

**Keskusteluaiheita - Discussion papers**

No. 513

Pasi Kuoppamäki

**ILMASTONMUUTOS JA**

**SUOMEN MAATALOUS**

**KUOPPAMÄKI, Pasi, Ilmastonmuutos ja Suomen maatalous.** Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 1994. 36 s. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; no. 513).

**TIIVISTELMÄ:** Tutkimuksessa tarkastellaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia Suomen maatalouteen. Tarkasteluajankohdaksi on valittu vuosi 2050. Tutkimuksessa kerrotaan vaikutuksista ensin yleisellä tasolla ja sovelletaan kahta eri menetelmää taloudellisten vaikutusten analysointiin. Ensin ilmastonmuutoksen taloudellisia vaikutuksia maatalouteen tarkastellaan perinteisen kustannus-hyöty -analyysin keinoin. Perustana käytetään luonnontieteellisistä tutkimuksista saatuja arvioita ilmaston muuttumisesta ja kasvien kasvunmuutoksista. Toisena menetelmänä käytetään ricardolaiseen maankorkoajatteluun perustuvaa menetelmää. Menetelmien mukaan Suomen maatalous hyötty ilmastonmuutoksesta 1-3 miljardia markkaa vuodessa. Hyödyn saavat lähinnä tuottajat, mikäli tukiaisia ei lasketa jolloin myös veronmaksajat hyötyvät. Sekä ilmastoskenaariot että vaikutusarviot ovat kuitenkin yhä erittäin epävarmoja.

**AVAINSANAT:** Ilmastonmuutos, maatalous

**KUOPPAMÄKI, Pasi, Climate Change and Finnish Agriculture.** Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 1994. 36 p. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; no. 513).

**ABSTRACT:** The objective of this paper is to study the economic effects of the climate change on Finnish agriculture. The year under focus is 2050. Firstly we survey the impacts on general level and secondly we apply two different methodologies to analyse the economic effects. First we will use traditional cost-benefit analysis to study the economic effects of climate change on agriculture. Natural scientific research results concerning climate and plant growth changes create the basis for the analysis. The second method is based on Ricardian land rent concept. According to these methods Finnish agriculture will benefit 1-3 billions FIM per year from climate change. The benefit is distributed mainly to producers unless subsidies are diminished benefiting also taxpayers. However, it must be emphasized that there are still huge uncertainties concerning both climatic scenarios and the impact estimates.

**KEYWORDS:** Climate change, agriculture

## YHTEENVETO

Tämän tutkimuksen tavoite on selvittää ilmastonmuutoksen vaikutuksia Suomen maatalouteen. Tutkimus on osa projektia, jonka tarkoitus on analysoida ilmastonmuutoksen vaikutuksia Suomen talouteen ja hyvinvointiin seuraavien 50 - 100 vuoden kuluessa. Tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan vuoden 2050 tilannetta, jota voidaan pitää perusvuotena pitkän aikavälin vaikutuksia analysoidessa. Lisäksi parhaat luonnontieteelliset arviot on yleensä tehty kyseiselle vuodelle. Tutkimuksen aineisto saatiin useista eri lähteistä mukaan lukien Suomen ilmakehämuutosten tutkimusohjelma (SILMU). Tämä tutkimusprojekti on myös osa SILMU-ohjelmaa.

Ilmastonmuutoksen vaikutusten analysointi on yhä puutteellista ja olemassa olevat arviot ovat erittäin epävarmoja. Muutamia kokonaisvaltaisia tutkimuksia on tehty koskien Yhdysvaltoja ja koko maailmaa. Näiden lisäksi on tehty analyyskejä muutamille sektoreille kuten maataloudelle. Useimmissa näistä tutkimuksista arvioidaan maailmanlaajuisten haittojen olevan luokkaa 1 - 2 prosenttia BKT:sta. Ensimmäisen suomalaisen tutkimuksen, Kinnunen (1992), mukaan Suomi todennäköisesti hyötyy ilmastonmuutoksesta. Joka tapauksessa maantieteelliset ja sektoreiden väliset erot vaikutusten suuruudessa ja suunnassa tulevat olemaan merkittäviä. Tämä tutkimus pyrkii selvittämään tilannetta Suomen maatalouden osalta ja luomaan perustaa muiden sektoreiden analysoinnille.

Maatalous on yksi Suomen ilmastoherkimmistä toimialoista ja samalla tulevien institutionaalisten muutosten johdosta yksi vaikeimmin analysoitavista. Nykyisten ilmastomallien simuloinnit osoittavat ilmaston lämpenevän Suomessa noin 0,3 °C vuosikymmenessä. Nämä arviot ovat kuitenkin erittäin epävarmoja ja ennusteet sateiden muutoksista ovat vieläkin epävarmempia, vaikkakin näyttää siltä, että talvisateet tulevat lisääntymään. Ilmastonmuutos siirtää viljelykelpoisen alueen rajaa kohti pohjoista samalla kasvattaen satopotentiaalia. Myös kasvukausi pitenee lisäten karjan laidunkautta. Toisaalta erilaisten kasvitautien tuomat riskit lisääntyvät vähentäen hyötyjä. Tutkimuksessa kahta eri menetelmää käytettiin taloudellisten vaikutusten analysointiin ottaen EU-jäsenyyden vaikutukset huomioon. Ensin käytin perinteistä kustannus-hyöty -analyysia vaikutusten arviointiin. Luonnontieteellinen tietämys ilmaston ja kasvien kasvun muutoksista luo perustan analyysille. Toinen menetelmä pohjautuu ricardolaiseen maankorko käsitteeseen.

Näiden menetelmien mukaan Suomen maatalous hyötyy vuodessa 1 - 3 miljardia vuoden 1993 markkaa ilmastonmuutoksesta. Hyöty tulee lähinnä tuottajille ja mahdollisesti veronmaksajille alentuneiden tukiaisten kautta.

Ilmastonmuutoksen erittäin vahingollisetkin seuraukset ovat mahdollisia. Ne saattavat merkitä huomattavaa nousua maataloustuotteiden maailmanmarkkinahinnoissa ja vakavia nälänhätiiä. Tämä merkitsisi korkeampia elintarvikkeiden hintoja, mutta tällöinkin Suomen maatalous parantaa kannattavuuttaan, lieventäen muutoksen negatiivisia vaikutuksia Suomelle. Skenaariossa jossa Suomi vuonna 2050 olisi suljettu talous ja riippuvainen omasta varsin laajamittaisesta maataloudestaan, olisivat potentiaaliset hyödyt edellä esitettyä suurempia. Vaikka siis ilmastonmuutoksen vaikutukset maatalouteen olisivat maailmalla vahingollisia, niin tilanne Suomessa vaikuttaa paremmalta.

## SUMMARY

The objective of this paper is to study the economic effects of the climate change on Finnish agriculture. The purpose of the underlying project is to evaluate the effects of climate change on the Finnish economy and welfare during the next 50 to 100 years. This paper focuses to year 2050 which may be considered as a benchmark for long term effects. Furthermore, the best natural scientific evidence is for that year. The data for this study was gathered from various sources including the progress reports of the Finnish Research Programme on Climate Change (SILMU). This project is also part of the SILMU-programme.

The current state of the greenhouse warming impact assessment is still weak and existing estimates are full of uncertainty. There exist some comprehensive studies concentrating mainly on the US conditions and a few studies attempt to estimate the damage for the whole world. Furthermore, there are some studies for some specific sectors like agriculture. Most on these studies have concluded that the negative impact on the economy will be of the magnitude of 1-2 per cent of GDP. The pioneering Finnish study, Kinnunen (1992), estimated that Finland will probably gain from the global warming. In any case there will be large geographical and interindustry variations on the level and sign of the impact. This study attempts to clarify the Finnish situation in regard to agriculture and facilitate other sectoral analyses.

Agriculture is one of the most climate sensitive sectors of the Finnish economy and one of the most difficult to analyse because of coming changes in the institutional setup. Current climate model simulations show warming in Finland with a rate of approximately 0.3 °C per decade. These estimates are full of uncertainty and changes in rainfall are even more uncertain although it is likely that winter rains will increase. Climate change will shift the boundary of arable land northwards and increase the crop potential. Also the growing period is lengthened increasing the time cattle can be kept and fed outdoors. However, the risk of pests is increased reducing the benefits. We applied two different methodologies to analyse the economic effects taking the effects of EU-membership into account. First we used traditional cost-benefit analysis to study the economic effects of climate change on agriculture. Natural scientific research results concerning climate and plant growth changes create the basis for the analysis. The second method was based on ricardian land rent

concept. According to these methods Finnish agriculture will benefit 1-3 billions 1993 FIM per year from climate change. The benefit is distributed mainly to producers and possibly to taxpayers through diminished subsidies.

However, there is a non-zero probability of extreme effects of climate change. These may imply significant increases in world agricultural product prices and serious famines. These mean higher food prices but even under these conditions Finnish agriculture will probably improve its profitability alleviating the effects of the damage on Finland. On the other hand, under non-integration scenario where Finland would somehow be closed economy and highly reliant on its own agriculture the potential benefits might be even greater. Thus, even if the climate change on the world scale is harmful for agriculture that condition does not seem to hold in Finland.

## Sisällysluettelo

1 Johdanto	1
2 Ilmastonmuutosskenaariot ja tutkimuksen rajaus	4
3 Ilmastonmuutos ja maataloustuotanto	5
4 Tuotantofunktiolaskelmat	9
4.1 Estimaatti ilmastonmuutoksen hyvinvointivaikutuksista maataloudessa	13
5 Maataloustuotannon arvon ja maan hinnan välinen yhteys	15
5.1 Johdanto	
5.2 Malli maan hinnan, ilmaston ja maatalouden arvon yhteydestä	17
5.3 Keskustelua ja estimoitava malli	19
5.4 Empiirinen testaus	21
5.5 Estimaatti ilmastonmuutoksen vaikutuksista maatalouteen	27
5.6 Vaikutukset yritystoiminnan tasolla	28
6 Vaihtoehtoiset skenaariot ja dynamiikka	28
7 Johtopäätelmät	30
Lähdeluettelo	32
Liitteet	34





## ILMASTONMUUTOS JA SUOMEN MAATALOUS

[Climate Change and Finnish Agriculture]

Pasi Kuoppamäki\*

Elinkeinoelämän tutkimuslaitos ETLA

Lönnrotinkatu 4 B, 00120 HELSINKI

Puhelin: +358 0 609900

Telefax: +358 0 601 753

E-mail: pkm@etla.fi

*" But it is different with that which is above the surface. Every acre has given to it by nature an annual income of heat and light, of air and moisture; and over these man has but little control. He may indeed alter the climate a little by extensive drainage works or by planting forests, or cutting them down. But, on the whole, the action of the sun and the wind and the rain are an annuity fixed by nature for each plot of land. Ownership of land gives possession of this annuity: and it also gives the space required for the life and action of vegetables and animals; the value of this space being much affected by its geographical position."*

*- Alfred Marshall (1890): Principles of Economics, eight edition printed 1974*

### 1 Johdanto

Tämä tutkimus on osa laajempaa valmisteilla olevaa työtä ilmastonmuutoksen kokonaistaloudellisista vaikutuksista Suomessa. Tutkimus on osa Suomen Akatemian koordinoimaa ja rahoittamaa Suomen ilmakaasumuutosten tutkimusohjelmaa (SILMU). Työssä sovelletaan väljästi kustannushyötyanalyysin (KHA) metodologiaa käyttämällä hyväksi olemassaolevaa luonnontieteellistä ja taloustieteellistä tietämystä. Metodologiaa ja tutkittavan ilmiön laajempia yhteyksiä ei esitellä tässä kovin laajasti, vaan ne julkaistaan myöhemmin ilmestyvässä loppuraportissa. Myös tämän paperin tuloksia pyritään tarkentamaan loppuraportissa uuden tiedon ja kommenttien pohjalta.

Ihmisen toiminnan aiheuttamat kasvihuonekaasujen päästöt ovat johtamassa merkittäviin suhteellisiin muutoksiin ilmakehän koostumuksessa ja siten ilmaston ja eliökunnan käyttäytymisessä<sup>1</sup>. Ihmisen toiminnan tuottamista kasvihuonekaasuista tärkeimpiä ovat hiilidioksidi CO<sub>2</sub>, metaani CH<sub>4</sub>, typen oksidit ja klooratut hiilivedyt eli CFC-kaasut ja niiden korvikkeet HCFC-kaasut. Kaasuilla on useita seuraamuksia joista tärkeimpiä ovat sekä ilmakehän lämpeneminen ja sen aiheuttamat merenpinnan nousu, merivirtojen, sademäärien ja tuulten muutokset että lisääntyneen hiilidioksidipitoisuuden mukanaan tuoma voimistunut

---

<sup>1</sup> Katso Kanninen (toim. 1992) laaja yleisesitys ilmastonmuutoksesta

\* Kiitän Kari Alhoa (ETLA) ja Lauri Kettusta (MTTL) hyödyllisistä kommentteista. Toivon saavani tästä versiosta lisäpalautetta.

yhteyttäminen ja sen kasvifysiologiset seuraamukset. CFC-yhdisteiden ja johdannaisten aiheuttama otsonikato on tavallaan ilmastonmuutokselle rinnakkainen ilmiö. Muuttuva ilmasto puolestaan tarkoittaa muutoksia eliökunnassa ja ihmisten elinympäristössä. Muutokset eri puolilla maapalloa voivat olla hyvinkin erilaisia, ainoastaan kaasujen konsentraatio ilmakehässä on samanlainen kaikkialla. Ilmastonmuutoksilla katsotaan globaalisti olevan varsin vahingollisia seuraamuksia ja sen takia sen seurausten tarkempi tutkiminen on yksi tämän hetken tärkeimmistä haasteista. Ainoastaan tuntemalla ilmiö kunnolla voidaan siihen sopeutua tarvittavasti ja oikealla tavalla rajoittaa kasvihuonekaasujen päästöjä joihin jo Rion (1992) ilmastopöytäkirjalla pyritään.

Tutkimuksen tämä osa keskittyy puhtaasti ilmastonmuutoksen vaikutuksiin Suomen maatalouteen<sup>2</sup>. Kinnunen (1992) on tehnyt jo yhden tutkimuksen taloudellisista vaikutuksista Suomessa ja tämä työ pyrkii tarkentamaan ja päivittämään siinä saatuja tuloksia. Useissa tutkimuksissa ja selvityksissä<sup>3</sup> on tähän mennessä todettu, että Suomi todennäköisesti saattaa jopa hyötyä ilmastonmuutoksesta tai ei ainakaan kärsi siitä merkittävästi. Maailmanlaajuisten haittavaikutusten on yleensä arvioitu olevan luokkaa 1-2% BKT:sta.

Metsäsektorin ohella toinen suomalaisittain merkittävä ilmastonmuutokselle herkkä sektori on maatalous ja siten koko elintarviketeollisuus. Maatalous toimii Suomessa ilmastollisesti mahdollisuuksien ääri rajoilla eikä kaikkein pohjoisinta osaa maasta edes pystytä viljelemään. Näin ollen on varsin selvää, että ilmastonmuutos suuntaan tai toiseen voi aiheuttaa suuria vaihteluita sadoissa ja mahdollisuuksissa viljellä eri lajikkeita. Suomen historiassa on ollut monia nälänhätiiä johtuen ilmastollisista tekijöistä. Vaikka riippuvuus maataloudesta ja sään vaikutuksista siihen onkin teollisuusmaissa vähentynyt kaupankäynnin ja viljelymenetelmien kehittymisen myötä, etenkin monissa kehitysmaissa riippuvuus ilmastosta on edelleen merkittävä ja jo yksi kato saattaa aiheuttaa nälänhädän. Näin ollen maataloussektori on maasta riippumatta yksi tärkeimmistä aloista, joihin ilmastonmuutos vaikuttaa.

Maataloutta analysoitaessa on tärkeää ottaa huomioon erilaiset sopeutumismahdollisuudet. Sopeutumisella tarkoitetaan tässä lähinnä nykyisin käytössä olevien lajikkeiden ja maankäytön mahdollisuuksien sovittamista uuteen ympäristöön. Ilmaston muuttuessa eivät nykyiset lajikkeet siis ole välttämättä optimaalisia vaan ne täytyy vaihtaa uuden ilmaston vallitessa parhaan tuoton tarjoaviin kasveihin. Luonnollisesti myös tuotantomäärät sopeutuvat vastaamaan uutta markkinatilannetta. Mikäli käytetään ns. 'tyhjän maanviljelijän' (*dump farmer*) oletusta ottamatta huomioon uusien lajikkeiden jne. tarjoamia mahdollisuuksia voi lopputulema olla aivan toisennäköinen kuin jos kaikki sopeutumisen mahdollisuudet

<sup>2</sup> Katso Kuoppamäki (1994), lyhyt kirjallisuuskatsaus ja kuvaus projektista.

<sup>3</sup> Esimerkiksi Kinnunen (1992), IPCC (1990), CO<sub>2</sub> toimikunnan mietintö (1994)

käytetään hyväksi. Tuotantofunktioon pohjautuvien laskelmien riskinä onkin se, että ne eivät pysty huomioimaan kaikkia sopeutumismahdollisuuksia ja saattavat siten yliarvioida haitat tai aliarvioida hyödyt<sup>4</sup>. Vaihtoehtoinen, vaikkakaan ei ongelmaton, lähestymistapakin on olemassa mutta palaamme siihen myöhemmin ja käsittelemme ensin ilmastonmuutoksen vaikutusta maatalouteen ja elintarviketeollisuuteen yleisemmällä tasolla. Elintarvikesektoria käsitellään mukana, koska se käyttää panoksinaan maatalouden tuotteita ja maataloudessa tapahtuvilla muutoksilla voi olla seurannaisvaikutuksia. Nykyinen varsin suljettu kilpailutilanne vaatii myös yritysten välisten kytkentöjen ja Euroopan yhdentymiskehityksen vaikutusten huomioon ottamista tai muutoin hyvinvointilaskelmat saattavat vääristyä merkittävästi. EU:ssa elintarviketeollisuus pystyy toisaalta hankkimaan raaka-aineensa vapaasti, jolloin ilmastonmuutoksen vaikutuksen elintarvikkeiden loppukulutukseen tulevat ainoastaan globaalien vaikutusten kautta. Ilmastonmuutoksen kotimaiset vaikutukset kohdistuvat siis lähinnä alkutuotantoon ja tuottajiin. Tosin seurausvaikutukset voivat vuotaa muualle talouteen ja valtion budjettiin.

Maatalous myös vaikuttaa ilmastonmuutokseen aiheuttamalla kasvihuonekaasujen päästöjä. Boström et al. (1992) ovat keränneet aineistoa päästöistä ja heidän mukaansa maatalouden metaanipäästöt olivat vuosina 1987-89 keskimäärin n. 180 Gg. Suurimmat lähteet olivat karjatalous sekä viljelyn maaperän päästöt. Maataloudesta aiheutui vuonna 1991 lähinnä lannoituksen takia myös arviolta 15 Gg:n N<sub>2</sub> O päästöt. Viljelykasvit sitovat toisaalta kasvaessaan hiilidioksidia joka kuitenkin suurelta osin kiertää käytön mukana takaisin ilmakehään.

Suomi on maailman pohjoisin laajamittaista maataloutta harjoittava maa sijaitessaan 60:n ja 70:n leveysasteen välillä. Vaikka maataloutta voidaankin harjoittaa Golf-virran tuoman lisälämmön ansiosta, ovat olosuhteet viljelylle maassa epäedulliset ja erityisesti Pohjois-Suomi on puhtaassa taloudellisessa mielessä lähes viljelykelvotonta. Kasvukauden tehoisa lämpösumma on Etelä-Suomessa noin 1300<sup>0</sup>C mutta Lapissa vain noin 700<sup>0</sup>C. Sääolojen huomattava vaihtelu on myös tyypillistä Suomelle<sup>5</sup>. Myös maaperä on yleisesti ottaen köyhä. Viljelykasvien tuotto on kaikilla lajeilla huonompi kuin esimerkiksi Keski-Euroopassa.

Historiallisen kehityksen tuloksena maatalousmaa on lähes kokonaisuudessaan yksityisten viljelijöiden omistuksessa. Tilakoko on hyvin pieni eli keskimäärin noin 13 hehtaaria peltoa. Kokonaispeltoala kasvoi 1960-luvun loppuun asti mutta on sen jälkeen hieman supistunut ja vakiintunut noin 2,5 miljoonaan hehtaariin. Pienestä tilakoosta johtuen maataloudessa on

<sup>4</sup> Mendelsohn et al. (1993). Mikäli laskelmissa käytetään vanhoja lajikkeita niin haitat voivat vaikuttaa suuremmilta kuin jos ne vaihdettaisiin parhaan tuoton tarjoaviin lajeihin.

<sup>5</sup> Kettunen (1992) kappale 2

runsaasti käyttämättömiä skaalaetuja<sup>6</sup>. Johtuen luonnonoloista ja rakenneongelmista Suomen maatalouden tuottavuus on nykyisin alle puolet EU:n tehokkaimpien maiden tasosta. Maatalouden huono tuottavuus ja kilpailukyky on toisaalta pyritty kompensoimaan viljelijöille runsain tukitoimin. Tämä on osaltaan johtanut siihen, että Suomessa on useiden maataloustuotteiden osalta ylituotantoa.

EU jäsenyys merkitsee muutoksia maataloudessa kuten monilla muillakin aloilla, maatalous on kuitenkin heikon kilpailukykyensä johdosta yksi suurimpien muutosten eteen joutuvista aloista. Monissa tutkimuksissa (mm. Alho et al. 1994, Kettunen 1994) on todettu jäsenyyden merkitsevän maatalouden supistumista jossain määrin melko suurista tukiaisista huolimatta (CAP ja kotimaiset tukitoimet). Pitkällä aikavälillä maataloustuotannon muutokset eivät kuitenkaan ole yhtä selviä. Suomen maataloustuotanto vaikuttaa nykyisten trendien valossa kuitenkin olevan supistuva ala joka ei itsessään tuo paljoa hyvinvointia korkeiden tuotantokustannusten takia. Pienen avoimen kansantalouden ei ole järkevää eikä mahdollista pyrkiä omavaraisuuteen kaikilla aloilla. Maatalous kuitenkin auttaa pitämään maaseudun asuttuna ja tukee kansantalouden huoltovarmuutta.

Yhteismarkkinoilla maatalous joutuu siis sopeutumaan alhaisempiin hintoihin, mikä merkitsee uusia tukitoimia ja todennäköisesti tuotannon jonkinasteista supistumista. Pitkällä aikavälillä tilanne ei kuitenkaan ole yhtä selvä johtuen monista sosioekonomisista ja ympäristöllisistä tekijöistä kuten väestönkasvu ja saastuminen. Tässä tarkastelussa oletetaan kuitenkin varsin vakaa ympäristö ilman merkittäviä ulkoisia tai sisäisiä kriisejä. Maatalouden tuotannon tason odotetaan tässä tutkimuksessa vuonna 2050 olevan lähes samalla tasolla kuin nykyisin mutta alhaisemmalla hintatasolla joka kuvastaa EU-hintatasoa. Tulevaisuus on täynnä epävarmuustekijöitä joiden huomointi on vaikeaa tai ei ole mahdollista.

## 2 Ilmastonmuutosskenaariot ja tutkimuksen rajaus

Tässä osassa kuvaan lyhyesti ilmastonmuutosskenaarioita joiden pohjalle analyysi tulee rakentumaan. Kansainvälisiä ennusteita ovat laatineet useat eri tahot joista tunnetuin on kenties kansainvälinen ilmastopaneli IPCC. Sekä kansainväliset että Suomea koskevat ennusteet pohjautuvat yleensä globaaleihin kiertoliikemalleihin (GCM) joiden taustalla on tietyt oletukset ilmaston, vesistöjen, biosfäärin ja ihmisten käyttäytymisestä<sup>7</sup>. Ennusteet ovat pohjautuneet lähinnä "business as usual" oletukseen eli että mitään voimakkaita kasvihuonekaasujen päästöjen rajoituksia ei saada aikaan. Nykyinen "paras arvaus"<sup>8</sup> sekä

<sup>6</sup> Alho et al. (1994), kpl. 8

<sup>7</sup> Katso useita eri artikkeleita SILMU raporteissa 1 ja 2

<sup>8</sup> Arvioita kutsutaan tyypillisesti parhaiksi arvauksiksi eikä ennusteiksi niiden sisältämän epävarmuuden takia. Paras arvaus on lähinnä mediaani eikä keskiarvo.

maailman että Suomen osalta on 0,3 °C: lämpeneminen vuosikymmenessä. Lämpenemisen odotetaan olevan talvella suurempaa kuin kesällä. Aikaisempi ennuste vuodelta 1992 oli 0,4 °C vuosikymmenessä ja useimmat tähän astiset luonnontieteelliset laskelmat ovat pohjautuneet tähän arvioon. Arvio voi vielä lähitulevaisuudessa muuttua hieman suuntaan tai toiseen. Tämä merkitsee sitä, että myös nyt käsillä olevassa tutkimuksessa käytetään vanhaa arviota uuden tiedon puuttuessa. Virhe ei ole kovin suuri etenkin kun otetaan huomioon ne valtavat epävarmuudet jotka sisältyvät näihin arvoihin. Sateiden ja tuulten muutosten arviointi on vielä paljon hankalampaa, mutta talvisateiden on arvioitu lisääntyvän kesäsateiden pysyessä lähes ennallaan. Alueelliset erot muutoksen voimakkuudessa tulevat olemaan melko suuria erityisesti globaalissa mittakaavassa.

Ilmastonmuutokseen liittyy myös merenpinnan nousu jäätiköiden sulamisen ja vesimassan lämpölaajenemisen seurauksena. Vielä muutamia vuosia sitten pelättiin merenpinnan nousevan nopeasti useita metrejä peittäen alleen tiheästi asuttuja alueita ja peltoja rannikoilla. Vaikka näitä arvioita on alennettu useista syistä<sup>9</sup>, tulee merenpinta ilmaston lämmitessä nousemaan myös Suomen lähivesialueilla. Nousu jäänee kuitenkin varsin pieneksi, Kannisen (toim. 1992) mukaan merenpinnan nousu Suomen rannikoilla seuraavien sadan vuoden aikana on todennäköisesti n. 20 cm. Kun maan pinta samaan aikaan kohoaa Pohjanlahden rannikolla edellisen jääkauden jäljiltä, ei merenpinnan nousu muodosta suurta uhkaa ainakaan Suomen maataloudelle.

Tämä tutkimus pyrkii selvittämään mitä vaikutuksia ilmastonmuutoksella on Suomen maatalouteen vuoteen 2050 mennessä. Vuoden 2050 voi katsoa edustavan "keskipitkänmatkan" tilannetta ilmastonmuutoksessa ja siten arvio sen vuoden vaikutuksista on karkea keskimääräinen arvio ilmastonmuutoksen vuosittaisista vaikutuksista. Keskittymällä vuosittaiseen arvioon vältämme myös diskonntokoron valinnan ongelman. Jatkossa on tarkoitus pyrkiä myös selvittämään vaikutuksen aikaura paremmin, jotta päästäisiin tarkempiin tuloksiin. Tutkimus keskittyy puhtaasti maatalouteen joten ilmastonmuutoksen muut vaikutukset jäävät ulkopuolelle. Vuonna 2050 Suomen oletetaan olevan Euroopan Unionin jäsen ja elinkeinorakenteen olevan likimain nykyisen kaltainen.

### **3 Ilmastonmuutos ja maataloustuotanto**

Kasvihuoneilmion voimistumisen seuraukset näkyvät paitsi kasvien kasvussa ja lajikemäärässä myös karjankasvatuksessa joka hyötyy mm. pidentyneen kasvukauden mukanaan tuomasta pidentyneestä laidunkaudesta. Kerrannaisvaikutukset saattavat siis olla moninaisia ja niiden ennakoiminen on varsin hankalaa. Selvää on joka tapauksessa, että

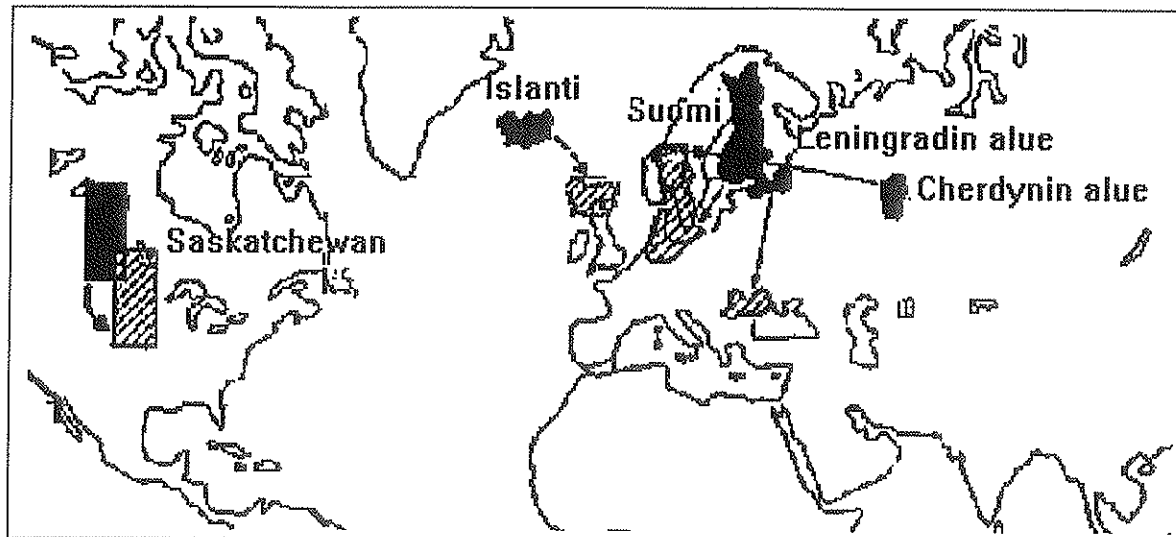
---

<sup>9</sup> Nacicenovic et al. (eds. 1994)

alueelliset erot tulevat olemaan suuria; toisten alueiden hyötyessä lämpimämmästä ilmastosta saattavat toiset alueet kärsiä merkittävästi. Esimerkiksi merenpinnan kohoaminen saattaa eräillä alueilla peittää alleen merkittäviä määriä hedelmällistä maata (esimerkiksi Egyptissä). Suomessa kuitenkin todennäköisesti hyödytään ilmastonmuutoksesta jollain tavalla. Tuottajien ja teollisuuden tulot voivat kasvaa paremman tuoton ja johdosta; hinnat voivat laskea mikäli markkinat ovat suljetut kun tarjonta lisääntyy; maataloustukiaiset voivat laskea maatalouden kannattavuuden parantuessa mikä pienentää valtion budjettia ja verotaakkaa.

Nykyisin arvioidaan, että eteläisen Suomen ilmasto tulisi erityisesti kasvukauden pituudella mitattuna tulevaisuudessa vastaamaan likimain nykyistä Tanskan tai Pohjois-Saksan ilmastoa<sup>10</sup>, eli ilmastollisesti Etelä-Suomi siirtyisi Tanskan alueelle hiilidioksidipitoisuuden kaksinkertaistuessa. Tämän tyyppiset analogiat eivät kuitenkaan kerro koko totuutta ilmaston muutoksen laadusta, vaan ne helpottavat tilanteen hahmottamista. Eihän ilmastonmuutoksen seurauksia koko laajuudessaan edes vielä tunneta tarkasti. Seuraavassa kuviossa 1 on esitetty paitsi Suomen ilmastollinen siirtyminen myös muutamien muiden alueiden kuten Leningradin alueen ilmastoanalogioita.

Kuvio 1: Ilmastoanalogiat (Parry & Carter teoksessa Parry et al. toim. 1988)



Myös maataloustuotteiden kansainvälisen kaupan rakenne saattaa muuttua radikaalisti nykyisellään varsin viljavien alueiden kärsiessä ilmastonmuutoksesta ja toisaalta eräiden erityisesti pohjoisten alueiden hyötyessä<sup>11</sup>. Maataloustuotteiden kauppa toisaalta lievittää ilmastonmuutoksen aiheuttamia ongelmia. Mikäli maataloustuotteiden kysyntä kasvaa väestönkasvun seurauksena viljelyedellytysten edelleen heiketessä, saattaa elintarvikkeiden hinta kuitenkin nousta kaikkialla mikä myös saattaa edesauttaa Suomen maatalouden

<sup>10</sup> Katso esim. Kanninen (toim., 1992), s. 60

<sup>11</sup> Katso esim. IPCC raportit, esim. hedelmällinen Niilin laakso saattaa vaurioitua.

kannattavuuden paranemista, hintojen nousu tosin on kuluttajilta pois. Suomen maataloudella saattaa tällaisessa tilanteessa olla pitkällä tähtäimellä sittenkin tulevaisuus kannattavana toimialana, vaikka mitään vilja-aittaa Suomesta tuskin tulee tai kannattaa rakentaa. Toisaalta myös IPCC (1990) toteaa vaikutuksia tarkastelevassa raportissaan, että Pohjois-Eurooppa on alue jonka maatalous tulee kaikkein eniten hyötymään ilmastonmuutoksesta.

Miten eri viljelykasvien tuotantoedellytysten sitten odotetaan Suomessa muuttuvan? Ilmastonmuutoksen vaikutus kasvifysiologiaan tulee monta kautta; odotettu lämpötilan nousu parantaa kasvua, CO<sub>2</sub> pitoisuuden nousu parantaa yhteyttämisen kautta erityisesti Suomessa nykyisin viljeltävien ns. C<sub>3</sub> kasvien (suurin osa viileän vyöhykkeen puista ja viljalajeista) kasvua ja vedenkäytön tehokkuutta mutta toisaalta suotuisampi ilmasto lisää myös rikkakasvien ja kasvisairauksien määrää. Mela et al. (1994) ovat SILMU:n väliraportissa raportoineet muutamia kokeellisia tuloksia kevätvehnän ja nurminadan tiettyjen lajikkeiden kenttäkokeista. Molemmat osoittavat kasvavia satoja ilmaston muuttuessa odotettuun suuntaan vaikkakin tulokset ovat vielä epävarmoja. Seuraavasta taulukosta 1 näemme, että erityisesti kasvutiheys on vaihdellut kokeissa vuodesta toiseen erittäin voimakkaasti. Ennustaminen näiden lukujen pohjalta on varsin epävarmaa.

Taulukko 1: Koetuloksia

Mittaukset Mela et al. (1994), s. 234-235	Entinen lämpötila		Kohonnut lämpötila +3°C	
	Sama CO <sub>2</sub> pitoisuus	700 ppm	Sama CO <sub>2</sub> pitoisuus	700 ppm
<b>Kevätvehnä [Polkka] (1992/1993)</b>				
Jyvätuotto per kasvi	100/100	88/95	76/70	103/110
Kasvutiheys	100/100	133/111	100/129	79/127
Jyvätuotto per neliometri	100/100	123/101	77/88	86/138
<b>Nurminata [Kalevi] 1993</b>				
Kuivamassan tuotto	100	116	118	128

Samat tutkijat ovat rakentaneet myös kevätvehnän kasvumallin (CERES-Wheat) jonka alustavat tulokset osoittavat 4%:n kasvunlisäystä odotetun ilmastonmuutoksen myötä. Todennäköisesti maan tuottavuus tulee siis paranemaan jo nykyisillä lajikkeilla. Osittain pieneltä näyttävä parannus johtuu mm. siitä, että muutoin samanlaisissa olosuhteissa kasvit kasvavat ilmastonmuutoksen jälkeen nopeammin täyteen mittaansa jolloin niiden koko eli tuotto per kasvi jää pienemmäksi. Näille luvuille puhtaasti pohjautuva laskelma olisi kuitenkin "dump farmer" hypoteesin mukainen, mikä ei ole hyvä vaihtoehto etenkin pidemmällä aikavälillä. Parempi neoklassisen mallin oletus on, että maanviljelyssä sopeudutaan ottamalla käyttöön uusia lajikkeita jotka sopivat paremmin muuttuneisiin olosuhteisiin sekä muutetaan viljeltävää aluetta. Vaikka maataloudessa ei käyttäydyttäisikään

puhtaasti voiton maksimoinnin mukaisesti, tullaan varmasti ainakin suuri osa sopeutumisen mahdollisuuksista hyödyntämään. Lisäksi ilmastonmuutos ei vaikuta Suomen maatalouden tuotantoon ja lajivalikoimaan pelkästään suoraan, vaan myös kansainvälisten markkinoiden kautta.

Ohralle on tehty myös kasvumalli (Pehu 1992) jonka tuloksia jo Kinnunen käytti hyväkseen. Näistä PotCropF mallin tuloksista käy paremmin ilmi lajikevaihtoon sisältyvä potentiaali vaikka tämäkään malli ei pysty esittämään taloudellisesti optimaalista maankäyttöä. Kyseisen tutkimuksen tulokset olivat seuraavan taulukon 2 mukaiset. Taulukon luvut ovat indeksejä ohran tuotantomääristä eri olosuhteissa.

Taulukko 2: Ohran kasvumallin tuloksia

Lajivaihtoehdot	CO <sub>2</sub> pitoisuus (ppm)	Lämpötilan muutos (°C) suhteessa peruslämpötilaan		
		0	2,4	4,4
Sama lajike kuin ennen muutosta	350	1,00	0,85	0,71
	540	1,34	1,15	0,98
	820	1,65	1,43	1,22
Muuttuneeseen ilmastoon paremmin sopiva lajivalikoima	350	1,00	1,08	1,08
	540	1,34	1,44	1,44
	820	1,65	1,76	1,76

Ohran kasvupotentiaali vaikuttaa siis paremmalta kuin kevätvehnän tai nurminadan (taulukossa lihavoitu) kasvukerroin. Tuotannon suuntaamiseen vaikuttaa kuitenkin myös hintakehitys joka ei välttämättä suosi eniten muutoksesta hyötyvää viljalajia.

Kokeet eräillä mansikkalajikkeilla ja mustaherukalla osoittavat, että myös niiden satopotentiaali kasvaa ilmaston muuttuessa odotettuun suuntaan<sup>12</sup>. Tuotto kasvaa tietyillä lajikkeilla lähes 100%. Toisaalta myös erilaiset taudit lisääntyvät ja niiden torjuntaan täytyy kiinnittää entistä enemmän huomiota. Mela et al. (1994) alustavat kokeelliset tutkimustulokset osoittavat tautien lisääntyvän, mutta tarkkaa tietoa ongelman vakavuudesta koko maatalouden tasolla ei vielä ole. Mikäli Suomen ilmasto muuttuu Tanskan tasolle, voidaan kuitenkin ajatella ongelmien pysyvän varsin rajallisina vaikkakin lisäkustannuksia syntyy.

<sup>12</sup> Mela et al. (1994) s. 238-239



#### 4 Tuotantofunktiolaskelmat

Laskelmat ilmastonmuutoksen vaikutuksista maatalouselinkeinon voidaan rakentaa luonnontieteellisten vaikutusarvioiden pohjalle. Maataloussektorin perusteellinen mallintaminen pitkän aikavälin vaikutuslaskelmien perustaksi on kuitenkin liian suuri ja epävarma hanke, jotta sellaista kannattaisi puhtaasta käytännöllisen empiirisen tutkimuksen näkökulmasta tässä vaiheessa rakentaa. Vaikutusarviot tulevatkin siten pohjautumaan yksikertaistaville oletuksille taloudellisten agenttien käyttäytymisestä ja taloudellista trendeistä. Tutkimuksen perusta on sekä pragmaattisessa KHA:ssa että teoreettisessa ympäristö- ja hyvinvoinnintaloustieteessä.

Mitä Suomessa sitten viljellään? Seuraava taulukko 3 osoittaa, että eri viljalajikkeet dominoivat tuotantoa, mutta myös perunalla, sokerijuurikkaalla ja öljykasveilla on merkittävä osuus etenkin tuotannon arvosta (26,8%) ja että huomattava osuus pellostä on joko kesannolla, nurmikasvien viljelyssä tai käyttämättä. Sadot ovat olleet keskimäärin puolet Keski-Euroopan sadoista<sup>13</sup>. Puhtaasti käytettävissä olevien viljalajikkeiden kasvun paranemiseen perustuvat laskelmat eivät siis välttämättä pysty antamaan kovin hyvää kuvaa tilanteesta. Toisaalta käyttämättömän peltoalan hyödyntäminen voisi merkittävästi lisätä tuotantoa melko pienin kustannuksin ja investoinnein.

Taulukko 3:

Viljelykasvit	1992		1993		Kokonaistuotto 1992 hinnoin milj. FIM
	1000 Ha	% alasta	1000 Ha.	% alasta	
Syysvehnä	12.3	0.54	18.1	0.79	938.4
Kevätvehnä	75.6	3.31	80.9	3.55	
Ruis	10.6	0.46	22.7	1	121.5
Ohra	473.4	20.7	458.9	20.15	1,730.6
Kaura	335.1	14.66	332.3	14.59	865.5
Herne	16.3	0.71	12.7	0.56	32.7
Peruna	34.9	1.53	36.4	1.6	568
Sokerijuurikas	32.4	1.42	32.9	1.44	475.3
Nurmikasvit	661.2	28.92	686.6	30.14	43.3 <sup>1</sup>
Öljykasvit	72.5	3.17	69.4	3.05	326.3
Muut kasvit	33.7	1.47	33.1	1.45	
<b>Viljelykasvit yht.</b>	<b>1,758</b>	<b>76.89</b>	<b>1,784</b>	<b>78.32</b>	<b>5,101.6</b>

<sup>13</sup> Kanninen (toim. 1992)

Kesanto	528.5	23.11	493.7	21.68
<b>Peltoa viljelyksessä</b>	<b>2,286.5</b>	<b>100</b>	<b>2,277.7</b>	<b>100</b>
Viljelemätöntä	226.5		225.8	
<b>Peltoa yht.</b>	<b>2,513</b>		<b>2,503.5</b>	
Maatilatilastollinen vuosikirja 1992/93 ja Lauri Kettunen (1994): Suomen maatalous 1993, s. 54				

<sup>1</sup> Tässä mukana ainoastaan nurmikasvien siemenet

Viljelyn lisäksi Suomessa harjoitetaan moninaista puutarhakasvien kasvatusta (kokonaistuotto 1992 oli 854,4 miljoonaa markkaa) ja kotieläintuotantoa (kokonaistuotto 1992 oli 15107,3 miljoonaa markkaa) joka on siis merkittävin maatalouden haara ja hyödyntää panoksina kasvinviljelyn tuotoksia.

Maataloustuotannon tuotteet menevät harvoin suoraan loppukuluttajan käyttöön, yleensä välissä on useampia elintarviketeollisuuteen kuuluvia jalostuksen ja kaupan eri vaiheita jotka tuovat raaka-aineita myös ulkomailta. Elintarviketeollisuuden kilpailutilannetta voi kuvata lähinnä oligopolistiseksi suljetun sektorin kilpailuksi joka on EU-jäsenyyden myötä avautumassa myös ulkomaiselle kilpailulle. Koko elintarvikeketjun toimintaan liittyvät lisäksi maataloustukiaiset, joiden tulevasta tasosta ja vaikutuksesta pitkällä aikavälillä vallitsee vielä suuri epävarmuus. EU:n tukitoimien lisäksi saatetaan käyttää merkittäviäkin kotimaisia toimenpiteitä ja EU:n politiikka voi muuttua. Nämä muutokset voivat olla merkittäviä erityisesti koska tämän tutkimuksen aikajänne on 50-100 vuotta.

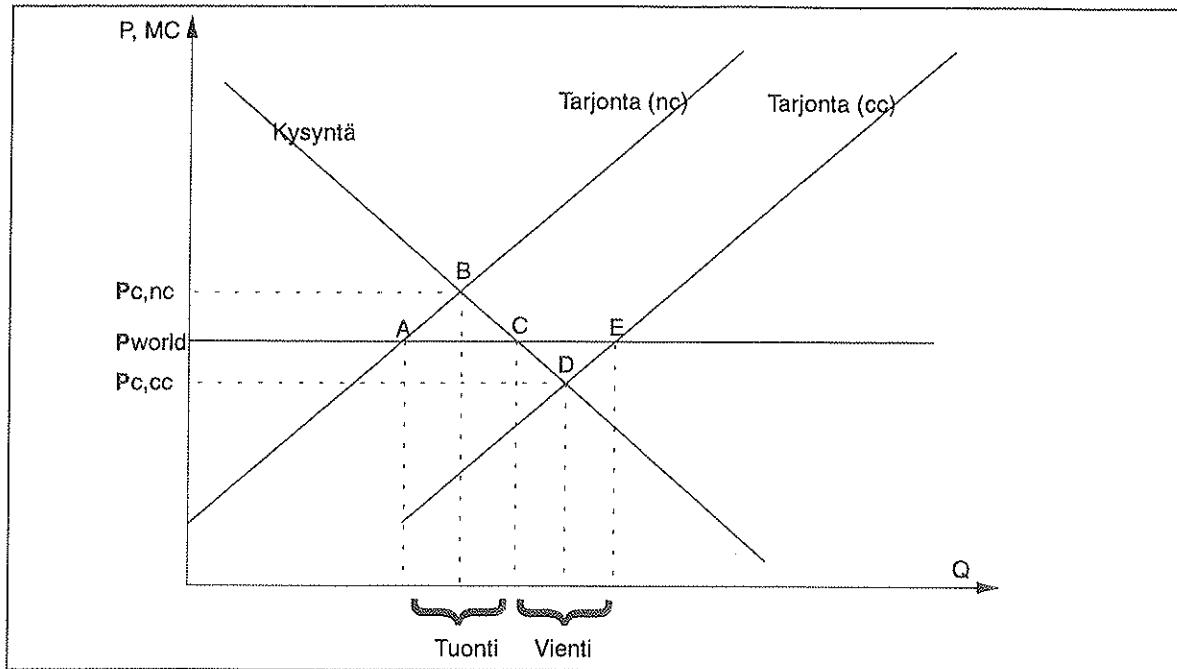
Ilmastonmuutos tulee tapahtumaan Suomen maatalouden jo integroiduttua maailmanmarkkinoihin tai ainakin EU:n sisämarkkinoihin. Tällöin Suomessa tapahtuvilla tuottavuuden muutoksilla ei ole kovinkaan suurta vaikutusta hintatasoon joka määräytyy kansainvälisillä markkinoilla. Seuraavalla kuviolla 2 havainnollistetaan hyvinvoinninmuutosta joka ilmastonmuutoksen tuomasta eksogeenisestä tuotantofunktion siirtymästä pienessä taloudessa seuraa. Suljetussa taloudessa (c) normaalin ilmaston (nc) vallitessa tasapaino maatalousmarkkinoilla on pisteessä B. Ilmaston muuttuessa (cc) tasapaino siirtyy pisteeseen D jolloin tuotanto Q kasvaa ja hinta P laskee. Avoimessa taloudessa ilman ilmastonmuutosta tuotanto pisteessä A on pienempi kuin kysyntä pisteessä B jolloin elintarvikkeita tuodaan. Ilmastonmuutos kuitenkin voi siirtää tuotantofunktiota, tässä Suomea kuvaavassa esimerkkitalouksessa oikealle (parannus kasvuolosuhteissa) jolloin

tuotanto voi nousta pisteessä E suuremmaksi kuin kysyntä joka on ennallaan hintojen pysyessä maailmanmarkkinatasolla entisellä tasolla.

Tässä siis oletetaan, että ilmastonmuutoksella ei ole merkittäviä nettovaikutuksia kansainväliseen tuotantoon jolloin maailmanmarkkinahinta pysyy ennallaan. Mikäli kasvihuoneilmiöllä on maailmanlaajuisia nettovaikutuksia niin myös maailmanmarkkina hinta muuttuu ja  $P_{world}$  käyrä kuviossa siirtyy ylös tai alas. Monet aiheesta tehdyt tutkimukset päätyvät tulokseen, että kasvihuoneilmiö aiheuttaisi hyvinvointitappioita kansainvälisellä tasolla jolloin maailmanmarkkinahinta on korkeampi. Ilmaston lämpenemisen pitkän aikavälin vaikutuksia maailmanmarkkinoiden tasapainohintaan on kuitenkin vaikea selvittää luotettavasti. Fisher et al. (1993) ovat kuitenkin tehneet varsin laajan simuloinnin maataloustuotteiden markkinoiden käyttäytymisestä useilla eri ilmasto- ja sopeutumisskenaarioilla. Heidän tuloksistaan voi vetää sen johtopäätöksen, että mikäli sopeutuminen tapahtuu laajassa mittakaavassa ei maailmanmarkkinahinta tule ilmastonmuutoksen takia muuttumaan kovinkaan paljon. Maataloustuotteiden hinnannousua ennustavia tutkimuksiakin on olemassa (esim. Saifi 1993). Useimmat merkittävistä globaaleja tuotanto- ja hintamuutoksia ennakoivista tutkimuksista kuitenkin jättävät sopeutumisen kuten uusien lajikkeiden mahdollisuudet lähes huomiotta. Esimerkiksi Adams et al. (1990) eivät huomioi laskelmissaan kaikkia sopeutumismahdollisuuksia eivätkä silti saa maailman suurimman maataloustuotteiden viejän (USA) maataloudelle selkeästi negatiivisia vaikutuksia. Hintamuutoksen etumerkki jää itse asiassa epäselväksi eikä ole kovin suuri, jolloin on melko turvallista olettaa hinnan pysyvän ennallaan. Eri asia on, että alueelliset erot voivat olla suuria ja erityisesti kehitysmaat tulevat kärsimään. Riski suurista haitallisista vaikutuksista on kuitenkin merkittävä. Myös suhteelliset hinnat eri tuotteiden välillä saattavat muuttua johtaen kulutuksen uudelleensuuntautumiseen. Riski hintojen mahdollisesta noususta on tässä tutkimuksessa osittain huomioitu myös siten, että relevanttina hintatasona käytetään EU-hintatasoa eikä vielä alhaisempia maailmanmarkkinahintoja joiden voisi myös katsoa olevan oikea varjohinta maataloustuotannolle. EU-hintataso oletus siis tavallaan "suojava" laskelman lieviä maailmanmarkkinahintojen nousuja vastaan.

Mikäli kyseessä on avoin talous myös maatalousmarkkinoiden osalta, ei ilmastonmuutoksella ole tässä tapauksessa vaikutusta kuluttajan ylijäämään maataloustuotteiden markkinoilla. Ainoastaan tuottajan ylijäämä kasvaa likimain määrän  $P_{world} * \Delta Q$ , missä  $\Delta$  tarkoittaa muutosta. Mikäli myös kansainvälinen hinta tai suhteelliset hinnat muuttuvat muuttuu myös kuluttajan ylijäämä.

Kuvio 2: Ilmastonmuutos ja markkinat



Tuottajahinnat heijastavat vapailla markkinoilla tuotannon arvoa, tosin ulkoisvaikutukset jäävät helposti huomiotta. Maataloustuotteiden tuottajahinnat ovat Suomessa olleet karkeasti keskimäärin kaksinkertaiset EU:n tuottajahintoihin nähden 1980-luvun lopulla ja sen jälkeen.<sup>14</sup> Näin laskien kasvinviljelyn arvo vuonna 1993 EU-hinnoin oli 2550 miljoonaa FIM. Tuotannon on EU ratkaisun myötä arvioitu alenevan merkittävästikin ja toisaalta maatalouspolitiikan tavoitteena on pidetty omavaraisuuden ylläpitämistä<sup>15</sup>.

Tuotannonmuutosten arvioiminen pitkällä tähtäimellä on kuitenkin hyvin hankalaa koska erilaiset tekijät kuten uudet lajikkeet<sup>16</sup> ja väestönkasvu saattavat vaikuttaa elintarvikkeiden tuotantoon ja kulutukseen hyvin voimakkaasti. Tästä syystä otamme tässä huomioon ainoastaan karkean hintaeron ja ajattelemme nykyisen tuotantotason kuvaavan pitkän aikavälin tasapainoa ilman ilmastonmuutosta. Maataloudessahan on pyritty ja tullaan ilmeisesti edelleen pyrkimäänkin omavaraisuuteen. Ylisuuren maataloustuotannon supistuessa EU:ssa on siis mahdollista päästä ainakin lähelle tätä tasoa. Toisaalta elintarvikkeiden kysynnän kasvaessa väestönkasvun myötä saattaa tuotannon taso pysytellä lähellä nykyistä tasoa. Tosin Suomen oma asukasluku kääntyyne laskuun ennen vuotta 2050 ilman merkittävää maahanmuuttoa.

<sup>14</sup> Alho et al. (1992) s. 88, Kettunen & Marttila (1992) s. 25

<sup>15</sup> Alho et al. (1992), Kettunen (1993)

<sup>16</sup> Uudet lajikkeet saattavat nostaa Suomen satotason lähes Keski-euroopan tasolle ja pohjoisilla lajikkeilla voi olla kuluttajia kiinnostavia laatuominaisuuksia; HS 20.7.1994

Voidaan tietysti väittää, että maataloustuki vaikuttaa tuotantopäätöksiin muuttamalla tuotantofunktion paikkaa. Ilman tukiaisia ja kaupanrajoituksia Suomessa ei välttämättä tuotettaisi juuri ollenkaan maataloustuotteita. Tällöin ilmastonmuutoksen vaikutus saattaisi olla lähes olematon mikäli se ei nostaisi maatalouden kannattavuutta huomattavasti korkeammalle tasolle. Tältä pohjalta olisi siis myös mahdollista argumentoida, ettei ilmastonmuutoksella ole Suomessa maatalouteen merkittäviä reaalisia vaikutuksia kuin tilanteessa jossa maataloutta ylläpidetään keinotekoisesti tukiaisten avulla. Maataloustuki on kuitenkin demokraattisen päätöksentekojärjestelmän tuotos, joka oletettavasti pyrkii lisäämään eikä vähentämään kansantalouden hyvinvointia. Eri asia on tukiaisten oikea taso oikeudenmukaisuuden ja resurssien allokaation kannalta, eikä siihen oteta tässä varsinaisesti kantaa. Osittainen syy tukiaisten käyttöön on kuitenkin maataloudesta tulevat hyödylliset ulkoisvaikutukset joita ovat mm. huoltovarmuus ja "elävän maaseudun" säilyminen. Tukiaiset siis ainakin osittain lisäävät nettohyvinvointia jolloin niitä ei tarvitse välttämättä kokonaisuudessaan puhdistaa pois hyvinvoinnin muutoslaskelmista. Maataloustuen voi tavallaan osittain rinnastaa myös vakuutuksen ottamiseen jossa suojaudutaan tulevaisuuden epävarmuuksia ja maaseudun autioitumisen seurauksia vastaan.

#### 4.1 Estimaatti ilmastonmuutoksen hyvinvointivaikutuksista maataloudessa

Aikaisemmin tehdyssä Kinnusen (1992) työssä keskimäinen arvio oli 1915 miljoonaa markkaa vuoden 1990 rahassa. Hän perusti arvionsa ohran kasvun simulointilaskelmien laajennukseen, rehukustannusten arvioituun alenemiseen ja jatkojalosteiden (vilja, liha, maito) hinnan arvioituun putoamiseen. Nämä arviot ovat kuitenkin osin kyseenalaisia koska ne perustuvat vain yhteen viljalajiin ja arvioihin hintamuutoksista jotka eivät ota täysin huomioon Suomen elintarvikemarkkinoiden sopeutumista kansainväliseen kilpailuun eivätkä perustu mihinkään eksplisiittiseen malliin. Arviot voivat silti olla suuruusluokaltaan oikeita.

Nyt voimme arvioida maatalouden kautta tulevan ilmastonmuutoksen hyvinvointivaikutuksen Suomessa. Käytämme arvottamisessa EU:ssa vallitsevia markkinahintoja, joiden kohdalla pyrimme selvittämään onko niissä havaittavissa selkeää trendiä tai mahdollisuuksia varovaisuuden puitteissa arvioida ilmastonmuutoksen vaikutuksia niihin. Oletamme nykyisen peltopinta-alan pysyvän käytössä ja muiden myös tekijöiden pysyvän muuttumattomina<sup>17</sup> jolloin saamme tuotannonmuutokset suoraan kasvun parannuksista hehtaarilla. Peltopinta-ala tulee todellisuudessa supistumaan mutta sen kompensoi suurelta osin kasvinjalostuksen tuoma tuotannonlisäys peltohehtaaria kohti.

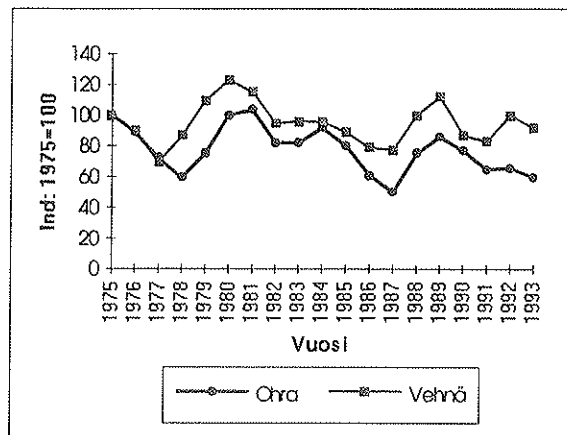
---

<sup>17</sup> Vaikka kasvilajikkeita edelleenkin kehitettäisiin paremmin tuottaviksi on toisaalta paineita lannoituksen vähentämiseksi ja peltoalan supistamiseksi. Tästä syystä maataloustuotanto voi pysytellä lähellä entistä tasoa vaikka muutoksia tuotannon eri komponenteissa tapahtuisikin.

Tärkeimpien Suomalaisten viljalajien, ohran ja vehnän, maailmanmarkkinahinnoissa ei ole viime vuosikymmeninä tapahtunut merkittäviä muutoksia, varsinaista trendiä ei ole havaittavissa ja hinnat ovat jossain määrin jopa laskeneet (kuvio 3). Koska ilmastonmuutoksella ei nykytiedon perusteella ole merkittävää vaikutusta maailmanmarkkinahintoihin, voimme käyttää arvottamisessa nykyisiä maataloustuotteiden hintoja. Nykyinen informaatio ei riitä trendien ennustamiseen.

Oletetaan viljelykasvien tuoton paranevan ilmaston muuttuessa 40%<sup>18</sup> jolloin ceteris paribus saadaan samalla tuotantorakenteella ilmastonmuutoksen hyödyksi 1020 miljoonaa FIM. Tämä on samaa suuruusluokkaa Kinnusen arvion kanssa. Myös Tanskan analogia tavallaan tulee tällaista arviota koska viljalajien keskimääräinen sato/ha oli 1992 Tanskassa 4389 kg ja Suomessa 2846 kg eli Tanskan sadot olivat keskimäärin yli puolet suurempia kuin Suomessa<sup>19</sup>. Vaikka maiden välillä onkin maaperässä ja muissa tekijöissä eroja, arvio ei siis ole ainakaan kovin ylimitoitettu vaan pikemminkin varovainen.

Kuvio 3: Ohran ja vehnän hintaindeksien aikasarjoja



Maatalouden ostorehukustannukset olivat 1993 noin 2,5 miljardia FIM<sup>20</sup>. Puolet pienemmällä EU hintatasolla tämä on noin 1,25 miljardia FIM. Laidunkauden pidentyessä ja luonnonrehun tuoton parantuessa tulevat nämä rehukustannukset entisestään alenemaan. Arvioidaan tämän säästön olevan karkeasti 10% jolloin hyöty ilmaston muutoksesta on noin 125 miljoonaa FIM.

Puutarhatuotteet kuten mansikka saattavat hyötyä erittäin merkittävästi ilmaston muutoksesta, niiden tuotto on 800 miljoonan luokkaa. Oletetaan niiden tuoton paranevan 50% ja hintatason olevan oikea, hyödyksi saadaan noin 400 miljoonaa FIM.

<sup>18</sup> Arvio pohjautuu vehnän, ohran ja nurminadan nykytilojen kasvumuutoksiin.

<sup>19</sup> Maataloustilastollinen vuosikirja 1992/93

<sup>20</sup> Kettunen (1994)

Kuten jo aikaisemmin mainitsin, ilmastonmuutos parantaa myös kasvitautilien elinoloja ja niiden torjumiseksi on suoritettava tiettyjä kustannuksia aiheuttavia toimenpiteitä. Kasvitautilien ja tuholaisten torjumiseksi on lisättävä erilaisten torjunta-aineiden käyttöä ja mahdollisesti kehitettävä paremmin tauteja kestäviä lajikkeita. Analogisesti ilmastonmuutoksen jälkeistä Etelä-suomea kuvaavassa Tanskassa on kasvinsuojeluaineiden käyttö moninkertaista Suomeen verrattuna<sup>21</sup>. Kasvinsuojeluaineisiin käytettiin Suomessa 1992 318 miljoonaa FIM. Kasvinsuojeluaineiden markkinat eivät ole varsinaisesti suojatut joten EU-jäsenyys ei laskene niiden hintoja ainakaan merkittävästi. Kustannukset voivat hyvin olla kaksinkertaiset nykytasoon verrattuna eli ilmastonmuutos lisää kasvinsuojelukuluja noin 300 miljoonaa FIM. Muita kuluja saattaa aiheutua siirryttäessä uusiin lajikkeisiin, mutta tämän markkamääräinen mittaaminen on mahdotonta. Lisäkustannuksia aiheutuu kasvaneiden satojen takia myös mm. sadonkorjuu, kuivaus ja varastointikapasiteetin laajennuksista. Toisaalta lämpimämpi ilmanala saattaa helpottaa näiden energiantarvetta. Tuotekehitys saattaa poikia myös merkittäviä innovaatioita joilla on merkitystä myös kansainvälisillä markkinoilla. Sopeutumiskustannukset eivät siis välttämättä ole aina tuottamattomia menoja.

Yhteenlaskettu hyöty ilmastonmuutoksesta maataloudessa on yhteenlaskettuna tuottajan ylijäämän muutoksena vuoden 1993 hinnoin siis noin 1255 miljoonaa FIM joka on samaa luokkaa Kinnusen arvioiden kanssa. Hyödyn maantieteellisestä jakaumasta tämä ei kerro vielä mitään, mutta etelä-suomalainen maatalous saavuttanee varsin hyvän kilpailukyvyn Keski-Eurooppaan nähden. Toisaalta Pohjois-Suomessa pystytään kenties viljelemään puhtaita erikoistuotteita vaativampien kuluttajien tarpeiden tyydyttämiseksi. Hyödyn todennäköisyysjakaumasta ei varsinaisesti pystytä sanomaan mitään. Epävarmuudet ovat kuitenkin niin suuria, että 100% virhemarginaali on hyvin mahdollinen. Arvion voi toisaalta myös katsoa olevan varsin varovainen koska se ei sisällä kaikkia sopeutumismahdollisuuksia. Ilmastonmuutoksen suuruuden suhteen malli antaa tavalla luonnontieteellisten arvioiden mukaisesti vähenevät tuotot. Teoriassa muutoksen ollessa tarpeeksi suuri muuttuvat rajatuotot negatiivisiksi, tämä raja ei kuitenkaan ole tiedossa.

## 5 Maataloustuotannon arvon ja maan hinnan välinen yhteys

Ilmastonmuutoksen vaikutusta maatalouteen voidaan lähestyä usealla eri tavalla, tyypillisin lähestymistapa on ollut tutkia tuotantofunktiossa tapahtuvia muutoksia käyttämällä hyväksi luonnontieteilijöiden laskelmia kuten edellä tehtiin. Taloustiede antaa kuitenkin mahdollisuuden toisenkinlaiseen lähestymistapaan joka on joissain suhteissa parempi. Ricardo otti aikoinaan käyttöön termin *maankorko* tarkoittaessaan tietystä maaalueesta

<sup>21</sup> Maatilatilastollinen vuosikirja 1992/93, s. 244

saatavaa taloudellista hyötyä. Ajatusta on myöhemmin satunnaisesti jalostettu mutta sen käytännön sovellukset ovat olleet varsin vähäisiä. Tavallaan kappaleen alussa lainaamani katkelma A. Marshallin tekstiä sopii hyvin kuvaamaan tätä ideaa. Seuraavaksi esittelen idean modernin version, esitys seuraa varsin tarkasti R. Mendelsohnin, W. Nordhausin ja D. Shawn (1993) esitystä. Käsittelen mallin tässä varsin suppeasti.

### 5.1 Johdanto

Erilaiset ympäristötekijät vaikuttavat maan käyttömahdollisuuksiin ja siten sen arvoon. Erityisesti maatalouskäytössä olevan maan kohdalla on ilmaston ja maan arvon välillä oletettavasti selvä yhteys. Jokaiselle kasvilajille on olemassa oma tuotantofunktio joka osoittaa sen kasvun ja laadun herkkyyden ilmastotekijöiden suhteen. Tuotantofunktiolaskelmissa tarkastellaan ilmaston vaikutusta käytössä olevien lajikkeiden tuottoon ja tutkitaan normaalisti korkeintaan muutamia vaihtoehtoisia lajikkeita. Jos ajatellaan, että maan omistajat toimivat rationaalisesti, niin he käyttävät maata kuitenkin aina optimaalisiin tarkoituksiin. Jos näin ei olisi, kannattaisi jonkun toisen ostaa maa ja optimoida sen käyttö. Mikäli maamarkkinat ovat kilpailulliset niin maan hinta kuvastaa sen vallitsevassa ilmastossa optimaalisen käytön arvoa.

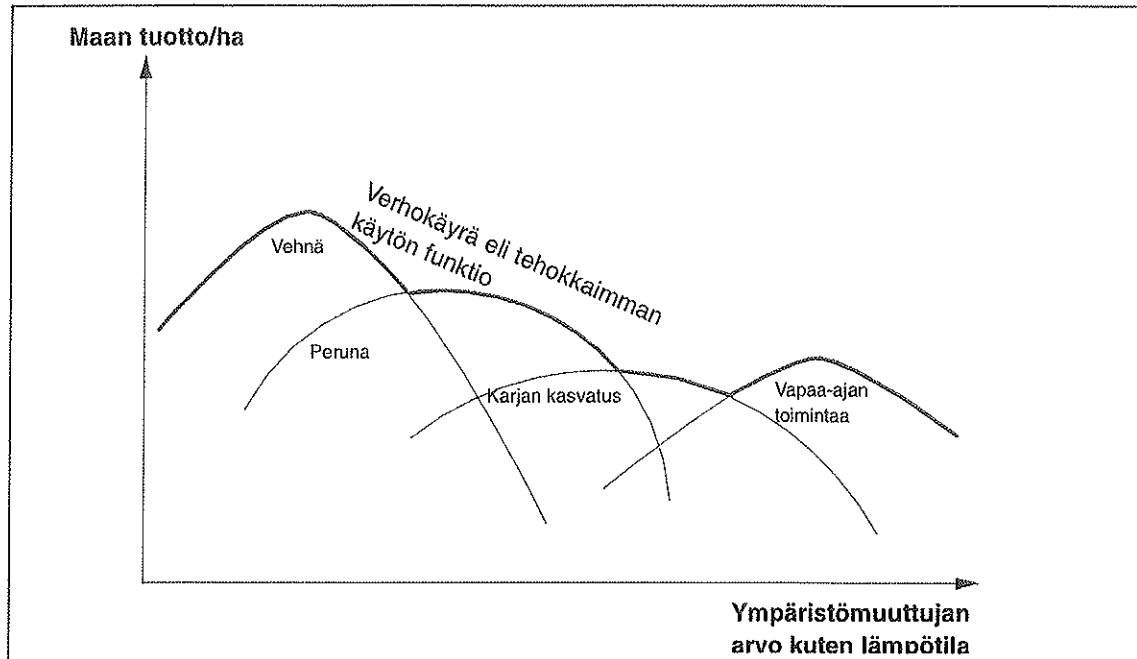
Tuotantofunktiolähestymistavalla saadaan varsin hyviä tuloksia, mikäli ympäristömuutos on pieni. Jos muutos on suuri, pitäisi ottaa huomioon maan vaihtoehtoiset käytöt, jotka voivat tuottaa enemmän kuin ennen muutosta ollut käyttötapa. Kuten seuraavasta esimerkkikuviosta 4 näkyy, huomioimalla kaikki tuotantofunktiot saadaan muodostetuksi verhoikäyrä eli funktioiden yläpinta muodostaa parhaan mahdollisen käytön osoittavan käyrän. Käyttömahdollisuuksia voi kuitenkin olla paljon ja tutkijan on vaikea ottaa näitä kaikkia huomioon laskelmissa.

Tarkastelemalla maan hinnan herkkyyttä ilmaston suhteen voimme löytää tämän maan arvon ja ilmaston välisen yhteyden, mikäli maankäyttöä optimoidaan ja markkinat toimivat hyvin. Tämä keino ei välttämättä suoraan kerro mikä tuo käyttö on, mutta se kertoo sen arvon. Maan hintaa eli ricardolaista maan korkoa tarkastelemalla voimme siis tutkia ilmastonmuutoksen vaikutusta koko maatalouden arvoon. Lähestymistapa ei kerro aivan tarkkaan ottaen vaikutusta pelkästään maatalouteen, koska muutkin käyttömahdollisuudet voivat tulla kyseeseen, mutta maatalousmaan määrä on kuitenkin melko vakaa ja arvion pitäisi siten olla melko hyvä. Ilmaston yhteys muihin maatyyppeihin ei ole ehkä aivan yhtä selkeä, kysymykseen saattaisivat tulla metsämaa ja virkistysalueet. Toisaalta metsien sopeutuminen ja lajikkeiden vaihtaminen on kuitenkin paljon hitaampaa kuin maataloudessa, joten menetelmä ei välttämättä sovi metsätalouteen aivan yhtä hyvin. Toisaalta metsätalous



perustuu Suomessa kuitenkin paljon enemmän markkinoihin jolloin virhe markkinoiden huonosta toiminnasta tai säätelystä ei ole niin suurena vaarana kuin maataloudessa.

Kuvio 4: Verhokäyrä



## 5.2 Malli maanhinnan, ilmaston ja maatalouden arvon yhteydestä

Mallinnetaan kuluttajien ja maanomistajien (maanviljelijät) käyttäytyminen ympäristötekijät huomioonottaen. Taloudenpitäjien oletetaan käyttäytyvän rationaalisesti neoklassisen talousteorian mukaisesti. Kullekin tuotteelle  $i$  on olemassa käänteinen kysyntäfunktio joka kertoo tuotteen hinnan, jos  $Y$  on kokonaistulot ja  $Q_i$  tuotteen  $i$  määrä, saadaan:

$$(1) \quad P_i = D^{-1}(Q_1, Q_2, \dots, Q_n, Y); \quad \forall i = 1, \dots, n$$

Oletetaan Slutskyn yhtälön pätevän, jolloin funktio voidaan integroida. Oletetaan edelleen, että kullakin tilalla/maa-alueella on olemassa hyvin käyttäytyvä tuotantofunktio jossa yhtenä tekijänä on ilmasto. Nyt kullakin maa-alueella on tuotteen  $i$  suhteen voimassa:

$$(2) \quad Q_i = Q_i(\mathbf{K}_i, \mathbf{E}), \quad i = 1, \dots, n$$

Missä tummennus merkitsee vektorisuuretta,  $\mathbf{K}$  on tuotannontekijät  $j$  ja  $\mathbf{E}$  on ympäristötekijät  $l$  eli ilmasto, maaperän laatu, kosteus jne. Oletetaan markkinoilla määräytyviksi tuotannontekijähinnat  $R_j$  ja  $K_j$ , ja eksogeenisesti määräytyviksi ympäristötekijät ja tuotantofunktio. Tällöin saamme kustannukset minimoivan kustannusfunktion:

$$(3) \quad C_i = C_i(Q_i, \mathbf{R}, \mathbf{E})$$

Mallinnetaan nyt maanomistajien käyttäytyminen voitonmaksimoinnin mukaisesti. Yritykset (maanviljelijät) maksimoivat voittoaan hinnat annettuina, saamme:

$$(4) \quad \max \{P_i Q_i - C_i(Q_i, \mathbf{R}, \mathbf{E})\}$$

Optimissa rajatuotot ja kustannukset ovat yhtä suuret, derivoimalla tämä minkä tahansa tuotantokijän suhteen ja asettamalla derivaatta nolllaksi saamme ensimmäisen kertaluvun ehdot voitonmaksimoinnille, missä rajatuotto = rajakustannus, eli:

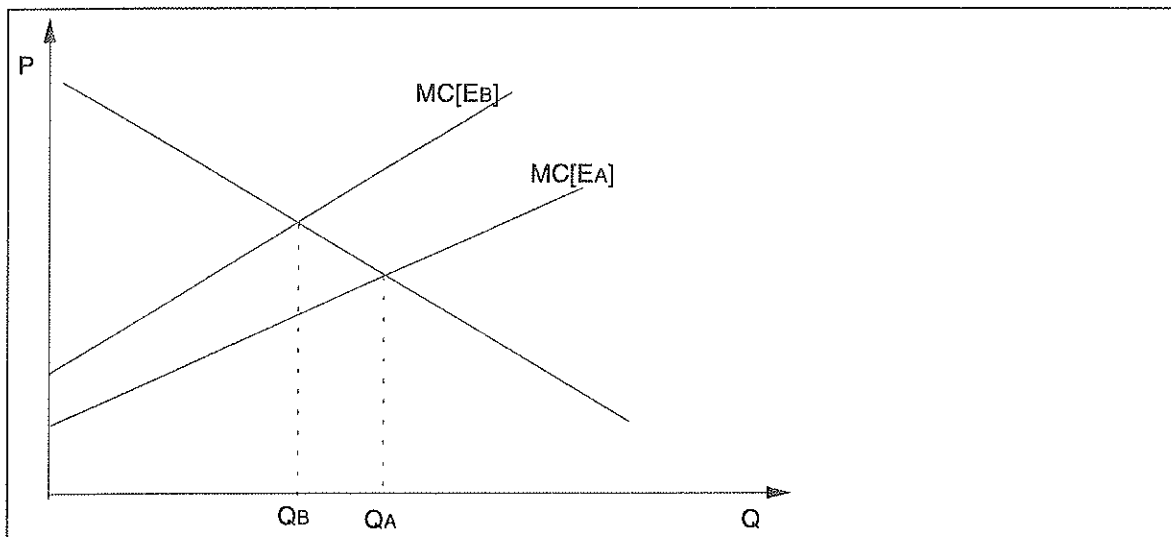
$$(5) \quad P_i \frac{dQ_i(\mathbf{K}_i, \mathbf{E})}{dK_{ij}} - R_j = 0$$

Tarkastellaan seuraavaksi ympäristömuutoksen vaikutusta. Tarkastellaan muutosta tilanteesta  $\mathbf{E}_A$  tilanteeseen  $\mathbf{E}_B$ . Tämän muutoksen arvo mitattuna kysyntäkäyrän alle jäävän osuuden ja kustannusten erotuksena on muotoa:

$$(6) \quad V(\mathbf{E}_A - \mathbf{E}_B) = \int_0^{Q_B} \Sigma D^{-1}(Q_i) dQ_i - \Sigma C_i(Q_i, \mathbf{R}, \mathbf{E}_B) - \left[ \int_0^{Q_B} \Sigma D^{-1}(Q_i) dQ_i - \Sigma C_i(Q_i, \mathbf{R}, \mathbf{E}_A) \right]$$

missä  $\int \Sigma$  on integraali nolllahyödykevektorista pisteen A ja B hyödykevektoreihin. Muutoksen kustannukset jakautuvat kahteen osaan: kustannuksissa tapahtuneeseen muutokseen ja tuotannon määrän muutokseen. Tämän arvo on siis muutos kuluttajan ylijäämässä ja tuotantokustannuksissa eli niiden summina muodostuvien alueiden erotus, katso kuvio 5.

Kuvio 5: Ympäristömuutoksen hyvinvointivaikutus



Erotetaan nyt maa tuotantofunktiosta jotta voimme tarkastella asiaa tarkemmin, nyt optimointi perustuu lausekkeeseen:

$$(7) \quad \max P_i Q_i - C_i(Q_i, \mathbf{R}, \mathbf{E}) - P_{LE} L_i$$

missä  $L_i$  on tarvittava maapinta-ala  $Q_i$ :n tuottamiseen ja  $P_{LE}$  on vuosittainen maankorko annetussa ympäristössä  $\mathbf{E}$ . Täydellisen kilpailun vallitessa maamarkkinoilla voitot ovat nolla eli tavoitefunktio saa arvon:

$$(8) \quad P_i Q_i - C_i(Q_i, R, E) - P_{LE} L_i = 0$$

Eli jos  $i$  on maan paras käyttökohte kyseisessä ympäristössä niin maankorko vastaa ylijäämää. Mikäli tuotteiden hintojen  $P_i$  oletetaan pysyvän ennallaan ja määräytyvän esim. kansainvälisiltä markkinoilta, ympäristömuutoksen arvoa mittaava funktio (6) saadaan muotoon:

$$(9) \quad V(E_A - E_B) = P Q_B - \sum C_i(Q_i, R, E_B) - [P Q_A - \sum C_i(Q_i, R, E_A)]$$

missä  $P$  on hintavektori. Sijoittamalla edellä saatu yhtälö (8) yhtälöön (9) saamme arvofunktion maankoron suhteen:

$$(10) \quad V(E_A - E_B) = \sum (P_{LEB} - P_{LEA}) L_i$$

missä  $P$ :n alaindeksit  $A$  ja  $B$  viittaavat kyseisiin ympäristöihin. Eli mallin mukaan ympäristömuutoksen arvoa voidaan mitata muutoksella maankorossa. Tässä on myös huomioitu maan vaihtoehtoiset käytöt eli maanomistaja sopeutuu muutokseen ja optimoi  $E$ :n suhteen eli liikumme edellä kuvatulla verhokäyrällä. Eri asia on, että ainakin lyhyellä tähtäimellä saattaa olla suuriakin jäykkyyksiä siirryttäessä käytöstä toiseen, mutta toisaalta myös useimmat ympäristömuutokset ovat varsin hitaita.

### 5.3 Keskustelua ja estimoitava malli

Malli on edellä esitettyssä muodossa tavallaan staattinen yhden periodin malli. Maankorko on harvoin havaittavissa suoraan markkinoilta koska suurin osa maasta on suoraan omistajan käytössä. Maan hinnanhan pitäisi kuitenkin olla diskontattu summa tulevista maankoroista<sup>22</sup> jolloin on mahdollista laskea implisiittinen maankorko. Toisaalta ympäristömuutoksen pitäisi tällöin heijastua kokonaisuudessaan maan hinnassa, eli voimme laskea suoraan maanhinnan perusteella ympäristömuutoksen nettonykyarvon. Ongelmana on kuitenkin

---

<sup>22</sup> Katso maanhinnan muodostumista kuvaava malli sivulla 24.

oletus tavallaan epärationaalisista odotuksista, ympäristönmuutoksen täytyy tulla yllätyksenä jotta sen vaikutuksia voitaisiin ennustaa maanhinnan perusteella, muutoin muutos sisältyisi jo maanhintaan. Jos tämä jätetään huomiotta ja ajatellaan muutosten olevan tarpeeksi 'yllättäviä' eli viljelijöiden odottavan ilmaston pysymistä ennallaan niin on mahdollista tutkia ilmaston vaikutusta maan hintaan ja sitä kautta maatalouden arvoon. Yhdistämällä alueellinen ilmastodata ja maan hinta tilastot voidaan ilmaston vaikutus yleistää koskemaan ilmastonmuutoksia. Tulokset ovat luonnollisesti karkeita ja yksinkertaistavia, mutta ne voivat muodostaa kuitenkin vertailukohdan mikroperusteisille tuotantofunktiolaskelmille. Toisaalta esim. maataloustukiaiset pitäisi jotenkin pystyä huomioimaan. Toisaalta mikäli tukiaiset ovat könttäsummia ei niiden vaikutus tule näkyviin ympäristön muutoksen arvoa laskettaessa, ainoastaan mikäli tukiaiset ovat yhteydessä tuottoon voi niillä olla vaikutusta. Mallin selkeänä haittana on myös se, että se on tässä muodossa yhden maan malli.

Ajatellaan ilmastonmuutosta eräänlaisena yllätyksenä jota ei ole huomioitu vielä datan keruuhetkellä maan hinnoissa. Maan määrä on varsin jäykkä muuttuja joten  $\sum L_i$  pysyy melko vakiona. Maatalousmaa voidaan jakaa alueisiin (n kappaletta) joilta saadaan keskimääräiset maan hinnat esim. lisäaluekaupoista ja keskimääräiset ilmastotiedot. Muita mahdollisia maan hintaan vaikuttavia tekijöitä voisivat olla maan laatu (ei maaperältään homogeenisen alueen sisällä) ja asukastiheys joka pyrkii kuvaamaan maan muita käyttömahdollisuuksia ilmastosta riippumatta. Käyttämällä markkinakorkoa voidaan maanhinta purkaa keskimäärin odotetuiksi maavuokriksi tai sitten markkinoilta saadaan suoraan vuokratiedot. Toisaalta voidaan katsoa, että maan hinta on maan vuokra ja käyttää sitä suoraan estimoinneissa. Nyt voimme estimoida lineaarisen maankorkofunktion.

$$(11) \quad P_{LE} = a + \sum b_j * E_{Cj} + \sum d_k * X_k + \varepsilon \Rightarrow \frac{\partial P_{LE}}{\partial E_{Cj}} \approx b_j, \text{ missä}$$

a = vakio

$b_i$  = maankoron herkkyys ilmastotekijän j suhteen

$d_k$  = maankoron herkkyys muun tekijän  $X_k$  suhteen (asukastiheys alueella jne.)

$E_{Cj}$  = ilmastotekijä j

$\varepsilon$  = virhetermi jolla klassiset ominaisuudet keskiarvon, korrelaation ja jakauman suhteen

Maataloustuotannon arvon  $V(E)$  herkkyys ilmaston  $E_C$  suhteen on nyt muotoa:

$$(12) \quad \frac{\partial V(E)}{\partial E_C} = V(\Delta E) = \sum \frac{\partial P_{LE}}{\partial E_C} * L_i \approx \sum b_j * L_i$$

Nyt voimme approksimatiivisesti laskea paljonko maataloustuotannon arvo muuttuu kun ilmastotekijä  $j$  alueella  $l$  ( $n$  kappaletta) muuttuu,  $E_C$ :n alaindeksi  $l$  viittaa alueeseen ja yläindeksit  $A$  ja  $B$  ajanhetkiin ennen ja jälkeen muutoksen,  $P_{LEB} - P_{LEA} = b_j * (E_{Cj,l}^B - E_{Cj,l}^A)$ , saamme:

$$(13) \quad \Delta V(E_C) = \sum_{l=1}^n [b_j * (E_{Cj,l}^B - E_{Cj,l}^A) * L_l]$$

Mikäli ympäristömuutos on samanlainen kaikkialla, voidaan muutoksen arvon saamiseksi maatalousmaa aggregoida suoraan ja summa kertoa herkkyysparametrillä  $b$  ja ympäristömuutoksella.

Eli nyt me pystymme arvioimaan ilmastomuutoksen merkitystä maatalouden kannalta ja vertaamaan tätä laskelmaa muilla keinoin saatuihin tuloksiin. On varmaankin hyödyllistä harkita sekä toisenlaisten funktiomuotojen käyttöä teorianmallissa ja estimoitavassa maankorkofunktiossa että paremman moniperiodisen mallin kehittämistä.

#### 5.4 Empiirinen testaus

Miten maankorkoteoria sitten pätee Suomessa eli pystytäänkö maatalousmaan hintoja selittämään ilmastollisilla tekijöillä ja mitä tämä implikoi ilmastomuutoksen vaikutuksesta maatalouteen? Ensimmäisessä vaiheessa suoritamme PNS regressioanalyysin jossa pyrimme selittämään maatalousmaan hintaa Suomessa jakamalla maa eri alueisiin ja käyttämällä selittäjinä ilmastollisia ja väestöllisiä tekijöitä.

Ilmastoaineisto on saatu Ilmatieteenlaitoksen tietokannoista ja se kattaa lämpötilat ja sademäärät kuukausitasolla 33 mittauspaikassa vuosina 1980-1992. Tiedot maanhinnasta on saatu Maanmittauslaitoksen kiinteistöjen kauppahintatilastoista ja väestötiedot tilastollisesta vuosikirjasta. Maanhinnan kohdalla saattaa olla vinoutuma ylöspäin koska maakauppaa tehdään yleensä keskimääräistä parempitasoisella maalla josta myös maksetaan keskimääräistä enemmän. Lisäksi maamarkkinoilla on ilmeisesti maan tuottoarvoon nähden ollut varsin korkeat hinnat viimeisten vuosien aikana vaikka hinta onkin jo laskenut voimakkaasti huippulukemista. On vaikea arvioida ovatko maamarkkinoiden odotukset olleet oikeanlaiset vai onko hinnoissa ollut liiallista optimismia. Kettunen & Niemi (1994) väittävät, että maan hinta on ollut Suomessa aivan liian korkea tuottoon nähden. Maan hintaan mahdollisesti sisältyvää virhettä on kuitenkin vaikea korjata luotettavasti joten käytämme suoraan tilastotietoja.

Regressioanalyysi suoritettiin kahdella eri maantieteellisellä jaottelulla: maaseutuelinkeino-  
piireittäin (16 kpl) ja lääneittäin. Selittäviksi tekijöiksi valittiin vuosien 1980-1992

keskimääräiset lämpötilat, sademäärät ja läänien kohdalla asukastiheys. Asukastiheyden voi ajatella kuvaavan maan vaihtoehtoisia käyttömahdollisuuksia rakentamiseen yms. Hiilidioksidipitoisuuden nousun vaikutus kasvien yhteyttämiseen jätetään siis huomiotta. Kutakin aluetta kuvaamaan valittiin yksi säähavaintopiste jonka ajatellaan kuvaavan riittävällä tarkkuudella koko alueen ilmastoa. Tarkempi kuvaus aineistosta katso liite .

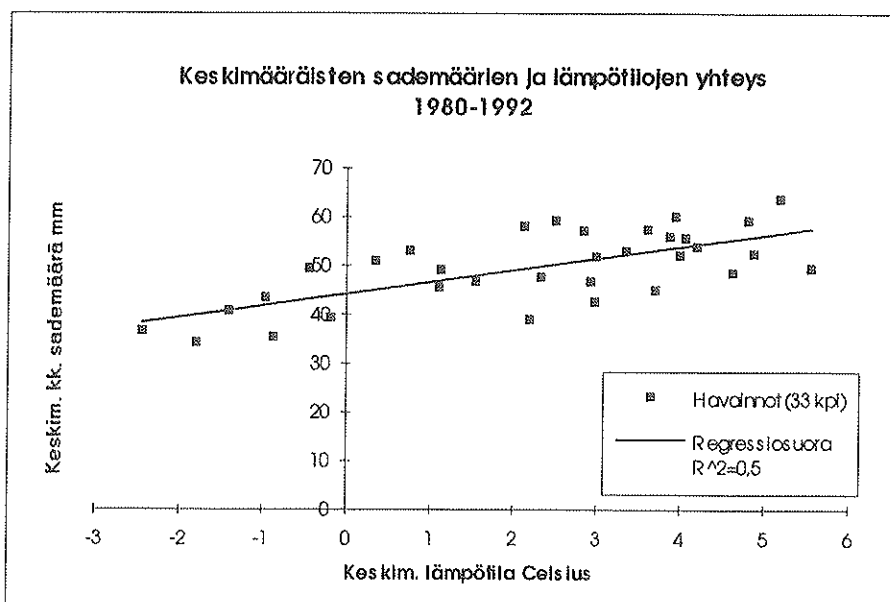
Ensimmäinen analyysi tapahtui suorittamalla edellä selitetty regressio lääniaineistolla. Maatalousmaan hinnat ovat tässä vuodelta 1993, saadaan seuraavat tulokset (taulukko 4):

Taulukko 4: Maatalousmaan hinnan ja ilmaston yhteys

R <sup>2</sup>	0.85					
Sop. R <sup>2</sup>	0.8					
Keskivirhe	3,274					
Havaintoja	12					
	<i>Kertoimet</i>	<i>Keskivirhe</i>	<i>t-arvo</i>	<i>P-arvo</i>	<i>Ala 95%</i>	<i>Ylä 95%</i>
Vakiotermi	13,194.3	8,311.3	1.59	0.14	-5,971.59	32,360.2
Lämpötila	4,845.64	804.87	6.02	8.67E-05	2,989.61	6,701.67
Sademäärä	-252.12	162.05	-1.56	0.15	-625.82	121.57
Väestöntih.	10.2	35.93	0.28	0.78	-72.64	93.05

Mikäli analyysi tehdään ilman Ahvenanmaata (vain 1 kauppa 1993 ja paljon säädellyt markkinat) tulokset eivät muutu kovin merkittävästi: R<sup>2</sup> arvo heikkenee (0,67), sademäärän ja lämpötilan t-arvo laskee (-0,62 ja 1,99) ja väestötiheyden t-arvo paranee (1,29). Näyttää kuitenkin siltä, että ainoastaan vuotuinen keskilämpötila pystyy selittämään riittävällä tarkkuudella (t-arvo merkitsevä) maanhintaa. Sademäärien kohdalla näytetään olevan jo negatiivisten rajatuottojen alueella (huom. koko vuoden kk. keskisademäärä, pelkästään kasvukauden sademäärä saattaisi tuottaa toisen tuloksen) ja väestötiheys vaikuttaa positiivisesti maan hintaan kun vaihtoehtoiset käyttömahdollisuudet pellolle lisääntyvät, nämä arvot eivät kuitenkaan poikkea merkitsevästi nolasta. Keskilämpötilan ja -sademäärän välillä on toisaalta havaittavissa tilastollinen yhteys. Lämpimämpi ilmasto implikoi Suomessa melko selkeästi myös korkeampaa sademäärää käytettävissä olleen aineiston perusteella (R<sup>2</sup> 0,48 ja t-arvo 5,6) katso seuraava kuvio 6. Koska lämpötila ja sademäärä siis vaihtelevat keskimäärin samansuuntaisesti voidaan ilmastoa approksimoida pelkästään lämpötilalla. Ei kuitenkaan ole aivan selvää, lisääntyvätkö sademäärät Suomessa ilmaston lämpenemisen myötä. Meteorologit ovat kuitenkin esittäneet tämän suuntaisia arviota ja myös yllä oleva yksinkertainen tilastoanalyysi tukee tätä käsitystä vaikkakaan se ei kerro syy ja seuraussuhteesta mitään.

Kuvio 6: Sademäärien ja lämpötilan yhteys Suomessa



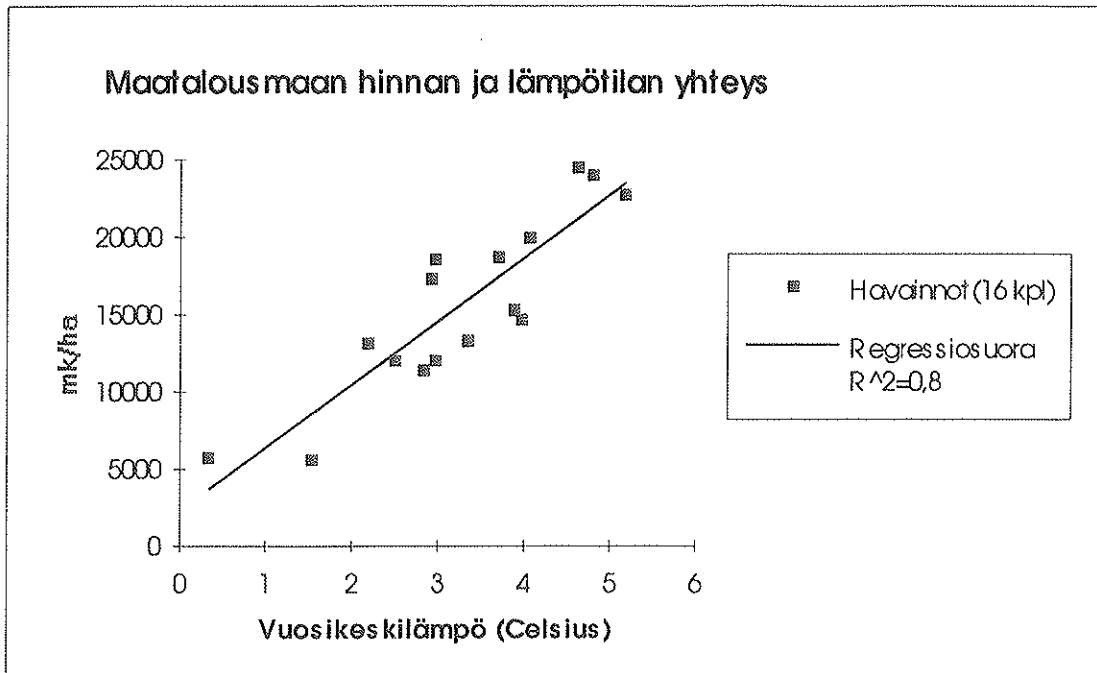
Toisessa analyysissä käytettiin maaseutuelinkeinopiirejä (16 kpl) ja maanhintaa selitettiin pelkästään keskilämpötilalla. Sademäärää kokeiltiin, mutta se osoittautui tässäkin ei-merkittäväksi ja etumerkki oli tälläkin kertaa negatiivinen. Keskilämpötila näyttää kuitenkin pystyvän selittämään maanhintaa erittäin hyvin. Onhan toisaalta luonnollistakin, että koko vuoden lämpösusma vaikuttaa kasvukauden pituuteen, maan roudan paksuuteen ja viljelykasvien kasvunopeuteen. Tulokset ovat seuraavan taulukon 5 mukaiset:

Taulukko 5: Maatalousmaan hinnan ja keskilämpötilan yhteys

$R^2$	0.79					
Sop. $R^2$	0.77					
Keskivirhe	2,735.09					
Havainnot	16					
	<i>Kertoimet</i>	<i>Keskivirhe</i>	<i>t-arvo</i>	<i>P-arvo</i>	<i>Ala 95%</i>	<i>Ylä 95%</i>
Vakiotermi	2,281.45	1,964.65	1.16	0.26	-1,932.31	6,495.2
Lämpötila	4,088.38	567.48	7.2	3.05E-06	2,871.26	5,305.49

Kuviona tilanne näyttää seuraavalta (kuvio 7):

Kuvio 7: Maatalousmaan hinnan ja lämpötilan yhteys

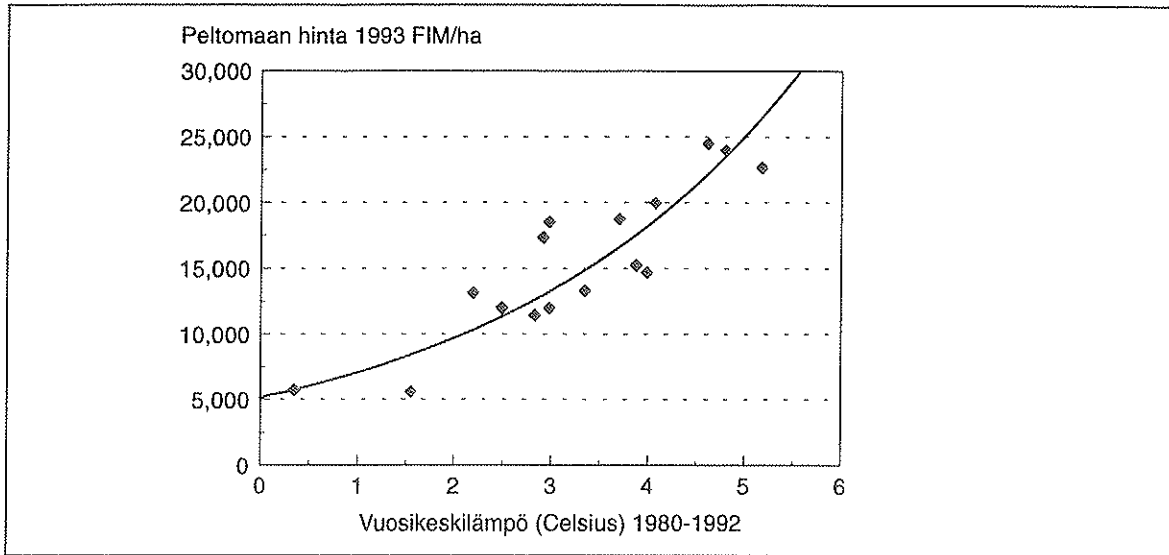


Analyysissä siis käytettiin vuoden 1993 maatalousmaan hinta-aineistoa. Mallin robustisuuden testaamiseksi suoritettiin analyysi myös vuoden 1991 aineistolla ja tulokset olivat samansuuntaiset vaikkakin maan hinta on romahtanut 1991 ja 1993 välisenä aikana. Lämpötila pysyi kuitenkin edelleen ainoana merkitsevänä selittäjänä. Puhdas lineaarinen malli ei toisaalta ole edes paras mahdollinen valinta suurille muutoksille, lineaarisuusoletus pystyy kuitenkin melko hyvin kuvaamaan muutaman asteen muutoksia keskilämpötilassa. Eksponentiaalinen regressiomalli tuottaa hieman paremman selityksasteen mutta sen implikaatioita voimakkaasti kasvavista tuotoista lämpötilan suhteen ei voitane pitää oikeina. Tämä johtuu siitä, että ilmaston muuttuessa paljon joudutaan alenevien ja lopulta negatiivisten rajatuottojen alueelle. Kuviona (8) eksponentiaalinen malli sopii aineistoon seuraavasti.

Aineiston pohjalta näyttää siltä, että maalla on tietty minimihinta mikä siitä maksetaan lähes ilmastosta riippumatta. Tämän selitys saattaisi löytyä esimerkiksi maataloustuesta joka mahdollistaa tietyn tulotason hehtaaria kohti olosuhteista riippumatta.

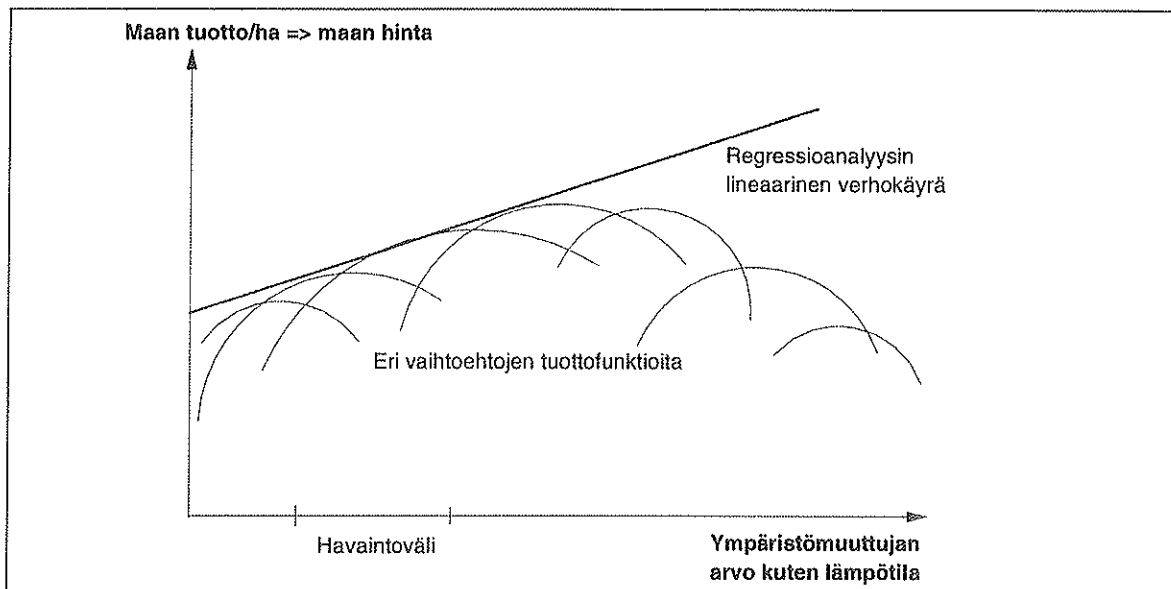


Kuvio 8: Maatalousmaan hinta eksponentiaalisessa mallissa



Estimoidun lineaarisen funktion voi nyt ajatella kuvaavan verhoikäyrää kuvion 9 osoittamalla tavalla. Estimaatti pitää paikkansa vain tietyllä välillä melko hyvin. Simuloinnissa täytyy siis sen lisäksi olettaa, että lineaarisuusoletus pitää paikkansa myös odotetun muutoksen alueella.

Kuvio 9: Lineaariestimaatti verhoikäyrästä



Maanhinnan muodostumista odotettujen tulevien tuottojen nykyarvona voidaan kuvata seuraavalla mallilla<sup>23</sup>. Maatalousmaan todellinen tuotto on tuotannosta saatavan nettohyödyn  $G_t$  ja maan hinnan muutoksen eli pääomavoiton summa.

<sup>23</sup> Katso esim. Tim Lloyd (1994): Testing a present value model of agricultural land value

$$(14) \quad \pi_t = \frac{G_t}{P_{L,t}} + \frac{P_{L,t+1} - P_{L,t}}{P_{L,t}}$$

Tämän tuoton pitää olla tasapainossa vastaavan riskitason omaavan vaihtoehtoisen sijoituskohteen tuoton y. Tällöin pitää seuraava yhtälö paikkansa:

$$(15) \quad E_t[\pi_t | \phi_t] = y$$

Missä  $E_t$  tarkoittaa odotuksia hetkellä  $t$  ja  $\phi_t$  informaatiota hetkellä  $t$  ml. ilmastonmuutos ja muutokset markkinaolosuhteissa kuten EU-jäsenyyden vaikutukset. Tästä seuraa, että maan hinta määräytyy seuraavasti:

$$(16) \quad P_{L,t} = (1 + y)^{-1} E_t[P_{L,t+1} + G_t | \phi_t]$$

Mikäli markkinoilla ei esiinny kuplia<sup>24</sup> maan hinta voidaan tämän perusteella laskea nykyarvona:

$$(17) \quad P_{L,t} = \sum_{k=1}^{\infty} (1 + y)^{-k} E_t[G_{t+k}]$$

Tämä voidaan aggregoida yli maatalousmaan (merkitään summausta lyhyesti  $\Sigma$ :lla) ja mikäli maamarkkinoilla odotetaan  $G_t$ :n pysyvän vakiona yli ajan saadaan maatalousmaan arvoksi:

$$(18) \quad \Sigma P_{L,t} = [\Sigma G_{t-1}] * \frac{1}{y}$$

Mikäli sitten lasketaan Suomen maatalousmaan yhteisarvo maatalouselinkeinopiireittäin kertomalla peltoala keskihinnalla ja summaamalla saadut arvot yhteen saadaan tulos 44,3 miljardia markkaa vuonna 1993. Tämä luku kuvastaa siis maanviljelijöiden diskontattuja tuotto-odotuksia maasta ja se pitäisi kompensoida viljelijöille jotta he luopuisivat maasta<sup>25</sup>. Arvio on varmasti liian suuri koska käytetty maanhinta on todennäköisesti korkea todelliseen keskimääräiseen tasoon nähden. Maatalouden yrittäjätulo oli 1992 noin 6,9 miljardia markkaa ja trendi laskeva<sup>26</sup>. Mikäli arvioidaan EU jäsenyyden jälkeisen alhaisemman

<sup>24</sup> Voidaan varsin perustellusti väittää, että 1980-luvun lopussa ja 1990-luvun alussa maamarkkinoilla oli havaittavissa kupla joka nyt on kuitenkin jo puhjennut.

<sup>25</sup> Osa pellosto on kesannolla, mutta siitä saadaan kuitenkin tulevaisuudessa tuloja. Peltoa voidaan myös metsittää tai käyttää muihin tulovirtaa luoviin tarkoituksiin kuten rakentamiseen.

<sup>26</sup> Maatilatilastollinen vuosikirja 1992/93, s.211. [Yrittäjätulo=toimintaylijäämä-maksetut korot-maksetut maanvuokrat(netto)]. Luku sisältää myös varsinaiseen maatalouteen kuulumattomia eritä kuten poronhoito, joten pyöristys alaspäin on paikallaan. Mikäli käytetään hyväksi ns. kirjanpitotiloilta saatuja maatalousylijäämä mk/ha lukuja hyväksi päädytään samaa suuruusluokkaa olevaan tulokseen.

hintatason pitkän aikavälin ylijäämän olevan 4 miljardia ja oletetaan maanviljelijöiden odottavan samansuuruisia tuloja tulevaisuudessa voidaan laskea teoreettinen diskonttokorko y maavarallisuudelle<sup>27</sup> joka on noin 9%. Luku on varsin realistinen ottaen huomioon maatalouteen sisältyvät riskit ja sen, että yrittäjätulo ei jää kokonaan maanviljelijälle jolloin kyseinen diskonttotekijä pienenee. Arvio maataloustulon tulevasta tasosta ei kuitenkaan perustu mihinkään malliin vaan on karkea arvio perustuen nykyiseen trendiin. Mikäli muulle maatalouspääomalle kuten koneille lasketaan korkovaatimus pienenee tekijä edelleen. Ricardolainen malli ei siis tämän arvion valossa ole aivan epäonnistunut vaan sillä voi katsoa olevan merkitystä ilmastonmuutostakin tutkittaessa. Toisaalta tämä malli jättää huomiotta muita CO<sub>2</sub> pitoisuuden nousun vaikutuksia kuten voimistuneen yhteyttämisen mikä lisää hyötyjä. Yhteyttämisen kautta tulleen parantuneen tuottavuuden vaikutus voidaan huomioida mallissa kertoimen avulla, mutta sen tarkan arvon laskeminen koko maataloudelle eri tilanteissa on kuitenkin mahdotonta eli voimme korkeintaan käyttää karkeita arvioita.

### 5.5 Estimaatti ilmastonmuutoksen vaikutuksesta maatalouteen

Oletetaan, että ilmasto lämpenee vuoteen 2050 mennessä 2,4 astetta (SILMU skenaario 1992) ja että lämpeneminen tapahtuu tasaisesti kaikkialla. Käytetään maan hinnan herkkyyssparametrina  $b$  edellä saadusta mallista pyöristettyä arvoa 4000 ja diskonttokorkona 9 %. Ceteris paribus oletuksella saadaan muutoksen arvoksi vuodessa noin 2,2 miljardia markkaa. Otetaan tasaisesti jakautuneen kohonneen hiilidioksidipitoisuuden vaikutus huomioon kertoimella 1,2<sup>28</sup> ja jolloin saadaan muutoksen kokonaisarvoksi vuoden 1993 rahassa 2,7 miljardia markkaa mikä alittaa lievästi esimerkiksi Kinnusen (1992) optimistisimman arvion noin 3 miljardin hyödyistä (1990 rahassa). Arvio on siis varsin optimistinen eikä huomioi sopeutumiskustannuksia ja saattaa olla muutoinkin hieman 'vinoutunut' koska se voi hintaeron huomioimisesta yrittäjätulossa huolimatta sisältää mm. maataloustukiaisia mitkä eivät sinällään lisää koko talouden hyvinvointia. Lisäksi käytetty korkotekijä on varsin suuri mikä saattaa myös aiheuttaa vinoutuman ylöspäin. Toisaalta kyseessä onkin tavallaan paras mahdollinen saavutettavissa oleva lopputulema mikäli kaikki sopeutumisen mahdollisuudet käytetään, muut tekijät kuten kansainvälinen tilanne eivät muutu ja sopeutumiskustannukset jätetään huomiotta. Estimaatti on myös lineaarisesti riippuva lämpenemisestä mikä ei voi pitää paikkaansa kuin varsin rajoitetulla alueella. Estimaatissa on siis mukana paras mahdollinen sopeutuminen ja tulos implikoikin, että sopeutumisella on saavutettavissa merkittäviä hyötyjä joita ei tulisi jättää käyttämättä. Kasvihuoneilmiön voimistuminen tulisi siis hyödyntää mahdollisimman pitkälle, vaikka ilmiö sinänsä ei olisikaan toivottava.

---

Luvut ovat kuitenkin vain välttäviä arvioita.

<sup>27</sup> Maataloudessa on toki muutakin pääomaa jonka jätämme tässä vaiheessa huomiotta.

<sup>28</sup> Karkea varovainen arvio pohjautuen alussa esitettyihin koe- ja mallituloksiin.

### 5.6 Vaikutukset yritystoiminnan tasolla

Maatalousyrittäjän kannalta ilmastonmuutoksen vaikutukset tulevat näkyviin varsin hitaasti ja hukkuvat helposti muun "taustamelun" ja suurempien muutosten kuten yhdentymiskehityksen joukkoon. Yhden viljelijäsukupolven aikana tapahtuvat muutokset eivät nykyisten ennusteiden valossa ole kovin voimakkaita. Vähitellen sekä ilmaston lämpeneminen ja siihen mahdollisesti liittyvä sademäärien muutos että ilmakehän koostumuksen muuttuminen vaikuttavat kasvien tuottavuuteen ja yleisiin viljelymahdollisuuksiin.

Maatalouden tuottavuutta maksimoivat viljelijät joutuvat ottamaan ilmastonmuutoksen huomioon suunnitellessaan kunkin vuoden ja myös tulevaisuuden toimintaa. Muuttuva ilmasto ja korkeampi CO<sub>2</sub> -pitoisuus merkitsevät uusien lajikkeiden käyttöönottoa jotta tuottavuus maksimoituisi. Tällöin saattaa vaihtua koko tuotantosuunta eikä pelkästään lajike kuten edellä esitetystä maanhintaan pohjautuvassa optimointimallissa oletettiin. Vehnän viljely saattaa hyvinkin laajentua pohjoiseen ja aivan eteläisimmässä Suomessa saatetaan viljellä nykyisin maassa tuntemattomia lajeja. Edellytys tälle on kuitenkin, että maassa harjoitetaan maataloutta edelleen laajassa mittakaavassa. Nämä muutokset vaativat puolestaan maatalouskoulutuksen uudelleensuuntaamista ja uusien viljelymenetelmien käyttöönottoa. Seurauksena on periaatteessa pitkällä aikavälillä maanviljelijöiden tulotason kohoaminen, ellei tukiaisia samanaikaisesti lasketa vastaavaa määrää jolloin valtio ja veronmaksajat saavat koko hyödyn. Myös EU:lta saatavan tuen määrä saattaa laskea kannattavuuden parantuessa pitkällä tähtäimellä. Koska maataloustuotannon yleistä rakennetta vuonna 2050 on melko vaikea hahmottaa, ei tämän pidemmälle meneviä johtopäätöksiä voi juurikaan tehdä.

Ilmastonmuutos ei kosketa elintarviketeollisuutta kovin voimakkaasti. Teollisuus pystyy yhteismarkkinoilla hankkimaan raaka-aineensa vapaasti maan ulkopuolelta. Hyvä kotimaisen raaka-aineen saatavuus on kuitenkin tärkeä tekijä elintarviketeollisuuden menestykselle. Läheltä saatava raaka-aine alentaa kuljetuskustannuksia ja helpottaa laadunvalvontaa ja yhteistyötä eri tuotantoportaiden välillä. Lisäksi suomalaiset tuotteet ovat laadultaan melko korkeatasoisia, millä on kuluttajien vaatimusten kasvaessa merkitystä kilpailutekijänä. Elintarviketeollisuuden mahdollisuudet saada kotimaista raaka-ainetta siis paranevat.

## **6 Vaihtoehdot skenaariot ja dynamiikka**

Tässä työssä on käsitelty vain yhtä, nykytiedon valossa todennäköisintä skenaariota. Muutkin skenaariot ovat kuitenkin mahdollisia, mutta niitä on pitkällä aikavälillä aivan liian suuri määrä analysoitaviksi. Siksi käsittelen tässä ainoastaan suuntaa-antavasti mitä merkitystä

erilaisilla lähtöoletuksilla on lopputulemaan. On kuitenkin tärkeää tietää, miten erilaiset talouden ja ympäristön kehityspolut vaikuttavat hyvinvointilaskelmiin. Erityisesti erilaisten kriisiskenaarioiden arviointi on tarpeen jotta niihin osattaisiin varautua. Merkittävimmät skenaariot liittyvät maailmanlaajuisiin maataloustuotteiden markkinoihin erilaisten vaikutusskenaarioiden vallitessa, yhdentymiskehitykseen ja päästöjen rajoittamiseen.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomen maatalouden tuottavuuteen ovat melko varmasti myönteiset. Maailmanlaajuiset vaikutukset ovat kuitenkin epävarmat ja väestönkasvu aiheuttaa myös ongelmia kansainvälisten markkinoiden kehityksen ennustamisessa. On kuitenkin mahdollista, että ilmastonmuutos vaikuttaa useilla alueilla myrskyjen ja kuivuuskausien kautta maataloustuotantoon erittäin haitallisesti. Maatalouden kannalta tämä merkitsisi hintatason huomattavaakin nousua joka parantaisi suomalaisen maatalouden kannattavuutta ja lisäisi tuottajien ansaintamahdollisuuksia samalla pienentäen kuluttajan ylijäämää. Vaikutukset Suomessa eivät siis kuitenkaan tällöinkään olisi katastrofaaliset, vaikkakin joidenkin tiettyjen Suomessa viljelemättömien kasvien hinta saattaisi nousta merkittävästi johtaen niiden kulutuksen voimakkaaseen supistumiseen. Vakavat ongelmat toisaalla ja paranevat olosuhteet Suomessa saattaisivat tosin johtaa merkittävään ilmastosiirtolaisuuteen, mutta se ei ole varsinaisesti maatalouden ongelma.

Maailmanmarkkinoiden tai Euroopan yhdentymiskehityksen pysähtyminen tai Suomen eristyminen muusta maailmasta johtaisi toisaalta oman maatalouden tarpeen korostumiseen minkä kannalta tuottavuuden parantuminen olisi hyvä asia. Vaikuttaa siis siltä, että kaikkien relevanttien skenaarioiden valossa Suomen maataloussektori ja erityisesti viljelijät kuuluvat ilmastonmuutoksesta hyötyvien joukkoon. Myös muu kansantalous voi hyötyä pienemmistä tukiaisista johtuvien alhaisempien verojen ja kerrannaisvaikutusten kautta.

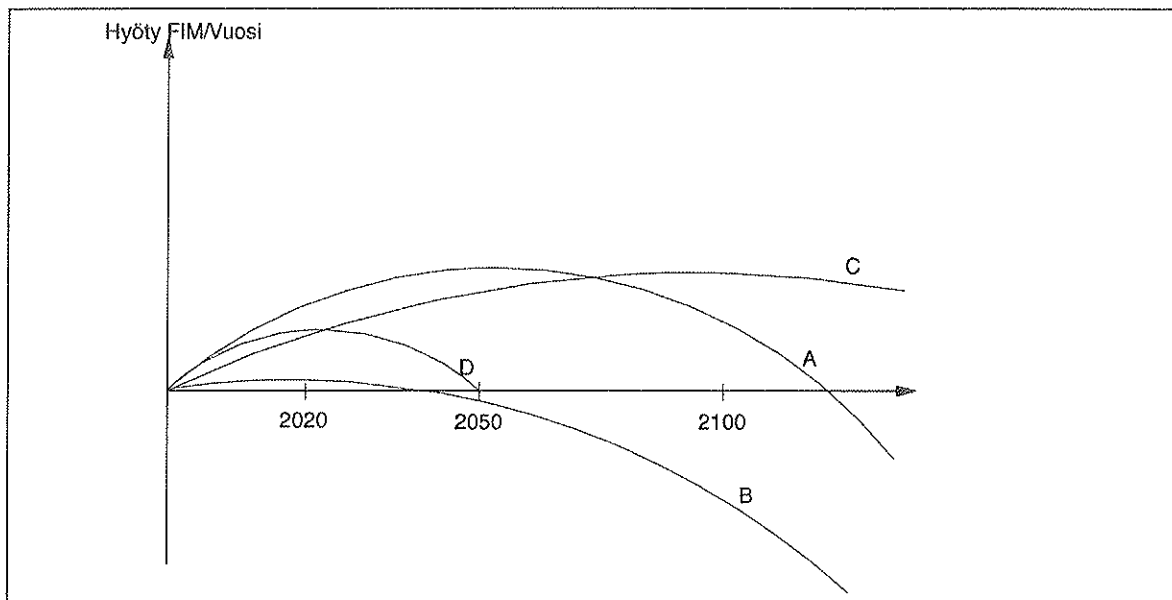
Mikäli päästöjä rajoitetaan nopeasti ja voimakkaasti, saattaa suurin osa ilmastonmuutoksesta jäädä toteutumatta. Tällöin kansantaloudet joutuvat sopeutumaan muutoin erittäin voimakkaasti esimerkiksi supistetun energiantuotannon kautta. Tällaisessa tilanteessa ilmastonmuutos ei ehdi vaikuttaa maatalouteen kovin merkittävästi.

Paperissa tarkasteltu vuosi 2050 ei välttämättä ole mikään steady-state tilanne. Ilmasto ja sen vaikutukset muuttuvat melko varmasti myös kyseisen vuoden jälkeen. Toisaalta ura jota pitkin vuoden 2050 tilanteeseen tullaan on mielenkiintoinen lähitulevaisuuden kannalta. Paljon riippuu siitä, miten kasvihuonekaasujen päästöt, nielut ja säteilypakote kehittyvät ajan kuluessa. Ilmaston lämpenemisen hyödyt kuitenkin kääntyvät jossain vaiheessa laskuun ja lopulta rajahyöty muuttuu negatiiviseksi. Valitettavasti tällä hetkellä ei ole saatavissa riittävää aineistoa tällaisten laskelmien suorittamiseksi. SILMU:n edetessä aineistoa kuitenkin

kertynee ainakin vuosille 2020 ja 2100, jolloin voidaan laatia useampia pisteestimaatteja ja mahdollisesti sovittaa aikaura näiden pisteiden pohjalta. Seuraavassa kuviossa on karkeasti hahmoteltu erilaisia mahdollisia aikauria eri skenaarioissa.

Vaihtoehto A kuvaa *business-as-usual* tilannetta, jossa päästöt kasvavat rajoittamatta. Ura B:n tilanteessa ilmastonmuutos ja sen seuraukset ovat erittäin haitallisia ja nopeita. Ura C on tilanne jossa päästöjä rajoitetaan, mutta ilmastonmuutos kuitenkin tapahtuu ja on varsin pysyvä luonteeltaan. Ura D toteutuu, mikäli päästöjä leikataan erittäin voimakkaasti johtaen ilmaston paluuseen "normaalitasolle" vuoteen 2050 mennessä. Kuvion 10 käyrät ovat täysin spekulatiivisia ja niiden oikea muoto jää toistaiseksi vain arvailujen varaan.

Kuvio 10: Erilaisia kehitysuria ilmastonmuutoksen vaikutukselle maataloudessa



## 7 Johtopäätelmät

Paperissa on tarkasteltu ilmastonmuutoksen vaikutuksia Suomen maatalouteen vuoden 2050 tilanteessa kahdella eri menetelmällä. Tuotantofunktiopohjainen luonnontieteellisiin arvioihin pohjautuva ja optimoivaan käyttäytymiseen perustuva maanvuokralähestymistapa tuottavat toisistaan jonkinverran poikkeavat tulokset. Viimeksimainittu antaa suuremman hyötyestimaatin mikä on luonnollista sen oletaman täydellisen sopeutumisen johdosta. Kumpikin menetelmä kuitenkin implikoi melko suuria hyötyjä ilmastonmuutoksesta maataloudelle. Perinteinen KHA antaa tulokseksi 1255 miljoonaa markkaa ja ricardolainen menetelmä 2700 miljoonaa markkaa vuoden 1993 rahassa mitattuna. Johtuen samanlaisesta ilmastonmuutosskenaariosta ympäri Suomea, ei malleista saada ulos hyötyjen maantieteellistä

jakaumaa. Myös todennäköisyysjakauma jää avoimeksi, mutta virhemarginaali on varsin huomattava. Voitaneen kuitenkin varsin turvallisesti väittää, että hyöty on suuruusluokkaa 1-3 miljardia markkaa vuodessa 1993 rahassa. Tulos ei toisaalta ole kovin herkkä eri skenaarioille koskien yhteiskunnallista tai maailmanlaajuisista maataloustuotannon kehitystä. Etelä-Suomen maataloudella on varsin hyvät mahdollisuudet saavuttaa kilpailukyvyllään lähes yleiseurooppalainen nykytaso. Tulonjakomielessä hyöty menee ensisijaisesti tuottajille, koska yhteismarkkinoilla jatkojalostus voi ostaa raaka-aineensa mistä lähteestä tahansa. Toisaalta maataloustukiaiset voidaan saada supistumaan maatalouden paremman kannattavuuden ansiosta. Koska kotimaisetkin tukiaiset tulevat olemaan suuruudeltaan useita miljardeja<sup>29</sup>, ei ilmastonmuutos muuta ainakaan yksinään Suomen maataloutta kannattavaksi. Edellä kuvattujen hyötyjen saavuttamiseksi on kuitenkin tehtävä työtä jotta uusia lajikkeita saadaan käyttöön ja maan tuottavuus voidaan optimoida pohjoisen luonnon tarjoamat mahdollisuudet huomioiden. Yhteenvedona voidaan siis sanoa, että vaikka ilmastonmuutoksella on melko varmasti haitallisia vaikutuksia maatalouteen maailmanlaajuisesti ajateltuna, Suomen maatalous näyttäisi todennäköisesti hyötävän kasvihuoneilmiön voimistumisesta.

---

<sup>29</sup>

Kettunen &amp; Niemi (1994) s. 29

## Lähdeluettelo

\* Adams, Richard (1989): Global Climate Change and Agriculture: An Economic Perspective, *American Journal of Agricultural Economics* 71:1272-1279

\* Adams, R. & Rosenzweig, C. & Peart, R. M. & Ritchie, J. T. & McCarl, B. A. & Glycer, J. D. & Curry, B. C. & Jones, J. W. & Boote, K. J. & Allen L. H. Jr. (1990): Global climate change and US agriculture, *Nature* 345

\* Alanen, Pellervo (1994): Suomen sadot voidaan jalostaa lähes Keski-Euroopan tasolle, HS 20.7.

\* Alho, K. & Kotilainen, M. & Widgrén, M. (1992): Suomi Euroopan yhteisössä - arvio taloudellisista vaikutuksista, ETLA series B 81

Alho, Kari & Widgrén, Mika (1994): Suomen EU-Valinta, ETLA

\* Baumol, W. & Oates (1988): *The theory of environmental policy*

\* Boström, Sture & Backman, Rainer & Hupa, Mikko (1992): Greenhouse Gas Emissions in Finland 1988 and 1990. Energy, industrial, and transport activities. Prepared for Ministry of Trade and Industry, and Ministry of Environment

\* Carter, Timothy (1992): The Greenhouse Effect and Finnish Agriculture, *Maatilahallinnon aikakauskirja* 1/1992 (Maatilahallitus Sata Vuotta)

\* Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen tietokanta

\* Fischer, G. & Frohberg, K. & Parry M.L. & Rosenzweig C. (1993): Climate Change and World Food Supply, Demand and Trade; In Kaya & Nakicénovic & Nordhaus & Toth (eds. 1993): *Costs, Impacts, and Benefits of CO<sub>2</sub> Mitigation*, IIASA

\* Hanley, Nick & Spash, Clive (1993): *Cost-Benefit Analysis and the Environment*

\* Ilmatieteenlaitos (ilmastoaineisto)

\* Kane, S. & Reilly, J. & Tobey, J. (1992): An Empirical Study of the Economic Effects of Climate Change on World Agriculture, *Climatic Change* 21

\* Kanninen, Markku (toim.) (1992): *Muuttuva ilmamehä, Ilmasto, luonto ja ihminen*; SILMU, VAPK-Kustannus

\* Kaya & Nakicénovic & Nordhaus & Toth (eds. 1993): *Costs, Impacts, and Benefits of CO<sub>2</sub> Mitigation*, IIASA

\*Kettunen, Lauri (1992): Suomen maatalouspolitiikka, Maatalouden Taloudellinen Tutkimuslaitos.

\*Kettunen, Lauri (1993): *General Conditions of Agriculture and Problems of Integration*, Agricultural Economics Research Institute (Maatalouden Taloudellinen Tutkimuslaitos).



- \*Kettunen, Lauri (1994): Suomen Maatalous 1993, Maatalouden Taloudellinen Tutkimuslaitos
- \*Kettunen, Lauri & Niemi, Jyrki (1994): Suomen EU-maatalousratkaisu ja kansalliset tuet, MTTL
- \* Kinnunen, Jouko (1992): Ilmastonmuutoksen taloudelliset vaikutukset
- \* Kuoppamäki, Pasi (1994): An Analysis of the Economic Effects of Global Warming on Finland, Second Progress Report (SILMU:n väliraportti 2)
- \* Lloyd, Tim (1994): Testing a present value model of agricultural land value, Manchester School
- \* Maatilatilastollinen vuosikirja 1992/93
- \* Maanmittauslaitos (1992): Kiinteistöjen kauppahintatilasto 1991
- \* Maanmittauslaitos (1994): Kiinteistöjen kauppahintatilasto 1993
- \* Marshall, Alfred (1890): Principles of Economics. 8th edition 1974
- \*Mendelsohn, R. & Nordhaus, W. & Shaw, D. (1993): The Impact of Climate on Agriculture: A Ricardian Approach; In Kaya & Nakicenovic & Nordhaus & Toth (eds. 1993): Costs, Impacts, and Benefits of CO<sub>2</sub> Mitigation, IIASA
- \* Mela, T. & Carter, T. & Hakala, K. & Hannukkala, A. & Hannukkala, A. & Kaukoranta, T. & Laurila, H. & Saarikko, R. & Tahvonen, R. & Tiilikkala, K. & Tuovinen, T. (1994): The effects of climatic change on crop production, in The Finnish Research Programme on Climatic Change, Second Progress Report (SILMU:n väliraportti 2)
- \* Nakicenovic, N. & Nordhaus, W.D. & Richels, R. & Toth, F.L. (eds. 1994): Integrative Assessment of Mitigation, Impacts, and Adaptation to Climate Change, IIASA
- \* Parry, M.L. & Carter, T.R. & Konjin, N.T. (eds. 1988): The Impact of Climatic Variations on Agriculture, Volume 1: Assessments in Cool, Temperate and Cold Regions. IIASA
- \* Pehu, E. & Karvonen, T. & Kleemola, J. & Peltonen-Sainio, P. (1992): The impact of climatic change on cereal crops in Finland, in in The Finnish Research Programme on Climatic Change, Progress Report (SILMU:n väliraportti 1)
- \* Saifi, Basim (1993): Global Environment and Agriculture - Effects on Agriculture in Nordic Countries, NJF-Utredning/Rapport Nr. 89, Nordiska Jordbruksforskarens Förening.
- \* SILMU:n väliraportit 1 ja 2 (1992/1994)

## Liite

Maatalousmaan hintatiedot								
Vuosi 1993	Tehdyt kaupat		Pellon hintatiedot		Ilmasto		Maatiedot	
Maaseutupiirit:	Lkm	Pa. ka.	Ka. mk/ha	Sd.	Keski- lämpö	Sade mm/kk	Peltoa ha	Ha*mk/ha
Uudenmaan	49	7.27	23,971	14,817	4.81	59.2	252,915	6.06E+09
Turun	41	5.96	22,675	9,045	5.18	63.71	283,935	6.44E+09
Satakunnan	40	5.92	24,480	9,435	4.62	48.5	189,236	4.63E+09
Hämeen	22	6.58	19,970	7,608	4.07	55.86	176,599	3.53E+09
Kymen	43	5.91	15,244	4,804	3.88	55.96	160,647	2.45E+09
Mikkelin	9	4.58	13,301	7,209	3.35	53.14	103,590	1.38E+09
Pirkanmaan	21	6	14,688	7,134	3.99	52.14	147,610	2.17E+09
Etelä-Pohjanmaan	88	5.51	18,519	8,687	2.98	42.74	289,754	5.37E+09
Vaasan	28	5.71	18,754	8,401	3.7	44.95	119,611	2.24E+09
Keski-Pohjanmaan	45	6.05	17,337	7,246	2.92	46.86	120,689	2.09E+09
Keski-suomen	10	9.63	11,439	3,295	2.83	57.26	121,047	1.38E+09
Kuopion	19	6.93	11,970	4,002	2.99	51.99	169,013	2.02E+09
Pohjois-karjalan	13	15.93	12,013	4,589	2.5	59.18	116,971	1.41E+09
Kainuun	1	5.36	5,597	-	1.56	46.87	55,908	3.13E+08
Oulun	32	10.2	13,144	11,766	2.2	39.13	182,674	2.4E+09
Lapin	11	6.94	5,711	2,401	0.35	51.05	75,011	4.28E+08
						Yht.	2,565,210	4.43E+10
	Maatalousyrittäjien tulot 1993 rahassa EU-tasolla (arvio)							4E+09
	--> diskonttokorko 1993 tulojen perusteella							0.09

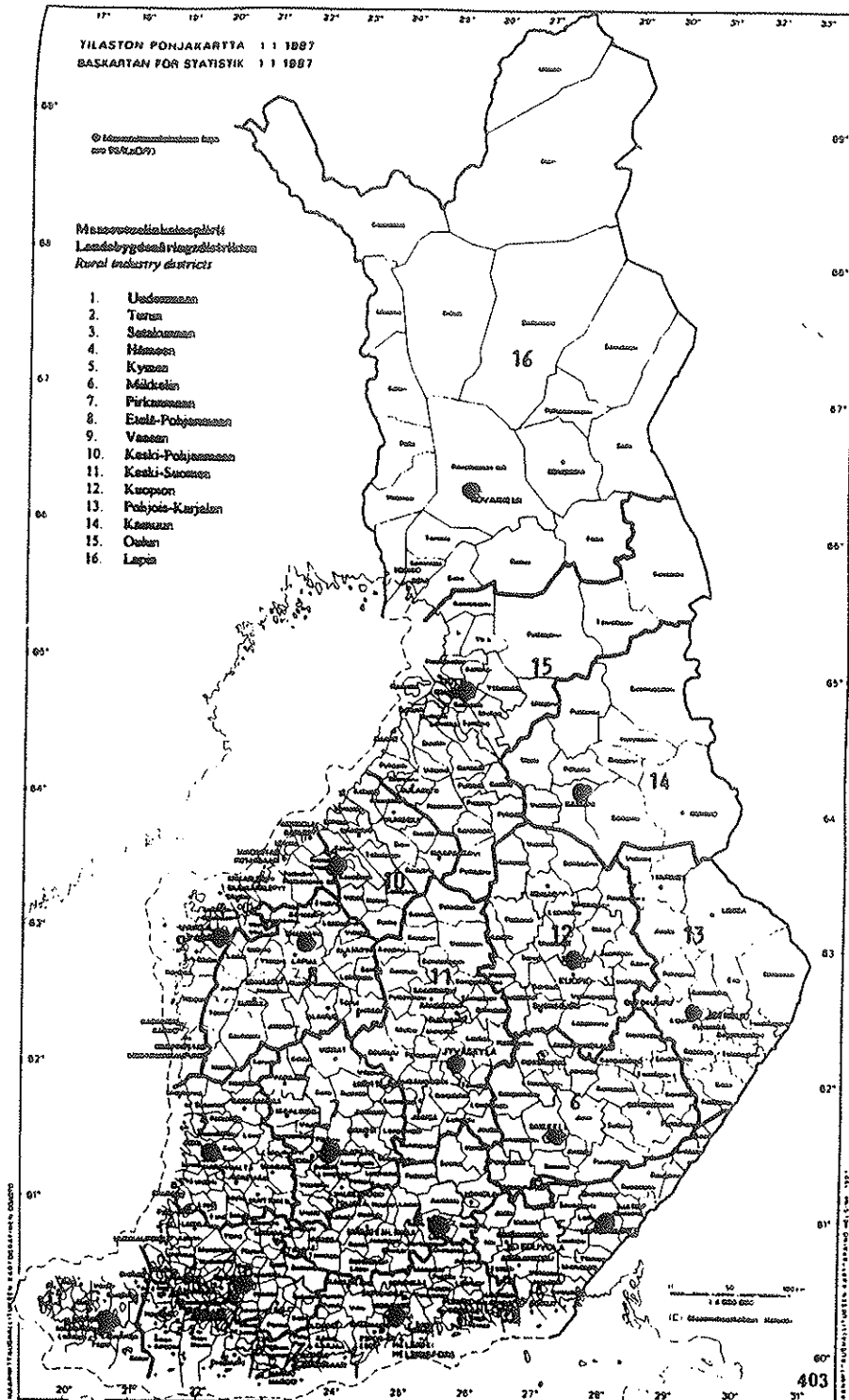
Tiedot käytetyistä säähavaintoasemista sekä lääni- että maaseutuelinkeino- ja maaseutualueilla:

Aseman numero	Pituuspiiri	Leveyspiiri	Aseman nimi
1	6,007	1,954	Maarianhamina lentoasema
301	6,019	2,458	Helsinki-vantaan lentoasema
1,001	6,128	2,148	Pori lentoasema
1,101	6,031	2,216	Turku lentoasema/Rusko
1,215	6,125	2,335	Tampere-Pirkkalan lentoasema
1,401	6,058	2,538	Lahti Laune
1,701	6,105	2,809	Lappeenranta lentoasema
2,401	6,224	2,541	Jyväskylä lentoasema
2,602	6,144	2,718	Mikkelin mlk Suonsaari
3,001	6,303	2,146	Vaasa lentoasema
3,201	6,306	2,302	Kauhava lentokenttä
3,601	6,301	2,748	Kuopio lentoasema/Siilinjärvi
3,801	6,240	2,938	Joensuu lentoasema/Liperi
4,201	6,343	2,309	Kruunupyyn lentoasema
4,601	6,417	2,740	Kajaani
5,401	6,456	2,522	Oulu lentoasema/Oulunsalo
7,401	6,634	2,550	Rovaniemi lentoasema

Kartta maaseutuelinkeinopiireistä ja niiden ilmaston approksimointiin käytetyistä sääasemista.

(Maatilatilastollinen vuosikirja 1992/93)

☉ = säähavaintoasema (lista edellisellä sivulla)



**ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS (ETLA)**  
THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY  
LÖNNROTINKATU 4 B, FIN-00120 HELSINKI

---

Puh./Tel. (90) 609 900  
Int. 358-0-609 900

Telefax (90) 601 753  
Int. 358-0-601 753

**KESKUSTELUAIHEITA - DISCUSSION PAPERS ISSN 0781-6847**

- No 484 RITA ASPLUND, Teollisuuden työntekijöiden palkat ja inhimillinen pääoma. 06.04.1994. 75 s.
- No 485 JARMO VEHMAS, Massa- ja paperiteollisuuden elinkaariarviointi ja metsäteollisuuden ympäristöhaasteet. 06.04.1994. 57 s.
- No 486 JUHANA A.A. HEIKKILÄ, Corporate Venture Capital mallina suuryritysten ja pk-yritysten yhteistyölle. 07.04.1994. 63 s.
- No 487 SUVI HINTSANEN, Energia-alan tietämyspohjainen vienti. 07.04.1994. 49 s.
- No 488 JULIANNA BORSOS, Foreign Companies in Estonia - Industrial Environment and Experiences. 30.03.1994. 82 s.
- No 489 ANTTI PUTUS, Matkapuhelinteollisuuden kotimainen kehitys ja kilpailukyky. 11.04.1994. 41 s.
- No 490 JARI ILKKA, Kirjapainojen kansallinen kilpailukyky ja teollinen tulevaisuus. 14.04.1994. 54 s.
- No 491 PASI KUOPPAMÄKI, European Markets for Corporate Control: A Study of Takeovers' Influence on Corporate Behavior and Implications on EC Competition Policy. 25.04.1994. 131 p.
- No 492 TOMI TORRI, The World Economy of Metals; A Finnish Perspective. 02.05.1994. 49 p.
- No 493 PIIA KAIPAINEN, Competitive Advantage of Finnish Steel Industry. 02.05.1994. 76 p.
- No 494 ERKKA HOPPONEN, Itsenäisen voimantuotannon rahoitus ja kilpailukyky. 16.05.1994. 75 s.
- No 495 JOUNI P. MÄKELÄ, Teleklusterin tutkimus- ja kehitystoiminta sekä koulutus ja konsultointi. 16.05.1994. 67 s.
- No 496 JYRKI RUUTU, Tuntipalkkojen ja työmäärän jousto teollisuudessa laman aikana. 18.05.1994. 68 s.
- No 497 MIKA MALIRANTA, Suomen työn tuottavuuden kansainvälinen taso ruoan, juomien ja tupakkatuotteiden valmistuksessa. Kahdenvälinen vertailu Ruotsiin ja Yhdysvaltoihin. 24.05.1994. 23 s.

- No 498 MAARIT SÄYNEVIRTA - PEKKA YLÄ-ANTTILA, Teknologiaintensiivisten yritysten kansainvälistyminen. 06.06.1994. 54 s.
- No 499 PETTERI KAUPPALA, Matkustajalaivaliikenteen kansallinen kilpailukyky. 06.06.1994. 65 s.
- No 500 KAAREL KILVITS, Current State of Estonian Industry. The basic material prepared in autumn 1993 for the joint Estonian-Finnish study project on "the Future of Estonian industry". 10.06.1994. 74 p.
- No 501 KALLE LAAKSONEN - RAIJA VOLK, Elintarvikeklusterin kilpailukyky - Väliraportti. 20.06.1994. 59 s.
- No 502 SYNNOVE VUORI, Teknologian tutkimuksen nykytila Suomessa. 21.06.1994. 23 s.
- No 503 PETRI ROUVINEN, Hyvinvointiklusterin kilpailukyky - Väliraportti. 27.07.1994. 66 s.
- No 504 SYNNOVE VUORI, R&D, Technology Diffusion and Productivity in Finnish Manufacturing. 30.08.1994. 27 p.
- No 505 MINNA SALMI, The Rise of Kone Elevators to the top of the world. 05.09.1994. 29 p.
- No 506 JARI AALTO, Suomalaisten teräsrakenteiden toimittajien kilpailukyky. 05.09.1994. 31 s.
- No 507 PIA KORPINEN, Kilpailuetu kansainvälisessä kaupassa - suomalainen kuntovälineteollisuus. 05.09.1994. 78 s.
- No 508 RISTO PENTTINEN, Timanttimalin arvostelu. 05.09.1994. 32 s.
- No 509 GUSTAV VON HERTZEN - JULIANNA BORSOS, An Agro-food Industrial Strategy for the Baltic States. 21.09.1994. 75 p.
- No 510 JUHA VILJAKAINEN, Euroopan unionin teollisuuspolitiikka ja suomalainen terästeollisuus. Case: Rautaruukki. 26.09.1994. 30 s.
- No 511 NINA J. KONTULAINEN, Competitive Advantage of the Finnish Fiber Processing Machinery Industry. 10.10.1994. 60 p.
- No 512 HANNA VUORI, Betoniteollisuuden kilpailukyky. 18.10.1994. 39 s.
- No 513 PASI KUOPPAMÄKI, Ilmastonmuutos ja Suomen maatalous. 19.10.1994. 36 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.