gas prices would increase the costs of the climate strategy by up to 500 Mill. FIM by the year 2010 and increase the fall of GDP by 0,1-0,2 percentage points. It would also broaden the cost advantage of nuclear power-based electricity supply scenario over the natural gas-based electricity scenario from 0,2 to over 0,3 percentage points of GDP. Stranded costs are evaluated to amount to 4 200 Mill. FIM, well above the 700-800 Mill. FIM estimated in the climate strategy. Even so, if they are met during the entire Kyoto period, they cause fairly small macroeconomic consequences, since covering the yearly expense necessitates only small increases in other taxes.

**Keywords:** stranded costs, natural gas, nuclear power, energy taxes



## Yhteenveto

Tässä muistiossa tarkastellaan mallilaskelmien avulla Kansallisen ilmastostrategian kustannusarvioiden herkkyyttä maakaasun hinnalle ja kariutuneille kustannuksille. Muistio pyrkii täydentämään Ilmastostrategian taustalaskelmia näiden kahden kysymyksen osalta.

Muistion laskelmissa maakaasun hinnan oletetaan laskelmissa kohoavan selvästi ilmastostrategian arviota nopeammin vuoteen 2010 mennessä. Muistiossa arvioidaan sekä hinnan nousun vaikutukset energiajärjestelmään että koko kansantalouteen. Laskelmat perustuvat toisaalta tekniseen EFOM-malliin, jolla arvioidaan hinnan nousun vaikutuksia energiajärjestelmän kehitykseen ja toisaalta kokonaistaloudelliseen EV-malliin, jolla arvioidaan hinnan nousun kansantaloudellisia vaikutuksia.

Muistiossa arvioidaan myös, kuinka suureksi ilmastostrategiassa hiilen käytölle asetettävien rajoitusten aiheuttamat kariutuneet kustannukset voisivat muodostua sekä niiden korvaamisesta aiheutuvia kansantaloudellisia lisäkustannuksia. Kariutuneilla kustannuksilla tarkoitetaan tässä niitä kustannuksia, jotka valtio joutuisi hiilikiellon vuoksi kesken käyttöikänsä käytöstä poistuvien tuotantolaitosten omistajille korvaamaan.

Muistiota varten tehtyjen laskelmien taustaoletukset ovat maakaasun hintaa ja kariutuneita kustannuksia lukuun ottamatta kansallisen ilmastostrategian taustalaskelmien mukaisia. Muistiossa keskitytään kuitenkin vain ilmastostrategian perusvaihtoehtoihin. Ilmastostrategiassahan yhdistetään Energiansäästöohjelma ja Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma joukkoon muita toimenpiteitä ja ohjauskeinoja, jotka yhdessä muodostavat taustalaskelmissa arvioidut strategiavaihtoehdot. Strategian mukaisesti oletetaan myös, että energiaveroja käytetään tarvittavassa määrin päästöjen rajoittamiseen tärkeimpinä ohjauskeinoina. Näiden lisäksi strategiavaihtoehtoja ovat sähkön tuotantokapasiteetin lisääminen joko maakaasun tai ydinvoiman avulla.

Tutkimuksen perusteella maakaasun hinnan nousulla olisi selvä vaikutus sekä energiajärjestelmään että kansantalouteen. Hinnan nousu lisäisi EFOM-laskelmien perusteella ilmastostrategian kustannuksia maakaasuvaihtoehdossa noin 500 miljoonalla markalla ja kasvattaisi maakaasu- ja ydinvoimavaihtoehtojen välistä kustannuseroa 560 miljoonalla markalla. EV-laskelmien mukaan kansantuotteen lasku olisi maakaasun hinnan nousun seurauksena noin 0,1-0,2 prosenttiyksikköä suurempaa kuin ilmastostrategian arviossa ja maakaasu- ja ydinvoimavaihtoehtojen välinen ero kasvaisi noin 0,2 prosenttiyksiköstä yli 0,3 prosenttiyksikköön. Myös kulutuskysynnän ja työllisyyden lasku olisi korkeammalla maakaasun hinnalla selvästi suurempaa kuin ilmastostrategian arviossa.

Kariutuneiden kustannusten arvioidaan tutkimuksessa asettuvan noin 4200 mmk:n tasolle ilmastostrategiassa esitetyn 700-800 milj. markan sijaan. Kariutuneiden kustannusten kattamiseksi muuta verotusta olisi kiristettävä, mutta jos kustannukset jakautuisivat useiden vuosien ajalle, jäisi tarvittava vuotuinen veron korotus suhteellisen pieneksi. Niinpä kariutuneiden kustannusten korvaamisella ei olisi kovin suuria vaikutuksia koko kansantalouden tasolla, vaikkakin kansantuote ja yksityinen kulutus laskisivat kuitenkin hieman enemmän kuin ilmastostrategiassa ennakoitiin.



# Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	1
2	Maakaasun hinnan nousun vaikutukset .....	3
2.1	Tutkimuksen taustaoletukset .....	3
2.2	Tarkastellut vaihtoehdot .....	4
2.3	EFOM-laskelmien tulokset.....	6
2.3.1	Maakaasun hinnan nousun vaikutus energijärjestelmään .....	6
2.3.2	Maakaasun hinnan nousun vaikutus päästöjen rajoittamisen suoriin kustannuksiin .....	7
2.4	EV-laskelmien tulokset.....	11
3	Kariutuneet kustannukset ja niiden vaikutukset .....	16
3.1	Tausta.....	16
3.2	Voimalaitoksen arvon laskeminen.....	17
3.3	Pohjoismaiset sähkömarkkinat ja hiilivoiman arvo .....	18
3.4	Arvonmäärittäminen .....	19
3.4.1	Lauhdutuslaitokset.....	20
3.4.2	Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitokset .....	20
3.5	Voimalaitosten arvo.....	22
3.6	Kariutuneiden kustannusten korvaamisen vaikutukset kansantalouteen.....	24
4	Johtopäätökset .....	26





# 1 Johdanto

Kansallisesta ilmastostrategiasta käyty keskustelu on nostanut esille lisäkysymyksiä tuontienergian hinnan vaikutuksista ilmastostrategian kustannuksiin ja myös eräiden ilmastostrategiassa määriteltyjen toimien aiheuttamista muista lisäkustannuksista. Tässä muistiossa tarkastellaan mallilaskelmien avulla Kansallisen ilmastostrategian kustannusarvioiden herkkyyttä maakaasun hinnalle ja kariutuneille kustannuksille. Muistio pyrkii täydentämään Ilmastostrategian taustalaskelmia näiden kahden kysymyksen osalta.

Ilmastostrategiassa oletettiin, että maakaasun hinta kohoaisi vuosien 2000-2010 välillä 50 markasta 60 markkaan MWh:lta. Arviota voidaan pitää varovaisena useastakin syystä. Kaasun kysyntä on kasvamassa koko Euroopassa, minkä voidaan sinänsä arvioida nostavan kaasun hintaa. Suomen pitkäaikaiset toimitussopimukset Venäjän kanssa ovat myös päättymässä ja uusien sopimusten solmimisen myötä on mahdollista, että maakaasun hinta Suomessa tulee heijastamaan maailmanmarkkinahintoja entistä selvemmin. On myös mahdollista, että maakaasun kysynnän voimakas kasvu Suomessa nostaisi sinänsä sen hintaa.

Tämän muistion laskelmissa maakaasun hinnan oletetaan laskelmissa kohoavan selvästi ilmastostrategian arviota nopeammin vuoteen 2010 mennessä. Muistiossa arvioidaan sekä hinnan nousun vaikutukset energijärjestelmään että koko kansantalouteen. Laskelmat perustuvat toisaalta tekniseen EFOM-malliin ja toisaalta kokonaistaloudelliseen EV-malliin.

EFOM-mallilla lasketaan maakaasun hinnan nousun vaikutukset energijärjestelmän kehitykseen. Tavoitteena on selvittää, missä määrin ilmastostrategiassa ennakoitu siirtyminen maakaasun käyttöön korvautuisi maakaasun korkeamman hinnan vuoksi muihin polttoaineisiin perustuvilla tuotantotavoilla sekä kuinka tämä heijastuisi päästöjen rajoittamisen suorissa kustannuksissa.

EV-mallilla arvioidaan maakaasun hinnan nousun kokonaistaloudellisia vaikutuksia. Laskelmissa pyritään selvittämään, kuinka paljon maakaasun korkeampi hinta vaikuttaa taloudellisten ohjauskeinojen käyttötarpeeseen ilmastostrategiaan verrattuna, ja kuinka tämä heijastuu kansantuotteeseen, työllisyyteen ja kulutukseen. Laskelmat tuottavat myös itsenäisen arvion energijärjestelmään kohdistuvista lisäkustannuksista.

Muistiossa arvioidaan, kuinka suureksi ilmastostrategiassa hiilen käytölle asetettavien rajoitusten aiheuttamat kariutuneet kustannukset voisivat muodostua. Kariutuneilla kustannuksilla tarkoitetaan tässä niitä kustannuksia, jotka valtio joutuisi hiilikiellon vuoksi kesken käyttöikänsä käytöstä poistuvien tuotantolaitosten omistajille korvaamaan. Arvio perustuu VTT Energian laskelmiin.

Muistiossa arvioidaan myös, kuinka suuria kansantaloudellisia lisäkustannuksia kariutuneiden kustannusten korvaamisesta aiheutuisi. Näitä kustannuksia syntyisi siitä, että kariutuneiden kustannusten korvaussumma olisi katettava muita veroja kiristämällä. Muistiossa oletetaan, että korvaussumma kerättäisiin tuloveroja, sosiaaliturvamaksuja tai arvonnlisäveroa korottamalla. Kariutuneiden kustannusten kokonaissummasta tarkastellaan kokonaistaloudellisissa laskelmissa VTT Energian arvion lisäksi myös kahta muuta vaihtoehtoa, jotka perustuvat LTT:n ja Finergyn laskelmiin.

Muistiota varten tehtyjen laskelmien taustaoletukset ovat maakaasun hintaa ja kariutuneita kustannuksia lukuun ottamatta kansallisen ilmastostrategian taustalaskelmien mukaisia. Muistiossa keskitytään kuitenkin vain ilmastostrategian perusvaihtoehtoihin. Ilmastostrategiassahan yhdistetään Energiansäästöohjelma ja Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma joukkoon muita toimenpiteitä ja ohjauskeinoja, jotka yhdessä muodostavat taustalaskelmissa arvioidut strategiavaihtoehdot. Energiansäästöohjelma ja Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma ovat muuttumaton osa kaikkia vaihtoehtoja tässäkin tutkimuksessa. Strategian mukaisesti oletetaan, että energiaveroja käytetään tarvittavassa määrin päästöjen rajoittamiseen tärkeinä ohjauskeinoina. Näiden lisäksi strategiavaihtoehtoja ovat sähkön tuotantokapasiteetin lisääminen joko maakaasun tai ydinvoiman avulla.

Muistion ensimmäinen osa käsittelee maakaasun hinnan nousun vaikutuksia, toisessa keskitytään kariutuneisiin kustannuksiin.

## 2 Maakaasun hinnan nousun vaikutukset

Tässä luvussa arvioidaan maakaasun hinnan nousun vaikutuksia sekä energiantuotantoon että kansantalouteen. Laskelmat perustuvat energiajärjestelmän osalta EFOM-malliin ja kansantalouden osalta EV-malliin.

Laskelmien tarkoitus on arvioida, kuinka maakaasun ilmastostrategiassa oletettua korkeampi hinta vaikuttaisi Kioton sopimuksen toteuttamiskustannuksiin Suomessa.

Maakaasun hinnan oletettiin ilmastostrategiassa nousevan IEA:n vuoden 2000 ennusteen mukaisesti 50 markasta 60 markkaan megawattitunnilta vuoteen 2010 mennessä. Sitten tuontipolttoaineiden hintojen nousu on ollut kuitenkin melkoisen nopeaa, joskaan ei ole vielä selvää, kuinka pysyvää se on. Koska maakaasu on erittäin tärkeässä asemassa ilmastostrategian molemmissa päävaihtoehdoissa, kysymys maakaasun hinnasta on tärkeä. Tällä olisi vaikutuksia jo talouden perusuraankin, siihen kehitykseen, joka ilman päästörajouksia toteutuisi.

### 2.1 Tutkimuksen taustaoletukset

Tämän muistion laskelmissa oletetaan, että maakaasun hinta nousee ilmastostrategian arvioon verrattuna 10 markkaa/MWh enemmän kysynnästä riippumatta vuoteen 2010 mennessä. Uutta hintaa käytetään sekä uuden perusuran (BAU:n) että ydinvoimavaihtoehdon arvioimiseen. On kuitenkin perusteltua olettaa, että jos maakaasun käyttö Suomessa lisääntyisi hyvin voimakkaasti, hinnan nousu saattaisi olla suurempi. Näin saattaisi käydä vaihtoehdossa, jossa sähköntuotannon lisäkapasiteetti perustuisi hiilivoiman korvaamiseen maakaasulla. Tässä tapauksessa maakaasun hinnan oletetaan nousevan kasvaneen kysynnän vuoksi vielä 35 FIM/MWh.

Tutkimuksessa tehtävien laskelmien perusoletukset talouden muusta kehityksestä ovat Ilmastostrategian mukaisia. Ilmastostrategiassa määritellään hyvin yksityiskohtaisesti oletukset talouden ja energiajärjestelmän kehityksestä seuraavina kahtena vuosikymmenenä. Näitä perusoletuksia ei tässä tutkimuksessa muuteta muuten kuin juuri energiajärjestelmän osalta.

Ilmastostrategian taustalaskelmissa oletetaan nykyisten tuotannon kasvun ja energian hinnan nykytrendien jatkuvan. Teollisuuden vuotuinen kasvu on keskimäärin 3,5 prosenttia vuodessa vuosien 1998-2010 välillä, mutta teollisuuden toimialojen välillä on suuriakin eroja. Nopeinta kasvun oletetaan olevan elektroniikkateollisuudessa. Myös muussa metallituoteteollisuudessa kasvun oletetaan jatkuvan ripeänä. Muista suurista toimialoista paperiteollisuuden, kemian teollisuuden ja metallien valmistuksen kasvun oletetaan taantuvan. Muusta teollisuudesta rakennustuotteiden valmistuksen oletetaan jatkuvan ripeänä, heijastaen alueellisen keskittymisen aiheuttamaa korkeaa kysyntää. Elintarvike-teollisuuden kasvun oletetaan jäävän vaatimattomaksi, samoin kuin tekstiiliteollisuuden.

Palvelujen kysynnän oletetaan kasvavan nopeasti. Telekommunikaatiopalvelujen kasvun ennakoidaan olevan nopeinta, mutta myös asumisen, liikenteen ja muiden yksityisten palvelujen oletetaan kasvavan. Maataloustuotannon ennakoidaan supistuvan noin puolen prosentin vuosivauhdilla, eikä kaivannaistoiminnankaan oleteta kasvavan. Metsätalouden oletetaan kasvavan Kansalliseen metsäohjelman kasvutavoitteiden mukaisesti.

Väestönkasvun osalta perusurassa nojaututaan Tilastokeskuksen arvioihin. Väestön ikääntymisen oletetaan jatkuvan ja kasvun jäävän muuten hitaaksi. Työn tuottavuuden kasvun odotetaan jatkuvan.

Ilmastostrategiassa energiatehokkuuden kasvuennusteet perustuvat eri ministeriöiden vastuualueillaan tekemiin arvioihin. Näissä arvioissa ei ole oletettu ilmastopoliittisia päästöjen rajoitustoimia. Useimmilla toimialoilla energiatehokkuuden oletetaan jatkuvan trendikasvua.

Sähköntuotannossa ja lämmöntuotannossa energiatehokkuusarviot perustuvat tuotantoteknologiakohtaisiin arvioihin. Koko energiasektorin energiatehokkuus paranee perusuralla selvästi, koska sähkön osuuden yhteistuotantolaitosten tuotannosta arvellaan voivan kasvaa nykyisestäään teknologian kehityksen seurauksena. Tämä mahdollistaa entistä suuremman sähköntuotannon hyötysuhteeltaan erittäin tehokkaissa (> 90 %) yhteistuotanto-laitoksissa.

Sähkön kysynnän oletetaan perusuralla kasvavan nykyisestä 80 TWh:sta noin 90 TWh:in vuonna 2010. Kasvanut kysyntä oletetaan tyydytettävän suurimmaksi osaksi nykyisellä tuotantokapasiteetilla. Uusiutuvien energianlähteiden käytön oletetaan ilmastostrategiassa kuitenkin perusurallakin kasvavan. Tuulivoimakapasiteetti on viime vuosina kasvanut noin 10 % vuosivauhdilla ja saman kasvun oletetaan jatkuvan edelleen, jolloin vuoteen 2010 mennessä tuulivoimalla tuotettaisiin noin 0,4 TWh. Puun käytön oletetaan myös lisääntyvän. Fossiilisiin polttoaineisiin perustuva tuotanto vastaa kuitenkin sähköntuotannon kasvun valtaosasta. Osa kasvusta on perusuralla peräisin yhteistuotantolaitoksista, joissa teknologinen kehitys nostaa nykylaitosten rakennusasetta ja mahdollistaa suuremman sähköntuotannon kuin aikaisemmin, etenkin kun Etelä-Suomessa oletetaan tapahtuvan siirtymistä kivihiilestä maakaasuun. Suurin osa lisätuotannosta joudutaan kuitenkin tekemään lauhdevoimaloissa, joiden tuotannoksi vuonna 2010 arvioidaan 20 TWh. Tästä noin 75 % on peräisin hiililauhdevoimaloista, joiden nykykapasiteetti riittäisi tällaiseen tuotantoon. 1 TWh tuotettaisiin turpeella ja maakaasulla tuotettaisiin noin 4 TWh.

Suomen kokonaispäästöt vuonna 2010 ovat perusuralla noin 90 Mt CO<sub>2</sub>-ekv., josta fossiilisista polttoaineista peräisin on noin 70 Mt CO<sub>2</sub>. Suomen tavoitetaso on vuoden 1990 päästötaso, 76,5 Mt CO<sub>2</sub>-ekv., josta fossiilisista polttoaineista peräisin oli noin 54 Mt CO<sub>2</sub>. Päästöjä olisi siis kaikkiaan vähennettävä noin 15 prosenttia. Kun ilmasto-ohjelman taustaraportin arvioiden mukaan noin 1 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. on saavutettavissa metaanin ja typpioksidien vähennyksin, fossiilisten polttoaineiden käytön ja teollisuusprosessien CO<sub>2</sub>-päästöjen vähennystarve on noin 21 prosenttia perusuran tasolta.

Energiasektorin osalta oletukset maakaasun hinnasta voivat muuttaa perusuraa. Siirtyminen maakaasua käyttäviin laitoksiin saattaa korkeammalla hinnalla jäädä ilmastostrategian arviota pienemmäksi ja muiden polttoaineiden käyttö vastaavasti korkeammaksi. Energiatehokkuuteen maakaasun hinnalla on pienempi vaikutus, mutta se saattaa kuitenkin vaikuttaa esimerkiksi yhteistuotannon tehokkuuteen.

## 2.2 Tarkastellut vaihtoehdot

Ilmastostrategiassa oletetaan, että päästöjen vähentämiseksi on käytettävissä sekä erityisiä energiaohjelmia, sähköntuotantovaihtoehtoja ja taloudellisia ohjauskeinoja, jotka yhdessä muodostavat toimenpidekokonaisuuksia. Ilmastostrategiassa yhdistetään Energiansäästöohjelma ja Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma joukkoon muita toimenpiteitä ja ohjauskeinoja, jotka yhdessä muodostavat taustalaskelmissa arvioidut strategiovaihtoehdot. Energiansäästöohjelma ja Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma ovat muuttumaton osa kaikkia vaihtoehtoja tässäkin tutkimuksessa.

Energiansäästöohjelma käsittää toimenpiteitä talouden kaikilla osa-alueilla. Liikenteessä lisäsäästöjä perusuraan verrattuna saataisiin aikaan vero-ohjauksella, jolla pyrittäisiin sitomaan ajoneuvovero normikulutukseen. Raskaassa liikenteessä myös energiansäästösopimuksin pyritään laskemaan polttoaineenkulutusta ja päästöjä. Asumisen energiankulutukseen ohjelmassa vaikutetaan kiristämällä uusien ja peruskorjattavien rakennusten lämpötalousvaatimuksia, ja sähkönkulutusta voidaan laskea myös asettamalla kiireämpiä vaatimuksia kotitalouskoneille. Rakennuskannan hitaasta uusiutumisesta huolimatta kaavailtu 30 % kiristys lämpötalousvaatimukseen laskisi jo vuonna 2010 asuminen energiankulutusta selvästi. Palvelusektoreilla energiansäästösopimukset muodostaisivat tärkeän osan käytetyistä ohjauskeinoista, ja tiukemmat laitevaatimukset olisivat juuri näillä toimialoilla arvioiden mukaan erityisen tehokkaita.

Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmalla pyritään lisäämään erityisesti biopolttoaineiden ja tuulivoiman käyttöä verotukien ja tuotantotukien avulla. Etenkin tuulivoiman lisärakentamiselle sekä verotukien että tuotantotukien on arvioitu olevan merkittäviä, koska tuulivoiman kustannukset ovat toistaiseksi selvästi muita tuotantomuotoja suurempia. Biopolttoaineiden ja tuulivoiman tuki on sähköveron suuruinen. Tuulivoiman saama tuki on kuitenkin huomattavampi, koska tuulivoiman tuki lasketaan kalliimman sähköverokannan mukaan, kun taas biopolttoaineiden osalta tuki noudattaa alempaa verokantaa. Kaiken kaikkiaan puun käytön tavoitteeksi asetetaan ohjelmassa 75 % kasvu sähkön ja lämmön yhteistuotannossa ja 15 % kasvu lämmön erillistuotannossa vuoteen 2010 mennessä. Tuulivoiman tuotannon osalta tavoite on lähes 300 % kasvu vuodesta 2000 vuoteen 2010 mennessä.

Ilmastostrategian mukaisesti tässäkin tutkimuksessa oletetaan lisäksi, että energiansäästöohjelmaan ja uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmaan yhdistettäisiin sekä sähkön että lämmön tuotantoon suoraan vaikuttavia ratkaisuja. Nämä ratkaisut korvaisivat tai syrjäyttäisivät hiililauhdetuotantoa maakaasuun tai ydinvoimaan perustavalla tuotannolla. Vaihtoehdot ovat:

**Maakaasuvaihtoehto**, jossa oletetaan, että kivihiilen käyttö kielletään lauhdetuotannossa sekä sähkön ja lämmön yhteistuotannossa maakaasualueella ja korvataan maakaasulla.

**Ydinvoimavaihtoehto**, jossa oletetaan, että Suomeen rakennettaisiin lisää ydinvoimakapasiteettia, teholtaan 1300 MW. Muille tuotantomuodoille ei aseteta suoria rajoituksia.

Lisäksi ilmastostrategiassa tarkastellaan erilaisia energiaverotuksen vaihtoehtoja. Näistä tutkitaan tässä vain keskeisiä KIO1\*- ja KIO2\*-vaihtoehtoja, joissa kaikkia energiaveroja korotettaisiin siten, että Kioton pöytäkirjan velvoite toteutuisi. Valtiolle kertynyt kasvanut energiaverokertymä kierrätetään alentamalla sovamaksuja ja tuloveroja.

Taulukkoon 1 on koottu maakaasun hinnan nousun yhteydessä tarkastellut vaihtoehdot. KIO1\* ja KIO2\* ovat ilmastostrategian alkuperäiset maakaasu- ja ydinvoimavaihtoehdot, joissa vertailukohteenä on alkuperäinen ilmastostrategian perusura (BAU); KIO1-G0\* ja KIO2-G0\* ovat korkeamman maakaasun hinnanmukaiset vaihtoehdot verrattuna alkuperäiseen perusuraan; ja KIO1-G\* ja KIO2-G\* ovat korkeamman maakaasun hinnan mukaiset vaihtoehdot verrattuna energijärjestelmän osalta uuteen, EFOM-mallilla laskettuun perusuraan.

**Taulukko 1. Laskelmien vaihtoehdot**

	Sähkönhankinta	Energiaverotus	Vertailukohta	Maakaasun hinta
KIO1*	Maakaasu	Tarvittava	Ilmastostrategian BAU	Ilmastostrategia
KIO2*	Ydinvoima	Tarvittava	Ilmastostrategian BAU	Ilmastostrategia
KIO1-G0*	Maakaasu	Tarvittava	Ilmastostrategian BAU	Ilmastostrategia+45mk/MWh
KIO2-G0*	Ydinvoima	Tarvittava	Ilmastostrategian BAU	Ilmastostrategia+10 mk/MWh
KIO1-G*	Maakaasu	Tarvittava	Uusi BAU	Ilmastostrategia+45mk/MWh
KIO2-G*	Ydinvoima	Tarvittava	Uusi BAU	Ilmastostrategia+10 mk/MWh

## 2.3 EFOM-laskelmien tulokset

### 2.3.1 Maakaasun hinnan nousun vaikutus energiajärjestelmään

EFOM-laskelmissa oletetaan, että talouden ja tuottavuuden yleinen kehitys on Ilmastostrategian taustalaskelmien mukainen. Maakaasun hinnan oletetaan kuitenkin nousevan nopeammin, kuten luvussa 2.1 on selostettu.

EFOM-laskelmissa tarkastellaan maakaasun hinnan vaikutusta sekä energian kulutukseen että lämmön ja sähkön tuotantoon. Laskelmissa oletetaan, että energiajärjestelmä voi muotoutua kustannuksien kannalta edullisimmaksi. Tällöin maakaasun hinnan nousu parantaa paitsi uusiutuvien energialähteiden myös muiden fossiilisten polttoaineiden kilpailukykyä. Tämä lisää niiden käyttöä ilmastostrategian perusuraan verrattuna, kun taas maakaasun käyttö jää ilmastostrategiassa arvioitua tasoa alemmaksi. Tämä vaikuttaa myös päästöihin: Ilmastostrategiassa oletettiin päästöjen kehittyvän tavalla, joka asettaa tarvittavalle päästöjen vähennykselle lähtötason 90 milj. tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. vuonna 2010. Maakaasun hinnan nousun takia tämä lähtötaso suurenee.

Näiden oletusten vuoksi EFOM tuottaa ilmastostrategian perusurasta poikkeavan uuden perusuran, jonka eroja ilmastostrategian perusuraan kuvaa taulukko 2. Taulukon perusteella on selvää, että maakaasun hinnan nousu parantaa muiden energiamuotojen suhteellista kilpailukykyä, jolloin on luonnollista, että niiden käyttö kasvaa ja maakaasun käyttö jää pienemmäksi. EFOM-laskelmissa ei ole asetettu rajoituksia energiajärjestelmän kehitykselle perusuralla. Niinpä maakaasun korkeampi hinta johtaa korkeampaan muiden fossiilisten polttoaineiden mutta myös uusiutuvien energialähteiden käyttöön kuin ilmastostrategian perusuralla.

Perusuran lisäksi maakaasun hinnan nousu vaikuttaa siihen, millaiseksi energiajärjestelmä muodostuu ilmastostrategian eri vaihtoehdoissa. Näitä vaikutuksia on kuvattu taulukoissa 3 ja 4, joissa on vertailtu ilmastostrategian vaihtoehtojen muutoksia.

Taulukosta 2 käy ilmi, että KIO1\*<sup>ssä</sup> sähkön ja lämmön yhteistuotanto sekä teollisuudessa että kaukolämpöä tuottavissa voimaloissa kasvaa ilmastostrategian alkuperäisiin vaihtoehtoihin verrattuna maakaasun hinnan noustessa. Tämä johtuu siitä, että maakaasun hinnan noustessa erityisesti maakaasulauhdevoiman tuotannon kannattavuus kärsii. Maakaasun hinnan nousu nostaa toisaalta myös sähkön hintaa, jolloin myös sähkön ku-

lutus pienenee. Kulutuksen pieneminen ei kuitenkaan ole yhtä suuri kuin lauhdevoiman tuotannon vähennys, vaan erotus on korvattava yhteistuotantoa lisäämällä. Koska lämpökuormat eivät voi kasvaa, yhteistuotantoa on lisättävä joko nostamalla uusien laitosten rakennussuhdetta tai lisäämällä yhteistuotannon osuutta lämmön kokonaistuotannosta.

Kaukolämmön tuotannossa tulevat maakaasun korkeamman hinnan vuoksi kannattaviksi biomassan IGCC-laitokset. Niiden sähkön tuotanto olisi vuonna 2010 noin 1,1 TWh. Maakaasukombivoiman tuotanto vähenee kaukolämpösektorilla vain 0,2 TWh. Maakaasun käyttö vähenee lisäksi kaukolämmön erillistuotannossa, jossa sitä korvataan öljyllä ja biomassalla. IGCC:n käyttöönotto siis enemmän kuin kompensoi maakaasuvoiman vähenemisen kaukolämpösektorilla. Teollisuuden yhteistuotannossa maakaasun hinnan nousu tekee puolestaan kannattavaksi paremman rakennussuhteen soodakattiloiden rakentamisen. Pientä lisäystä tulee myös leijukerroslaitosten sähköntuotantoon. Teollisuuden maakaasukombivoiman tuotanto vastaavasti vähenee. CHP-tuotannon kasvu saadaan siis aikaan sekä kaukolämpö- että teollisuuden yhteistuotannossa lähinnä rakennussuhteita kasvattamalla. Muutokset yhteistuotannon osuuksissa jäävät hyvin pieniksi.

Taulukon 3 mukaan myös ydinvoimatuotanto muuttuisi KIO2:ssa. Näin ei tosiasiasa tapahtuisi, sillä muutos johtuu siitä, että alkuperäisissä taustalaskelmissa oli ilmastostrategian lähtökohdista poiketen jäänyt mahdollisuus ottaa uuden ydinvoimalan tuotantokapasiteetti käyttöön vaiheittain, jolloin sekä laitoksen kapasiteetti että sen tuotanto nousivat täyteen mittaansa vasta vuoteen 2015 mennessä. Käytännössä uusi laitos kuitenkin rakennettaisiin heti täyteen suunniteltuun kapasiteettiinsa, jolloin laitosta olisi edullista käyttää täyskuormalla jo vuonna 2010. Itse ilmastostrategiassa laitoksen oletettiin olevan täydessä käytössä vuonna 2010.

Vähittäisen kapasiteetin lisäyksen mukainen tilanne vääristää tuloksia jonkin verran siten, että alkuperäisen KIO2:n kustannukset ovat vuodelle 2010 hieman liian alhaiset, koska uuden laitoksen investointikustannukset eivät olleet koko 1350 MW:n kapasiteetin osalta mukana vielä vuonna 2010. Toisaalta ydinvoiman suurempi tuotanto vuonna 2010 olisi alentanut kasvihuonekaasujen päästöjä, mikä olisi puolestaan vähentänyt KIO2-skenaarioiden kustannuksia. Nämä edellä mainitut tekijät vaikuttavat vastakkaiseen suuntaan ja kokonaisvaikutus päästöjen rajoittamisen kustannuksiin lienee siten varsin pieni.

### **2.3.2 Maakaasun hinnan nousun vaikutus päästöjen rajoittamisen suoriin kustannuksiin**

Maakaasun hinnan nousulla on vaikutusta myös ilmastostrategian toteuttamisen kustannuksiin. Tähän vaikuttaa sekä se, että lämmön ja sähkön tuotanto perustuvat korkeammalla maakaasun hinnalla eri polttoaineisiin kuin ilmastostrategian alkuperäisissä vaihtoehtoisissa, samoin kuin se, että energiaa säästetään enemmän kuin alkuperäisissä strategioissa.

Kuviot 1 ja 2 kuvaavat kustannusten muutoksia EFOM-laskelmissa. Vuotuiset lisäkustannukset kohoavat KIO1\*:ssä aiempaan verrattuna noin 500 MFIM vuonna 2010. KIO2\*:ssä lisäkustannukset pienenevät noin 50 MFIM. Energiaverojen kertymän kasvussa tapahtuu kummassakin skenaariossa yli 400 MFIM:n vähennys. Lopputulos on, että KIO1\*:n ja KIO2\*:n välinen suorien kustannusten ero kasvaa 560 MFIM. Kokonaisenergiakustannuksen lisäys (verrattuna BAU-skenaarioon) ei juuri muutu KIO1\*:ssä, mutta KIO2\*:ssä se pienenee.

**Taulukko 2. Maakaasun hinnan nousun vaikutus energiantuotannon perusuraan**

	<b>BASELINE MUUTOKSET Uusi-Vanha 2010</b>
<b>PRIMAARIENERGIA</b>	<b>PJ</b>
Kivihiili ja koksi	6.59
Öljytuotteet	0.56
Maakaasu	-14.75
Turve	6.14
Puun pienpoltto	0
Tähde- ja sivutuotepuu	0
Jäteliemet	0
Muu bioenergia	0
Jätteen energiakäyttö	0.56
Prosessikaasut	0
Ydinvoima	0
Vesivoima	0
Tuulivoima	2.08
Aurinkoenergia	0
Reaktiolämpö	0
Tuontisähkö	0
Yhteensä	1.18

**Taulukko 3. Maakaasun hinnan nousun vaikutus sähkön hankintaan KIO-skenaarioissa**

	<b>KIO1* MUUTOKSET Uusi-Vanha 2010</b>	<b>KIO2* MUUTOKSET Uusi-Vanha 2010</b>
<b>SÄHKÖN HANKINTA</b>	<b>TWh</b>	<b>TWh</b>
Ydinvoima	0	1.39
Vesivoima	0	0
Tuulivoima	0	0
Hiili- ja turvelauhdevoima	0.29	0.40
Maakaasulauhdevoima	-2.52	-1.09
Teollisuuden CHP	0.50	-0.16
Kaukolämpö-CHP	0.85	-0.54
Muut	0	0
Nettotuonti	0	0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>-0.88</b>	<b>0.00</b>

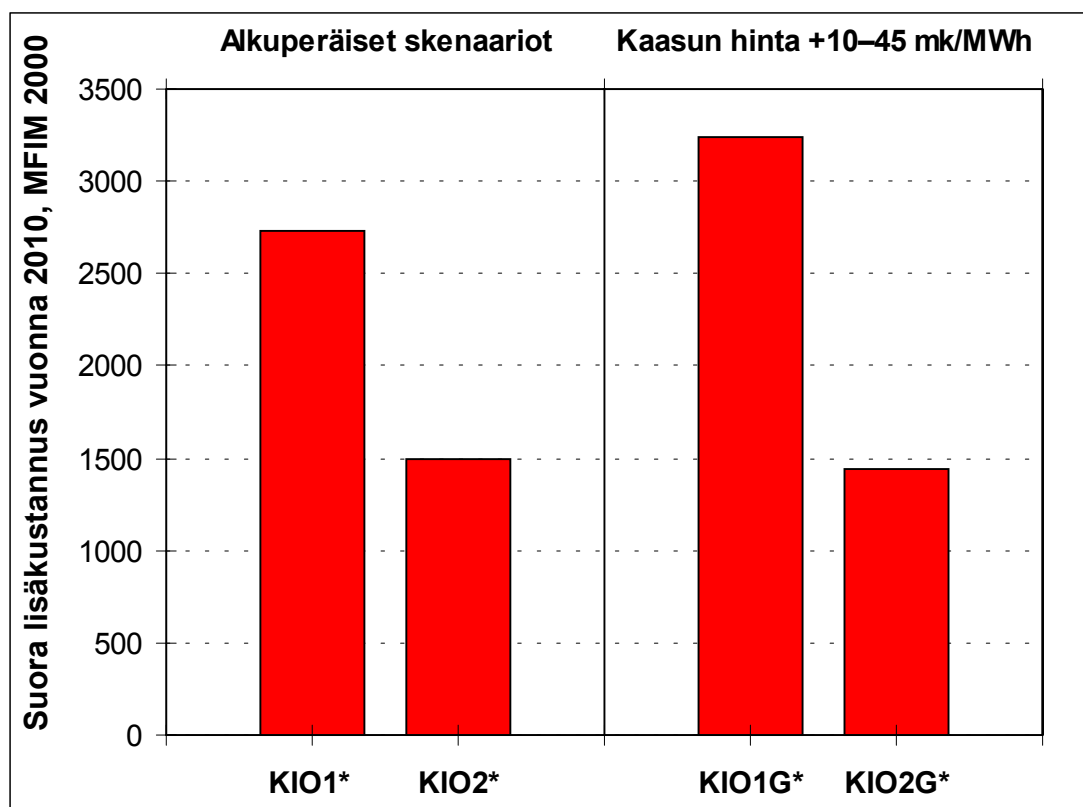


**Taulukko 4 Maakaasun hinnan nousun vaikutus primaarienergian käyttöön**

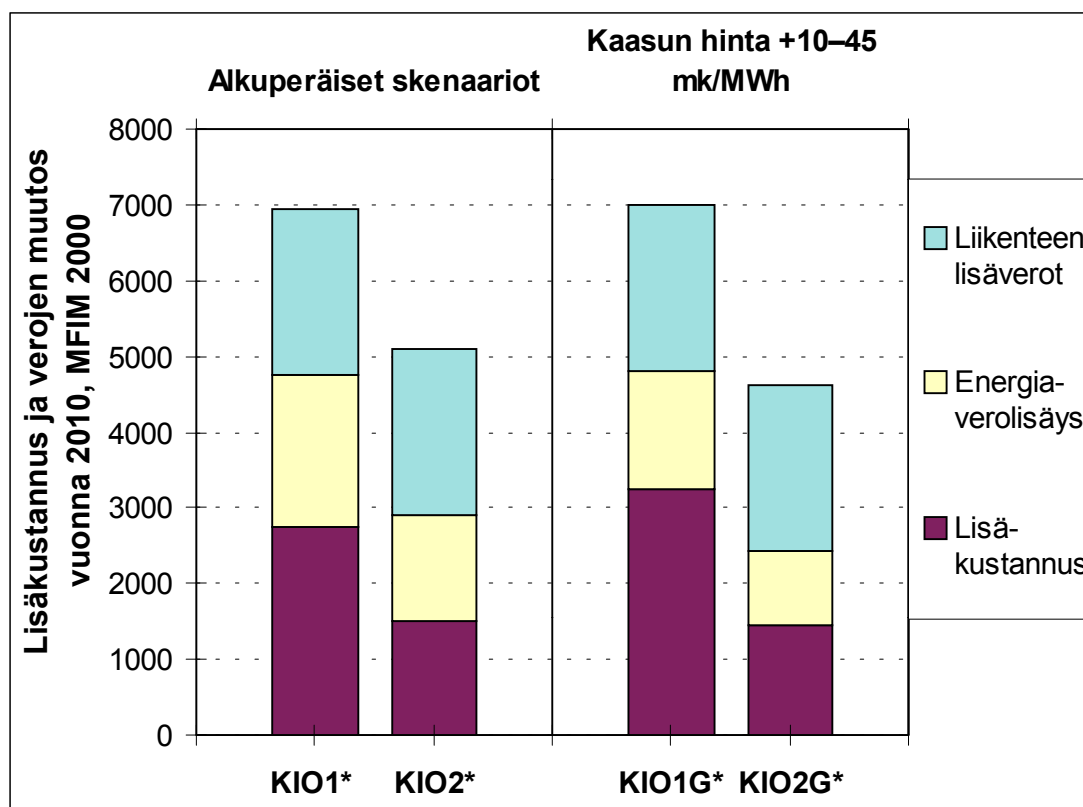
	<b>KIO1*</b> <b>Muutokset</b> <b>Uusi–Vanha</b> <b>2010</b>	<b>KIO2*</b> <b>Muutokset</b> <b>Uusi–Vanha</b> <b>2010</b>
<b>PRIMAARIENERGIA</b>	<b>PJ</b>	<b>PJ</b>
Kivihiili ja koksi	2.00	–2.00
Öljytuotteet	11.17	3.79
Maakaasu	–43.15	–16.61
Turve	9.76	8.15
Puun pienpoltto	–3.79	–1.78
Tähde- ja sivutuotepuu	16.84	1.78
Jäteliemet	0	0
Muu bioenergia	0.43	–1.13
Jätteen energiakäyttö	–4.48	1.13
Prosessikaasut	1.78	0
Ydinvoima	0	15.16
Vesivoima	0	0
Tuulivoima	0	0
Aurinkoenergia	0	0
Reaktiolämpö	0	0
Tuontisähkö	0	0
Yhteensä	–9.44	8.49
UEO:n muutos	9.00	0.00
Fossiilisten polttoaineiden muutos	–18.44	–6.67

Veroja ja kustannuksia EFOM-laskelmissa kuvaavat kuvat 1-2.

Kuvio 1. Suorat kustannukset EFOM-laskelmien mukaan



Kuvio 2. Suorien kustannusten koostumus EFOM-laskemissa



## 2.4 EV-laskelmien tulokset

EV-mallilla arvioitiin maakaasun hinnan nousun kokonaistaloudellisia vaikutuksia ottaen lähtökohdaksi luvussa 2.1 kuvatut ilmastostrategian oletukset talouden kasvusta ja luvussa 2.3 kuvattu, EFOM-mallilla arvioitu uusi energijärjestelmän perusura. Mallilla tarkasteltiin myös maakaasun hinnan nousun vaikutuksia ilmastostrategian alkuperäiseen perusuraan nähden. EV-mallilla tarkasteltiin siis kaikkia taulukon 1 vaihtoehtoja.

Honkatukian ja Forsstömin teknis-taloudellisen EV-tasapainomallin suurin innovaatio on energia- ja teollisuussektoreiden prosessien EFOM-tyyppisen tarkastelun yhdistäminen kansantaloudelliseen tasapainomalliin. Mallissa tarkastellaan siis samanaikaisesti sekä teknologiavalintoja että kokonaistaloudellisia riippuvuuksia. Taloudelliset mallit eivät yleensä määrittele tuotantoprosesseja yksityiskohtaisesti. Jos informaatiota "todellisesta" tekniikasta on olemassa, tasapainomalliin pohjautuvan energiapolitiikan analyysin luotettavuutta voidaan lisätä kuvaamalla teknologioita alhaalta-ylös (bottom-up) –lähestymistavan mukaisesti. Mallia, joka sisältää piirteitä molemmista lähestymistavoista voidaan kutsua vaikkapa hybridimalliksi. Tämän lähestymistavan etu standardilähestymistapaan verrattuna on mahdollisuus kuvata teknologian muuttuminen tulevaisuuden nimettyinä tekniikkakuvauksina epäsuorien, parametrien arvoja asettamalla aikaansaatavien funktiokuvauksien sijaan.

EV-mallin tuotantotapojen käsittely mahdollistaa Suomen energiantuotannolle keskeisen yhteistuotannon tarkastelun. Käytännössä yhteistuotantolaitosten lämpö määrää prosessien toimintatason. Sähköä tuotetaan lämmön määrään verrannollisesti. Teollisuuden yhteistuotanto kuvataan kullekin toimialalle erikseen, jotta toimialalle tyypillinen polttoainejakauma säilyy. Sähkön ja lämmön yhteistuotannon kuvausta sovelletaan kaikilla niillä toimialoilla, joilla yhteistuotantoa on. Prosessiteollisuudesta EV-mallissa on tarkempi kuvaus metsäteollisuuden, kemian teollisuuden ja metallien valmistuksen osalta.

Laskelmien lähtökohtana oli sekä Ilmastostrategian mukainen että EFOMilla saatu uusi energian tuotantorakenne ja perusura. Uusi tuotantorakenne poikkesi Ilmastostrategian rakenteesta taulukoiden 1 ja 2 esittämällä tavalla. Taloudellis-teknisellä tasapainomallilla arvioitiin tästä lähtökohdasta tarvittava verotaso päästötavoitteen saavuttamiseksi, toteuttaen muut toimenpiteet kuten Ilmastostrategiassakin.

Laskelmien mukaan päästötavoitteiden saavuttamiseksi tarvittava veronkorotus ei jää juurikaan ilmastostrategian arviota alemmaksi korkeammalla maakaasun hinnalla ydinvoimavaihtoehdossa. Maakaasuvaihtoehdossa sen sijaan tarvittava energiaverojen korotus jää selvästi alemmaksi kuin ilmastostrategiassa arvioitiin. Koska myös polttoainelasku muuttuu, ero KIO1\*- ja KIO2\*-vaihtoehtojen (maakaasu- ja ydinvoimavaihtoehtojen) välillä kasvaa tällöin noin 2-3 mrd markkaa suuremmaksi kuin ilmasto-ohjelmassa vuonna 2010. Eron suuruus riippuu siitä, otetaanko vertailukohdaksi vanha perusura vai uusi. Tämän voi tulkita niinkin, että uuden perusuran tapauksessa hinnan nousun oletetaan tapahtuvan ennen Kioton periodia – jolloin energian tuotantorakenne muuttuu jo ennen vuotta 2010 – kun taas vanhaan perusuraan verrattaessa hinta nousisi vasta Kioton periodilla. Edellistä vaihtoehtoa kuvaavat taulukoissa 5 ja 6 tapaukset KIO1-G0\* ja KIO2-G0\* ja jälkimmäistä tapaukset KIO1-G\* ja KIO2-G\*.

**Taulukko 5. Energiaverojen muutos eri toimialoilla, mmk perusurasta**

	KIO1*	KIO2*	KIO1-G0*	KIO2-G0*	KIO1-G*	KIO2-G*
Maa- ja metsätalous	162	69	146	35	108	74
Massa- ja paperiteollisuus	240	55	192	-17	122	62
Kemianteollisuus	272	159	248	120	205	166
Metallien valmistus	187	101	168	67	139	105
Muu teollisuus	228	83	204	17	150	92
Palvelut	978	599	740	383	597	589
Muut sektorit	-366	-7	475	37	-321	92
Kotitaloudet	3454	2541	3294	2029	2893	2600

Energiakustannuksiin maakaasun hinnan nousulla olisi suuri vaikutus. Koska energiaverojen korotustarve jäisi pienemmäksi korkeammalla kaasun hinnalla, energiaverokertymien muutos jäisi ilmastostrategian arviota selvästi pienemmäksi maakaasuvaihtoehdossa. Tätä vaikutusta kuvataan taulukon 5 lisäksi myös kuvioissa 4 ja 5. Kuvioon 8 on lisäksi koottu suorien kustannusten – maksettujen energiaverojen ja energiansäästöön ja uuteen tuotantokapasiteettiin tehtyjen investointien kasvun – jakautuminen toimialoittain. Energialasku sen sijaan kasvaisi maakaasuvaihtoehdossa yli miljardilla siinä tapauksessa, että energijärjestelmä mukautuisi vasta Kioton periodilla ja vielä enemmän, mikäli mukautuminen tapahtuisi aiemmin. Ydinvoimavaihtoehdossa energialasku kasvaisi vain hieman. Maakaasu- ja ydinvoimavaihtoehtojen välinen kustannusero kasvaisi 800-2300 mmk. Taulukon 6 lisäksi energialaskun muutosta kuvaa kuvio 6.

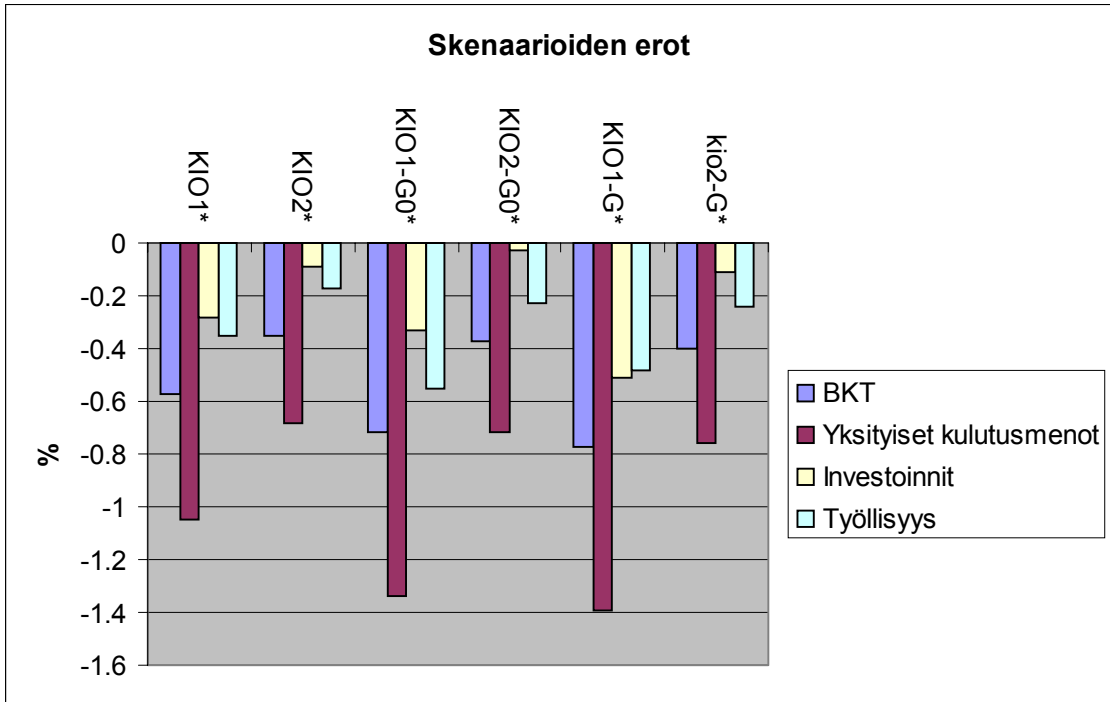
**Taulukko 6. Energialaskun muutos eri toimialoilla, mmk perusurasta**

	KIO1*	KIO2*	KIO1-G0*	KIO2-G0*	KIO1-G*	KIO2-G*
Maa- ja metsätalous	96	30	135	-49	105	39
Massa- ja paperiteollisuus	216	101	229	-268	178	-4
Kemianteollisuus	67	16	54	-80	41	-8
Metallien valmistus	62	22	93	-32	88	25
Muu teollisuus	260	133	418	-6	387	171
Palvelut	844	460	631	-13	456	436
Muut sektorit	359	-139	2107	-487	1495	0
Kotitaloudet	2861	2211	3546	1768	3225	2429
Yhteensä	4766	2833	7213	834	5974	3089

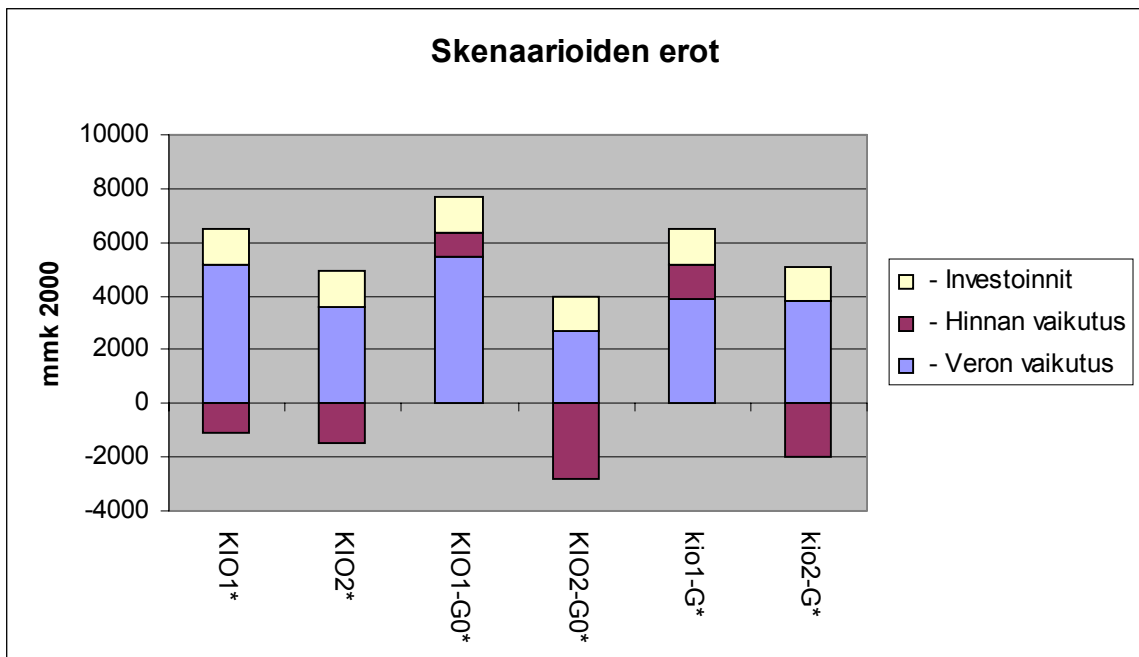
Koko kansantalouden tasolla vaikutuksia kuvaa kuvio 3. Kansantalouden tasolla kaasun hinnan nousun vaikutukset ovat maakaasuvaihtoehdossa huomattavia vanhaan perusurasta verrattuna. Kansantuotteen lasku kasvaa noin puolesta prosentista yli puoleentoista. Jos kaasun hinnan nousun oletetaan vaikuttava energijärjestelmään jo aiemmin, vaikutus on pienempi, mutta edelleen varsin huomattava. Tässä tapauksessa kansantuotevaikutukset maakaasuvaihtoehdossa kaksinkertaistuvat ilmastostrategian arvioihin verrattuna. Ydinvoimavaihtoehdossa vaikutukset jäävät selvästi pienemmiksi kuin maakaasuvaihtoehdossa, mutta siinäkin kaasun hinnan nousu lisäisi kansantuotteen supis-

tumista noin 0,1 prosenttiyksiköllä. Yksityiseen kulutukseen ja työllisyyteen vaikutukset olisivat myös huomattavia. Maakaasuvaihtoehdossa kulutuksen ja työllisyyden lasku kolminkertaistuisivat verrattuna siihen, mitä ne alemmalla maakaasun hinnalla olisivat, ja ydinvoimavaihtoehdossakin nämä vaikutukset olisivat selvästi suurempia.

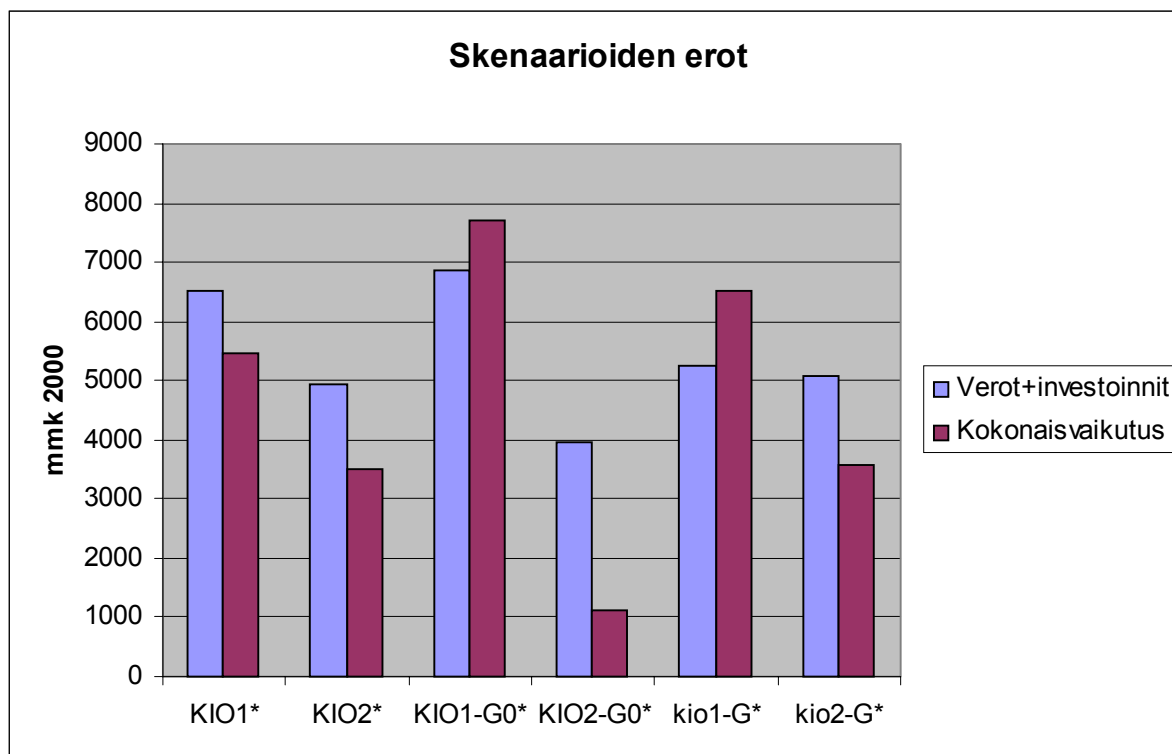
**Kuvio 3. Kokonaistaloudelliset vaikutukset**



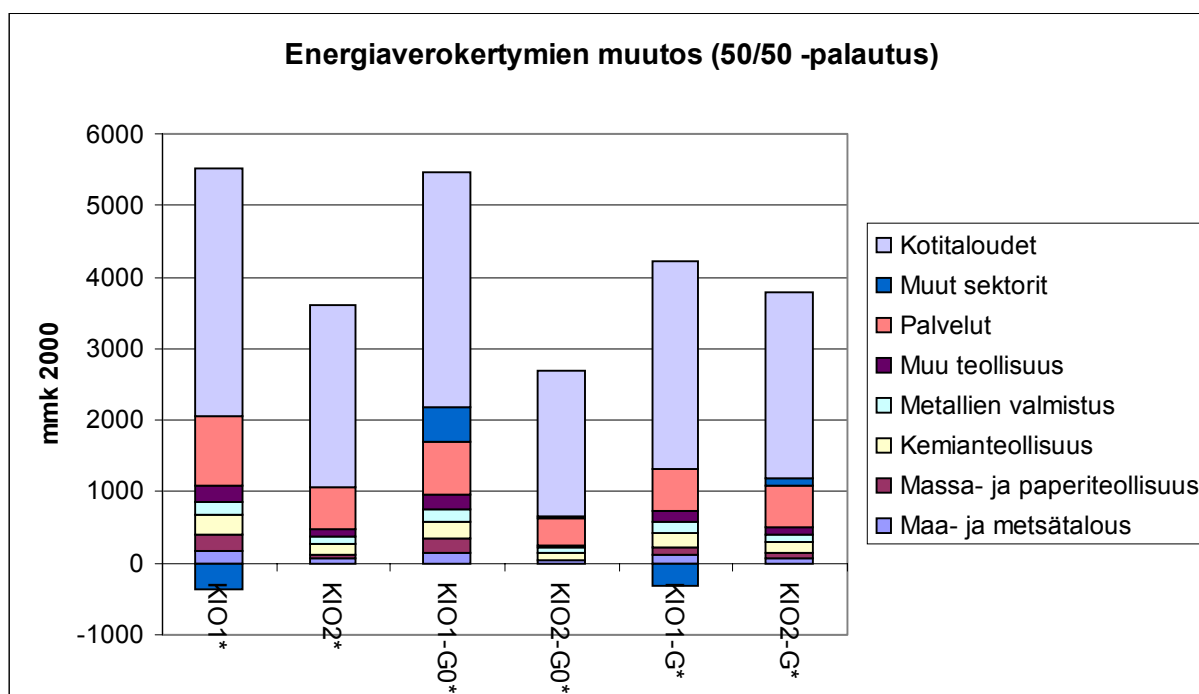
**Kuvio 4. Erot skenaarioiden erissä**



Kuvio 5. Erot skenaarioiden kokonaiskustannuksissa



Kuvio 6. Energiaverokertymien muutos





### 3 Kariutuneet kustannukset ja niiden vaikutukset

Ilmastostrategiassa todetaan, että maakaasuun perustuvassa sähkönhankintavaihtoehdossa Kioton tavoitteita ei voida saavuttaa asettamatta hiilen käytölle lauhdevoiman tuotannossa rajoituksia. Tästä hiilikiellosta aiheutuisi laitosten omistajille kariutuneita kustannuksia, joita strategian kustannusarvioita ei otettu huomioon. Kariutuneet kustannukset nostaisivat kuitenkin suoraan energiantuotannon kustannuksia ja jos ne korvataisiin, myös kokonaistaloudellisia kustannuksia. Kariutuneista kustannuksista on esitetty hyvin paljon toisistaan poikkeavia arvioita. LTT:n selvityksessä kariutuneiden kustannusten ylärajaksi esitetään enimmillään jopa 20 mrd markkaa. Ilmastostrategiassa taas lähdetään liikkeelle Elektrowatt-Ekonon tekemästä arviosta 700-800 milj.mk. Tässä luvussa tehdään vielä yksi arvio näistä kariutuneita kustannuksista. Kaikkia edellä esitettyjä arvoja käytetään hyväksi arvioitaessa kariutuneiden kustannusten kansantaloudellisia vaikutuksia. Näitä kansantaloudellisia vaikutuksia ei varsinaisessa ilmastostrategiassa tai sen tausta-aineistossa arvioitu. Uudet arviot perustuvat VTT Energian voimalaitoskohtaisiin laskelmiin. Kariutuneiden kustannusten korvaamisesta aiheutuvat kansantaloudelliset vaikutukset arvioidaan EV-mallin avulla.

#### 3.1 Tausta

Kariutuneet kustannukset -käsite on syntynyt USA:n sähkömarkkinamuutokseen liittyvässä keskustelussa. Se liittyy sikäläisiin olosuhteisiin ja niiden muutokseen. Muutos yhden yhtiön tarkasti säädellystä monopolista markkinaperusteiseen sähkön toimitukseen on johtanut pohdintaan siitä, pitäisikö yhtiöille korvata aiemmin tehtyjen investointien kannattamattomuus uudessa toimintaympäristössä. Yhtiöt ovat vaatineet korvauksia säädellyn talouden aikaisista investoinneista, jotka sen aikaiset laskelmat osoittivat kannattaviksi, mutta jotka uusi tilanne on muuttanut tai muuttamassa tappiollisiksi. Kariutuneet kustannukset -käsitettä käytetään tähän keskusteluun viitaten. Se voidaan määrittellä seuraavasti.

**Kariutuneet kustannukset** ovat niitä väistämättömiä sähkön tuotannon kustannuksia, joita markkinahintaan myyty sähkö ei riitä peittämään. Seuraavat tapaukset voidaan erotella:

- Jos sähkön tuotannon muuttuva kustannus on suurempi kuin sähkön myyntihinta, ei tuotanto ole kannattavaa. Tällöin kariutuneet kustannukset ovat yhtä suuret kuin tuotantolaitoksen kirjanpidollinen nettoarvo (alkuperäinen investointi miinus kuolelutukset).
- Jos sähkön tuotannon muuttuva kustannus alittaa sähkön markkinahinnan, on tuotanto kannattavaa. Jos laitoksen arvo (nykyhetkeen diskontattu nettotulovirta) ei kuitenkaan ylitä kirjanpidollista nettoarvoa, niin kariutuneet kustannukset ovat näiden kahden erotus, ts. kirjanpidollinen arvo miinus laitoksen arvo.
- Jos laitoksen arvo on suurempi kuin kirjanpidollinen nettoarvo, ei kariutuneita kustannuksia ole.

Kariutuneilla kustannuksilla tarkoitetaan menetettyä tuottoa vain siltä osin, kuin kyse on ”todellisista kustannuksista” tai ”maksamattomista laskuista”. Menetetty voitto, joka ylittää alkuperäisestä investoinnista syntyvät kustannukset, ei kuulu tämän käsitteen piiriin. Tämä tulkinta juontaa juurensa yhdysvaltojen ominaispiirteistä. Se ei välttämättä ole suoraan sovellettavissa muualla.



Euroopassa kariutuneita kustannuksia voi syntyä kahdesta toimintaympäristön muutoksesta: siirtymisestä energiahuollosta energiamarkkinoihin ja ilmastopolitiikan energiantuotannolle aiheuttamista rajoituksista. Suomessa ensin mainittu muutos ei aiheuttanut kariutuneita kustannuksia, sillä jo ennen 1995 muutostakin vallitsi kilpailutilanne eri tuottajien välillä. Koko asia ei edes noussut keskusteluun, mikä on osoitus siitä, että toimintatapa ennen sähkömarkkinalain voimaantuloakin oli ylläpitänyt tehokkuutta<sup>1</sup>. Kaikkialla EU:ssa asia ei ole näin. Esim. Espanjassa tullaan korvaamaan energiamarkkinoiden avautumisen johdosta syntyneitä kariutuneita kustannuksia. Suomessa kariutuneiden kustannusten korvaamiseen liittyvää oikeudellista perusta on selvitetty KATTIn KTM:lle tekemässä vielä julkaisemattomassa selvityksessä (Tommi Nieppola; Sähkömarkkinoiden hukkakustannusten arviointi).

Ilmastopolitiikan toteuttamisen eräänä toimenpiteenä on pohdittu hiilen käytön kieltämistä sekä sähkön lauhdutustuotannossa että maakaasualueiden kaukolämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksissa. Tämän toimintamahdollisuuden yhteydessä on kariutuneiden kustannusten korvaaminen tullut keskustelun kohteeksi Suomessakin. Kariutuneita kustannuksia olisivat siten käyttökelpoisten voimalaitoksen ennaikaiseen romuttamiseen liittyvät kustannukset. Vaikea kysymys onkin nyt: Minkä arvoisia nämä ennaikaisesti käytöstä poistettavat hiililaitokset ovat? Miten niiden arvo tulisi laskea?

### 3.2 Voimalaitoksen arvon laskeminen

Kariutuneiden kustannusten määrittäminen voi olla joko markkinaperusteista tai hallinnollista. **Markkinaperusteisessa** arvioinnissa tuotantolaitoksen arvo määritetään markkinoilta saatavan informaation perusteella. Esimerkiksi tarkastelun kohteena olevaa voimalaa vastaavan tuotantolaitoksen myynnistä saatavat tiedot ovat tällaista markkinaperusteista tietoa. Lauhdutusvoimaloiden osalta sopivaa markkinainformaatiota ei ole käytettävissä, mutta yhteistuotantolaitosten osalta on yksi tuore esimerkki, jonka mukaisesti muutkin laitokset arvotetaan.

Hallinnolliseen markkina-arvon määrittämiseen on kaksi tapaa: menetettyjen nettotulojen arvo ja korvausinvestoinnin arvo. **Nettotulojen nykyarvon** laskenta perustuu tulevien tuotantokustannusten ja sähkön markkinahinnan ennustettuihin arvoihin. Nämä ennusteet tehdään sellaiseen tilanteeseen, jossa *hiililaitosten käyttö ja lisärakentaminenkin olisi mahdollista*. Tarkoitushan on selvittää se arvo, joka laitoksilla olisi *ilman käyttökieltoa*. Ennustettujen suureiden avulla lasketaan nettotulo kullekin voimalaitoksen käyttövuodelle ja tämän tulon nykyarvo saadaan diskonttaamalla tämä tulo tarkasteluhetkeen käyttäen soveltuvaa korkokantaa. Pitkälle tulevaisuuteen ulottuvat ennusteet ovat kuitenkin aina vain ennusteita ja saatava tuloskin on tällöin epävarma. Sen vuoksi tulisi tällainen analyysi aina varustaa riittävän laajalla herkkyystarkastelulla, missä tulos lasketaan useaan kertaan käyttäen eniten tulokseen vaikuttaville ennustesuureille eri arvoja. Tällainen herkkyystarkastelu antaa päätöksentekijälle kuvan siitä, kuinka suuri epävarmuus asiaan liittyy. Epävarmuus sinänsä säilyy.

**Korvausinvestoinnin arvo** -menetelmässä poistuvan laitoksen arvoksi määritellään tehokkaimman uuden laitoksen investointikustannuksesta se osuus, mikä vastaa arvoitettavan laitoksen jäljellä olevaa käyttöikä.

---

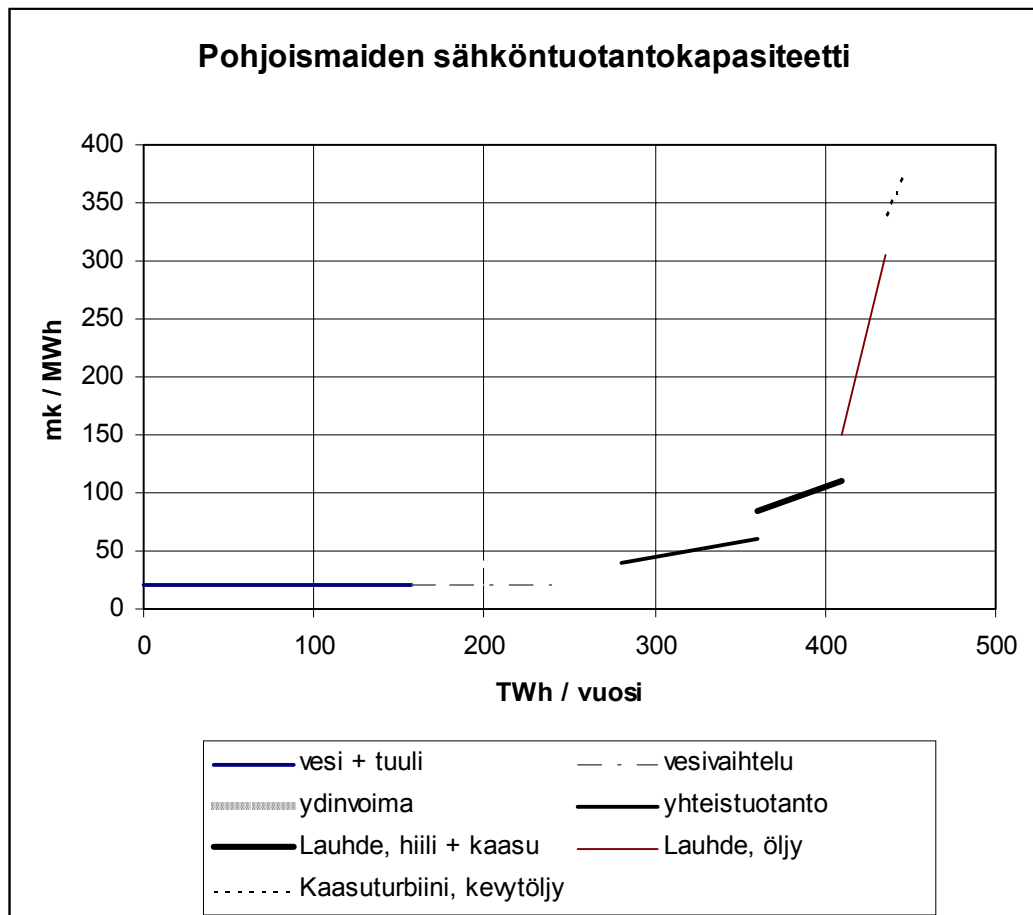
<sup>1</sup> Lisäksi järjestely takasi kapasiteetin riittävyyden, mistä ei nykyoloissa ole varmuutta.

Miten *ilmastopolitiikasta* mahdollisesti aiheutuvat kariutuneet kustannukset pitäisi Suomen tilanteessa laskea? Yllä on esitetty ne vaihtoehdot, jotka arvottamiseen ovat käytettävissä. Yhdysvaltojen tilanne on täysin erilainen kuin Suomessa, joten sama menettely ei sovi tähän tilanteeseen. Ilmastopolitiikan eräs toteutusvaihtoehto, hiilen käytön kieltö lauhdutusvoiman ja maakaasualueen yhdistetyn lämmön ja sähkön tuotannossa, tuo uuden rajoituksen aiemmin tässä suhteessa vapaampiin toimintamahdollisuuksiin. Kyseessä on askel enemmän säänneltyyn suuntaan. Kiellon seurauksena hiilikäyttöiset ja käyttökuntoiset voimalaitokset pitäisi ennenaikaisesti romuttaa. Samaan aikaan Suomi on kiinteä osa pohjoismaisia sähkömarkkinoita. Tehdäänpä laskelmat kuinka hyvänsä, markkinanäkökulman on oltava läsnä. Sen vuoksi seuraava luku käsittelee pohjoismaisia sähkömarkkinoita näkökulmasta, joka tämän työn kannalta on oleellinen.

### 3.3 Pohjoismaiset sähkömarkkinat ja hiilivoiman arvo

Pohjoismaisten sähkömarkkinoiden kapasiteettirakenne selviää oheisesta kuvasta. Siinä tuotantomuodot on asetettu lyhyen aikavälin tuotantokustannusten mukaiseen järjestykseen.

**Kuvio 10. Pohjoismaiden sähköntuotantokapasiteetin eri tuotantomuotojen määrät ja muuttuvat kustannukset vuoden 2005 tilanteessa. Arvio perustuu Nordelin tietoihin ja vuoden 1998 alun polttoainehintoihin. Arvioitu kulutus vuonna 2005 on noin 400 TWh. (Lähde: Energia Suomessa. VTT Energia ja Edita. Helsinki 1999.)**



Kolme halvinta tuotantoluokkaa, vesivoima, ydinvoima ja yhteistuotantovoima ovat pitkän aikavälin sähkömarkkinakilpailun kannalta siten samassa asemassa, että niiden kapasiteetti tai niiden tuottama energiamäärä ei ole vapaasti valittavissa. Vesivoiman määrää ei Pohjoismaissa voi enää oleellisesti lisätä nykyisestä. Kapasiteettilisäykset tullevat olemaan pääasiassa olemassa olevien laitosten uusimisia, uudisrakentaminen keskittyyne vain pieniin laitoksiin. Ydinvoiman lisärakentaminen ei Ruotsissa ole nyt mahdollista. Suomessakaan luvan saanti uuden laitoksen rakentamiseen ei ole helppoa. Yhteistuotantosähkön tuotantomäärä taas on riippuvainen sekä prosessiteollisuuden tuotannon laajuudesta että kaukolämmitykseen kytkettävissä olevan lämpökuorman suuruudesta.

Nämä tuotantotavat voivat tuottaa aitoa voittoa hyvin toimivien markkinoiden tapauksessakin juuri siksi, että niiden kapasiteetti on rajoitettu. Rajoitus tarkoittaa, että uusia toimijoita ei voi tulla mainituille tuotantoalueelle rakentamaan lisäkapasiteettia, joka hävittäisi mahdollisen voiton.

Konventionaalinen lauhdutusvoima on edullisuusjärjestyksessä ensimmäinen tuotantomuoto, jonka kapasiteetti ei ole rajoitettu. Tämän ryhmän edullisinta sähköä tuotetaan kivihiilellä. Kivihiililauhde soveltuu sekä pohja- että keskikuormakäyttöön. Ei siis ole sattumaa, että pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla juuri tämä tuotantomuoto tasapainottaa vesivuosien vaihtelusta johtuvan energian tarjonnan vaihtelut energian kysyntää vastaavaksi.

Miksi hiilivoimalla ei voi tehdä puhdasta voittoa pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla? Jos se olisi mahdollista, niin muutkin markkinoilla toimivat tahot rakentaisivat lisää hiilivoimaa ja pyrkisivät näin saamaan itselleen osan voitosta. Tämä lisärakentaminen johtaisi siihen, että voitot väistämättä häviäisivät kilpailun tuoksinaan.

Sähkömarkkinoiden taloudellisesti kestävä toiminnan edellytys on se, että kunkin tuotantomuodon kokonaiskustannukset tulevat katetuksi sähkön myyntituloilla. Se on mahdollista, kun sähkön markkinahinta ylittää ajoittain kunkin tuotantomuodon lyhyen aikavälin tuotantokustannukset. Näiden välittömät tuotantokustannukset ylittävien jaksojen aikana saatavan lisätulon tulee riittää kattamaan myös vapaasti rakennettavissa olevien voimantuotantomuotojen kiinteät kulut. Viime vuosien hyvät vesivuodet ovat johdaneet sähkön alhaiseen spot-hintaan. Jos sadannan oletetaan säilyvän entisenlaisena ja sähkön kulutus pysyy vähintään entisellään, niin lauhdesähkön tuottaminen on ajoittain hyvinkin kannattavaa. Pitkällä aikavälillä ei lauhdutusvoiman tuotanto kilpailusta johtuen voi kuitenkaan tuottaa enempää kuin tarvitaan tuotannon kaikkien kulujen peittämiseen. Tulovaihtelut vuodesta toiseen voivat olla suuria.

Edellä oleva päättely perustuu siihen, että markkinat toimivat hyvin. Jos näin ei olisi, niin voidaan olettaa, että sähkömarkkinoita valvot elimet ryhtyvät toimenpiteisiin, jotka palauttavat kilpailun aitouden.

### **3.4 Arvonmääritys**

Seuraavassa tehdään suuruusluokka-arvio Suomen suurimpien hiilikäyttöisten voimalaitosten arvosta vuoden 2008 alussa. Arvo lasketaan mahdollisimman yksinkertaisesti ja suoraviivaisesti kutakin voimalaa samalla tavalla kohdellen. Tarkempi analyysi edellyttäisi kunkin voimalaitoksen tarkkaa läpikäyntiä esim. jäljellä olevan käyttötuntimäärän arvioimiseksi, samoin nykykunnan selvittämistä. Se ei ole tämän työn tarkoitus.

### 3.4.1 Lauhdutuslaitokset

Lauhdutuslaitosten luontevin arvonmääritys nykyisessä sähkömarkkinatilanteessa on markkinaperusteinen arvonmääritys. Siihen ei tällöin liity alan ulkopuolisten tahojen väistämättä virheellisiä arvioita, vaan se perustuu markkinatoimijoiden näkemyksiin laitoksista ja niiden tulevaisuuden tuottomahdollisuuksista. Arvion luotettavuus perustuu siihen, että investoija on valmis sijoittamaan hankkeeseen rahaa sillä edellytyksellä, että investointi tuottaa voittoa. Tämän parempaa näkemystä tulevasta ei ole. Valitettavasti tällaista informaatiota ei nyt ole tarjolla!

Puuttuvien vertaiskauppojen ja edeltävän luvun perustelujen mukaisesti sovelletaan uushankintamenettelyyn perustuvaa arvottamista. Tällöin laitoksen arvoksi valitaan kustannustehokkaimman uuden laitoksen investoinnista se osuus, mikä vastaa arvioitavan laitoksen jäljellä olevaa käyttöikä. Vanhemman tekniikan huonompi hyötysuhde ja muut olemassa olevan laitoksen arvoa alentavat seikat tulee myös huomioida. Kustannustehokkain lauhdutusvoimalaitos hiilen käyttökiellon jälkeen on maakaasua käytävä kombivoimalaitos. Tästä syystä markkinahinnan voi olettaa asettuvan siten, että sillä tuotetun sähkön tuotantokustannus muodostaa uuden pitkän aikavälin hintatason.

Voimalaitosten laskennallisena pitoaikana pidetään 25 vuotta. Sen ajan laitokset kestävät täyttä ajoa suunnitellut huoltokatkot pois lukien. Voimaloiden käyttötunnit jakautuvat käytännössä paljon pidemmälle kalenteriajalle kuin 25 vuotta. Tämä johtuu niiden tasapainottavasta roolista pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. Tämä piirre huomioidaan laskelmissa siten, että voimaloiden käyttöaste oletetaan täyttä käyttöä alemmaksi, josta seuraa, että voimaloiden kalenteriaikana laskettu käyttöaika oletetaan 40 vuodeksi. Tämä vastaa melko hyvin voimaloiden omistajien käsitystä jäljellä olevasta pitoajasta. Tällöin kunakin vuonna voimalaa käytetään  $25/40 = 0,625$  vuotta. Tällä suhdeluvulla kerrotaan vuoden 2007 lopussa laskennallinen jäljellä oleva käyttövuosien määrä. Näin päädytään lukuun, joka jaetaan suunnitellulla täyden käytön käyttöiällä, joka on 25 vuotta. Tulokseksi saadaan vertailuluku, joka kuvaa laitoksen arvon osuutena uuden maakaasukäyttöisen kombivoimalaitoksen arvosta vuoden 2008 alussa. Taulukko 7 sisältää tulokset hiililauhdutusvoimaloiden osalta.

Tulos on luonnollisesti voimakkaasti riippuvainen oletuksesta käyttöiän pituudesta. Kuviossa 11 on esitetty jäljellä olevan arvon muuttuminen oletetun käyttöiän mukaan.

### 3.4.2 Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitokset

Kaukolämmön tuotanto on paikallista monopolitoimintaa, kun taas sähkön tuotanto on aina osa pohjoismaisia sähkömarkkinoita. Kaukolämmön hinnoittelua valvoo ja säätelee edustukselliset kuntaelimet. Sähkön hinta muodostuu puolestaan sähkömarkkinoilla kulloisenkin kysyntä- ja tarjontatilanteen mukaan. Kaukolämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos toimii näiden kahden maailman liitoskohdassa. Ristiinsubventointi lämmön ja sähkön välillä on kielletty

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto perustuu aina riittävän suureen lämpökuormaan. Vaihtoehtoinen tapa tyydyttää paikallinen lämmön ja sähkön kysyntä on rakentaa erillinen kattila kaukolämmön tuotantoa varten ja ostaa sähkö markkinoilta. Yhteistuotantolaitos kannattaa rakentaa, kun sillä tuotetun sähkön tuotantokustannus on markkinasähköä edullisempaa. Sähkön vertailuhinta on siis sähkön markkinahinta. Perinteinen kiis-

takysymys on ollut kustannusten jako lämmön ja sähkön tuotannon kesken. Yhtä ainoaa oikeaa ratkaisua ei siihen ole olemassa.

Yhteistuotantolaitos mitoitetaan lämmityskuorman mukaisesti. Myös sen käyttö määräytyy pääsääntöisesti lämmitystarpeen mukaan. Sähkön tuotanto on siten sidottu sekä ajallisesti että määrällisesti lämmön tuotantoon. Yhteistuotannon sähköntuotantokapasiteetti ei ole aivan yhtä arvokasta kuin lauhdutusvoiman kapasiteetti tuotannon huomion ajoitettavuuden johdosta. Lämmön ja sähkön kysynät seuraavat läheisesti toisiaan, mutta tilastojen mukaan sähkön huippukulutuksen aikana tuotetaan yhteistuotantosähköä jonkin verran asennettua huipputehoa vähemmän. Moniin yhteistuotantolaitoksiin on rakennettu lauhdutusvoimamahdollisuus tai lämpövarasto, jotta lämmön ja sähkön tuotannon sidos saadaan joustavammaksi.

Toisin kuin hiililauhutusvoiman tapauksessa, yhteistuotantolaitos voi tuottaa voittoa hyvin toimivien markkinoidenkin tilanteessa. Sen vuoksi niiden arvon laskeminen on vaikeampaa. Lahti Energia Oy:n Kymijärven hiilikäyttöisen lämmitysvoimalaitoksen omistusjärjestely antaa mahdollisuuden arvottaa muutkin vastaavat laitokset markkinahintaan. Järjestelyssä hinta 100 %:n omistusoosuudelle laskien teholtaan 160 MW sähköä ja 240 MW lämpöä tuottavalle lämmitysvoimalaitokselle oli 564 Mmk<sup>2</sup>.

Seuraavaksi esitetään, miten tämän laitoksen arvo vuoden 2008 alussa arvioidaan ja miten tätä tietoa voidaan käyttää muiden vastaavien voimaloiden arvon määrittämiseen.

Kymijärven laitos on sikäli omaleimainen, että siinä on 40 MW:n lauhdeosa, joka on erikseen huomioitava, kun tätä kauppahintaa sovelletaan muiden yhteistuotantolaitosten arvottamiseen.

Uusi hiilikäyttöinen laitos, 120 MW(e) / 240 MW(h) ynnä 40 MW(e) lauhdutusosa, maksaa VTT Energian arvion mukaan suunnilleen 1000 Mmk. Hinta muodostuu seuraavasti: Vastapaineosa 2337 mk / kW, kun sähkö- ja lämpötehot on laskettu yhteen. Sähköteho on puolet kaukolämpötehosta. Lauhdeosan hankintakustannukseksi arvioidaan 4000 mk / kW(e).

Lasketaan kauppahinnan ja uuden yhteistuotantolaitoksen hankintahinnan suhde. Se on  $564 \text{ Mmk} / 1000 \text{ Mmk} = 0,56$ . Suhteutettuna laitoksen 25 vuoden pitoaikaan, se vastaa 14,1 vuoden jäljellä olevaa käyttöaika. Laitos on siis vanhentunut noin 11 vuotta 25 vuoden käyttöaikana. Pitkäksi käyttöajaksi tulkittu kauppasumma sisältää ostajan arvioiman (mahdollisen) voiton. Tätä arviota sovelletaan myös muihin vastaaviin laitoksiin.

Mikä on Kymijärven voimalan arvo vuoden 2008 alussa? Kun laitos kuoletetaan 14,1 vuoden kuluessa, niin sen arvo vähenee kahdeksassa vuodessa (vuoden 2000 alusta vuoden 2007 loppuun) arvosta yksi arvoon  $(14,1-8)/14,1 = 0,432$ . Se vastaa voimalan arvoa 244 Mmk vuoden 2008 alussa.

Yllä kuvattua menettelyä käytetään muiden yhteistuotantolaitosten arvottamiseen seuraavalla tavalla:

Vuoden 2000 alussa Kymijärven voimalan jäljellä ollut käyttöikä laskettiin 14,1 vuotta. Muiden laitosten jäljellä oleva käyttöikä lasketaan sen mukaisesti. Siis kolme vuotta aiemmin käyttöönotetun laitoksen käyttöikä ko. hetkellä on 11,1 vuotta jne.

---

<sup>2</sup> Lähde: LTT:n lausunto 24.4.2001.

Vuoden 2007 lopussa lasketaan jäljellä oleva käyttöikä, suhteutetaan se 25 vuoden kokonaiskäyttöikään ja saadulla suhdeluvulla kerrotaan uuden, kaukolämpöteholtaan vastaavan hiilikäyttöisen yhteistuotantolaitoksen investointikustannus. Näin saatua lukua pidetään laitoksen arvona vuoden 2008 alussa. Tulokset on esitetty taulukossa 8.

### 3.5 Voimalaitosten arvo

Taulukoissa 9 ja 10 esitetään merkittävimmät hiilikäyttöiset lauhdutusvoimalaitokset ja kaukolämpöä ja sähköä tuottavat yhteistuotantolaitokset sekä niiden arvo vuoden 2008 alussa. Tätä arvoa kutsutaan tässä kariutuneeksi kustannukseksi. Laskut on tehty yllä kuvatuilla menetelmillä.

**Taulukko 8. Hiililauhutusvoimalaitokset.** Käyttöaika on 25 vuotta täydellä teholla ja 40 vuotta käyttöasteella 0,625. Uusi voimalaitos on vastaavantehoinen maakaasukombilaitos, jonka investointikustannus on 3200 mk/kW. Tässä sovelletaan korvausinvestoinnin arvo –menetelmää.

Laitos	Teho [MW]	Käyttöön-ottovuosi	Arvosta jäljellä v. 2008 alussa	Uuden arvo, Mmk	Voimalan arvo, Mmk
Meri-Pori	565	1995	0,675	1808	1220
Inkoo	1000	1977	0,225	3200	720
Vaskiluoto 2	230	1982	0,350	736	258
Tahkoluoto	221	1976	0,200	707	144
Kristiina 2	247	1983	0,375	790	290
Naantali 1	110	1960	0,000	352	0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>2143</b>				<b>2632</b>

Meri-Porin uudehkon hiilivoimalaitoksen arvo on noin puolet voimaloiden yhteisarvosta.

**Taulukko 9A. Hiilikäyttöiset yhteistuotantolaitokset maakaasualueella ja niiden arvo vuoden 2008 alussa.** Arvo on määritelty Lahden Kymijärven voimalaitoskaupan perusteella (lähde LTT). Yhteistuotantolaitosten käyttöajaksi on laskettu 39,1 vuotta.

Lähde: Kaukolämpötilastot 1999 ja VTT Energian julkaisemattomat tiedot.

Kaupunki	Voimalaitos	Teho [MW] sähkö / lämpö	Käyttöön-ottovuosi	Käyttövuosia v. 2008 alussa
Helsinki	Hanasaari B	227 / 420	1973	4,1
	Salmisaari	160 / 300	1984	15,1
Espoo	Suomenoja	75 / 162	1977	8,1
Vantaa	Martinlaakso 2	80 / 135	1982	13,1
Lahti	Kymijärvi	160 / 240	1975	6,1
Kotka	Mussalo 1	75 / 80	1966	0
<b>Yhteensä</b>		<b>550 / 1337</b>		

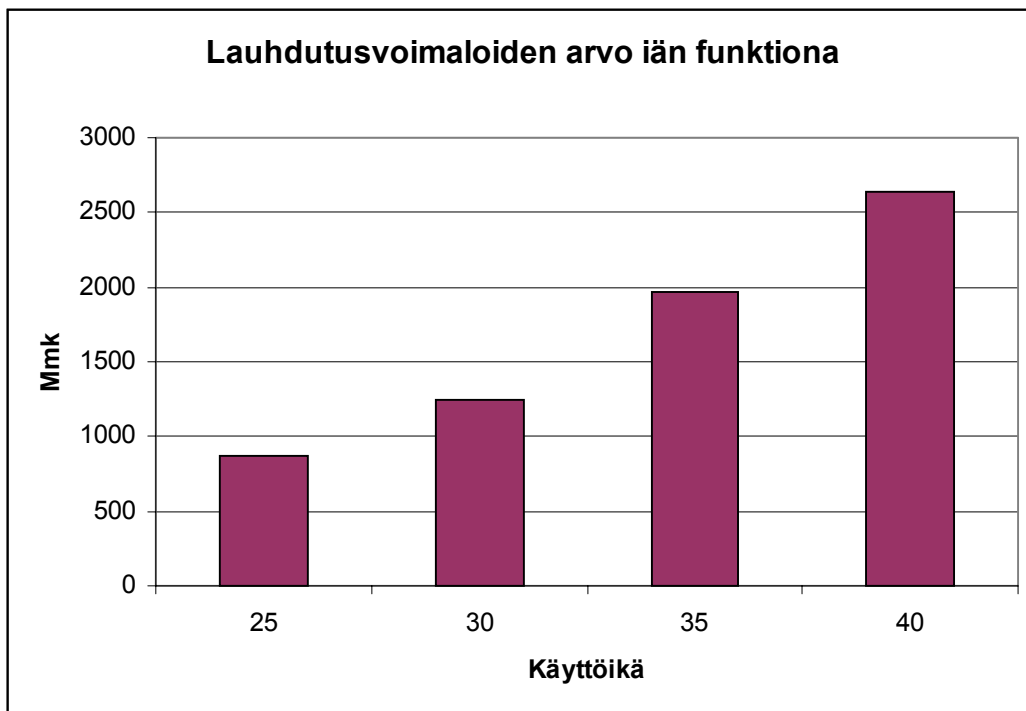
**Taulukko 9B. Yhteistuotantolaitosten arvo Kymijärven voimalakaupan perusteella, kun voimalaitoksen koon mittayksikkönä käytetään kaukolämpötehoa**

Kaupunki	Voimalaitos	Uuden arvo, Mmk	Arvosta jäljellä v. 2008 alussa	Voimalan arvo, Mmk
Helsinki	Hanasaari B	1472	0,164	241
	Salmisaari	1052	0,604	635
Espoo	Suomenoja	568	0,324	184
Vantaa	Martinlaakso 2	473	0,524	248
Lahti	Kymijärvi	1000	0,244	244
Kotka	Mussalo 1	...	0	0
<b>Yhteensä</b>				<b>1552</b>

Salmisaaren yhteistuotantolaitos on suuri ja uudehko, mikä näkyy myös sen suurena arvona.

Laskemalla lauhdutusvoimalaitosten ja yhteistuotantolaitosten arvo yhteensä, saadaan arvoksi reilu neljä miljardia markkaa.

**Kuva 10. Lauhdutusvoimaloiden arvo käyttööän mukaan**



### 3.6 Kariutuneiden kustannusten korvaamisen vaikutukset kansantalouteen

Kariutuneiden kustannusten korvaamisen vaikutuksia koko kansantalouteen arvioitiin EV-mallin avulla. Laskelmien lähtökohdiksi otettiin sekä luvun 3.5 arvio kariutuneista kustannuksista, mutta myös alempi ja toisaalta korkeampi arvio. Laskelmissa on oletettu, että kariutuneet kustannukset korvataan Kioton periodin aikana.

Koska ilmastostrategia edellyttää ilmastopolitiikalta tuloneutraaliutta, kariutuneiden kustannusten korvaamiseen käytettävät varat on kerättävä muita veroja korottamalla. Laskelmissa oletetaan, että tähän käytetään samoja instrumentteja kuin energiaverokeräytymän takaisinkierrättämiseen oletettiin ilmastostrategiassa voitavan käyttää. Laskelmissa lähdetään siis siitä oletuksesta, että kariutuneiden kustannusten kattamiseksi kerättävä verotulo syntyy että sovamaksuja, tuloveroja tai arvonlisäveroja korottamalla. Verotusvaihtoehdot ovat siis:

- 1) Kariutuneet kustannukset katetaan tuloverojen kautta. Energiaverojen korotuksesta saadut tulot käytettäisiin tuloverojen alentamisen rahoittamiseen.
- 2) Kariutuneet kustannukset katetaan puoliksi tuloverojen kautta ja puoliksi yritysten sosiaalivakuutusmaksuja korottamalla (nk. 50/50-kierrätys). Energiaverojen kasvanut tuotto palautetaan puoliksi kuluttajille tuloverojen kautta ja puoliksi yritysten sosiaalivakuutusmaksuja alentamalla (nk. 50/50-kierrätys).
- 3) Kariutuneet kustannukset katetaan arvonlisäveroa korottamalla. Energiaverojen lisätuotto käytetään arvonlisäveron alentamiseen.

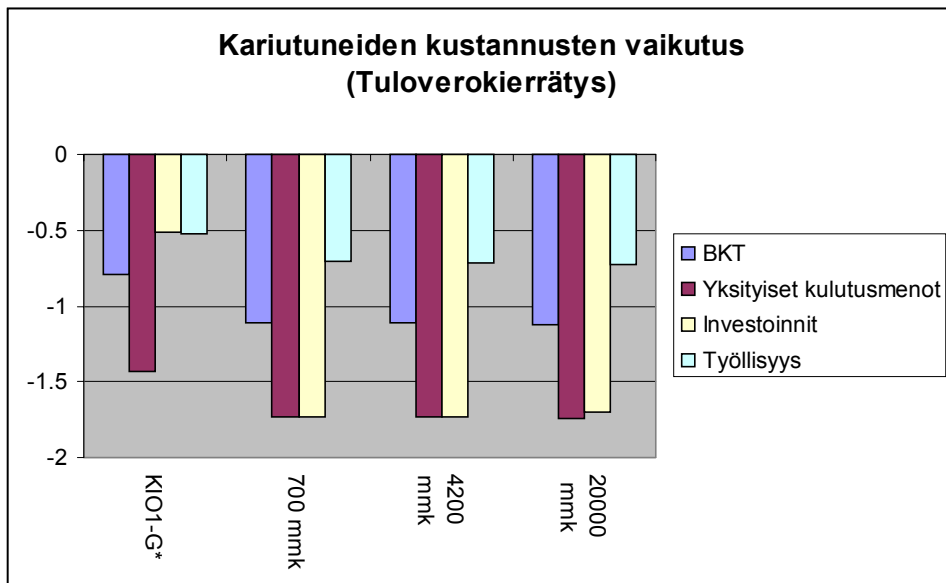
Ilmastostrategian taustalaskelmien perusteella on selvää, etteivät vaihtoehdot ole kansantalouden kannalta samanarvoisia. Tämä johtuu siitä, että työn verotus voi vaikuttaa sekä työn tarjontaan ja että sen kysyntään ja sitä kautta heijastua voimakkaastikin muuhun talouteen.

Laskelmien mukaan kariutuneiden kustannusten korvaamisella olisi kuitenkin suhteellisen pieni vaikutus ilmasto-ohjelman kokonaiskustannuksiin. Kuvioissa 12-14 on vertailtu keskenään ilmastostrategian mukaisen KIO1\*-vaihtoehdon vaikutuksia keskeisiin kokonaistaloudellisiin muuttujiin sekä kariutuneiden kustannusten korvaaminen olettaen että ilman sitä. Tulosten perusteella on selvää, että ennen kaikkea yksityinen kulutus ja investoinnit laskisivat enemmän, jos kariutuneet kustannukset korvattaisiin. Tämä on intuitiivista, koska kustannusten kattaminen edellyttäisi lievää muun verotuksen korottamista. Tästä kysynnän pienenemisestä seuraisi myös kansantuotteen aleneminen ilmastostrategian arviota enemmän. Myös työllisyys heikkenisi hieman. Vaikutukset jäävät kuitenkin suhteellisen pieniksi, koska korvauksen oletetaan ajoittuvan pitemmälle ajalle. Jos kustannukset korvattaisiin yhden vuoden aikana, kasvaisivat vaikutukset kyseisenä vuonna suuremmiksi.

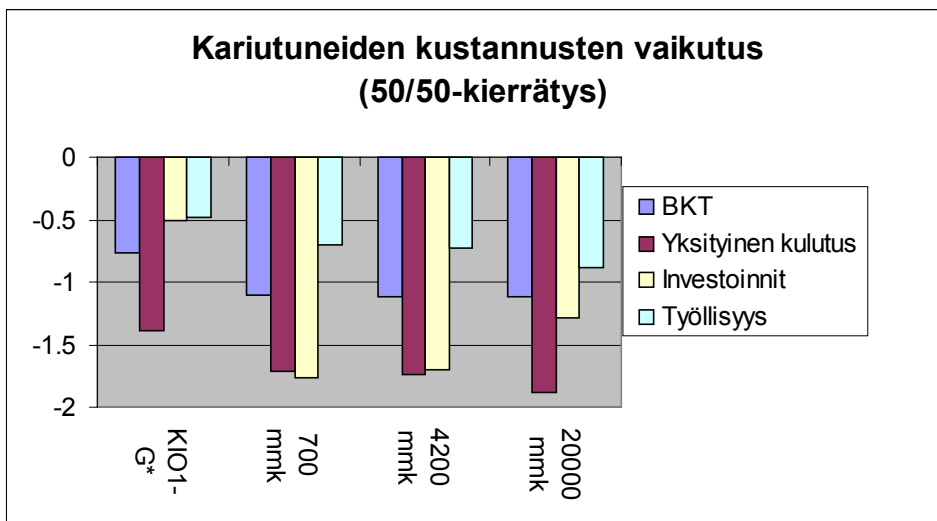
Kariutuneiden kustannusten kattamiseen käytetyllä veron vaikutus näyttää sekin syntyvän kulutuksen kautta. Tuloverojen ja arvonlisäveron korotus leikkaavat ostovoimaa ja pienentävät sitä kautta kulutusta. Vaikutus työn tarjontaan syntyy sekin tätä kautta, ostovoiman laskun seurauksena.



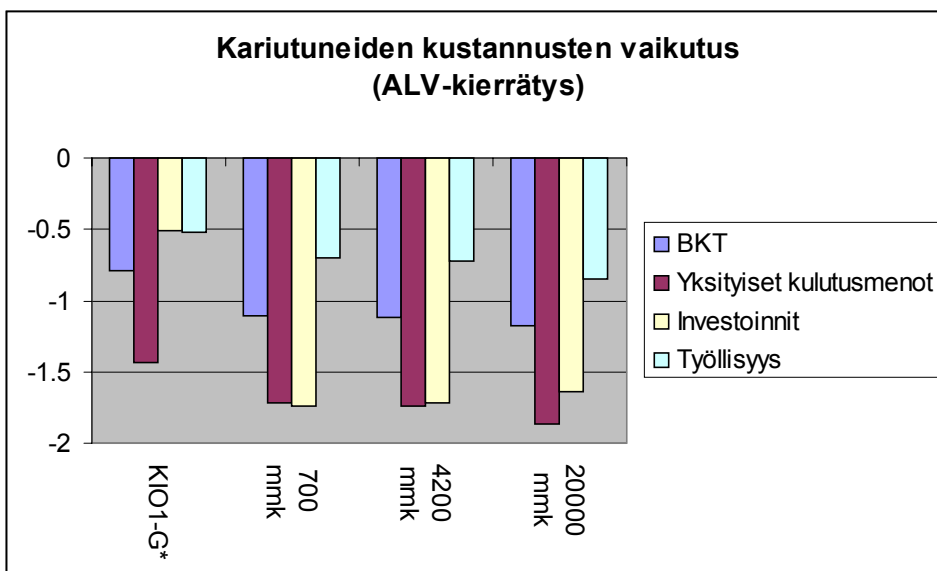
**Kuvio 11. Kariutuneiden kustannusten vaikutus (Tuloverokierrätys)**



**Kuvio 11. Kariutuneiden kustannusten vaikutus (50/50-kierrätys)**



**Kuvio 11. Kariutuneiden kustannusten vaikutus (ALV-verokierrätys)**



## 4 Johtopäätökset

Maakaasun hinnan nousulla olisi selvä vaikutus sekä energijärjestelmään että kansantalouteen. Maakaasuun perustuvassa sähkönhankintavaihtoehdossa suorat kustannukset kasvaisivat selvästi. Ydinvoimavaihtoehtokaan ei ole neutraali maakaasun hinnan nousulle, mutta vaikutukset ovat selvästi pienempiä kuin maakaasuvaihtoehdossa.

Hinnan nousu lisäisi EFOM-laskelmien perusteella ilmastostrategian kustannuksia maakaasuvaihtoehdossa noin 500 miljoonalla markalla ja kasvattaisi maakaasu- ja ydinvoimavaihtoehtojen välistä kustannuseroa 560 miljoonalla markalla. EV-laskelmien mukaan kansantuotteen lasku olisi maakaasun hinnan nousun seurauksena noin 0,1-0,2 prosenttiyksikköä suurempaa kuin ilmastostrategian arviossa ja maakaasu- ja ydinvoimavaihtoehtojen välinen ero kasvaisi noin 0,2 prosenttiyksiköstä yli 0,3 prosenttiyksikköön. Myös kulutuskysynnän ja työllisyyden lasku olisi korkeammalla maakaasun hinnalla selvästi suurempaa kuin ilmastostrategian arviossa.

Ilmastostrategian hiilikiellosta aiheutuisi kariutuneita kustannuksia. Kariutuneiden kustannusten määrästä on hyvin erilaisia arvioita. Kariutuneiden kustannusten määrästä on tässä selvityksessä tehty uusi arvio ja kustannusten arvioidaan asettuvan noin 4200 mmk:n tasolle ilmastostrategiassa esitetyn 700-800 milj. markkaa sijaan. Kariutuneiden kustannusten kattamiseksi muuta verotusta olisi kiristettävä, mutta jos kustannukset jakautuisivat useiden vuosien ajalle, jäisi tarvittava vuotuinen veron korotus suhteellisen pieneksi. Niinpä kariutuneiden kustannusten korvaamisella, olivatpa ne ilmastostrategian tai uusimman laskelman mukaisia, ei olisi kovin suuria vaikutuksia koko kansantalouden tasolla. Uusimpien laskelmien mukaan kansantuote ja yksityinen kulutus laskisivat kuitenkin hieman enemmän kuin ilmastostrategiassa ennakoitiin. Vaikutus olisi suurin, jos korotus koskisi arvonlisäveroja.

## Lähteet

Forsström, Juha ja Honkatukia, Juha (2002): EV-malli: Taloudellis-tekninen tasapainomalli Suomelle. ETLA C 78.

Kasvihuonekaasujen vähentämistarpeet ja –mahdollisuudet Suomessa. Kansallisen ilmastostrategian taustaraportti. KTM julkaisuja 4/2001.

Kansallinen ilmastostrategia. KTM julkaisuja 2/2001.

# ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS (ETLA)

THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY

LÖNNROTINKATU 4 B, FIN-00120 HELSINKI

---

Puh./Tel. (09) 609 900

Telefax (09) 601753

Int. 358-9-609 900

Int. 358-9-601 753

<http://www.etla.fi>

## KESKUSTELUAIHEITA - DISCUSSION PAPERS ISSN 0781-6847

- No 767 REIJO MANKINEN – JYRKI ALI-YRKKÖ – PEKKA YLÄ-ANTTILA, Palveluiden vienti ja kansainvälistyminen. 25.09.2001. 42 s.
- No 768 ARI HYYTINEN – OTTO TOIVANEN, Asymmetric Information and the Market Structure of the Venture Capital Industry. 03.10.2001. 13 p.
- No 769 MINNA SEPPÄLÄ, Vihreä veroreformi: Laskelmia Suomen aineistolla. 05.10.2001. 28 s.
- No 770 PEKKA MANNONEN, Advancing Information Technology and Financial Intermediation. 10.10.2001. 20 p.
- No 771 MIKA WIDGRÉN – STEFAN NAPEL, The Power of a Spatially Inferior Player. 23.10.2001. 20 p.
- No 772 TEEMU HAUKIOJA – JARMO HAHN, The Emergence of the New Economy, and its Challenge to Financial Intermediation and Banking: A Survey. 01.11.2001. 30 p.
- No 773 MIKKO MÄKINEN – MIKA PAJARINEN – PEKKA YLÄ-ANTTILA, Hyvinvointiklusterin vientimenestys ja merkitys kansantaloudessa 1990-luvun jälkipuoliskolla. 06.11.2001. 31 s.
- No 774 ARI HYYTINEN – MIKA PAJARINEN, Financial Systems and Venture Capital in Nordic Countries: A Comparative Study. 14.11.2001. 57 p.
- No 775 ARI HYYTINEN – IIKKA KUOSA – TUOMAS TAKALO, Law or Finance: Evidence from Finland. 19.11.2001. 54 p.
- No 776 ARI HYYTINEN – TUOMAS TAKALO, Preventing Systemic Crises through Bank Transparency. 20.11.2001. 17 p.
- No 777 RITA ASPLUND, Koulutus, palkkaerot ja syrjäytyminen. 22.11.2001. 20 s.
- No 778 STEFAN LEE, Financial Analysts' Perception on Intangibles – An Interview Survey in Finland. 26.11.2001. 44 p.
- No 779 JYRKI ALI-YRKKÖ – PEKKA YLÄ-ANTTILA, Globalisation of Business in a Small Country – Does Ownership Matter? 10.12.2001. 20 p.
- No 780 PENNA URRILA, Suhdanneindikaattoreiden käyttö talouskehityksen seurannassa. 12.12.2001. 66 s.
- No 781 JYRKI ALI-YRKKÖ – ARI HYYTINEN – JOHANNA LIUKKONEN, Exiting Venture Capital Investments: Lessons from Finland. 17.12.2001. 54 p.
- No 782 JUHA FORSSSTRÖM – JUHA HONKATUKIA – PEKKA SULAMAA, Suomen asema EU:n komission vihreän kirjan hahmottelemassa unionin laajuisessa päästökaupassa. 31.12.2001. 56 s.

- No 783 ARLINDO VILLASCHI, An Analytical Framework for Understanding the Finnish National System of Innovation. 10.01.2002. 24 p.
- No 784 AKI T. KOPONEN, Competition in Local Loan Markets, An Application of Linear City-Model with Price Discrimination. 15.01.2002. 15 p.
- No 785 MATHIAS CALONIUS, Findings about Design and the Economy. 30.01.2002. 46 p.
- No 786 PETRI ROUVINEN, Competitiveness in the New Economy. 01.02.2002. 17 p.
- No 787 PASI HUOVINEN – HANNU PIEKKOLA, Early Retirement and Use of Time by Older Finns. 25.02.2002. 19 p.
- No 788 PANU PELKONEN, Esitutkimus rekrytointiongelmien ja tuotannon yhteyksistä Suomen teollisuudessa 1987-2000. 18.02.2002. 24 s.
- No 789 ERKKI KOSKELA – MARKKU OLLIKAINEN – MIKKO PUHAKKA, Saddles, Indeterminacy and Bifurcations in an Overlapping Generations Economy with a Renewable Resource. 18.02.2002. 30 p.
- No 790 MINNA JUKOMAA – JUSSI KOIVISTO – MARJA TAHVANAINEN, Recruitment of Foreign IT Professionals in Finland. 22.02.2002. 23 p.
- No 791 KARI E.O. ALHO, EU Labour Markets and Immigration Connected to Enlargement. 28.02.2002. 18 p.
- No 792 JYRKI ALI-YRKKÖ, Mergers and Acquisitions – Reasons and Results. 05.03.2002. 32 p.
- No 793 ANTTI KAUKANEN – HANNU PIEKKOLA, Rent Sharing as Part of Incentive Payments and Recruitment. 20.03.2002. 26 p.
- No 794 HANNU PIEKKOLA, Transferability of Human Capital and Job Switches. 20.03.2002. 22 p.
- No 795 MIKA MALIRANTA, From R&D to Productivity Through Micro Level Restructuring. 18.03.2002. 39 p.
- No 796 MIKA MALIRANTA, Factor Income Shares and Micro-Level Restructuring. An analysis of Finnish Manufacturing. 18.03.2002. 23 p.
- No 797 LAURA EHRLICH, The EU Single Market and Customs Policy: Impact on Estonian Foreign Trade. 19.03.2002. 24 p.
- No 798 PETRI BÖCKERMAN, Understanding Regional Productivity in a Nordic Welfare State: Does ICT Matter? 22.03.2002. 20 p.
- No 799 JYRKI ALI-YRKKÖ – RAINE HERMANS, Nokia Suomen innovaatiojärjestelmässä. 11.04.2002. 35 S.
- No 800 JUHA FORSSTRÖM – JUHA HONKATUKIA, Energiaverotuksen kehittämistarpeet Kioton pöytäkirjan toteuttamiseksi. 26.03.2002. 31 s.
- No 801 JUHA FORSSTRÖM – JUHA HONKATUKIA – ANTTI LEHTILÄ, Maakaasun hinnan vaikutukset ilmastopoliitiikan kustannuksiin. 27.03.2002. 26 s.

Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksen julkaisemat "Keskusteluaiheet" ovat raportteja alustavista tutkimustuloksista ja väliraportteja tekeillä olevista tutkimuksista. Tässä sarjassa julkaistuja monisteita on mahdollista ostaa Taloustieto Oy:stä kopiointi- ja toimituskuluja vastaavaan hintaan.

Papers in this series are reports on preliminary research results and on studies in progress. They are sold by Taloustieto Oy for a nominal fee covering copying and postage costs.