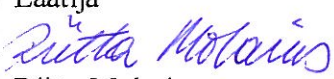






Suomen elintarviketuotannon turvallisuuden haasteita muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa

Kirjoittajat: Riitta Molarius, Jaana Keränen, Kirsti Jylhä, Tuija Sarlin ja Arja Laitila

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi Suomen elintarviketuotannon turvallisuuden haasteita muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Maa- ja metsätalousministeriö Ilmastonmuutoksen sopeutumistutkimusohjelma (ISTO)	Asiakkaan viite 311147	
Projektin nimi Elintarviketurvallisuus ilmaston muuttuessa	Projektin numero/lyhytnimi Eliclimate	
Raportin laatija(t) Riitta Molarius, Jaana Keränen, Kirsti Jylhä, Tuija Sarlin ja Arja Laitila	Sivujen/liitesivujen lukumäärä 82/51	
Avainsanat Elintarviketurvallisuus, ilmastonmuutos, sopeutuminen	Raportin numero VTT-R- 2672-10	
Tiivistelmä <p>Projektin tavoitteena oli herättää kotimaan elintarvikealan tutkimuslaitokset ja elintarvike-teollisuus tunnistamaan ilmastonmuutoksesta aiheutuvia riskejä ja auttaa elintarvikeketjua varautumaan näihin mahdollisiin uhkiin. Tutkimusta tehdään jo laajalla rintamalla maailmalla ja erilaista tietoa on saatavilla runsaasti. Hankkeen tavoitteena oli koota yhteen Suomen tutkimuslaitokset, viranomaiset, liitot ja teollisuus sekä yhdessä pohtia ja tunnistaa ilmastonmuutoksen aiheuttamia uhkatekijöitä ja myös mahdollisuuksia.</p> <p>Tutkimushankkeessa oli neljä osiota: ilmastoskenaario-selvitys, kirjallisuusselvitys, haastattelututkimus ja työpaja. Ilmatieteen laitoksen ilmastoskenaarioiden avulla perehdyttiin sääolosuhteiden muutokseen 1900-luvulla ja luotiin tulevaisuusvisioita ajanjaksoille 2020, 2050 ja 2080. Kirjallisuusosiossa etsittiin signaaleja, millaisia vaikutuksia ilmastonmuutoksella voi olla elintarviketuotannon turvallisuuteen liittyen. Haastattelututkimuksen avulla selvitettiin elintarviketurvallisuuden kannalta merkittävät tulevaisuusvisiot ja tunnistettiin eri toimijoiden kannalta merkittävimmät riskitekijät. Hankkeen loppuvaiheessa pidettiin tutkijoiden, viranomaisten ja elintarviketeollisuuden yhteinen työpaja.</p> <p>Hankkeen tuloksien perusteella merkittävimmät tutkimushaasteet löytyvät muun muassa seuraavista aihepiireistä:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uudet kasvi- ja eläintaudit - Elintarvike- ja vesivälitteisten epidemioiden riskin kasvaminen - Elintarvikeketjun altistuminen biologisille ja kemiallisille haitta-aineille. 		
Luottamuksellisuus	julkinen	
Tampere 09.04.2010 Laatija  Riitta Molarius tutkija	Tarkastaja  Outi Venho-Ahonen tutkija	Hyväksyjä  Helena Kortelainen teknologiapäällikkö
VTT:n yhteystiedot VTT, Tekniikankatu 1, PL 1300 33101 Tampere		
Jakelu (asiakkaat ja VTT) Raportin paperiversiot Maa- ja metsätalousministeriö, 2 kpl; Tiia Yrjölä, Veli-Mikko Niemi Elintarviketeollisuuden liitto, 1 kpl: Anna Vainikainen Ilmatieteen laitos, 1 kpl: Kirsti Jylhä; MTT 1 kpl: Sirpa Kurppa VTT 6 kpl Arkisto, Arja Laitila, Tuija Sarlin, Jaana Keränen, Johanna Buchert, Riitta Molariu sähköinen versio saatavilla: http://www.vtt.fi/publications/		
VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.		

Alkusanat

Tämä tutkimus, Elintarviketurvallisuus ilmaston muuttuessa (Eliclimate) on osa maa- ja metsätalousministeriön rahoittamaa Ilmastonmuutoksen sopeutumistutkimusohjelmaa (ISTO).

Eliclimate-hankkeen pääasiallisena tavoitteena oli herättää kotimaan elintarvikealan tutkimuslaitokset ja elintarviketeollisuus tunnistamaan ilmastonmuutoksesta aiheutuvia riskejä ja auttaa elintarvikeketjua varautumaan näihin mahdollisiin uhkiin. Tavoitteena oli myös koota yhteen Suomen tutkimuslaitokset, viranomaiset, liitot ja teollisuus sekä yhdessä pohtia ja tunnistaa ilmastonmuutoksen aiheuttamia uhkatekijöitä ja myös mahdollisuuksia.

Hankkeen johtoryhmään kuuluivat ISTO-ohjelman koordinaattori Tiia Yrjölä maa- ja metsätalousministeriöstä, elintarviketurvallisuusyksikön päällikkö Veli-Mikko Niemi maa- ja metsätalousministeriöstä, professori Sirpa Kurppa Maatalouden tutkimuskeskuksesta, ympäristö- ja energia-asioista vastaava asiamies Anna Vainikainen Elintarviketeollisuusliitosta, erikoistutkija Kirsti Jylhä Ilmatieteen laitoksesta ja tutkimusjohtaja Johanna Buchert VTT:stä. Hankkeen projektipäällikkönä oli tutkija Riitta Molarius VTT:stä ja tutkimuksesta vastasivat erikoistutkija Kirsti Jylhä Ilmatieteen laitoksesta sekä erikoistutkija Arja Laitila, tutkija Jaana Keränen ja tutkija Tuija Sarlin VTT:stä.

Tässä tutkimushankkeessa oli neljä osiota: kirjallisuusselvitys, ilmastoskenaarioselvitys, haastattelu ja seminaari. Kirjallisuusselvityksen avulla perehdyttiin julkaistuun tietoon kirjallisuus- ja julkaisuhakujen avulla. Selvityksessä etsittiin elintarvikeketjun haavoittuvuuteen liittyviä signaaleja erityisesti Suomen ja Pohjoismaiden tuotanto-olosuhteiden kannalta. Ilmatieteen laitoksen havaintojen ja ilmastoskenaarioiden avulla perehdyttiin sääolosuhteiden muutoksiin 1900-luvulla ja luotiin tulevaisuusvisioita 2030-luvulle. Haastattelututkimuksen avulla selvitettiin elintarviketurvallisuuden kannalta merkittävät tulevaisuusvisiot ja tunnistettiin eri toimijoiden kannalta merkittävimmät riskitekijät. Hankkeen loppuvaiheessa pidettiin tutkijoiden, viranomaisten ja elintarviketeollisuuden yhteinen työpaja, jonka yhteenveto on myös koostettu tähän raporttiin.

Tämän yhteenvedon tavoitteena on antaa suuntaviivoja siitä, mihin ilmastonmuutoksen ja elintarvikealan yhteisiä voimavaroja pitäisi tulevaisuudessa kohdentaa, jotta turvallinen kotimainen elintarviketuotanto on tulevaisuudessakin mahdollista.

Kiitämme kaikkia projektiosapuolia, haastateltuja ja tutkimukseen osallistuneita henkilöitä.

Tampere 9.04.2010

Tekijät

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	3
Sanasto	6
1 Johdanto.....	8
2 Elclimate-hanke	10
2.1 Tavoite ja toteutus.....	10
2.2 Tulosten arviointia.....	11
3 Ilmasto ja sen muuttuminen.....	12
3.1 Suomen ilmaston nykyisistä piirteistä	12
3.2 Maailmanlaajuinen ilmastonmuutos	13
3.3 Skenaariot Suomen ilmaston muuttumisesta	17
3.4 Ilmastonmuutos ja elintarviketuotanto.....	20
4 Elintarviketurvallisuus tänään	22
4.1 Elintarviketurvallisuuden valvonta.....	22
4.2 Elintarvikevälitteiset epidemiat.....	23
4.3 Vesivälitteiset epidemiat.....	27
5 Ilmastonmuutoksen vaikutus maatalouteen.....	30
5.1 Viljelysmaan laatu	30
5.2 Vesitalous	31
5.3 Kasvilajien muutostarpeet ja kasvinjalostuksen mahdollisuudet	32
5.3.1 Haastateltavien näkemykset	32
5.3.2 Tutkimus Suomessa	34
5.4 Kasvitaudit ja tuholaiset	34
5.4.1 Haastateltavien näkemykset	34
5.4.2 Kasvitautilien lisääntyminen.....	35
5.4.3 Kasvitautilien siirtyminen uusille alueille	37
5.4.4 Kasvituholaisten torjunta.....	38
5.4.5 Homeiden tuottamat mykotoksiinit	39
5.5 Ilmastonmuutokseen liittyviä tutkimustarpeita maataloudessa.....	43
6 Ilmastonmuutoksen vaikutus eläintuotantoon.....	44
6.1 Eläin- ja kasvitaudeista aiheutuvat muutosodotukset.....	44
6.2 Eläin- ja kasvitauteihin liittyvää tutkimusta	45
6.3 Vesivälitteisiin haittatekijöihin liittyvää tutkimusta.....	47
6.4 Lääkejäämät eläintuotannossa ja elintarvikkeissa	49
6.5 Ilmastonmuutokseen liittyviä kehitystarpeita eläintuotannossa	49
7 Ilmastonmuutoksen vaikutus vesiviljelyyn	50
7.1 Haastateltavien näkemykset kalataloudesta	50
7.2 Vesien lämpötilan nousun vaikutus vesiekosysteemiin.....	51

7.3	Vesiviljelyyn kohdistuvat tutkimustarpeet.....	53
8	Ilmastonmuutoksen vaikutus porotalouteen.....	54
8.1	Haastateltavien näkemykset	54
8.2	Porotalouden mahdollisia tutkimustarpeita.....	55
9	Ilmastonmuutoksen vaikutus raaka-aineiden, tuotteiden ja kuluttajien altistumisväyliin.....	56
9.1	Ilmastonmuutoksen vaikutus veteen haittatekijöiden välittäjänä	58
9.2	Ilmastonmuutoksen vaikutus hyönteisiin vektori-eläiminä	59
9.3	Kuluttajien ja työntekijöiden altistumisreitteihin liittyvä tutkimustarve	60
10	Elintarvikkeiden tuotantoketju muuttuvassa ilmastossa.....	60
10.1	Tuotantoketjun hygienian ja lämpötilakontrolli.....	60
10.2	Tuotannon hygienian ja lämpötilakontrolliin liittyviä tutkimustarpeita	62
11	Muut hankkeen haastatteluissa esiin nousseet asiat.....	63
11.1	Energiantuotannon muutosten vaikutukset elintarvikeketjuun.....	63
11.2	Epävarmuus elintarvikeketjussa.....	63
11.3	Ruokailutottumukset	65
11.4	Muista asioista esiin nousseet kehitystarpeet	66
12	Eliclimate- tulosten tarkastelua työpajassa.....	67
12.1	Miltä Suomen ilmasto näyttää 2040-luvulla? (Jylhä)	67
12.2	Ilmaston muutos ja elintarviketuotannon turvallisuus – Mitä signaaleja löytyy kirjallisuudesta? (Laitila).....	68
12.3	Elintarviketeollisuuden ilmastovaikutukset ja niiden hillintä (Vainikainen)	68
12.4	Eliclimate-hankkeen haastattelututkimus (Keränen)	69
12.5	Loppukeskustelu	70
13	Johtopäätökset	72
13.1	Yleistä ilmastonmuutoksesta ja elintarviketurvallisuudesta.....	72
13.2	Eliclimate-hankkeen johtopäätökset.....	73

Liitteet:

Liite 1	Eliclimate-hankkeessa haastatellut henkilöt
Liite 2	Ilmastonmuutoksen vaikutukset elintarviketuotannon turvallisuuteen – haastattelukysymykset
Liite 3	Seminaaripäivän ohjelma ja seminaarin osallistujat
Liite 4	Miltä Suomen ilmasto näyttää 2040-luvulla? Seminaariesitys. Kirsti Jylhä, Ilmatieteen laitos
Liite 5	Ilmaston muutos ja elintarviketuotannon turvallisuus – millaisia signaaleja löytyy kirjallisuudesta. Seminaariesitys. Arja Laitila, VTT
Liite 6	Elintarviketuotannon ilmastovaikutukset ja niiden hillintä. Seminaariesitys. Anna Vainikainen, Elintarviketeollisuusliitto
Liite 7	Eliclimate-hankkeen haastattelututkimus – Ilmastonmuutoksen uhat haastattelujen perusteella. Seminaariesitys. Jaana Keränen, VTT.

Sanasto

EFSA	European Food Safety Authority, Euroopan Elintarvike-turvallisuusvirasto.
Elintarviketurvallisuus	Elintarvikkeet eivät vahingoita kuluttajaa, kun niitä käsitellään ja nautitaan käyttötarkoituksensa mukaan (SFS-EN ISO 22000 Elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmät - Vaatimukset kaikille elintarvikeketjun organisaatioille, 2006).
Elintarviketuotannon turvallisuus	Tässä hankkeessa ”elintarviketuotannon turvallisuus” tarkoittaa elintarviketuotantoketjun kykyä toimittaa tuotteita, jotka eivät vahingoita kuluttajaa (vrt. edellinen).
Evira	Elintarviketurvallisuus virasto (katso sivu 23)
HACCP	Tuotantoprosessin mikrobiologisten, biologisten, kemiallisten ja fysikaalisten riskien tunnistusmenetelmä, (Hazard Analysis and Critical Control Points).
ISTO-ohjelma	Ilmastonmuutoksen sopeutumistutkimusohjelma (ISTO) on maa- ja metsätalousministeriön koordinoima tutkimusohjelma, joka liittyy kansalliseen ilmastonmuutoksen sopeutumisstrategiaan. Tutkimusohjelman tavoitteena on tuottaa käytännön sopeutumistoimien suunnitteluun tarvittavaa tietoa ja edistää tiedon soveltamista käytäntöön. Tutkimusohjelma on viisivuotinen (2006-2010), ja sen rahoitus tulee useasta lähteestä. Tutkimuksia toteutetaan eri laitosten tulosohjauksen, ministeriöiden hankerahoituksen sekä muun tutkimus- ja kehitysrahoituksen turvin.
Ilmastonmuutos	Tässä hankkeessa ”ilmastonmuutos” tarkoittaa ilmastomallien avulla ennustettua maapallon ilmaston lämpenemistä, jonka arvioidaan vaikuttavan erityisen voimakkaasti pohjoisilla leveyspiireillä.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli.
RASFF	RASFF = Rapid Alert System for Food and Feed on Euroopan komission hallinnoima hälytysjärjestelmä, joka välittää tietoa terveydelle vahingollisista elintarvikkeista ja rehuista Euroopan unionin alueella. Järjestelmässä ovat mukana Euroopan unionin

jäsenvaltiot, EFTA-maat, komissio ja elintarviketurvallisuusviranomaiset EFSA. (RASFF 2008).

RYMY	Eviran ja THL:n yhteinen ruokamyrkytys-epidemioiden raportointijärjestelmä
SRES-päästöskenaariot	SRES-skenaariot tarkoittavat päästöskenaarioita, jotka IPCC esitteli vuonna 2000 raportissaan ”Special Report on Emissions Scenarios” käytettäväksi päästöskenaarioina ilmastomallien ajossa.
THL	Terveyden- ja hyvinvoinnin laitos (katso sivu 22).
Vektorit	Biologiassa vektori tarkoittaa kuljettajaa. Tässä sillä tarkoitetaan eliötä, joka kuljettaa taudinaiheuttajan isäntäeliöstä toiseen.
Zoonoosi	Tauti, joka voi tarttua eläimestä ihmiseen ja ihmisestä eläimeen.

1 Johdanto

Keskustelu ilmaston lämpenemisestä ja elintarviketuotannon turvallisuudesta käy vilkkaana ja erilaisia aihepiiriin liittyviä tutkimuksia ja selvityksiä valmistuu nopeassa tahdissa. Euroopan Elintarviketurvallisuusvirasto EFSA (European Food Safety Authority) ja monet kansalliset riskinarviointiryhmät työskentelevät kiinteästi kuluttajien terveyden turvaamiseksi ja elintarviketuotannon häiriöttömän jatkuvuuden takaamiseksi. Lukuisissa selvityksissä on arvioitu, että ilmastonmuutos on keskeinen ruokaturvallisuutta tulevaisuudessa uhkaava tekijä.

On ennustettu, että laajoilla alueilla nykyisissä kehitysmaissa kuivuus tulee lisääntymään samoin kuin äärimmäisen vaihtelevat sääilmiöt kuten tulvat ja rankkasateet. Vedenpinnan nousu uhkaa tuhota myös laajoja tuottavia maatalousalueita rannikkoalueilla. Vakavimmat ilmaston lämpenemisestä aiheutuvat vaikeudet kohdistuvat kuitenkin köyhimpiin maihin, joissa jo nyt talouskasvu on hidasta, oma elintarviketuotanto niukkaa ja iso osa väestöstä kärsii nälänhädästä.

Arvioiden mukaan elintarvikkeiden tuotantopaineet siirtyvät maapallon pohjoisosiin. Suomen ja Pohjois-Euroopan elintarviketuotannon uskotaan selviytyvän lievimmin vaurioin ja sopeutuvan paremmin tuleviin muutoksiin. Alueelliset erot tulevat kuitenkin olemaan suuria ja tuotantoalueiden sijainti tulee olemaan ratkaisevassa asemassa.

Ilmastonmuutos koettelee myös Suomea. Suurimmat muutokset näkyvät todennäköisesti talvisäässä talvien laultuessa ja sateiden lisääntyessä. Pitkät hellejaksot kesällä ja kuivuuskaudet voivat yleistyä. Toisaalta voimakkaiden rankkasateiden aiheuttamien tulvien ennustetaan lisääntyvän. Suomen kannalta pitenevä kasvukausi voi olla mahdollisuus ja oikein hyödynnettynä saattaa lisätä tuotantoa. Lisäksi meillä on runsaat vesivarat, joten vesipula tuskin tulee olemaan haaste. Vaikka lämpötilan nousu voi pidentää kasvukautta, valon määrä ei tule tulevaisuudessakaan lisääntymään.

Tässä tutkimuksessa keskitytään suomalaisen elintarvikeketjun haavoittuvuuteen ilmastonmuutoksen aiheuttamassa paineessa. Siinä pohditaan mm. niitä alkutuotannon alueita, joihin sääolosuhteilla on merkittävä vaikutus. Näitä ovat mm. eläinperäisten raaka-aineiden tuotanto, vesiviljely (kalat, äyriäiset, elintarvikkeina käytetyt levät) sekä kasvipohjaisten elintarvikkeiden tuotanto. Lisäksi etsitään signaaleja ilmastonmuutoksen suorista vaikutuksista elintarviketurvallisuuteen ja elintarvikkeiden tuotantoprosessin hygieniaan.

Elintarvikkeiden tuotantoa samanaikaisesti ohjaavat globaalit trendit, kuten poliittiset toimet sekä veden ja energian käytön vähentämispaineet, on tässä tutkimuksessa jätetty vähemmälle tarkastelulle.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on auttaa koko elintarvikealan arvoketjua tunnistamaan ja ymmärtämään ilmastonmuutoksesta aiheutuvia haasteita ja valmistautumaan niihin.

Raportti koostuu 13 luvusta, joissa on pyritty kuvaamaan tämän hetkistä tietoa ja osaamista, joka voi vaikuttaa elintarviketuotannon turvallisuuteen tulevaisuudessa. Luvussa 2 on kuvattu tämän Eliclimate-hankkeen tavoitteet ja toteutus menetelmäkuvauksineen sekä arvioitu hankkeen tuloksia.

Raportin luvussa 3 on kuvattu tämän hetken Suomen ilmaston piirteitä ja kerrottu niistä muutoksista, joita ilmaston lämpeneminen voi meillä aiheuttaa. Tämä luku esittelee pääosin Ilmatieteen laitoksen tuottamaa ilmastotietoa. Luku 4 käsittelee elintarvikevalvontaa ja elintarvike- ja vesivälitteisten epidemioiden tämän hetken tilannetta Euroopassa ja erityisesti Suomessa.

Raportin lukuihin 5 – 10 on koottu yhteen sekä tutkimustietoa kirjallisuusselvityksestä että haastattelujen antamia näkökulmia, niin mahdollisuuksia, uhkia kuin sopeutumistoimiakin. *Haastatteluissa esiin nousseet asiat on kursivoitu, jotta ne erottuisivat paremmin kirjallisuustutkimuksen esiin nostamasta tiedosta.* Maataloudessa odotettavia muutoksia on kuvattu luvussa 5 ja eläintuotannon mahdollisia muutoksia luvussa 6. Vesiviljely on esitetty omana alueenaan luvussa 7 ja porotalous luvussa 8.

Luvussa 9 on käsitelty ilmastomuutoksen vaikutuksia kuluttajien altistumiseen mikrobiologisille kontaminanteille muuttuvassa ilmastossa. Ilmastomuutoksen mahdollisia vaikutuksia elintarvikkeiden prosessointiin ja kuljetuksiin on tarkasteltu luvussa 10.

Luvussa 11 on esitetty muita, lähinnä alkutuotantoon liittyviä, haastatteluissa esiin tulleita näkemyksiä ja niihin liittyviä kehitystarpeita. Lukujen 5 – 11 lopussa on tarkasteltu asiakohtaan liittyviä kehitys- tai tutkimustarpeita.

Raportin luvussa 12, Eliclimate-hankkeen tulosten tarkastelu työpajassa, on katsaus hankkeen loppuseminaarissa esiinnousseisiin näkökohtiin ja pohdintoihin. Viimeisenä luvussa 13 esitetään sekä johtopäätöksiä alan tutkimuksen tilanteesta kirjallisuusselvityksen pohjalta että johtopäätöksiä erillisistä tutkimusalueista ja niissä esiin nousseista, mahdollisista tutkimusteemoista.

2 Eliclimate-hanke

2.1 Tavoite ja toteutus

Eliclimate-hankkeen tavoitteena oli herättää elintarvikealan tutkimuslaitokset ja elintarviketeollisuus tunnistamaan ilmastonmuutoksesta aiheutuvia riskejä ja auttaa elintarvikeketjua varautumaan riskeihin. Hanketta suunniteltaessa arveltiin, että erityisen tärkeää olisi tunnistaa Suomen kannalta merkittävimpiä ongelmakenttiä, jotta myös EU:n seuraavan puiteohjelman tutkimusta voitaisiin suunnata niiden ratkaisemiseen.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n standardi ”Elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmät - Vaatimukset kaikille elintarvikeketjun organisaatioille” määrittelee elintarviketurvallisuus-käsitteen seuraavasti: Elintarvikkeet eivät vahingoita kuluttajaa, kun niitä käsitellään ja nautitaan käyttötarkoituksensa mukaan (SFS-EN ISO 22000, 2006). Sitä mukaillen tässä hankkeessa ”elintarviketuotannon turvallisuus” tarkoittaa elintarviketuotantoketjun kykyä toimittaa tuotteita, jotka eivät vahingoita kuluttajaa.

Eliclimate-hankkeen lähtötietoina käytettiin perinteisen kirjallisuusselvityksen lisäksi hyväksi mm. alueellisia ilmastoskenaarioita. Hankkeessa pyrittiin tunnistamaan alustavasti Suomen elintarviketeollisuuden koko arvoketjun riskit muuttuvassa ilmastossa käyttäen hyväksi niin ilmastonmuutoksesta olevaa tietämystä kuin myös jo julkaistuista elintarvikealaan liittyvästä tutkimuksesta löytyviä heikkoja signaaleja.

Tutkimus toteutettiin neljänä eri vaiheena: kirjallisuuskatsaus, ilmastoskenaarioiden kokoaminen, haastattelut ja asiantuntijaseminaari. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli koostaa kuva nykyisestä alueeseen liittyvästä tutkimustoiminnasta ja tutkimustiedosta. Sitä varten etsittiin kirjallisuudesta signaaleja siitä, millaisia vaikutuksia ilmastonmuutoksella on elintarviketuotannon turvallisuuteen, minkä tyyppisiä haittatekijöitä mahdollisesti esiintyy ja miten ne voivat päätyä elintarvikkeiden tuotantoketjuun.

Koska elintarviketurvallisuuden kannalta mikrobit ovat keskeisin haittatekijä, tässä osuudessa keskityttiin erityisesti niihin ja niiden toiminnasta aiheutuviin uhkiin. Kirjallisuuskatsaus koottiin VTT:llä. Ilmatieteen laitos tuotti hanketta varten havaintoihin ja mallinnuksiin perustuvia ilmastoskenaarioita. Niitä käytettiin tukena muun muassa haastatteluissa, joissa selvitettiin haastateltavien tunnistamia alan kehitystarpeita. Hankkeessa haastateltiin yhteensä 18 asiantuntijaa, jotka edustivat pääosin tutkimuslaitoksia, viranomaisia ja elintarviketeollisuutta. Haastateltavat on esitetty liitteessä 1.

Haastattelujen tavoitteena oli selvittää, mitkä asiat koettiin merkittävimpinä ilmastonmuutoksesta aiheutuvina uhkina elintarviketuotannolle ja -teollisuudelle. Lisäksi tarkoituksena oli saada kuva siitä, miten paljon ilmastonmuutoksen aiheuttamaa uhkaa oli käsitelty haastateltavien toimintaympäristössä.

Haastattelut tehtiin semistrukturoituina asiantuntijahaastatteluina puhelimitse lokamarraskuussa 2009. Kukin haastattelu kesti noin 0,5 – 1 tuntia. Haastateltaville lähetettiin

etukäteen kuvamateriaali, joka kertoi Suomen muuttuvasta ilmastosta vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi haastateltavat saivat haastattelukysymykset etukäteen (liite 2).

Kirjallisuuskatsauksen ja haastattelujen valmistuttua pidettiin asiantuntijaseminaari Ilmatieteen laitoksella 22.1.2010 (liite 3). Seminaarin tavoitteena oli koota yhteen elinkeinoelämän, tutkimuslaitosten ja elintarviketuotannon valvojia luomaan yhteistä näkemystä siitä, miten ilmastonmuutoksen tuomaan uhkaan voisi sopeutua. Seminaariin osallistui 21 asiantuntijaa (liite 3).

Seminaarissa esiteltiin Eliclimate-hankkeen tulokset, joista keskusteltiin sekä kasvokkain että tietokonevälitteisen Thinktank-menetelmän avulla. Thinktank-menetelmää käytettiin, jotta voitiin saada esiin kaikkien osallistujien näkökulmia niihin teemoihin, joissa he olivat asiantuntijoita. Menetelmän teknisenä asiantuntijana toimi tutkija Markus Porthin VTT:ltä. Asiantuntijaseminaarin esittelymateriaalit ovat liitteinä 4 - 7.

2.2 Tulosten arviointia

Eliclimate-hanke toteutettiin kirjallisuustutkimuksena, asiantuntijahaastatteluina ja asiantuntijaseminaarina. Sekä haastatteluiden että seminaarin taustatietoina käytettiin Ilmatieteen laitoksen tuottamia skenaarioita Suomen ilmastosta 2030-luvulla.

Ilmatieteen laitoksen toimittamat skenaariot pohjautuvat yleisesti hyväksytyihin ilmastomalleihin ja päästöskenaarioihin. Näin ollen ne edustavat alansa parasta tietämystä ja antoivat hyvän pohjan keskusteluille sekä haastateltavien että seminaarin osallistuneiden kanssa.

Kirjallisuustutkimuksen tekivät VTT:n mikrobiologian tutkijat. Heidän työpanoksensa keskittyi nimenomaan tarkastelemaan ilmastonmuutoksesta aiheutuvia mikrobiologisia ja biologisia muutoksia Euroopan tasoisesti peilaten tilannetta myös Suomessa tehtävään alan tutkimukseen. Koska hankkeeseen varattu aika oli rajallinen, ei siinä ollut mahdollisuutta laajentaa aluetta koskemaan esimerkiksi ilmastonmuutoksesta alkutuotannolle aiheutuvia kemiallisia tai fysikaalisia muutoksia.

Haastattelututkimus tehtiin lokakuussa vuonna 2009. Tutkimukseen pyrittiin ottamaan mukaan mahdollisimman laajalti viranomaisia, tutkijoita ja elintarviketeollisuuden edustajia. Koska haastatteluun varattu kalenteriaika oli lyhyt, kaikki pyydetty asiantuntijat eivät voineet järjestää aikaa haastattelulle. Tämän vuoksi joitakin osa-alueita saattoi edustaa vain yksi tai kaksi asiantuntijaa. Tästä seuraa se, ettei kaikkia haastatteluissa esiin nousseita näkemyksiä voitu koota kattaviksi yleistyksiksi.

Asiantuntijaseminaari järjestettiin Ilmatieteen laitoksella 22.1.2010. Seminaarin kutsu lähetettiin noin 50 asiantuntijalle, joista tilaisuuteen osallistui 21 henkilöä. Paikalla olevat henkilöt edustivat kuitenkin tasapuolisesti eri tahoja, joten heitä voidaan pitää kattavana otoksena maamme viranomaisista, tutkijoista ja elinkeinoelämästä. Näin ollen heidän näkemyksensä peilaa hyvin maamme yleistä näkemystä ilmastonmuutoksen vaikutuksesta elintarviketeollisuuteen.

3 Ilmasto ja sen muuttuminen

3.1 Suomen ilmaston nykyisistä piirteistä

Suomen ilmastolla tarkoitetaan maallemme tyypillistä säätä ja sen vaihteluita ääritilanteineen 30 vuoden tai pidemmänkin ajan kuluessa. Suomen ilmaston määrää pitkälti maan sijainti 60. ja 70. leveyspiirin välissä Euraasian mantereen laidalla Skandinavian niemimaan ja Itämeren erottaessa sen Pohjois-Atlantin valtamerestä. Valtamereltä saapuvien lauhojen ilmavirtausten ansiosta Suomen keskilämpötila on useita asteita korkeampi kuin keskimäärin maapallolla näin lähellä pohjoisnapaa. Toisaalta maamme ilmastolle ovat luonteenomaisia sään taajat vaihtelut. Ilmavirtausten käydessä idän puolelta Euraasian mantereen sisäosista sää on kesällä tyypillisesti helteinen, kun taas talvella vallitsee tuolloin kireä pakkaneen.

Vuoden keskilämpötila laskee lounaisaarihosta Lapin perukoille mentäessä lähes 9 °C. Tämän pohjoista kohti tapahtuvan viilenemisen lisäksi ilmasto vaihtelee myös paikallisesti esimerkiksi maakuntien eri osien välillä. Nämä alueelliset vaihtelut aiheutuvat pääosin maaston korkeudesta ja vesistöistä (Kersalo ja Pirinen, 2009). Keskimäärin keskilämpötilat ovat kohonneet Suomessa noin 0,9 astetta vuosien 1908 ja 2008 välillä (Tietäväinen et al., 2010).

Maamme ilmastossa on myös tulevaisuudessa sekä mantereisia että merellisiä piirteitä. Kun tuuli puhaltaa idästä, talvella on tulevaisuudessakin tuolloin vallitsevan mittapuun mukaan kylmää, mutta maapallon ilmaston yleisen lämpenemisen vuoksi kuitenkin nykyistä lauhempaa. Kesällä puolestaan idänpuoleiset tuulet tuovat tulevaisuudessa mukanaan entistä tukalampia helteitä. Nykyään, vuosien 1971–2000 havaintojen perusteella, hellettä on Etelä-Suomen sisäosissa keskimäärin noin 15 päivänä vuodessa, rannikon läheisyydessä harvemmin (www.fmi.fi).

Suomessa sataa yleensä kohtuullisesti kaikkina vuodenaikoina, eniten kuitenkin heinä-elokuussa ja vähiten keskitalvella ja keväällä. Etelä- ja Länsi-Suomessa kuukauden sademäärä ylittää noin 140 mm keskimäärin kerran 10 vuodessa, ja sama toistuvuus aika on yli 50 mm:n suuruisella yhden vuorokauden sademäärällä. Näin suuret sademäärät saattavat aiheuttaa tulvia. Toisaalta kesään osuva kuiva jakso, jonka aikana sadetta kertyy yhteensä vain 10 mm, on keskimäärin kerran 10 vuodessa niinkin pitkä kuin 40 vrk (Venäläinen et al., 2009).

Pysyvä lumipeite saapuu suureen osaan Lappia keskimäärin jo lokakuussa, lounaisaarihoston vasta tammikuun alussa. Kerran 10 vuodessa saavutettava lumen syvyys vaihtelee lounaan 65 cm:n ja Lapin 110 cm:n välillä. Lounaisaarihostossa lumipeitepäiviä on keskimäärin vajaa sata eli alle puolet siitä, mitä pohjoisessa. Toisaalta lumisuus vaihtelee paljon talvesta toiseen. Esimerkiksi Helsingissä ennätyslauhana talvena 2007/2008 lumi pysyi yhtäjaksoisesti maassa pisimmillään vain puolitoista viikkoa, joskin kahteen otteeseen (www.fmi.fi).

Suomessa tuuli yltyy myrskylukemiin, mikä tarkoittaa 10 minuutin keskituulta yli 21 m/s, vain merialueilla, mutta sisämaassakin tuuli voi olla vaarallisen voimakasta. Vuosina 1961–2000 tuulen keskinopeus ylitti 14 m/s jossakin päin sisämaata ainakin 155 kertaa (keskimäärin noin neljä kertaa vuodessa), mutta 17 m/s oli jo huomattavasti harvinaisempi nopeus: viisi

kertaa koko 40-vuotisjaksona (Gregow et al. 2008). Lounaistuulet ovat maassamme vallitsevia, ts. enin osa tuulista puhaltaa etelän ja lännen väliltä.

3.2 Maailmanlaajuinen ilmastonmuutos

Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus (CO₂) on noussut yli 105 ppm teollistumista edeltävältä tasolta ja on nyt noin 388 ppm (NOAA/ESRL 2010). Fossiilisten polttoaineiden käytöstä, sementin tuotannosta ja maankäytön muutoksista (lähinnä metsien hävityksestä) aiheutuvat CO₂-päästöt olivat 27 % suurempia vuonna 2008 kuin vuonna 1990. Päästöjen seurauksena ilmakehän CO₂-pitoisuus on kasvanut kiihtyvällä vauhdilla: 1990-luvulla kasvunopeus oli noin 1,5 ppm/vuosi, mutta v. 2000–2008 keskimäärin 1,9 ppm/vuosi. Päästöistä yli puolet sitoutuu valtameriin ja maaperään, mutta tämä osuus on jo todennäköisesti alkanut pienentyä. (Allison et al. 2009).

Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (Intergovernmental Panel on Climate Change) IPCC:n laatimien ns. SRES-päästöskenaarioiden mukaan CO₂-pitoisuus olisi vuonna 2040 noin 450–500 ppm ja vuonna 2100 540–960 ppm riippuen siitä, millaiset teknistaloudelliset ja sosiologiset kehityskulut toteutuvat maapallolla. Vastaavia pitoisuusskenaarioita on tehty muillekin kasvihuonekaasuille sekä ilmaston kannalta oleellisille ilmakehän pienhiukkasille. Näitä pitoisuusskenaarioita ollaan parhaillaan uusimassa, mutta mikäli toteutuvat pitoisuudet osuvat kyseisten SRES-skenaarioiden osoittamaan haarukkaan, niiden aiheuttama kasvihuoneilmaston voimistuminen seurauksineen nostaisi maapallon keskilämpötilaa tämän vuosisadan loppuun mennessä 1,8 – 4,0 °C, kun vertailujaksona on 1980–1999. Nämä luvut perustuvat ilmastomallien antamiin parhaisiin arvioihin; koko epävarmuusväli on 1,1 – 6,4 °C (IPCC 2007a).

Maapallon keskilämpötila on noussut noin 0,2 °C vuosikymmenessä viimeisen 25 vuoden aikana (Allison et al. 2009), ja lämpenemisen ennustetaan jatkuvan oleellisesti samansuuruisena kaikissa kasvihuonekaasuskenaarioissa myös lähivuosikymmeninä (IPCC, 2007a). Ilmaston luonnollisen vaihtelun takia on kuitenkin odotettavissa, että lämpeneminen välillä kiihtyy, välillä hidastuu. Esimerkiksi Tyynen valtameren El Niño -vaihe¹ voi nostaa maapallon keskilämpötilaa jopa 0,2 astetta muutaman vuoden ajaksi. Vastakkainen La Niña-vaihe erityisen voimakkaana ollessaan puolestaan lyhytaikaisesti viilentää maapallon keskilämpötilaa. Eniten tämä usean vuoden jaksolla toistuva valtameren ja ilmakehän heilahtelu (ns. ENSO – El Niño-Southern Oscillation) vaikuttaa tropiikissa ja sen lähialueilla.

Kasvihuoneilmaston voimistumisen aiheuttama lämpeneminen jakaantuu epätasaisesti eri puolille maapalloa. Nopeimmin lämpenevät mantereet ja pohjoinen napa-alue, hitaimmin Etelämannerta ympäröivä meri ja Atlantin pohjoisosat. Tämä ilmastomallien ennustama muutosten maantieteellinen jakauma on yhdenmukainen sen kanssa, mitä viime vuosikymmeninä on havaittu, ja jakauman muoto säilyy myös siirryttäessä kasvihuonekaasuskenaariosta toiseen tai ajassa eteenpäin.

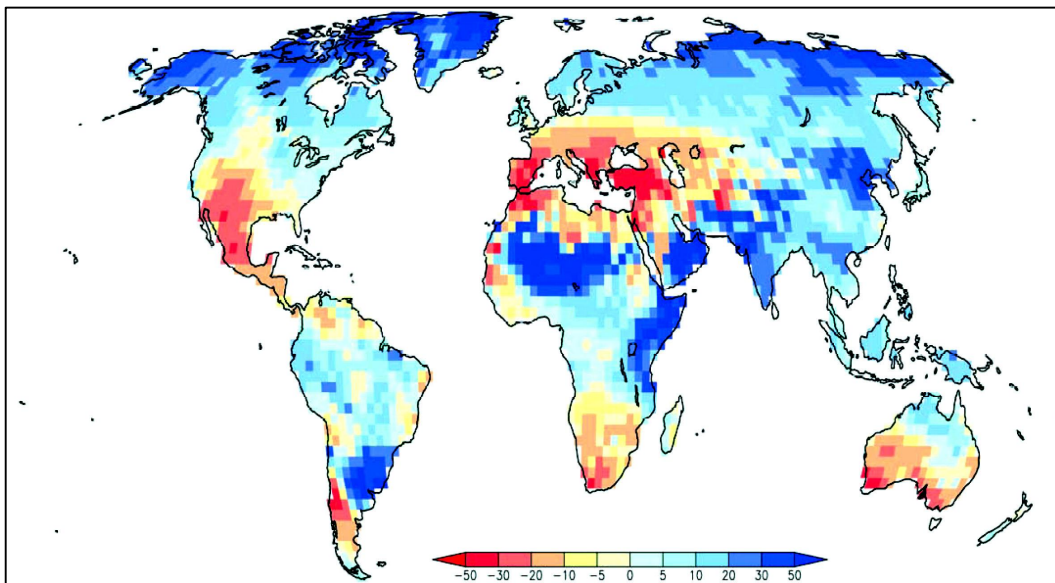
Lämpenemisen takia lumi- ja jääpeitteet kutistuvat ja ikirouta ohenee. Alueellisesti epätasainen lämpeneminen muuttaa ilmapvirtauksia, ja myrskyradat siirtyvät lähemmäksi napa-

¹ El Niño tarkoittaa tilannetta, jossa ilmanpaine nousee päiväntasaajan tienoilla Tyynenmeren Indonesian puoleisessa länsiosassa, pasaatituulet laantuvat ja siitä seuraa meren pintaveden lämpeneminen Tyynenmeren itäosassa Etelä-Amerikan rannikon edustalla. Lämpeneminen ilmenee noin 2-7 vuoden jaksoissa. Vuoden 1980 jälkeen El Niño -tapahtumat ovat olleet voimakkaampia ja niitä on tapahtunut useammin. (Rosenzweig et al. 2001).

alueita (IPPC, 2007a). Myrskyraatojen muutokset, samoin kuin se, että ilmakehässä on entistä enemmän vesihöyryä, vaikuttavat myös sateiden esiintymiseen. Korkeilla leveysasteilla varsinkin talvisademäärät kasvavat hyvin todennäköisesti.

Subtrooppisilla maa-alueilla sademäärät todennäköisesti pienenevät. Etelä- ja Länsi-Euroopassa kesäsateiden väheneminen on hyvin todennäköistä. Niinpä ilmastonmuutos vaikuttaa veden saatavuuteen ja laatuun. Esimerkiksi Välimeren ympäristössä vettä on tulevaisuudessa käytettävissä entistä vähemmän. Tämä ilmenee kuvasta 1, joka esittää valunnan eli sademäärän ja haihtuneen vesimäärän erotuksen arvioitua muutosta vuosisadan loppuun mennessä A1B-päästöskenaariossa². Kyseisessä skenaariossa päästöt kasvavat aluksi nopeasti, mutta kääntyvät sitten laskuun ja ovat vuosisadan lopulla melko maltillisia.

Pohjois-Euroopan talvilämpötiloihin vaikuttaa niin nykyisessä kuin tulevassakin ilmastossa se, kuinka voimakkaat länsivirtaukset vallitsevat ilmakehässä Pohjois-Atlantin yllä eli kuinka voimakkaassa vaiheessa on ns. Pohjois-Atlantin heilahtus (North Atlantic Oscillation, NAO). Länsivirtausten kuljettamat matalapaineet tuovat mukanaan lämpöä, tuulia ja sateita. On viitteitä siitä, että ilmastonmuutos lisää heilahtelun voimakkuutta kuvaavan NAO-indeksin positiivista eli länsivirtausten vaihetta. Positiivisen NAO-indeksin talvet ovat tulevaisuudessakin Pohjolassa leudompia kuin negatiivisen indeksin talvet, mutta samaa NAO-indeksiä vastaa korkeampi talvilämpötila kuin nykyisin. Keskimäärin, eli 30 vuoden keskiarvoina, talvet ovat kasvihuoneilmaston voimistumisen takia kuitenkin selvästi nykyisiä lämpimämpiä.



Kuva 1. Ilmastonmuutoksen vaikutus veden saatavuuteen maapallolla. Värit kuvaavat keskimääräisen vuotuisen valunnan muutoksia prosentteina vuosisadan loppuun mennessä A1B-päästöskenaariossa toteutuessa. Punasävyisillä alueilla valunta keskimäärin vähenee, joten vettä on käytössä nykyistä vähemmän, ja sinisävyisillä alueilla päinvastoin. Saharassa ja muilla hyvin kuivilla alueilla prosentuaaliset muutokset ovat herkkiä pienillekin absoluuttisille muutoksille, jotka eivät todellisuudessa muuta veden saatavuutta juurikaan. Lähde: Nevanlinna (2008), s. 172. Perustuu IPCC (2007b) –raportin kuvaan 3.8.

² A1B-päästöskenaario on nopean taloudellisen kasvun skenaario, mutta se huomioi kaikki energialähteet yhtä merkittävänä tulevaisuuden energiatarpeen täyttäjänä (Gustafsson, 2005).

Ilmakehän NAO-heilahtelun rinnalla Atlantin valtameressä on paljon hitaampia, ihmisiin pituisia heilahteluja (ns. AMO, Atlantic Multidecadal Oscillation), jotka todennäköisesti vaikuttavat mm. Euroopan kesien ilmastoon (IPCC, 2007a). Tämän heilahtelun taustalla ovat ilmeisesti valtameren kolmiulotteisen kiertoliikkeen voimakkuuden vaihtelut. Osana tähän termohaliiniseen kiertoliikkeeseen kuuluvat myös Pohjois-Atlantin pintavirrat, jotka kuljettavat lämpöä tropiikista kohti pohjoista. Meritieteilijöiden nimeämiskäytännön mukaan Pohjois-Amerikan itärannikon Golfvirta jatkuu kohti Eurooppaa Pohjois-Atlantin virtana ja edelleen kohti Jäämerta Norjanvirtana. Ilmastomallien ennusteiden mukaan Pohjois-Atlantin kiertoliike heikkenee ilmaston lämmitessä, mutta siitä huolimatta lämpötilat kohoavat Pohjois-Euroopassa enemmän kuin keskimäärin maapallolla. IPCC-raportin (2007a) kokoamien tutkimusten mukaan on hyvin epätodennäköistä (todennäköisyys alle 10 %), että Atlantin valtameren kiertoliikkeessä esiintyisi äkillisiä voimakkaita muutoksia ennen vuotta 2100. Pimenoff et al. (2008) ovat tarkastelleet kiertoliikkeen mahdollisesta pysähtymisestä aiheutuvia vaikutuksia.

Taulukko 1. Esimerkkejä ilmastonmuutoksen (sekä soveltuvin osin merenpinnan nousun ja ilmakehän CO₂-pitoisuuksien kasvun) ennakoiduista maailmanlaajuisista vaikutuksista tällä vuosisadalla: Ensimmäinen sarake vasemmalla kertoo maapallon keskilämpötilan muutoksen verrattuna jaksoon 1980–1999. Perustuu IPCC (2007b) -raportin taulukkoon SPM.2 ja sen Suomen Ympäristökeskuksessa tehtyyn suomennokseen.

< 1 °C	Vesi	Veden saatavuus paranee kosteassa tropiikissa ja korkeilla leveysasteilla Veden saatavuus vähenee ja kuivuus pahenee keskileveysasteilla ja matalien leveysasteiden aroilla Sadat miljoonat ihmiset altistuvat veden niukkuudelle
	Ekosysteemit	Korallien haalistuminen lisääntyy Lajien elinalueiden siirtymät lisääntyvät, samoin metsäpalojen riski
	Ravinto	Monenlaisia paikallisia haittoja pienviljelijöille, toimeentulon rajalla eläville viljelijöille ja kalastajille
	Rannikot	Kasvavia tulva- ja myrskyvahinkoja
	Terveys	Aliravitsemus, suolistosairaudet, hengitystiesairaudet ja tarttuvat taudit lisääntyvät Helleaaltojen, tulvien ja kuivuuden aiheuttama sairastavuus ja kuolleisuus kasvaa Joidenkin taudinvälittäjien esiintymisalueet muuttuvat
1 - 2 °C	Vesi	Edellä mainitut voimistuvat
	Ekosysteemit	Jopa 30 prosentilla lajeista on kohonnut sukupuuton riski Useimmat korallit haalistuneita
	Ravinto	Joidenkin viljojen sadot pienenevät matalilla leveysasteilla Joidenkin viljojen sadot kasvavat korkeilla ja keskileveysasteilla
	Rannikot	Edellellä mainitut voimistuvat
	Terveys	Edellä mainitut voimistuvat
2 - 3 °C	Vesi	Edellä mainitut voimistuvat
	Ekosysteemit	Laaja korallien kuolleisuus Maaekosysteemit muuttumassa hiilen lähteeksi; 15 % niistä vaikutusten kohteina Ekosysteemien muutoksia valtameren heikkenevän kiertoliikkeen takia
	Ravinto	Edellä mainitut voimistuvat
	Rannikot	Miljoonat uudet ihmiset joutuvat vuosittain rannikkotulville alttiiksi
	Terveys	Edellä mainitut voimistuvat
3 - 4 °C	Vesi	Edellä mainitut voimistuvat
	Ekosysteemit	Maaekosysteemit muuttumassa hiilen lähteeksi; 40 % niistä vaikutusten kohteina
	Ravinto	Kaikkien viljojen sadot pienenevät matalilla leveysasteilla Viljasadot pienenevät joillakin korkeiden ja keskileveysasteiden alueilla
	Rannikot	Noin 30 % maailman rannikkokosteikoista menetetty*
	Terveys	Edellä mainitut voimistuvat Merkittävä kuormitus terveyspalveluille
> 4 °C	Vesi	Edellä mainitut voimistuvat
	Ekosysteemit	Edellä mainitut voimistuvat Merkittävä määrä sukupuuttoja eri puolilla maailmaa
	Ravinto	Edellä mainitut voimistuvat
	Rannikot	Edellä mainitut voimistuvat
	Terveys	Edellä mainitut voimistuvat

*Perustuu merenpinnan keskimääräiseen 4,2 mm/vuosi suuruiseen nousuun jaksolla 2000–2080.

Ilmastomuutoksen vaikutukset tällä vuosisadalla esimerkiksi vesivaroihin, ravinnon tuotantoon ja ihmisten terveyteen riippuvat paljon muutoksen suuruudesta ja nopeudesta. Taulukossa 1 on hahmoteltu ilmastomuutoksen vaikutuksia sen mukaan, kuinka paljon maapallon keskilämpötila muuttuu.

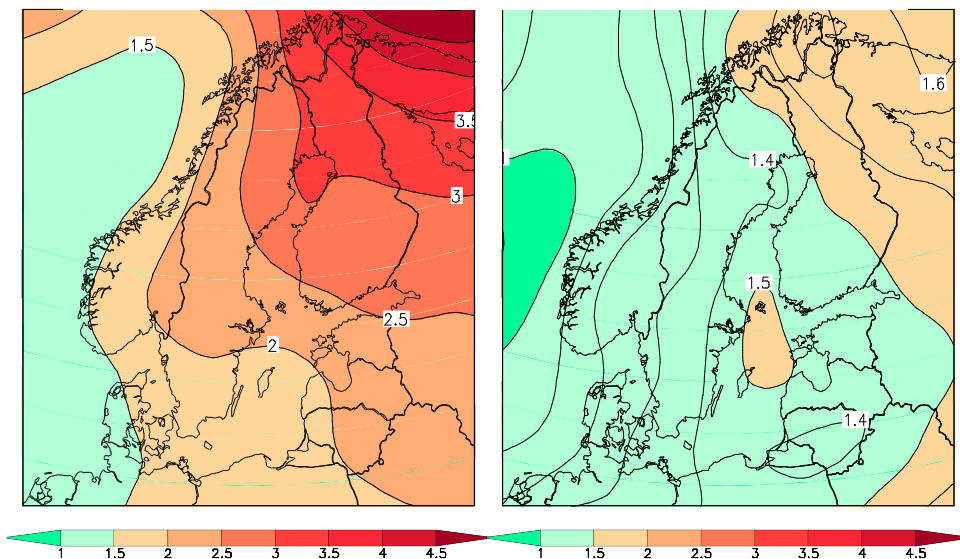
Ilmastossa tapahtuvilla muutoksilla tulee olemaan merkittävä vaikutus myös maaperän ja vesistöjen kemiaan ja laatuun. Lämpötilan nousun seurauksena sekä maaperän että merien kapasiteetti absorboida ihmisten toiminnan aiheuttamia CO₂-päästöjä vähenee. Merien puskurikapasiteetin vähenemisen seurauksena on arvioitu, että happamuus lisääntyy. pH-arvon on ennakoitu alenevan noin 0,14–0,35 yksikön välillä 21-vuosituhannella (Miraglia et al. 2009). Happamuuden nousu vaikuttaa osaltaan veden kemiaan ja hidastaa mm. kalkkiintumista. Tämä voi puolestaan hankaloittaa kuorellisten äyriäisten, korallien rakenteiden muodostumista (Miraglia et al. 2009).

3.3 Skenaariot Suomen ilmaston muuttumisesta

Osana Pohjois-Eurooppaa Suomen keskilämpötila kohoaa kasvihuone-ilmion voimistuessa enemmän kuin koko maapallon keskilämpötila, vaikkakin ilmaston luonnollinen vaihtelu lisää lämpötilan heilahtelua vuoroin lämpimään, vuoroin kylmään suuntaan meillä vielä enemmän kuin koko maapallon keskilämpötilaa ajatellen. Pitkän aikavälin lämpenevästä trendistä maassamme ilmastomallit ovat kuitenkin hyvin yksimielisiä (Jylhä et al. 2009).

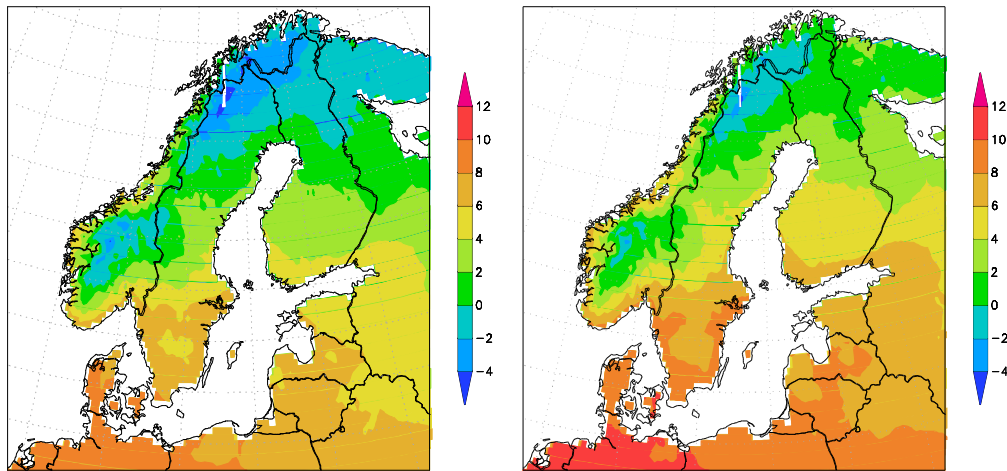
Kuvassa 2 on esitetty lämpenemisen alueellinen jakauma Suomessa talvella ja kesällä jaksoon 2020–2049 (suunnilleen 2030-lukuun) mennessä, kun vertailujaksona on 1971–2000. Pohjoisessa muutokset ovat hieman suurempia kuin etelässä, ja lämpeneminen painottuu talveen.

Koko maan jouluhelmikuun keskilämpötilan arvioidaan nousevan 2,9 °C eli keskimäärin 0,6 °C vuosikymmenessä (www.fmi.fi/acclim). Kesä-elokuulle lämpenemisnopeus on vajaa 0,3 °C vuosikymmenessä ja koko vuodelle, samoin kuin välivuodenajoille noin 0,4 °C vuosikymmenessä. Nämä malliarviot ovat lähellä havaittuja Suomen keskilämpötilan trendejä viimeisen 50 vuoden aikana, joskin kolmena lähivuosikymmenenä talven ja koko vuoden keskilämpötilat ovat maassamme kohonneet jopa malliarvioita nopeammin (Tietäväinen et al. 2010).



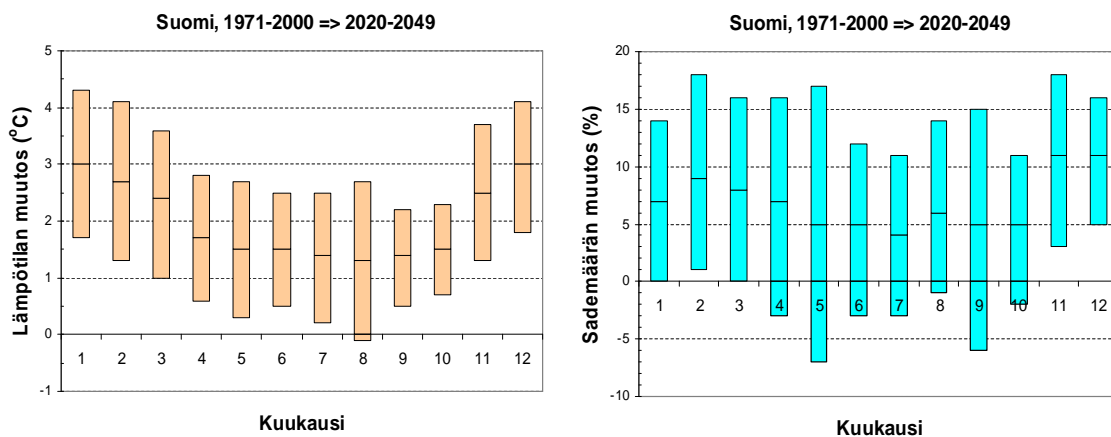
Kuva 2. Lämpötilan ennustettu nousu (°C) jaksosta 1971–2000 jaksoon 2020–2049 keskimäärin jouluhelmikuussa (vasen) ja kesä-elokuussa (oikea) Suomessa ja lähialueilla. Muutokset on laskettu 19 maapallonlaajuisen ilmastomallin A1B-skenaarioajojen keskiarvona. Lisätietoja: Jylhä et al. (2009).

Lämpenemisen myötä nykyiset lämpötilavyöhykkeet (kuva 3) siirtyvät kohti pohjoista. Mallituloksiin perustuva arvio vuoden keskilämpötilojen jakaumasta suunnilleen 2030-luvulla on esitetty kuvan 3 oikeanpuoleisessa kartassa.



Kuva 3. Vuoden keskilämpötilan jakauma Pohjolassa: vasemman puoleisessa kuvassa v. 1971-2000 ja oikeanpuoleisessa v. 2020-2049. Perusjakson 1971–2000 keskilämpötilat on laskettu havainnoista (Haylock et al. 2008). Myöhemmät lämpötilat on saatu lisäämällä havaittuihin keskilämpötiloihin 19 mallin ennustaman lämpötilan muutos keskiarvo A1B-skenaarion toteutuessa. Lisätietoja: Jylhä et al. (2009).

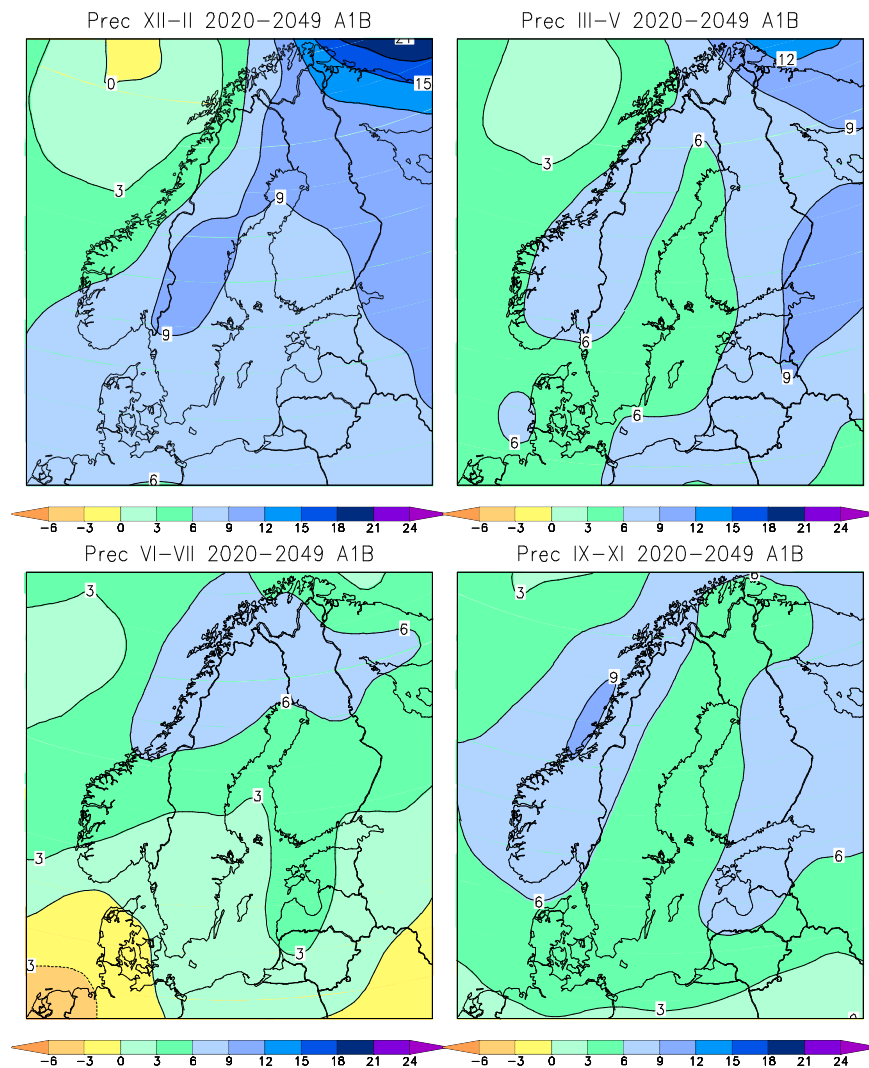
Edellä olevat tarkastelut perustuvat 19 eri ilmastomallin keskimääräisiin tuloksiin. Lämpenemisen suuruus vaihtelee kuitenkin jonkin verran mallikokeesta toiseen. Lisäksi epävarmuutta ennusteisiin aiheutuu ilmaston luonnollisesta vaihtelusta ja tulevien kasvihuonekaasupäästöjen suuruudesta, joskin lähivuosikymmeninä ilmastomuutos etenee eri päästöskenaarioissa melko samaa tahtia. Lämpenemistä kalenterikuukausittain esittävää kuvaa 4 laadittaessa on otettu huomioon sekä tulevien kasvihuonekaasupäästöjen epävarmuus että ilmastomallien erilainen reagoitiherkkyys kaasujen pitoisuuksien muutoksille. Pystypalkkien keskiosa esittää eri ilmastomallin ennustamien muutosten mediaanina saatua parasta arviota, palkkien ala- ja yläreunat puolestaan muutoksen 90 %:n todennäköisyysväliä.



Kuva 4. Lämpötilan (vasen, yksikkö °C) ja sademäärän (oikea, yksikkö %) arvioitu muutos Suomessa kalenterikuukausittain jaksosta 1971–2000 jaksoon 2020–2049. Muutosskenaariot perustuvat 19 ilmastomallin tuloksiin, ja niitä laadittaessa kolme eri päästöskenaariota on oletettu yhtä todennäköisiksi. Pylvään keskikohta vastaa mediaania (50. prosenttipiste), alaraja 5. ja yläraja 95. prosenttipistettä. Prosenttipisteet on ”yhteismitallistettu” vastaamaan vuodenaikoja koskevien muutosarvioiden epävarmuutta. Lisätietoja: Jylhä et al. (2009).

Kuvan 4 mukaan on vielä pieni mahdollisuus, että heinä- ja elokuun keskilämpötila vuosina 2020–2049 olisi lähes sama tai jopa alempi kuin vuosina 1971–2000. Sen sijaan joului- ja tammikuussa on mitä todennäköisintä, että niiden 30 vuoden keskilämpötila on vähintään lähes kaksi astetta korkeampi jaksolla 2020–2049 kuin vertailujaksolla 1971–2000. Toki yksittäisinä vuosina jokin kuukausi tai jopa koko vuosi voi hyvin jäädä vertailujakson keskiarvoa selvästi kylmemmäksi, joskin ajan kuluessa tämä käy yhä harvinaisemmaksi.

Sademäärien muutokset kalenterikuukausittain jaksoon 2020–2049 mennessä on esitetty kuvan 4 oikeanpuoleisessa kartassa. Parasta arviota vastaava alueellinen jakauma Suomessa on puolestaan kuvassa 5. Sademäärän muutos on aluksi melko hidasta, ja niinpä se voi hukkaa vielä lähivuosikymmeninä luonnollisen vaihtelun sekaan.



Kuva 5. Sademäärän ennustettu nousu prosentteina ilmaistuna jaksosta 1971–2000 jaksoon 2020–2049 Pohjois-Euroopassa vuodenajoittain (joului-tammikuu: XII-II, maalisi-toukokuu: III-V, kesä-elokuu: VI-VII, syysi-marraskuu: IX-XI). Muutokset on laskettu 19 maapallonlaajuisen ilmastomallin A1B-skenarioajojen keskiarvona. Lisätietoja: Jylhä et al. (2009).

Taulukossa 2 on esitetty kvalitatiivinen kuvaus muutamien elintarviketuotannon kannalta merkittävien ilmastosuureiden muuttumisesta maamme etelä- ja pohjoisosassa tämän

vuosisadan loppupuolelle tultaessa. Vuosisadan alkupuolta koskeva yhteenvetotaulukko näyttäisi pitkälti samanlaiselta, joskin etenkin kesällä muutokset olisivat pienempiä ja “säilyy suunnilleen ennallaan” -arviota esiintyisi useammin. Poikkeuksen muodostaa nollapistepäivien lukumäärä. Voidaan päätellä, että lämpötilan kohotessa jouluihelmikuun nollapistepäivät yleistyvät aluksi etelässäkin. Vasta ajan myötä, lämpenemisen jatkuessa, tilanne muuttuu taulukon 2 osoittamaksi.

Taulukko 2. Suuntaa antava kuvaus ilmastosuureiden muutoksista Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosisadan lopulle mentäessä vuodenajoin (XII–II: jouluihelmikuu, III–V: maaliskuu–toukokuu, VI–VIII: kesä–elokuu, IX–XI: syys–marraskuu). Lähde: Jylhä et al. (2009).

Muuttuja	Alue	XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI	Vuosi	Huomautuksia
Keskilämpötila	Pohjoinen	+	+	+	+	+	Lämpötilan nousu pienintä kesällä.
	Etelä	+	+	+	+	+	
Keskimääräinen sademäärä	Pohjoinen	+	+	+	+	+	
	Etelä	+	+	/	+	+	
Termisen vuodenajan pituus	Pohjoinen	-	/	+	/		
	Etelä	-	+	+	+		
Vuorokauden ylin lämpötila	Pohjoinen	+	+	+	+	+	Lämpötilan nousu pienintä kesällä.
	Etelä	+	+	+	+	+	
Vuorokauden alin lämpötila	Pohjoinen	+	+	+	+	+	Lämpötilan nousu pienintä kesällä.
	Etelä	+	+	+	+	+	
Pakkaspäivien lukumäärä	Pohjoinen	-	-	-	-	-	
	Etelä	-	-	-	-	-	
Nollapistepäivien lukumäärä	Pohjoinen	+	-	-	-	/	Aluksi talven nollapistepäivät yleistyvät myös etelässä.
	Etelä	/	-	-	-	-	
Lumen vesiarvo	Pohjoinen	-	-		-	-	Vähentäminen alkaa etelästä, samoin syksystä ja keväästä.
	Etelä	-	-		-	-	
Lumipeitepäivien lukumäärä	Pohjoinen	-	-		-	-	Vähentäminen alkaa etelästä, samoin syksystä ja keväästä.
	Etelä	-	-		-	-	
Sadepäivien määrä	Pohjoinen	+	+	()	+	+	
	Etelä	+	()	-	()	+	
Rankkasateiden voimakkuus	Pohjoinen	+	+	+	+	+	
	Etelä	+	+	+	+	+	
Sateettomien kausien pituus	Pohjoinen	/	-	()	-	-	
	Etelä	-	()	()	()	()	
Pilvisuus	Pohjoinen	+	/	(-)	/	+	
	Etelä	+	/	(-)	/	+	
Roudan määrä	Pohjoinen	-	-		-	-	Laskelmat tehty lumettomille alueille (tiet, lentokentät, jne.)
	Etelä	-	-		-	-	

+ = Lisääntyy/kasvaa
 + = Lisääntyy/kasvaa huomattavasti
 - = Vähenee
 - = Vähenee huomattavasti
 / = Säilyy suunnilleen ennallaan
 () = Muutos hyvin epävarma
 Tyhjä = Ei osata sanoa tai merkityksetön

3.4 Ilmastomuutos ja elintarviketuotanto

Elintarviketuotantoon vaikuttavia ilmastotekijöitä ovat etenkin seuraavat:

- lämpötila
- sademäärä
- kuivuus (hellejaksot)
- äärimmäiset sääolosuhteet, esim. tulvat ja rankkasateet
- tuulet
- talvien vaihtelut vuosien välillä ja vuoden sisällä (lumi- ja jääpeitteiden vaihtelut).

Elintarviketuotannon turvallisuuden tarkastelun muuttuvissa ilmasto-oloissa tulee pohjautua sekä ilmastotiedon että muun tutkimustiedon yhteensovittamiseen. IPCC on esittänyt taulukossa 3 olevan arvion ilmastomuutoksen vaikutuksesta eri puolilla Eurooppaa mm.

maanviljelykseen ja kalastukseen olettaen, että sopeutumistoimia ei tehdä. Tämän arvion mukaan Suomi on näiden tekijöiden osalta voittava alue. Haasteeksi muodostuukin ehkä tämän mahdollisen kapasiteetin hyödyntäminen parhaalla mahdollisella tavalla.

Taulukko 3. Yhteenveto ilmastonmuutoksen pääasiallisista vaikutuksista Euroopassa 2000-luvulla olettaen, että sopeutumistoimia ei tehdä. Plus-merkit tarkoittavat positiivista vaikutusta ja miinus -merkit negatiivista vaikutusta. Mitä useampia merkkejä ilmiön perässä on, sitä voimakkaampi vaikutus ilmastonmuutoksella on ilmiöön. ”na” tarkoittaa, että vaikutusta ei ole tunnistettu. Perustuu IPCC (2007b) -raportin taulukkoon 14.2

Sectors and Systems	Impact	Area				
		North	Atlantic	Central	Mediterr.	East
Water resources	Floods	--	--	--	-	---
	Water availability	++	++	-	---	--
	Water stress	++	++	-	---	--
Agriculture and fisheries	Suitable cropping area	+++	++	+	--	-
	Agricultural land area	--	--	--	--	--
	Summer crops (maize, sunflower)	+++	++	+	---	--
	Winter crops (winter wheat)	+++	++	+ / -	--	+
	Irrigation needs	na	+ / -	--	---	-
	Energy crops	+++	++	++	--	-
	Livestock	+ / -	-	--	--	---
Marine fisheries	++	+	na	-	na	
Human health	Health effects of flooding	-	--	--	--	--
	Vector-borne diseases	-	-	-	--	--
	Food safety/Water-borne diseases	-	-	-	--	--

Mikrobien, kasvien ja eläinten elinympäristö, levinneisyys ja monimuotoisuus (biodiversiteetti) tulevat muuttumaan muuttuvien ilmasto-olosuhteiden myötä. Root et al. (2003) totesivat tutkimuksessa, jossa oli koottu yhteen 143 lajeihin ja maapallon lämpenemiseen liittyvää tutkimusta, että 80 % eläin- ja kasvilajeista olivat jo laajentaneet elinympäristöään kohti napa-alueita. Muutos oli odotetusti suurempaa pohjoisnavan lähialueilla, joissa lämpötilan nousu on suurempaa kuin Etelämantereen puolella.

Arktiset alueet toimivatkin kriittisinä alueina, kun tutkitaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia haittatekijöiden kuten taudinaiheuttajien lisääntymiseen. Arktiset alueet ovat olleet kauan eristyneinä ja ilmaston muutokset näkyvät ensimmäisinä näillä alueilla (Parkinson ja Butler 2005). Arktisten alueiden keskilämpötila on noussut keskimäärin enemmän kuin maapallon keskilämpötila viimeisten kahden vuosikymmenen aikana. Lämpötilan nousu mahdollistaa taudinaiheuttajien siirtymisen pohjoisemmille vyöhykkeille.

4 Elintarviketurvallisuus tänään

4.1 Elintarviketurvallisuuden valvonta

Elintarviketurvallisuuden valvontaa johtaa Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. Valvontaa suorittavat pääosin kuntien viranomaiset. Kasvipöytäelinten elintarvikkeiden tuontivalvonnasta vastaa Tullilaitos. Evira tutkii ja valvoo elintarvikkeiden sekä maa- ja metsätalouden tuotantopanosten laatua ja turvallisuutta, eläinten terveyttä ja hyvinvointia sekä kasvinterveyttä. Sen toiminnan päämääränä on varmistaa elintarvikkeiden turvallisuus, edistää eläinten terveyttä ja hyvinvointia, huolehtia kasvin- ja eläintuotannon edellytyksistä sekä kasvinterveydestä. Eviran tekemän elintarvikevalvonnan tehtävänä on valvoa ja edistää kaikkien elintarvikkeiden turvallisuutta, asianmukaista laatua ja koostumusta sekä ehkäistä ja poistaa elintarvikkeista johtuvia terveyshaittoja. (Evira 2010 a)

Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) tehtävänä on tuottaa päättäjille ja kunnille tietoa keskeisistä ympäristöterveyden riskeistä ja niiden torjuntavaihtoehtojen arvioinnista. Ympäristöön keskittyvän terveystutkimuksen tavoitteena on, että suomalaiset voisivat syödä, juoda ja hengittää, liikkua ympäristössään ja käyttää kulutustuotteita ilman terveysuhkia. THL:n vastuualueeseen kuuluu mm. kaivo-, talous- ja uimavesien tutkimus sekä vesiepidemioiden seuranta. Lisäksi laitos kerää tietoa ja tutkii merkittäviä tartuntatauteja, kuten eläimistä ihmisiin siirtyvät influenssat mukaan lukien lintu- ja sikainfluenssa. (THL, 2010 a)

Euroopan parlamentin ns. Zoonosidirektiivi edellyttää jäsenmaita huolehtimaan zoonooseihin, ruokamyrkytys-epidemioiden ja mikrobilääkeresistenssiin liittyvästä yhteistyöstä eri tahojen, kuten eläinlääkinnän, elintarviketurvallisuuden ja terveydenhuollon, välillä. Suomen yhteistyöelimenä toimii vuonna 2007 perustettu Zoonosikeskus. Suomessa tietoa eläimistä ihmisiin siirtyvistä taudeista, zoonooseista, niiden aiheuttajista samoin kuin ja ruokamyrkytys-epidemioiden ja mikrobilääkeresistenssin esiintyvyydestä on ollut saatavilla monesta eri lähteestä, kuten THL:n ja Eviran raporteista, EFSA:n (European Food Safety Authority) kokoamasta Suomen maaraportista ja EU-vuosiyhteenvedosta. Zoonoosi-keskus on THL:n ja Eviran asiantuntijoista muodostuva verkosto, joka kokoaa yhteen direktiivin edellyttämät tiedot. Keskuksella on verkkosivut, (<http://www.zoonosikeskus.fi/portal/fi/>), joihin kootaan aihepiiriä koskevat tilastot ja tutkimustieto. (Zoonosikeskus, 2010)

Suomessa elintarvike- ja vesivälitteisten epidemioiden epäily- ja selvitysilmoitukset tehdään 1.1.2010 alkaen uuteen ruokamyrkytys-epidemiarekisteritietojärjestelmään (RYMY). RYMY on Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen ja Eviran yhteinen raportointijärjestelmä. Järjestelmä korvaa aikaisemmin käytössä olleet faxilla lähetetyt ilmoituslomakkeet. (THL, 2010 b)

Evira toimii elintarvikkeita ja rehuja koskevan nopean hälytysjärjestelmän (Rapid Alert System for Food and Feed - RASFF) virallisena kansallisena yhteyspisteenä. Järjestelmässä ovat mukana Euroopan unionin jäsenvaltiot, komissio ja elintarviketurvallisuusviranomaiset EFSA. Järjestelmän avulla jäsenvaltioille voidaan tiedottaa nopeasti elintarvikkeista tai rehuista ihmisten terveydelle aiheutuvista välittömistä tai välillisistä vaaroista. RASFF-

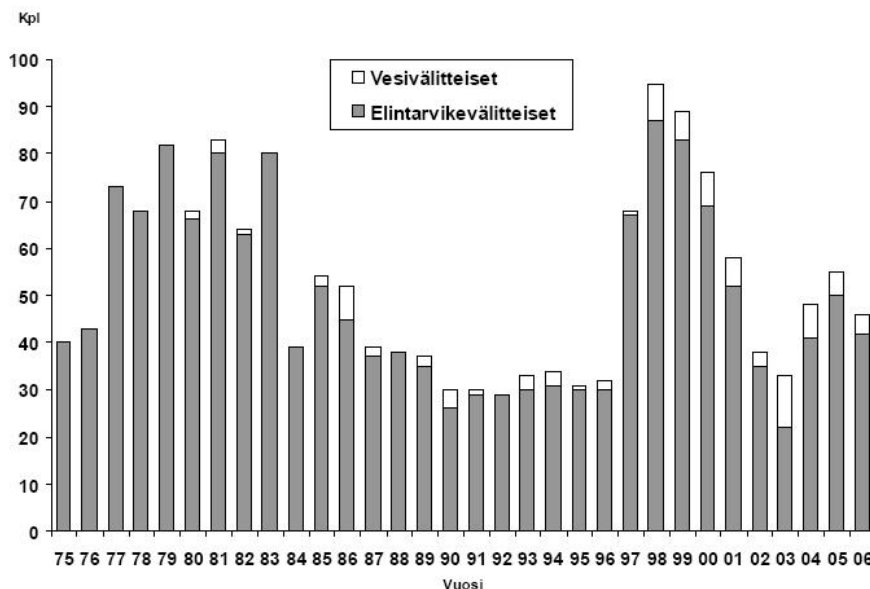
järjestelmään tehdään paljon ilmoituksia, ja niiden määrä on noussut vuosittain (RASFF 2008).

Elintarviketuotannon omavalvonta perustuu Suomessa HACCP-perusteiseen riskien hallintaan (Hazard analysis and critical control points). Menetelmän avulla kartoitetaan tuotteen laatua uhkaavat biologiset, mikrobiologiset, kemialliset ja fysikaaliset uhkatekijät. Löydetyille riskeille määritetään kriittiset valvontapisteet, joissa tuotteen laatua seurataan.

4.2 Elintarvikevälitteiset epidemiat

Ilmoitettujen ruokamyrkytystapausten määrä on noussut viimeisten vuosikymmenten aikana useissa länsimaissa (Hall et al. 2002). Tämän arvellaan johtuvan mm. kehittyneistä analyysimenetelmistä ja raportointijärjestelmistä. Myrkytysten lisääntymiseen vaikuttaa lisäksi muuttuneet kulutustottumukset; ihmiset syövät entistä enemmän valmisruokia tai ruokailevat joukkoruokaloissa. Globalisaation myötä elintarvikeraaka-aineiden ja valmiiden tuotteiden kuljetus- ja jakelumatkat ovat pidentyneet merkittävästi. Kylmäketjujen katkeaminen ja väärät elintarvikkeiden säilytyslämpötilat mahdollistavat elintarvikkeiden pilaantumisen.

Vuosien 1975 ja 2006 välisenä aikana raportoitiin Suomen ruokamyrkytysrekisteriin yhteensä lähes 70 tuhannen henkilön sairastuneen näissä epidemioissa. Heistä noin 57 % sairastui elintarvikkeiden välityksellä ja 43 % talousveden välityksellä. Lukumääräisesti elintarvikevälitteisiä epidemioita oli moninkertaisesti vesivälitteisiin nähden, mutta vesivälitteiset epidemiat kohdistuvat useampiin kuluttajiin ja ovat siksi merkityksellisiä (kuva 6). Vuoden 2006 aikana sattuneista epidemioista noin puolet raportoitiin touko-heinäkuun välisenä aikana (Evira 2007).



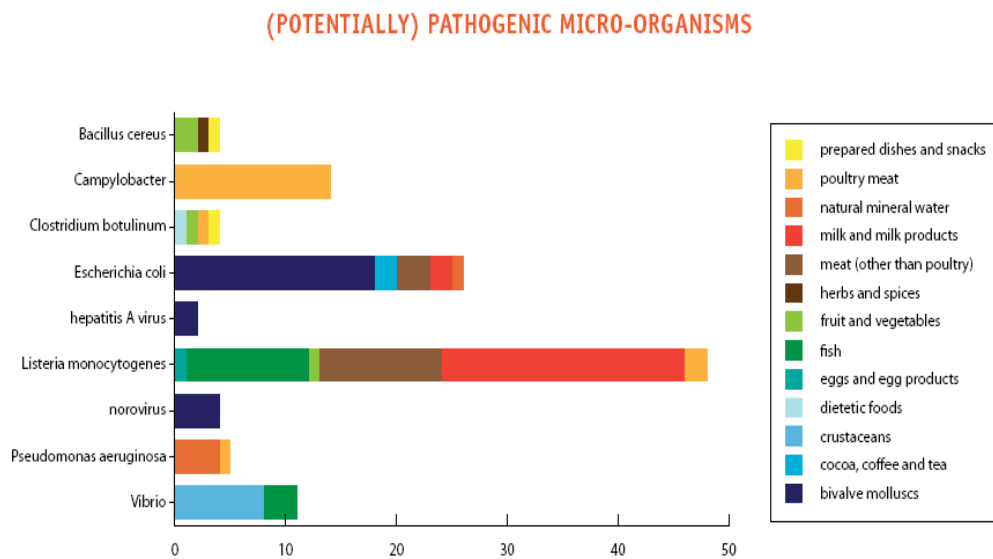
Kuva 6. Suomessa vuosina 1975 - 2006 raportoیدut ruokamyrkytys epidemiat. (Lähde Evira 2007).

Eviran tilastojen (Evira 2007) mukaan vuoden 2006 elintarvikeperäisten epidemioiden merkittävimmät yksittäiset syytekijät olivat virheellinen säilytyslämpötila (7 % tapauksista),

riittämätön kuumennus (5 %), riittämätön jäähditys (5 %) ja saastunut raaka-aine (5 %). Peräti 38 % tapauksen syytekijöitä ei kyetty selvittämään.

Suomen tekemien ilmoitusten määrä terveydelle vahingollisista elintarvike- ja rehueristä EU:n nopeaan hälytysjärjestelmään (RASFF) on noussut vuosittain. Yleisimmät syyt ovat olleet lisäaineet, homeiden tuottamat myrkyt, mikrobiologinen laatu ja vieraat aineet. Vuonna 2009 Suomi teki 93 ilmoitusta, joista 82 koski elintarvikkeita ja 11 rehuja. Edellisenä vuonna ilmoituksia oli kaikkiaan 82. (Evira, 2010 b)

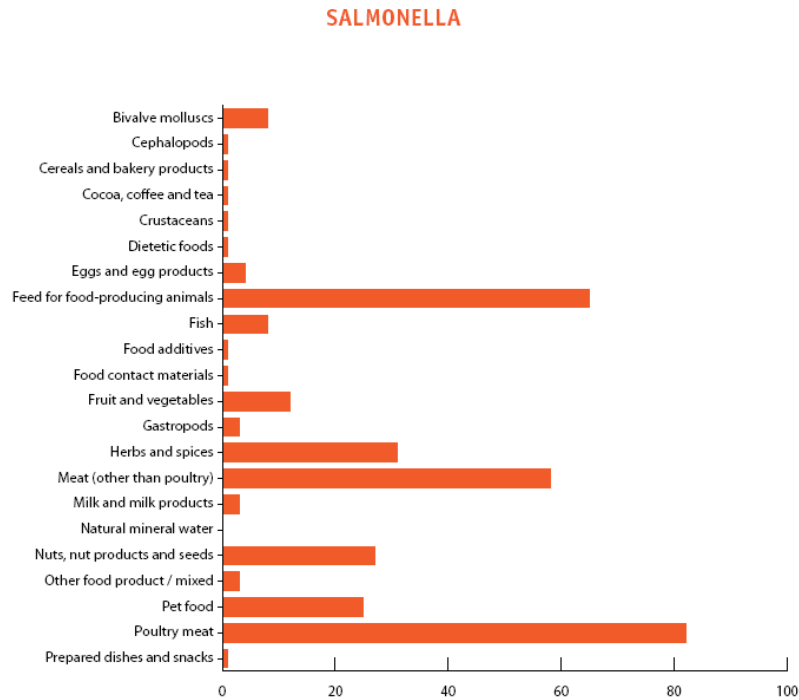
Kuvassa 7 on esitetty RASFF-järjestelmään Euroopassa ilmoitetut pääasialliset taudinaiheuttajamikrobit (patogeenit) lukuun ottamatta salmonellaa. Kuvassa on esitetty myös, millaisista tuotteista tapaukset ovat aiheutuneet (RASFF 2008).



Kuva 7. RASFF 2008 ilmoitettu patogeeniset mikrobit, lukuun ottamatta Salmonellaa, ja niiden potentiaalinen lähde (RASFF 2008).

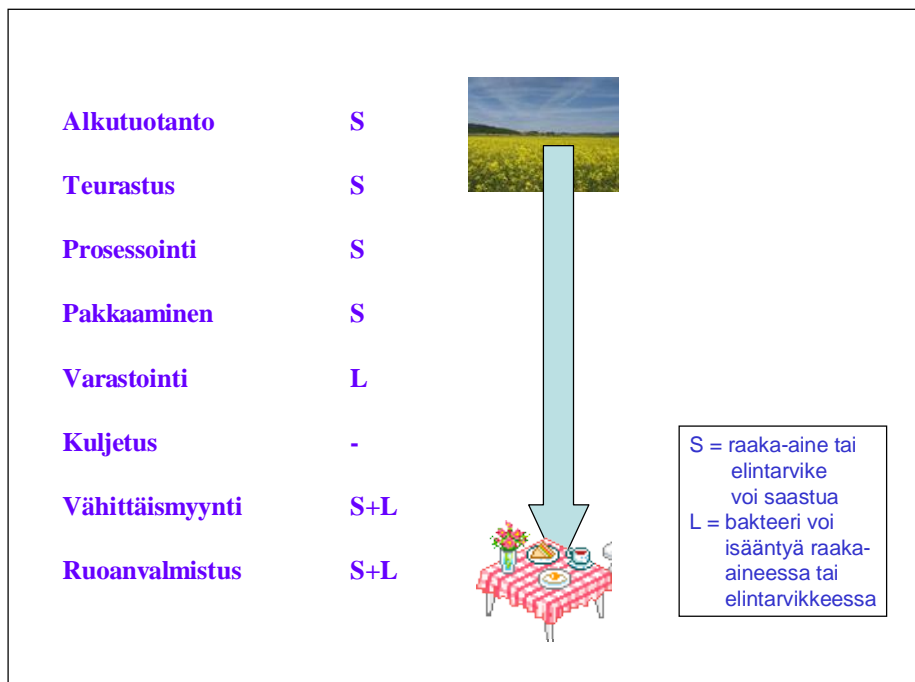
Salmonellan lisäksi merkittävimmät taudinaiheuttajat ovat olleet listeria-, koli- ja kampylobakteerit. Salmonella on esitetty erikseen kuvassa 8, koska se on eniten ilmoituksia aiheuttanut patogeeni.

Kausittaiset vaihtelut ruokamyrkytyksissä ovat suuria, mikä antaa viitteitä siitä, että ilmaston muuttuminen voisi vaikuttaa niiden esiintyvyyteen. Sen arvellaan vaikuttavan erityisesti salmonellan ja kampylobakteerin esiintymiseen elinympäristössämme (Hall et al. 2002). Eräiden tutkijoiden mukaan jopa El Niño -ilmiöllä on jo vaikutuksia ruokamyrkytysten ja erilaisten vesivälitteisten tautien esiintymiseen (Epstein 2001, Hall et al. 2002, Rosenzweig et al. 2001).



Kuva 8. RASFF-järjestelmään ilmoitettujen Salmonellalla saastuneiden elintarvike-erien lukumäärä (RASFF 2008).

Salmonella-bakteerin oireettomina kantajina toimivat nisäkkäät, linnut ja matelijat. Tuotantoeläimet voivat saada tartunnan saastuneen rehun tai juomaveden välityksellä. Suomessa ruokamyrkytyksen syynä on yleisimmin ollut salmonellalla saastunut raaka-aine tai infektioitunut työntekijä (Johansson et al. 2003).



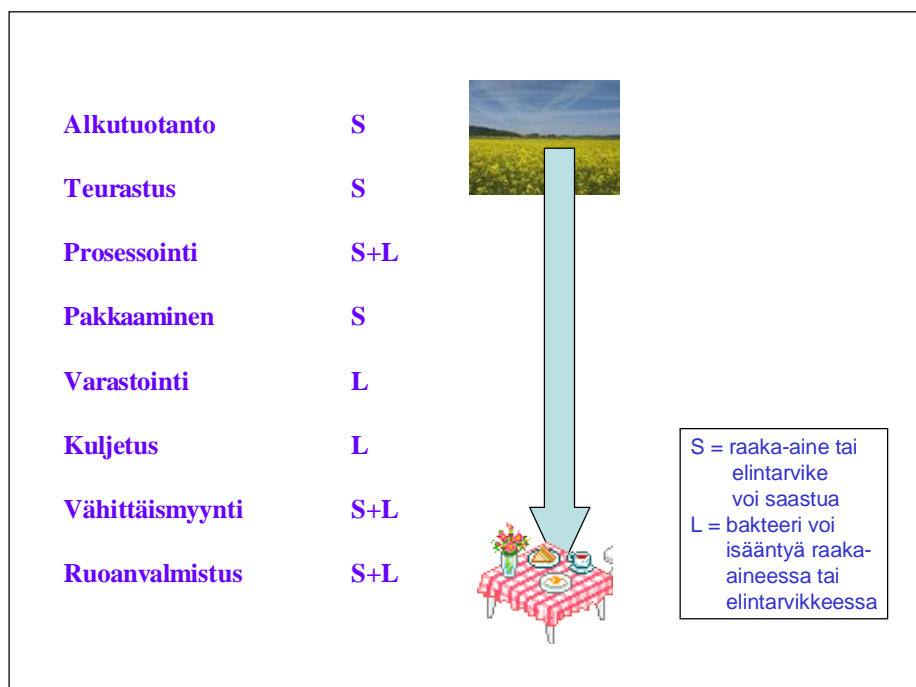
Kuva 9. Elintarvikkeen salmonella-saastutuksen mahdolliset riskikohteet pellolta pöytään -ketjussa (Johansson et al.2003).

Salmonellan esiintyvyys suomalaisissa tuotantoeläimissä on ollut alhainen. Esimerkiksi EFSA:n koostaman selvityksen mukaan Suomessa ei salmonellaa todettu vuoden 2008 kartoituksessa lainkaan broilerin teuraserissä (Zoonosikeskus, 2010b). Elintarvikkeen salmonellabakteerilla saastumisen mahdolliset riskikohdat pelloilta pöytään -ketjussa on esitetty kuvassa 9 (Johansson et al. 2003).

RASFF-järjestelmään on Salmonellan jälkeen eniten ilmoitettu listeriabakteerilla saastuneita elintarvike-eriä. *Listeria monocytogenes* on hyvin yleinen ympäristöbakteeri, joka on erittäin kestävä ympäristössään. Se tuhoutuu vasta pastörintilämpötilassa. Listerian aiheuttamia sairastapauksia raportoidaan Suomessa vuosittain 30 – 50 tapausta. (Johansson et al. 2003)

Listeriatartunnat ovat pääasiassa yksittäisiä, ja niiden alkuperän selvittäminen on useimmiten mahdotonta. Niiden merkittävimpänä lähteenä pidetään kuitenkin elintarvikkeita. Bakteeria voi esiintyä maidossa ja maitotuotteissa, lihassa ja lihatuotteissa, kalassa ja kalatuotteissa sekä vihanneksissa. Suomessa bakteeri on eristetty erityisesti tyhjiöpakatuista graavi- ja kylmäsavuvalmisteista, pakastekasviksista sekä äyriäisistä. (Johansson et al. 2003)

Elintarvikkeen listeriabakteerilla saastumisen mahdolliset riskikohdat pelloilta pöytään -ketjussa on esitetty kuvassa 10 (Johansson et al. 2003).



Kuva 10. Elintarvikkeen listeriabakteeri-saastutuksen mahdolliset riskikohteet pelloilta pöytään -ketjussa (Johansson et al. 2003)

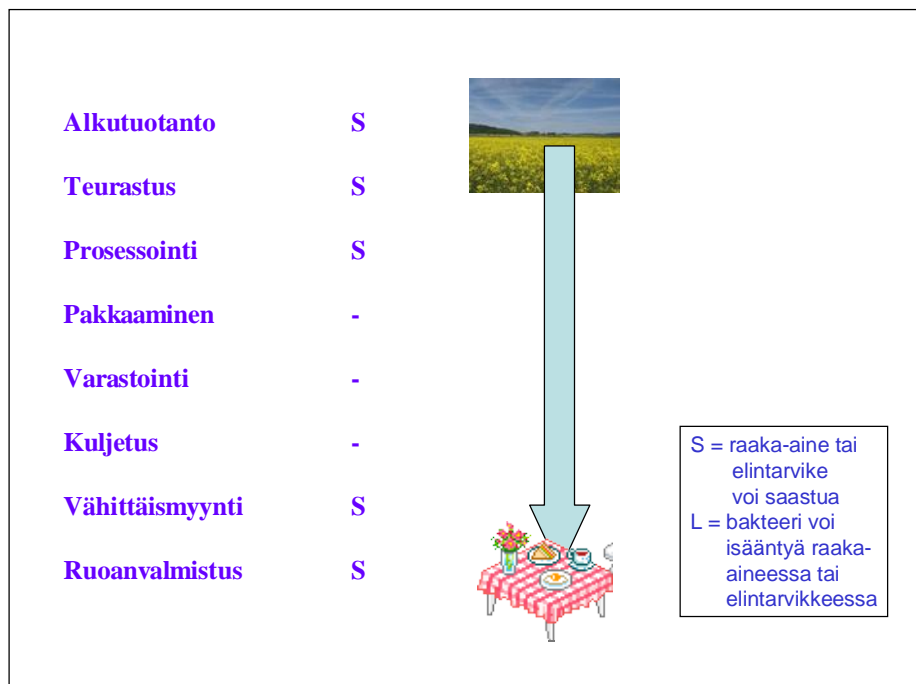
Kampylobakterioosi on maailmanlaajuisesti yleisin raportoitu bakteerin aiheuttama suolistoinfektio. Ihminen saa tartunnan Suomessa tavallisimmin saastuneen talousveden tai riittämättömästi kypsennetyn siipikarjan lihan välityksellä. (Johansson et al. 2003). Muista maista on raportoitu pastöroimattoman maidon aiheuttamia laajoja epidemioita, mutta Suomessa niitä ei ole havaittu (Evira 2009 a).

Suurimman osan tautitapauksista aiheuttaa *Campylobacter jejuni*. Siipikarjaa pidetään tärkeimpänä yksittäisenä kampylobakteerien lähteenä, mutta on myös viitteitä siitä, että

siipikarjan merkitys on uskottua pienempi. (Evira 2009 a). Myös nautojen ja sikojen tiedetään olevan usein kampylobakteerien kantajia, mutta lihassa kampylobakteereja todetaan kuitenkin harvoin. Tämä johtunee siitä, että bakteerit kuolevat nopeasti naudan ja sian ruhon pinnalta sen kuivuessa teurastuksen jälkeen. Sen sijaan siipikarjan teurastuksessa bakteerit pääsevät nahan sisään ja alle höyhentuppien jäädessä auki höyheniä poistettaessa (Johansson et al. 2003).

Myös EFSA:n näkemyksen mukaan broilerinliha näyttäisi olevan merkittävimpiä tartuntalähteitä ihmisen kampylobakteeriosille. Suomessa kampylobakteereidenkin esiintyvyys oli vuoden 2008 selvityksen mukaan jäsenmaiden alhaisimpia (5,5 prosenttia) ja todetut pitoisuudet matalia (Zoonosikeskus, 2010b). Kampylobakteeri-infektioita esiintyy runsaasti kesällä ja alkusyksyllä. Niiden määrä ylitti ensi kerran salmonellatartuntojen määrän Suomessa vuonna 1998. (Johansson et al 2003)

Elintarvikkeen kampylobakteerilla saastumisen mahdolliset riskikohdat pelolta pöytään -ketjussa on esitetty kuvassa 11 (Johansson et al. 2003).



Kuva 11. Elintarvikkeen kampylobakteerisaastutuksen mahdolliset riskikohteet pelolta pöytään -ketjussa (Johansson et al.2003)

4.3 Vesivälitteiset epidemiat

Merkittävä osa vesivälitteisistä epidemioista johtuu ympäristötekijöistä. Suomessa suurin osa epidemioista on aiheutunut mikrobien saastuttamista pohjavesistä. Useimmiten vesiepidemioita on esiintynyt keväisin lumien sulaessa maan ollessa vielä roudassa, sekä syksyisin rankkasateiden yhteydessä, jolloin pintavalumien todennäköisyys on suurimmillaan. Merkittävimmät epidemioiden aiheuttajat ovat olleet norovirusia (72 % sairaustapauksista) sekä kampylobakteereita (25 % sairaustapauksista). (Vesiepidemiat, 2010). Taulukossa 4 on esitetty yleisimmät suolistoperäiset taudinaiheuttajat ja niiden infektiivinen annos (Hokajärvi et al. 2008).

Taulukko 4. Yleisimmät suolistoperäiset taudinaiheuttajamikrobit. Lähde Hokajärvi *et al* 2008

Mikrobi	Infektiivinen annos	Mikrobilähde
Virukset		
Rotavirukset	1-100 partikkelia	Ihmiset (ja eläimet)
Norovirukset	10-100 partikkelia	Ihmiset
Adenovirukset	1-100 partikkelia	Ihmiset
Astrovirukset	1-100 partikkelia	Ihmiset ja eläimet
Coxsackievirukset	alle 18 partikkelia	Ihmiset
Bakteerit		
Kampylobakteerit	500 organismia	Tasalämpöiset eläimet
<i>Salmonellat</i>	> 10 000 organismia	Ihmiset ja eläimet
<i>Shigellat</i>	noin 100 organismia	Ihmiset ja kädelliset apinat
<i>Yersiniat</i>	> 10 000 organismia	Eläimet, maaperä, vesistöt
<i>Vibriot</i>	>10 000 organismia	Meri- ja murtovesi sekä ihmiset
<i>EHEC</i>	1-100 organismia	Ihmiset ja eläimet
Alkueläimet		
<i>Cryptosporidium</i>	alle 10 ookystia	Ihmiset ja eläimet
<i>Giardiat</i>	1-100 kystia	Selkärankaisten

EHEC = enterohemorraaginen *E. coli*. Tyypillisesti nautakarjan ja muiden märehäijöiden suolistossa elävä bakteeri.

Infektioiden seurantatiedot 1900-luvun alusta asti ovat osoittaneet, että lukuisissa vesivälitteisissä laajoissa tautiepidemioissa voimakkaat sateet ovat edeltäneet tapahtumaa (Hunter, 2003). Useissa tapauksissa vesien virtaamat olivat rankkasateiden seurauksena muuttuneet ja puhtaat vedet olivat saastuneet ulosteperäisellä kontaminaatiolla.

Rankkasateiden jälkeen vesistöistä voidaan osoittaa huomattavasti enemmän suolistopatogeenisiä ja indikaattorilajeja. Rankkasateet lisäävät myös vesistöjen ravinnekuormaa, joka puolestaan lisää erilaisten mikrobien ja levien kasvua. Saastuneiden keinokasteluvesien mukana taudinaiheuttajat voivat päätyä kasveihin.

Suurimpana ilmastonmuutoksesta etua saavana vesiperäisten tautien riskinä pidetään alkueläinten aiheuttamaa pilaantumista. *Giardia lamblia* ja *Cryptosporidium parvum* ovat aiheuttaneet laajoja juomaveden välityksellä levinneitä epidemioita. Ne voivat päätyä juomaveteen ulosteperäisen saastumisen vuoksi. Niiden kystat³ ja ookystat ovat erittäin säilyviä vesiympäristöissä ja ne kestävät hyvin esim. juomaveden kloorauskäsittelyä. Parhaiten kystat ja ookystat poistetaan juomaveden käsittelyssä, mihin liittyy kemiallinen saostus ja hiekkasuodatus (Hänninen 2002). Ookystat tuhoutuvat myös kuivassa, kuumennuksessa ja pakastuksessa (Johansson *et al.* 2003).

Cryptosporidium parvum -ookystia on eristetty mm. kotieläinten ulosteista. Tartunta voi olla eläimellä kuitenkin täysin oireeton. Ookystat voivat siirtyä elintarvikkeisiin esimerkiksi kasteluvesien välityksellä (Johansson *et al.* 2003).

³ Kysta ja ookysta tarkoittaa parasiittien nukkuvan vaiheen muotoa, jossa eliöllä on ympärillään suojakuori, jonka sisällä se kehittyy, ja joka auttaa sitä siirtymään uuteen isäntään.

Giardia lamblia on vesistöissä yleisesti esiintyvä yksisoluisen alkueläin, jonka esiintyvyyttä ei ole Suomessa juurikaan tutkittu. *Giardia* voi päätyä elintarvikkeisiin saastuneen kasteluveden välityksellä (Johansson et al.).

Suomen ensimmäinen laajamittainen talousveden saastuminen *Giardia lamblia*lla tapahtui Nokian vesikriisin yhteydessä vuonna 2007, jolloin jätevettä pääsi talousvesiverkostoon. *Cryptosporidium parvum* -alkueläintä näytteistä ei löydetty. Tärkeimmät taudinaiheuttajat olivat giardian lisäksi kampylobakteeri ja norovirus (Onnettomuustutkintakeskus, 2009).

5 Ilmastonmuutoksen vaikutus maatalouteen

Eliclimate-hankkeen haastattelututkimuksen perusteella ilmastonmuutoksen vaikutus maamme maatalouteen nähdään positiivissävyytteisinä.

Ilmaston lämmetessä on odotettavissa, että maailman isot elintarvikkeiden viejät, kuten Australia ja Etelä-Amerikan maat, voivat joutua supistamaan tuotantoaan kuivuuden vuoksi. Tämä kasvattaa Suomen mahdollisuuksia lisätä elintarvikkeiden vientiä jopa maailmanlaajuisesti. Suomi sijaitsee suhteellisen lähellä suuria kuluttajamassoja, jolloin elintarvikkeiden vienti on helppoa. Myös eteläisemmässä Euroopassa maanviljelysalan arvioidaan vähenevän kuivuuden lisääntyessä, minkä vuoksi Suomen suhteellinen kilpailukyky EU:ssa voi kasvaa.

Asiantuntijat arvioivat, että ilmaston lämpeneminen muuttaa Suomen viljelyolosuhteita lähemmäksi esimerkiksi Uuden-Seelannin nykyisiä tuotanto-olosuhteita.

Uusi-Seelanti on esimerkki maasta, joka on luonut itselleen huomattavan markkina-aseman ruoan tuottajana huolimatta siitä, että maa on melko pieni (pinta-alaltaan Suomea pienempi ja asukasluvultaan vähäisempi) ja se sijaitsee kaukana suurista kuluttajamassoista.

On kuitenkin huomattava, että tuotannon tehostaminen, monipuolistaminen sekä globalisaatio ovat olleet merkittävimpiä vaikuttimia myös kasvintuotannon puolella (Anderson et al. 2004). Ympärivuotinen kastelu on mahdollistanut uusien viljelyalojen käyttöön oton. Vehnä, riisi, maissi ja peruna ovat globaalisti elintarvikkeiden kulutuksen kannalta merkittävimmät tuotantokasvit (Anderson et al. 2004). Viimeisten 30 vuoden aikana nämä hyödykkeet ovat vastanneet 40 % maailman elintarvikekasvien tuotannosta. Kastelumenetelmien kehittäminen voi maailmanlaajuisesti siirtää elintarviketuotantoa myös aivan uusille alueille.

5.1 Viljelysmaan laatu

Asiantuntijahaastatteluissa tuotiin esille, että talvien muuttuminen lämpimämmiksi on maanviljelyksen kannalta merkittävä uhka.

Lämpimämmät talvet voimistavat Suomessa alkanutta epäsuotuisaa maanviljelysmaiden laadun heikentymistä. Ongelmana on etenkin maaperän orgaanisen aineksen ja hiilen katoaminen sekä typen oksidulien haihtuminen ilmaan.

Hyväkuntoinen maaperä sitoo runsaasti hiiltä. Kun savimaasta poistuu orgaaninen aines, maa muuttuu tiiviimmäksi. Tämä vaikeuttaa veden imeytymistä maaperään. Kuivana kautena maa puolestaan halkeilee enemmän ja kuivuu syvemältä. Maaperää heikentävät mm. yksipuolinen viljelytapa, raskaat työkoneet sekä lauhoista talvista ja sateesta johtuva eroosio. Tiivistyessään maaperä muuttuu anaerobiseksi, minkä vuoksi maaperästä karkaa typpioksidia ilmaan. Maaperän rakenne säilyy parhaiten monipuolisella käytöllä, jolloin pellot ovat vuoroin viljalla, vuoroin karjan käytössä.

Viljelykierron avulla voidaan vaikuttaa maaperän ravinnetasapainoon sekä säilyttää orgaanisen aineen määrää maaperässä. Laitumet ja nurmi puolestaan lisäävät maan hiilivarastoa.

Asiantuntijoiden mukaan jo nyt sopeutumiskeinona maaperän rakenteen säilyttämiseksi on otettu käyttöön suoraviljelytekniikka, millä voidaan siirtyä perinteisestä kasvualustan mekaanisesta muokkaamisesta ekologiseen ylläpitoon.

On arvioitu, että suorakylvön käyttöönoton jälkeen kestää noin 5 – 10 vuotta ennen kuin maaperän bakteeristo on sopeutunut uuteen tilanteeseen ja alueelta voidaan odottaa hyviä satoja. Satojen laskeminen välikautena on odotettavaa. Tällä menetelmällä on hyvinä puolina se, että maan hiilipitoisuus kasvaa ja eroosio vähenee. Näin maaperä pysyy tuotannolle edullisena.

Maaperän elinvoimaisena säilyttämistä pidetään yhtenä kynnystekijänä tulevaisuudessa, sillä jos tähän ei päästä, koko maanviljelyn tuotantopohja heikentyy. Toisaalta, haastateltavien mukaan, orgaanista ainesta runsaasti sisältävät pellot, joita ei tarvita elintarviketuotantoon, voitaisiin suunnata osin myös bioenergiakasvien viljelyyn.

Monivuotisten bioenergiakasvien tuotanto vaatii vähemmän maanmuokkaus-toimenpiteitä, jolloin hiiltä voi sitoutua enemmän maaperään ja maaperän kasvihuonekaasupäästöt voivat pienentyä.

Viljelysmaan laatua koskevia tutkimuksia ei ole selvitetty tässä tutkimuksessa, koska tällä osa-alueella on Suomessa tehty paljon tutkimuksia viime vuosien aikana. Aiheeseen liittyviä tutkimuksia ovat tehneet etenkin Alakukku (1997, 2000, 2002), Alakukku ja Pietilä (2002a), Kurjenluoma et al. (2004) sekä Rajala (2004) ja Lötjönen (2006).

5.2 Vesitalous

Elintarvikeliiketoiminnan suurimpia tulevaisuuden haasteita maailmanlaajuisesti on puhtaan veden saatavuuden heikkeneminen. Ilmastoskenaarioiden perusteella (katso luku 3) Suomessa arvioidaan vettä olevan pääosin riittävästi myös tulevaisuudessa.

Veden saatavuus on suomalaiselle alkutuotannolle ja teollisuudelle suuri mahdollisuus. Sen sijaan veden vuotuinen jakaantuminen ja suuret erot vuotuisissa vesimäärissä voivat aiheuttaa haasteita, ja ne vaativat vesitalouden hallinnan kehittämistä myös Suomessa.

Haastattelujen perusteella on mahdollista, että veden käytettävyysongelmat voivat korostua herkillä alueilla, sekä kuivilla että tulva-alueilla.

Maanviljelyksen kannalta haitallisia ovat pitkät kuivat jaksot kasvukauden aikana. Esimerkiksi kuiva kevät voi haitata kevätkylvöisten kasvien satopotentiaalinen muodostusta alkukasvukaudesta, mitä myöhemmin kasvukaudelle ajoittuvat sateet eivät voi täysin kompensoida. Heikentyneen satopotentiaalinen takia lannoitteet eivät sitoudu kasvuun täysimääräisinä, jolloin kasvuun sitoutumattomat lannoitteet huuhtoutuvat loppukasvukauden ja syksyn sateiden mukana turhina pois ja rehevöittävät vesistöjä.

Asiantuntijat eivät usko tulvaongelmaa esiintyvän Suomessa samassa mittakaavassa kuin esimerkiksi Keski-Euroopassa, mutta runsaat syyssateet koettiin ongelmallisiksi.

Runsaat syyssateet voivat heikentää maan rakennetta ja haitata syyskylvöisten kasvien kasvua. Sateet ja tulvat aiheuttavat myös maaperän eroosiota, ravinteiden huuhtoutumista ja veden laadun heikkenemistä. Tulvat lisäävät pohjaveden kontaminaation riskiä. Merkittävää pohjaveden laskua ei tapahdu. Roudan määrän vähenee, ja maaperä on nykyistä märempi lauhoina ja vetisinä talvina.

Haastatteluissa nousi esille, että tulevaisuudessa kaikkia nykyisiä viljelykasveja ei saa ehkä enää viljellä Suomessa.

Rajoitteita voivat tuoda paikalliset veden jakaantumisen ja riittävyyden ongelmat tai maaperän laadun heikkenemisestä johtuvat maankäytön rajoitteet. Syyskylvöjä suosimalla voitaisiin estää ravinnekuormitusta vesistöihin ja vähentää maaperän eroosiota. Tämä tehostaisi myös maatalouden ympäristönsuojelua.

Haastatteluissa nostettiin esiin, että myös Suomessa vesitalouden hallintaa kehitetään jatkuvasti. Esimerkiksi Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa (MTT) selvitetään, miten talviaikana kertyvää vettä voitaisiin varastoida ja hyödyntää kevään kasvuun (katso Vakkilainen et al, 2008). Kastelujärjestelmillä arveltiin olevan muitakin hyötyjä.

Kastelujärjestelmiä voitaisiin hyödyntää myyntihinnaltaan korkeille tuotteille, esimerkiksi varhaisperunalle. Jos viljan merkitys vientituotteena kasvaa, kastelujärjestelmiä voitaisiin hyödyntää myös viljan viljelyssä. Jos tulevaisuudessa ruoan tuotantoon käytetyn peltoalan määrä pienenee ja satoisuus kasvaa, voisi kastelun käyttö pienemmillä mutta satoisammilla peltoaloilla kannattaa yleisemminkin.

Euroopan Unioni on laatinut koko Eurooppaa kattavan arvion maaperän tiivistymisherkkyydestä ja vesieroosiosta. Sen mukaan Suomen rannikkoalueen maaperän luonnollinen tiivistymisriski on korkea, mikä johtuu alueen savipitoisesta maaperästä (SOCO, 2009).

Aiheesta löytyy lisää tietoa myös teoksesta Heinonen et al. (1992) ja artikkelista Alakukku ja Pietilä (2002b).

5.3 Kasvilajien muutostarpeet ja kasvinjalostuksen mahdollisuudet

5.3.1 Haastateltavien näkemykset

Eliclimate-hankkeessa haastatellut asiantuntijat arvelevat, että ilmaston lämpenemisen myötä kasvukausi Suomessa pitenee, kasvivalinnat monipuolistuvat ja kasvien tuotantopotentiaali kasvaa.

Pellot voidaan saada tehokkaampaan käyttöön ja viljely voi tehostua. On mahdollista, että viljaa myydään esimerkiksi kuivuudesta kärsiviin Välimeren maihin.

Ilmastonmuutoksesta odotetaan myös apua Suomen tasaiseen hyödyntämiseen ja asuttamiseen.

Viljanviljelyn painopiste säilynee pääosin Lounais-Suomessa, mutta kasvuvyöhykkeiden siirtyessä pohjoisemmaksi jopa Lapissa voitaisiin kasvattaa nykyisiä Etelä-Suomessa kasvavia lajeja. Etelä-Suomessa voitaisiin puolestaan kasvattaa mm. sellaisia viinirypäle-, omena-, päärynä- ja luumulajikkeita, jotka viihtyvät tällä hetkellä Keski-Euroopassa.

Ilmatieteen laitoksen skenaarioiden mukaan tulevaisuuden talvien ennustetaan olevan nykyistä vähälumisempia ja lämpimämpiä, mikä voi aiheuttaa haittaa kasvien talvehtimiselle.

Talven pitkä lämmin jakso voi herättää kasvit hengittämään, mitä edesauttaa myös lumeton paljas maa. Hengittäessään kasvit käyttävät kevään vararavinnon, eivätkä pysty kasvukauden keväällä alkaessa hyvään kasvuun tai vastustamaan kasvitauteja.

Vaikka kesän lämpösumma kasvaa tulevaisuudessa, uhkana on, että sademäärä nousee vain vähän, mikä ei välttämättä kompensoi lämpötilan nousun ja suuremman satopotentiaalain aikaansaamaa haihdunnan kasvua. Näin ollen on mahdollista, että vaikka kasvukausi tulevaisuudessa pitenis, ei potentiaalista kasvua tämän vuoksi saada talteen.

Haastatteluissa nostettiin esiin, että kasvinjalostus on merkittävä tulevaisuuden sopeutumiskeino ja siltä odotetaan paljon.

Jalostuksella voidaan tuottaa myös nopeammin kasvavia tai ilmastotehokkaampia kasveja. Jalostamalla voidaan myös nopeuttaa kasvien sopeutumista uusiin ilmasto-olosuhteisiin. Jalostuksen haasteena on, että Suomen kasvuolosuhteet poikkeavat valon osalta eteläisemmästä Euroopasta.

Monet Suomessa nykyisin viihtyvät kasvit ovat pitkän päivän kasveja. Valon määrään kasvukauden aikana ei tule suuria muutoksia ilmasto-olosuhteiden muuttuessa. Kasvukauden pituutta rajoittaa tulevaisuudessakin vähäinen valon määrä syksyisin. Syysviljat ovat satoisampia ja kärsivät vähemmän alkukasvukauden mahdollisesta kuivuudesta, minkä vuoksi niiden viljely tulee todennäköisesti lisääntymään.

Joidenkin nykyisten viljelykasvien kasvuolosuhteet voivat heikentyä ilmaston muuttuessa. Esimerkiksi rukiin viljely voi olla tulevaisuudessa haastavaa, sillä ruis on sekä maaperän että kasvuolojen suhteen vaativa kasvi. Ilmasto-olosuhteiden muuttuminen voi vaatia rukiin jalostusta, mikä voi olla haasteellista.

Maatalouden keinoja vähentää ympäristövaikutuksia ovat kasvinjalostuksen lisäksi mm. uusien lajien käyttöönotto sekä tuotannon hyötysuhteen nostaminen, esimerkiksi lannoitteiden käytön tehostaminen ja optimointi. Haastatteluissa nousi esiin odotus muutoksista kasvilajivalikoimaan nähden.

Palkokasvien viljelyalan ja lajivalikoiman odotetaan lisääntyvän, jolloin maamme valkuaisomavaraisuus nousee. Satoisampi rapsi todennäköisesti syrjäyttää nykyisin viljeltävän heikompiatoisen rypsin. Ruisvehnän kasvatusta voi olla tulevaisuudessa hyvin tuottoisaa. Öljykasvien kasvatusta lisääntyy. Ulkomaista soijaa voidaan ehkä tulevaisuudessa korvata mm. herneellä, apilalla, lupiinilla ja härkäpavulla

5.3.2 Tutkimus Suomessa

MTT:n tutkimusten mukaan lisääntyneisiin kasvitauteihin ja tuholaisiin voidaan sopeutua jalostamalla niille vastustuskykyisiä kasvilajeja. Tulevaisuuden tuotanto-oloihin sopeutetut peltokasvit (PELTOSOPU) -hanke painottuu ilmastonmuutoksen mukanaan tuomiin viljelykasvien kehitysrytmiongelmien, talvimuotoisuuden edistämiseen sekä ravinteiden- ja vedenkäytön tehostamiseen (MTT, 2010). Marraskuulle ajoitettuja syyskylvöisten kasvien kylvöjä tutkitaan parhaillaan mm. Helsingin yliopistossa (Mäkelä et al, 2009).

Kasvinjalostukseen liittyviä tutkimuksia ovat mm. Peltonen-Sainio et al. 2009, Rajala ja Peltonen-Sainio (2000), Rajala ja Peltonen-Sainio (2001), Slafer and Peltonen-Sainio (2001), Peltonen-Sainio et al. (2001), Rajala and Peltonen-Sainio (2002), Carter et al. (1996), Hakala (1998a), Hakala (1998b), Hakala ja Mela (1996) sekä Hannukkala et al. (2007).

Rypsin ja rapsin viljelyn lisääminen on yksi tapa lisätä valkuaisen tuotantoa ja samalla saada kotimaista kasviöljyä sekä ruokaketjuun että energian raaka-aineeksi. Nykyiset eteläisemmässä Euroopassa viljeltävät lajikkeet eivät kuitenkaan sopeudu Suomeen sellaisenaan, vaan tarvitaan kasvinjalostusta. (Peltonen-Sainio et al. 2008). Tämäkin nostaa kasvinjalostuksen roolia ilmastonmuutokseen sopeutumisessa.

5.4 Kasvitaudit ja tuholaiset

5.4.1 Haastateltavien näkemykset

Kasvitaudit voivat aiheuttaa huomattavia satotappioita. Suomessa on toistaiseksi esiintynyt poikkeuksellisen vähän vaarallisia kasvitauteja tai tuholaisia. Asiantuntijoiden arvioiden mukaan tautipaineet voivat lisääntyä ilmaston muuttumisen myötä.

Ilmaston lämmitessä kasvitauteiden kirjo lisääntyy ja kasvitaudit voivat myös siirtyä uusille alueille.

Haastateltavat arvioivat, että myös alkutuotannon kautta ilmastonmuutoksen haitalliset vaikutukset saattavat kohdistua elintarvikkeisiin.

Ilmaston lämpeneminen ja kosteuden lisääntyminen saattavat lisätä bakteereiden ja homevaurioiden määrää tuotantokasveissa, mikä puolestaan saattaa vaikuttaa välillisesti elintarvikkeiden laatuun aiheuttaen niiden nopeamman pilaantumisen. Useat kasvitauteiden aiheuttajasisienet voivat tuottaa ihmisille tai eläimille myrkyllisiä yhdisteitä, mykotoksiineja.

Ilmaston lämpeneminen mahdollistaa uusien eteläisten alueiden vieraslajien leviämisen Suomeen. Tähän vaikuttaa kohoava lämpötila, kasvukauden pidentyminen ja talvien leutous. Muuttuneet olosuhteet voivat suosia myös nykyisten tuhoeläinkantojen leviämistä.

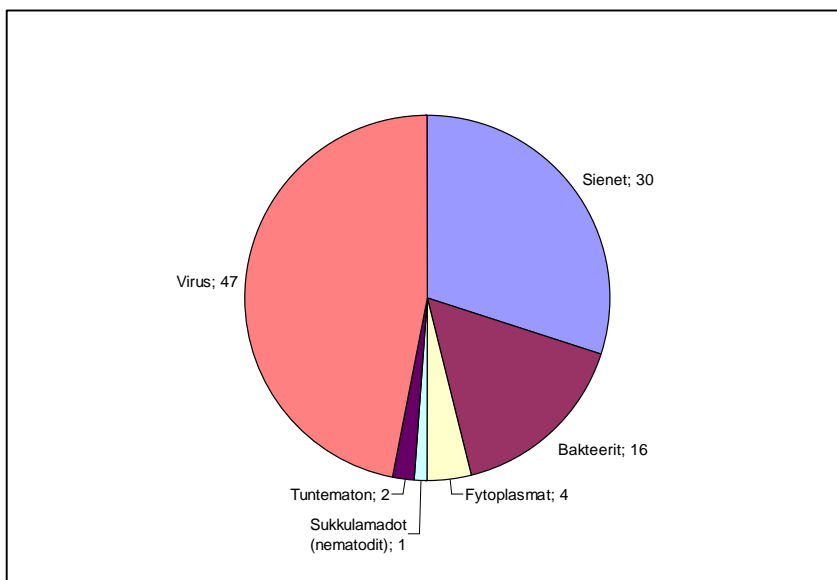
Tuhoeläinten osalta kynnyskysymys on siinä, miten hyvin ne pystyvät kehittämään talvehtimiskykyisiä kantoja. On olemassa melko paljon tuhoeläimiä, jotka pystyvät talvehtimaan Suomessa, jos ne pystyvät keräämään kesän aikana riittävästi vararavintoa.

Jos esimerkiksi lämpimän, sulan maan päälle sataa eristävä lumikerros, muodostuu maaperässä eläville taudeille ihanteelliset olosuhteet. Tuholaisten torjuntaan tulee kulumaan aiempaa enemmän aikaa ja rahaa, eikä torjuntaan käytettyjä resursseja välttämättä saada takaisin lisääntyneenä satona. Erityisesti luomutiloille uusien vieraslajien ja nykyisten tuhoeläinkantojen leviäminen tulee olemaan iso haaste.

Tuholaisten lisääntyminen lisää erilaisten torjunta-aineiden käyttöä myös Suomessa. Torjunta-ainejäämät saattavat lisääntyä elintarvikkeissa.

5.4.2 Kasvitautilien lisääntyminen

Tutkimusten mukaan muuttuvassa ilmastossa kasvitautantoa uhkaavat erityisesti virukset, bakteerit ja sienet (Anderson et al. 2004). Kuvassa 12 on esitetty merkittävimmät tarttuvien kasvitautilien aiheuttajat. Anderson et al. (2004) keräsivät aineiston globaalista ProMED⁴ tietokannasta 1.1.1996- 31.12.2002. Tutkimuksen mukaan virukset olivat merkittävien kasvitautilien aiheuttaja, ja ne vastasivat melkein puolta (47 %) raportoiduista kasvitaudeista. Bakteerit aiheuttavat noin 16 % kasvitaudeista ja noin 30 % taudeista on sienien aiheuttamia (kuva 12).

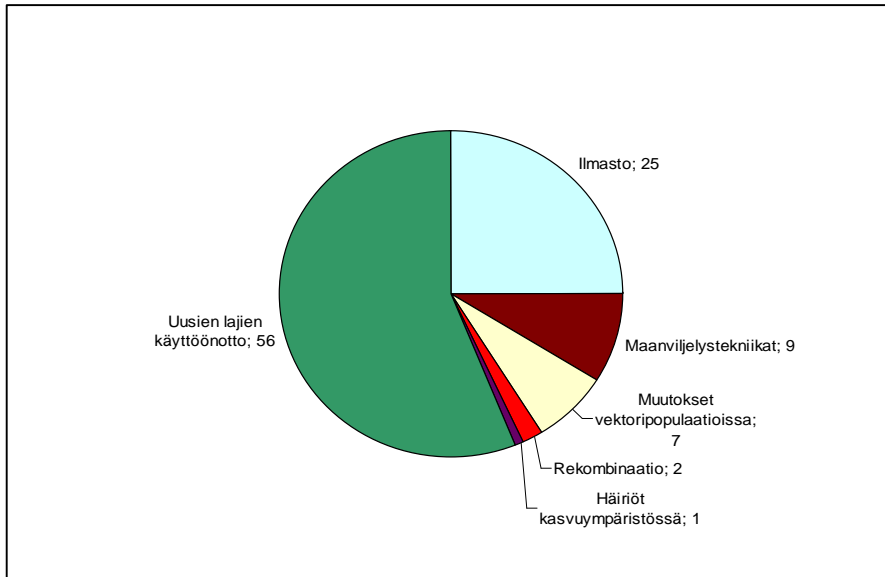


Kuva 12. Merkittävimmät kasvitautilien aiheuttajat ja niiden osuudet (Anderson et al. 2004).

Anderson et al (2004) tutkimus osoitti, että vaikka ilmastonmuutoksella on ja tulee olemaan merkittävä vaikutus kasvitautilien lisääntymiseen tulevaisuudessa, niin suurimman uhkan

⁴ ProMed on maailmanlaajuinen sähköinen raportointimenetelmä, jonka avulla kootaan tietoa tarttuvista kasvi- ja eläintaudeista ja myrkyllisistä aineista. ProMedin omistaa the International Society for Infectious Diseases (Anderson et al. 2004)

kasvitautilien osalta muodostaa kuitenkin ihmislähtöinen toiminta, kuten esimerkiksi lajikevalinnat, maanviljelystekniikat sekä viljelyalojen muutokset yms. (kuva 13). Ilmaston liittyvät tekijät yhdistettiin 25 % uusien kasvitauditapausten selittäjäksi. Suurimman tautipaineen aiheuttaa uusien kasvilajien käyttöönotto.



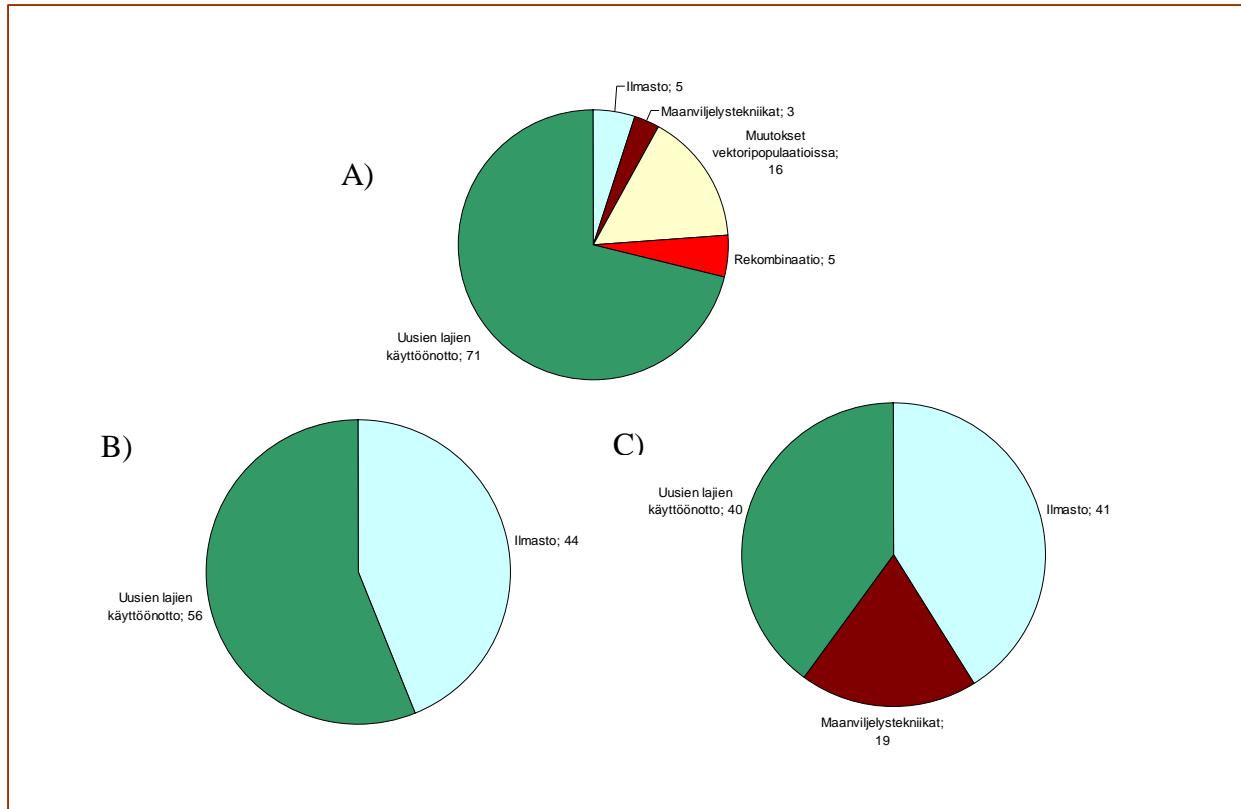
Kuva 13 Ilmaston ja muiden tekijöiden vaikutus kasvitautilien synnyssä (Anderson et al. 2004).

Kuvassa 14 on esitetty kolmen merkittävimmän taudinaiheuttajaryhmän (virukset, bakteerit ja sienet) taustalta löytyvät vaikuttimet (Anderson et al. 2004). Ilmastosta johtuvat tekijät ovat pääasiassa syitä (>40 %) bakteereista ja sienistä aiheutuvien kasvitautilien taustalla (kuva 14 b ja c). Sen sijaan virustaudeissa, muutokset ns. vektoripopulaatioissa⁵, ja uusien lajien käyttöönotto ovat merkittävimmät tekijät (kuva 14a). Ilmaston suoran vaikutuksen osuus on virustautien osalta vain 5 %.

Kasvitautilien aiheuttajiin vaikuttavat mm. lämpötila, kosteus, kaste, valo, tuulen nopeus, viljelykierto, maaperä ja maataloustoimenpiteet. Esimerkiksi lämpötilan nousu ja sadannan muutokset ovat tärkeimmät tekijät, jotka johtavat sienipopulaatioiden muutoksiin. Ilmaston lämpiäminen vaikuttaa erityisesti vektorilajeihin. Lisäksi, jos kasvit kokevat vesi- tai lämpöstressiä, ne ovat alttiimpia tuholaisille. (Anderson et al. 2004, Miraglia et al. 2009, Paterson ja Lima 2009)

Äärimmäiset ilmasto-olosuhteet, kuten pitkät kuivat ja kuumat jaksot sekä rankkasateet, tuovat osaltaan haasteita viljelyyn. Kuivat kasvukaudet suosivat hyönteisvektoreita sekä viruksia, kun taas kostea sää suosii sieni- ja bakteeritaudinaiheuttajia (Anderson et al. 2004). Lauhemmat talvet suosivat kasvitautilien aiheuttajien säilymistä talven yli elinvoimaisina.

⁵ Vektori tarkoittaa eliötä, joka kuljettaa taudinaiheuttajan isäntäeliöstä toiseen.



Kuva 14. Ilmaston ja muiden tekijöiden vaikutus a) virus-, b) bakteeri- ja c) sienivälitteisten kasvitautien esiintymiseen (Anderson et al. 2004).

MTT:n tutkijoiden (Tiilikkala et al. 2010) mukaan kasvinsuojeluriskien määrä on jo alkanut lisääntyä. He arvelevat, että riskitilanne pahenee ”kolmessa riskiaallossa”. Ensimmäisenä tulee näkymään lämpötilan ja kosteuden muutosten suorat vaikutukset. Toinen ”riskiaalto” liittyy syyskylvöisten kasvien ja ympärivuotisen viljelyn yleistymiseen. Lämpötilan kohotessa monet tuhoajat voivat jatkaa aktiivivaiheen kehitystä ympärivuotisesti, jolloin populaatiokoot moninkertaistuvat ja tuhoajien aiheuttamat haittavaikutukset lisääntyvät. Kemiallisen torjunnan painopiste alkaa siirtyä kevästä ja kesästä syksyyn. Kolmas ”riskiaalto” liittyy uusien viljelykasvien tuloon ja niitä seuraavien uusien kasvintuhoajien kotiutumiseen Suomeen. Tutkijoiden mukaan riskien kasvua nopeuttaa jo nyt puutarhatuotannossa taimituonti.

5.4.3 Kasvitautien siirtyminen uusille alueille

Elävien kasvien, pistokkaiden ja siementen kaupan seurauksena kasvitaudit ja tuholaiset pääsevät liikkumaan uusille alueille (Anderson et al. 2004). Ilmaston lämpiäminen voi houkutella kotipuutarhureita tuomaan ulkomailta mukanaan uusia tarkistamattomia kasveja puutarhan kaunistukseksi. Historiassa on runsaasti esimerkkejä, kuinka kasvitaudit ovat siirtyneet uusille alueille tulokaslajien myötä. Esimerkiksi *Phytophthora infestans* sienin aiheuttama perunarutto siirtyi 1800-luvulla Etelä-Amerikasta Yhdysvaltoihin ja sieltä Eurooppaan. Perunaruttoepidemia aiheutti vakavan nälänhädän Irlannissa 1845–1849, minkä seurauksena arviolta miljoona ihmistä kuoli ja kaksi miljoonaa lähti siirtolaisiksi. Euroopasta perunarutto levisi Aasiaan, Afrikkaan ja uudelleen Etelä-Amerikkaan.

Suomessa seurataan tällä hetkellä mm. *Phytophthora*-lajien aiheuttamia uusia uhkia metsätaloudessa. Sieni tuhoaa mm. leppiä ja tammia, ja se on levinnyt viime vuosina voimakkaasti niin Euroopassa kuin Amerikassakin (Lilja ja Kokkola, 2005). Vuonna 2002 Euroopan Yhteisö antoi päätöksiä kiireellisistä kasvinsuojelutoimenpiteistä kyseisen organismin leviämisen estämiseksi.

Suomen perunantuotantoalueilla seurataan ja pelätään tällä hetkellä perunan tumman rengasmädän mahdollista leviämistä maahamme. Tauti leviää kasteluvesien välityksellä sekä piilevänä perunan mukuloiden mukana. Tumma rengasmätä on kasvinterveyden suojelemisesta annetun lain tarkoittama hävitettävä kasvintuhooja, jota havaittaessa tai epäiltäessä on otettava yhteyttä kasvinsuojeluviranomaisiin.

5.4.4 Kasvituholaisten torjunta

Ilmaston lämpiämisen myötä pestisidien lisääntyvän käytön pelätään lisäävän myös niille resistenttien organismien määrää. Tällä voi myös olla toksisia vaikutuksia muulle ekosysteemille ja ihmisille. (FAO 2008).

Maaperän orgaanisen aineksen väheneminen lämpötilan nousun myötä voi lisätä kasvien pestisidien sisäänottoa juurien kautta, koska pestisidejä sitovaa maaperän orgaanista ainesta on vähemmän (Miraglia et al. 2009). Toisaalta on myös osoitettu, että pestisidit voivat hajota nopeammin kuumissa lämpötiloissa (Bailey 2004).

Miraglia et al. (2009) korostivat seuraavia seikkoja, jotka tulisi huomioida pestisidien käytön yhteydessä:

- torjunta-aineiden jäämien monitorointimenetelmien harmonisointi
- jäämien ja käytön monitorointi kansainvälisellä tasolla, esim. EU-tasolla
- metodologia, jolla voidaan tutkia pestisidien todellista käyttöä
- mallien kehittäminen ilmastonmuutoksen, viljelysystemien ja kasvinsuojeluaineiden käytön ennustamiseen soveltuviksi

Suomeen viime vuosina työntyviä kasvintuholaisia ovat olleet mm. perunanvarsia tuhoava koloradonkuoriainen, jota tuli maamme kaakkoisosaan kesällä 1998 etelä- ja itätuulten saattamana. Pahempi vitsaus perunalle on keltaperuna-ankeroinen (*Globodera rostochiensis*), sukulamato, josta on erittäin vaikea päästä eroon. Tämän vuoksi perunan viljely vaatii pitkiä viljelykiertoja ja kestäviä lajikkeita. Vielä tätäkin vaarallisempi tuholainen on valkoperuna-ankeroinen (*Globodera pallida*), joka ei toistaiseksi ole onnistunut leviämään Suomeen. Keltaperuna-ankeroinen kuuluu kasvinsuojelulainsäädännössä mainittuihin torjuttaviin kasvintuhoojiin, jonka esiintymistä kasvinsuojeluviranomaisen tulee seurata ja mahdollisista havainnoista tai epäilyistä on ilmoitettava kasvinsuojeluviranomaiselle. Valkoperuna-ankeroinen kuuluu hävitettäviin kasvintuhoojiin, ja sen esiintymisestä on viipymättä ilmoitettava kasvinsuojeluviranomaiselle. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2004). Haastatteluissa tuli esille, että näiden lisäksi Suomen viranomaisia kiinnostaa tällä hetkellä etenkin mäntyankeroinen mahdollinen leviäminen maahamme.

Eliclimate-hankkeessa haastatellut viranomaiset nostivat esille, että Suomen tavoitteena on laatia nopeutetulla aikataululla valmiussuunnitelmia, joiden avulla karanteenituhoojat voidaan torjua tai kokonaan hävittää. Karanteenituhoojista on Euroopan kasvien suojelujärjestön

(EPPO, European Plant Protection Organisation) vuonna 1977 laatima lista, jota ollaan parhaillaan päivittämässä.

5.4.5 Homeiden tuottamat mykotoksiinit

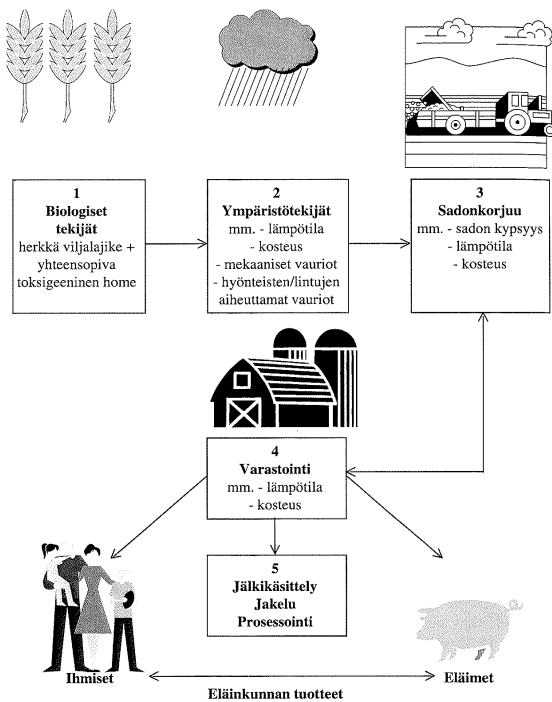
Viljelykasveissa esiintyy usein homeita, jotka voivat tuottaa ihmisille tai eläimille myrkyllisiä yhdisteitä, mykotoksiineja. Niiden haittavaikutukset ihmisiin ja eläimiin riippuvat sekä toksiinityypistä, saadun annoksen suuruudesta että altistusajasta. Haittojen vakavuuteen vaikuttaa myös kohdeorganismien ikä, kunto ja yleinen ravitsemustila (Hussein et al. 2001). Mykotoksiineilla on havaittu olevan akuuttien vaikutusten, kuten maksa- ja munuaisvaurioiden, lisäksi mm. mutageenisia ja karsinogeenisiä sekä neuro- ja immunotoksisia vaikutuksia. Mykotoksiinit ovat erittäin kestäviä yhdisteitä ja voivat kulkeutua elintarvike- ja rehuketjussa lopputuotteeseen saakka. Mykotoksiineja on tuhansia, mutta niistä vain kourallisen on todettu aiheuttavan turvallisuusriskejä pellolta pöytään - ketjussa (Murphy et al. 2006). Elintarvikeketjussa mykotoksiinin tuottajia ovat pääasiassa *Aspergillus*-, *Fusarium*- ja *Penicillium*-suvun homeet (Murphy et al. 2006).

Homeiden kyky tuottaa mykotoksiineja riippuu suuresti ympäristötekijöistä, etenkin lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta (Miraglia et al. 2009). Vuodenaikoihin liittyvien sääolosuhteiden muuttuminen, kuten kuivuus- ja sadejaksojen pituudet, voivat edesauttaa toksiinien muodostumista. Myös erilaisten stressitekijöiden, kuten hyönteisvaurioiden, kuivuuden, kohonneen ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden, kasville aiheuttama vastustuskyvyn alentuminen lisää mykotoksiiniriskiä (Miraglia et al. 2009).

Petska et al. (1995) arvelevat, että ilmastonmuutoksen seurauksena käyttöönotettavat uudet viljelytekniikat ja -tavat (mm. keinokastelu, muuttuneet kylvö- ja korjuuajankohdat, lannoitus, lisääntynyt pestisidien käyttö) sekä uudet viljelykasvit voivat vaikuttaa mykotoksiinien tuottoon. Ilmastonmuutos saattaa myös muuttaa varastointi- ja kuljetusolosuhteita (kosteus, lämpötila, aika) mykotoksiinien muodostumista suosiviksi.

Kuvassa 15 on esitetty tekijöitä, jotka vaikuttavat mykotoksiinien esiintymiseen ravintoketjussa.

Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaiset ovat saaneet viime vuosina runsaasti ilmoituksia liittyen mykotoksiineihin. Vuosina 2004, 2005 ja 2006 kaikista RASFFiin tehdyistä ilmoituksista 44 %, 40 % ja 40 % koski homemyrkyjä. Erityisesti ilmoitukset aflatoksiineista viljoissa ja viljatuotteissa, etenkin maississa ja vehnässä, ovat lisääntyneet. Vuonna 2008 ilmoituksia oli 46, kun vuonna 2007 niitä oli 17, vuonna 2006 5 ja vuonna 2005 3 ilmoitusta. (RASFF 2008)



Kuva 15. Mykotoksiinien esiintymistä lisäävät tekijät (Petska et al. 1995).

Erilaisten ennustemallien avulla on mahdollista ennakoida homepopulaatioiden ja mykotoksiinien esiintymistä sekä suunnitella ja ottaa käyttöön strategioita, joiden avulla voidaan varautua ilmastonmuutoksen vaikutuksiin (Paterson ja Lima 2009).

Koska mykotoksiinit ovat selkein esimerkki haitta-aineesta, jonka levinneisyyteen ilmastonmuutos vaikuttaa, ja joka voi tulevaisuudessa aiheuttaa riskiä suomalaisessa elintarvikeketjussa, niitä on kuvattu tarkemmin seuraavien sivujen tekstilaatikossa.

Mykotoksiinit

Aflatoksiineja tuottavat muutamat *Aspergillus*-suvun lajit. Aflatoksigeenisiä homeita esiintyy tyypillisesti etenkin sekä päiväntasaajan lämpimillä, kosteilla alueilla että kuumilla ja kuivilla, keinokastelluilla aavikoilla. Lämpötilan nousun ja kuivuuden lisääntymisen myötä aflatoksiineja tuottavat *Aspergillus*-homeet ovat lisääntyneet lauhkeilla vyöhykkeillä, mitä voidaan pitää ilmaston muuttumiseen liittyvänä turvallisuusriskinä (Cotty ja Jaime-Garcia 2007, Paterson ja Lima 2009). Sääilmiöiden ajankohdan muuttuminen, esimerkiksi sateiden yleistyminen juuri ennen korjuuta, lisää riskiä aflatoksiinien muodostumiselle.

Ilmastomuutos edistää myös vektorihyönteisten talvehtimista, vektoreiden leviämistä uusille alueille sekä vektoreiden populaatiomäärän kasvua. Tämä puolestaan lisää viljelykasvien herkkyyttä toksiinikontaminaatioille.

On todettu, että myöhäinen keinokastelu ja korjuuajankohta lisäävät aflatoksiiniriskiä (Cotty ja Jaime-Garcia 2007). Aflatoksiineja voi muodostua myös kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Kosteat ja lämpimät olosuhteet lisäävät varastoinnin aikaisten haittayhdisteiden tuottoa. Aflatoksiineja on todettu viljatuotteiden lisäksi mm. pähkinöistä, puuvillansiemenistä, maidosta, munista, juustoista ja viikunoista (Paterson ja Lima, 2009).

Mykotoksiineja tuottavien *Aspergillus*-sienten rantautumista eurooppalaiseen kasvituotantoon voidaan pitää huolestuttavana. Esimerkiksi Italiassa on havaittu *A. flavus* homeita vuoden 2003 jälkeen vehnä- ja maissipelloilla (Anonymous 2008, FAO). Kuivat ja kuumat ajanjaksot suosivat tämän potentiaalisen aflatoksiinin tuottajan kasvua (Rosenzweig et al. 2001). Raaka-aineiden ja elintarvikkeiden tuonnin mukana aflatoksiinit voivat päätyä myös suomalaisiin elintarvikeprosesseihin.

Aflatoksiinien lisäksi tietyt *Aspergillus*- ja *Penicillium*-lajit kykenevät tuottamaan ihmisille ja eläimille haitallista patuliinia ja mahdolliseksi karsinogeeniksi luokiteltua okratoksiini A:ta. **Patuliinia** esiintyy viljoissa sekä etenkin hedelmissä (mm. omena, päärynä, persikka) ja hedelmäpohjaisissa elintarvikkeissa kuten mehuissa. **Okratoksiini A:n** merkittävimpiä lähteitä ovat viljat, viini, rypälemehut, kahvi ja sianliha (Murphy et al. 2006). Ilmaston lämpötilan nousu viileämmillä seuduilla lisää näiden toksiinien esiintymisriskiä (Paterson ja Lima 2009). Patuliinin muodostuminen hedelmiin vaatii aina hedelmän pinnan vioittumisen. Ympäristötekijät, jotka lisäävät hedelmien pintavaurioita (kuivuus, hyönteiset jne.), lisäävät myös patuliinin muodostumisriskiä (Murphy et al. 2006).

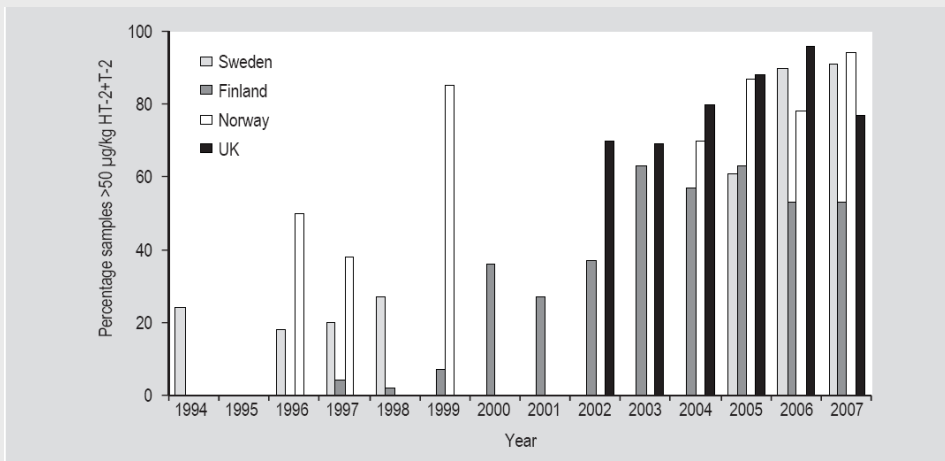
Pohjoisilla tuotantoalueilla suurimman mykotoksiiniriskin muodostaa ehkä *Fusarium*-sienten tuottamat toksiinit. *Fusarium*-homeet (punahomeet) kykenevät tuottamaan lukuisia mykotoksiineja (yli 180 tunnetaan), joista **trikotekeeniryhmän toksiinit** ovat tunnetuimpia yhdisteitä (Murphy et al. 2006). Deoksinivalenoli (DON) on yleisin viljoissa ja viljapohjaisissa elintarvikkeissa esiintyvä trikotekeeni. Muita säännöllisesti elintarvikeketjussa havaittuja trikotekeenejä ovat mm. 3-asetyyli-DON, nivalenoli sekä T-2 – ja HT-2 –toksiinit. *Fusarium*-toksiineilla voi olla monenlaisia haittavaikutuksia kasveihin, eläimiin ja ihmisiin. Lisäksi ne vaikuttavat myös muihin sieniin ja voivat esimerkiksi häiritä hiivan aineenvaihduntaa käymisteollisuudessa (Boeira et al. 1999a, 1999b ja 2000). Oestrogeenisen **zearalenonin** (ZEN) tiedetään aiheuttava lisääntymishäiriöitä tuotantoeläimissä (havaittu esim. sikaloissa). Edellä mainittujen *Fusarium*-toksiinien lisäksi **fumonisiinien** ja **moniliformiinien** on todettu aiheuttavan terveystarvian etenkin maissiperäisissä elintarvikkeissa (Doohan et al. 2003).

Lämpötila ja kosteus ovat määrääviä tekijöitä *Fusarium*-toksiinien muodostumiselle. *Fusarium*-toksiineja muodostuu viljoihin pääasiassa kasvukauden aikana pellolla, mutta olosuhteiden ollessa otolliset myös varastoinnin aikana. Lämmin ja kostea sää etenkin tähkälletulon ja kukinnan aikana sekä sateet ennen korjuuta lisäävät *Fusarium*-infektion ja siten myös toksiinien muodostumisen riskiä viljoissa (Bottalico ja Perrone 2002, Paterson ja Lima 2009).

Pienelläkin lämpötilan nousulla voi olla merkittäviä vaikutuksia *Fusarium*-yhteisöön. Lämpimissä oloissa viihtyvän, toksineja tuottavan *F. graminearum*-lajin on jo todettu yleistyneen suhteessa *F. culmorum*-lajiin, joka perinteisesti on ollut valtalaji Länsi-Euroopassa (Waalwijk et al. 2004, Paterson ja Lima 2009). On osoitettu, että molemmat lajit tuottavat DONia enemmän korkeammassa (28° C) kuin matalammassa lämpötiloissa (15 tai 20° C) (Llores et al. 2004). Lisäksi merkittävän T-2- ja HT-2-tuottajan *F. langsethiae* -lajin lisääntymistä etenkin kaurassa voidaan pitää huolestuttavana (Edwards et al. 2009). Kuva 16 osoittaa, että A-typin trikoteekeenien pitoisuudet ovat huolestuttavasti nousseet tällä vuosituohannella, erityisesti kauralla (Kuva 15). Kaura on suomessakin osoittautunut *Fusarium*-toksiinien suhteen herkimmäksi viljalajiksi (Evira, 2008b).

Maissinviljelyn yleistyminen lämpötilan noustessa Euroopassa lisää riskiä DON-tasojen kohoamiselle samoilla peltoalueilla viljeltävissä muissa viljalajeissa (Edwards 2004). Lisäksi ilmastonmuutoksen oletetaan lisäävän kuumissa ja kuivissa olosuhteissa viihtyvän toksigeenisen *F. verticillioides* -lajin esiintymistä maississa, mistä seuraa fumonisiiniriskin lisääntyminen maissipohjaisissa elintarvikkeissa (Doohan et al. 2003, Miraglia et al. 2009).

Suomessa on tutkittu 2000-luvulla etenkin *Fusarium*-punahomeen tuottamia mykotoksiineja ja viljelytekniikan vaikutusta niiden esiintymiseen (Hietaniemi et al. 2008, Parikka et al. 2008a, Parikka et al. 2008b, Rämö et al. 2008).



Kuva 16. Kauranäytteiden osuus (%), joissa HT2+T2 -mykotoksiinien yhteisumma on > 50 µg/kg Ruotsissa, Suomessa, Norjassa ja Englannissa (Lähde: Edwards et al. 2009).

Eviran kemian ja toksikologian yksikössä kehitettiin 2000-luvun alkupuolella kemiallinen multimenetelmä, jonka avulla voidaan yhtäaikaaisesti määrittää 30 toksiinia, mm. alfatoksiinit, okratoksiini ja 18 *Fusarium*-toksiinia (Jestoi ja Kokkonen 2008, Kokkonen ja Jestoi 2009). Tutkimukset ovat osoittaneet, että suomalaisissa viljoissa esiintyy myös ns. uudempia punahometoksiineja, joiden mahdollisista haittavaikutuksista ei tosin vielä ole tietoa. Lisäksi ei vielä tiedetä, kuinka ilmastonmuutos vaikuttaa näihin yhdisteisiin. Näiden toksiinien rooli ja mahdolliset haittavaikutukset vaativat lisätutkimusta. Tutkimustulosten mukaan uudentyyppiset punahometoksiinit olivat erittäin yleisiä suomalaisessa viljassa. Kasvukaudesta riippuen 90 - 100 % näytteistä sisälsi enniatiineja ja beauverisiinia sekä 1-81 % näytteistä moniliformiinia. Pääsääntöisesti yhdisteiden pitoisuustasot olivat kuitenkin pieniä. Tutkimuksessa havaittiin myös, että enniatiineja todettiin huomattavan paljon erityisesti sellaisissa näytteissä, joiden sadonkorjuu oli viivästynyt myöhäiseen syksyyn (Jestoi ja Kokkonen 2008).

Rehu- ja elintarvikeraaka-aineiden mykotoksiinit voivat esiintyä ns. naamioituina (masked mycotoxins) eli ne voivat olla sitoutuneina muihin yhdisteisiin, jolloin ne jäävät nykydiagnostiikalla havaitsematta (Berthiller et al. 2009). Kasvit voivat esimerkiksi konjugoida mykotoksiineita, jolloin ne eivät ole enää haitallisia kasville itselleen, mutta toksiinit voivat jälleen vapautua elintarvikkeiden prosessoinnissa esim. lämpökäsittelyn ja entsyymitoiminnan seurauksena. Tietoisuus naamioiduista mykotoksiineista on lisääntynyt, mutta niiden osoittaminen ja käyttäytyminen muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa vaatii lisää tutkimusta.

5.5 Ilmastonmuutokseen liittyviä tutkimustarpeita maataloudessa

Eliclimate-hankkeen haastatteluissa nousi esiin tarve viljelyalueiden vesitalouden ja maan rakenteen tutkimisesta. Arveltiin, että maan rakenteen parantaminen ja sen viljelykelpoisen säilyttäminen on ensiarvoisen tärkeää, jotta maatalous voisi hyötyä ilmastonmuutoksen tuomasta lisälämmöstä. Koska Suomen maaperä poikkeaa geologialtaan esim. keskieurooppalaisesta maaperästä, viljelyalueiden vesitalouden tutkimuksen tulisi olla kansallista tutkimusta. Tämän alan tutkimusta tehdään maassamme mm. Suomen ympäristökeskuksessa ja Geologian tutkimuskeskuksessa. Peltomaan maaperätutkimus on Suomessa toistaiseksi keskittynyt etupäässä vesistöjen ravinnepitoisuuden ja maanviljelyn välisen yhteyden osoittamiseen. Sen sijaan varsinaiseen peltojen vesitalouden ylläpitoon liittyvää tutkimusta on vähän.

Uusien, vektorivälitteisten mikrobitautien leviämisen tunnistamiseksi ja siitä varoittamiseksi tulisi kehittää ja ottaa käyttöön maatalouteen soveltuvia varoitus- ja hälytysjärjestelmiä. Niiden avulla voitaisiin havainnoida esimerkiksi Suomen lähialueilta leviävien tuholaiden esiintymistä ja määrän mahdollista lisääntymistä. Järjestelmän avulla voitaisiin maanviljelijöitä etukäteen varoittaa tilanteesta ja kehottaa tarvittaessa ruiskuttamaan pellot tuholaiden torjumiseksi.

Seuraavien vuosikymmenien aikana on erittäin tärkeää kerätä täsmällisiä kontaminaatio- ja säätietoja, jotta ennustemallien teko ilmastonmuutoksen vaikutuksesta homepopulaatioihin ja mykotoksiinien esiintymiseen on mahdollista. Varhaisvaroitusjärjestelmät ovat keskeisessä asemassa, joiden avulla voidaan ennakoida elintarviketuotannon eri vaiheissa toksigeenisten homeiden läsnäolo ja niiden tuottamien haittayhdisteiden tuoton käynnistyminen. Lisäksi on selvitettävä keinoja, joiden avulla toksigeenisten homeiden kasvua ja toksiinintuottoa voidaan hallita pellolla, varastossa ja elintarvikkeiden tuotantoprosessissa. Mykotoksiinihaittojen ennustetaan lisääntyvän, joten tulevaisuudessa on varauduttava myös keinoihin, joiden avulla voidaan hajottaa tai poistaa jo muodostuneita mykotoksiineja saastuneista elintarvike- tai rehuraaka-aineista.

6 Ilmastonmuutoksen vaikutus eläintuotantoon

6.1 Eläin- ja kasvitaudeista aiheutuvat muutosodotukset

Merkittävimpien eläintuotantoon liittyvien uhkien arvioidaan tulevan eläin- ja kasvitautien kautta. Haastateltavat arvioivat, että ilmaston lämpenemisen myötä Suomeen voi tulla uusia vektorivälitteisiä eläintauteja.

Ilmastonmuutos voi myötävaikuttaa esimerkiksi märehitjöllä esiintyvän sinikielitaudin leviämiseen. Tauti voi aiheuttaa merkittäviä tuotannon menetyksiä, jotka johtuvat muun muassa maidon tuotannon laskusta, jälkeläistuotannon laskusta ja hedelmättömyydestä. Tauti on levinnyt Euroopassa viimeisen kymmenen vuoden aikana kohti pohjoista, ja sitä esiintyy esimerkiksi Hollannissa. Tautia on tavattu muutama vuosi sitten myös Norjassa, Tanskassa ja Ruotsissa.

Haastattelututkimuksissa tuli esille seuraavanlaisia uhkatekijöitä uusiin, ennen meillä esiintymättömiin, eläintauteihin liittyen:

Jos tuotantoeläimiin tulee uusia, aiemmin tuntemattomia tauteja, on mahdollista, että ei osata pyytää asiantuntijaa paikalle riittävän nopeasti tai ei löydetä uutta tautia tunnistavaa asiantuntijaa, jolloin suuri joukko eläimiä voi sairastua hoidon viivästyessä. Tautipaineen kasvaessa joudutaan eläimiä rokottamaan nykyistä enemmän.

Ilmastonmuutos voi muuttaa tuotanto-olosuhteita siten, että esimerkiksi eksoottisten kalalajien tai siipikarjan kasvatusta alkaa myös Suomessa. Uudet eläinlajit voivat tuoda mukanaan uusia tauteja, joiden aiheuttamia riskejä ei vielä tunneta.

Lämpimien talvien arveltiin vaikuttavan myös maataloustuotannon varmuuteen:

Kylmät talvet tuhoavat kasvitauti- ja tuholaisorganismeja. Talvien lämpeneminen parantaa kasvitautien ja tuholaisien leviämistä, mikä heikentää useiden kasvien viljelyvarmuutta sekä rehun saatavuutta ja laatua.

Haastateltaville aiheutti pohdintaa myös torjunta-aineiden ja bakteerien kulkeutuminen pelloilta ruokapöytään -ketjussa:

Säilörehupaalien kerääminen kostealla ilmalla lisää Clostridium- ja Listeria -bakteerien elinmahdollisuuksia rehussa. Rehujen laatu varastoinnissa heikkenee kosteuden lisääntyessä. Rehusta voi kulkeutua maitoon pastöroinnin kestäviä bakteeri-itiöitä, ja raakamaidon laatu heikkenee. Raakamaidossa olevat itiöt voivat aiheuttaa ongelmia maitotuotteiden valmistusprosesseissa sekä heikentää valmiiden tuotteiden säilyvyyttä.

Ilmastonmuutoksen myötä lisääntynyt torjunta-aineiden käyttö maanviljelyssä voi muodostaa riskin tuotantoeläimille. Jos torjunta-aineita käytetään väärin tai aineiden karenssiaikoja ei noudateta, voi teuraseläimistä löytyä torjunta-ainejäämiä.

Haastattelututkimukset toivat myös esille, että vaikka ilmastonmuutoksesta arvioidaan olevan paljon haittoja, se tuo mukanaan myös monia positiivisia tekijöitä eläintuotantoa ajatellen.

- *Ilmastonmuutos mahdollistaa rehun kasvulle suotuisammat ilmasto-olot ja pidemmän kasvukauden ja lisää satomääriä. Maidontuotannon volyymin voidaan siten kasvattaa. Rehun raaka-aineeksi voidaan kasvattaa massantuottokasveja, joilla voidaan täydentää tai korvata nurmen osuutta rehusta. Jos kotimaisen raaka-aineen määrää rehusta voidaan lisätä, voidaan vähentää ulkomaisen rehun tai rehun raaka-aineiden käyttöön liittyvää hintaepävarmuutta.*

Ilmastonmuutoksen myötä eläinperäisen tuotannon tuotantokustannusten arvellaan alentuvan, mikä olisi ensiarvoisen tärkeää maataloustuottajille.

Eläinsuojista voidaan tehdä kevytrakenteisempia kuin ne tänä päivänä ovat. Laidunkauden piteneminen vaikuttaa positiivisesti eläinten hyvinvointiin ja vähentää talveksi varastoitavan rehun tarvetta ja myös tuotantotilojen lämmityskustannukset pienenevät. Tuotantokustannusten alentuminen voi parantaa tuotannon laatua, sillä rahaa voidaan silloin käyttää enemmän tuotannon laadun kehittämiseen ja laadunvalvontaan. Toisaalta eksoottisempien tuotantoeläimien, kuten vuohien tai biisonien, määrä voi kasvaa.

Muuttuvat ilmasto-olosuhteet saattavat aiheuttaa muutoksia myös tuotantorakenteisiin. Esimerkiksi lihantuotannon mahdollinen alueellistuminen ohjaa teurastamoiden sijoittumista samoin kuin maitotalous ohjaa meijereiden sijoittumista.

6.2 Eläin- ja kasvitauteihin liittyvää tutkimusta

Ilmaston lämpeneminen mahdollistaa eläinlajien siirtymisen uusille alueille. Ilmastonmuutos vaikuttaa esimerkiksi luonnonvaraisten vesilintujen eläinalueiden muutoksiin. Muuttolinnuilla, kuten arktisilla vesilinnuilla, on merkittävä rooli ihmisten ja eläintautien levittämisessä (Bradley et al. 2005). Ne voivat levittää esimerkiksi virustauteja. Vuoden 2005 kesän ja syksyn aikana levisi korkeapatogeeninen H5N1-lintuinfluenssa Keski-Aasian kautta Uralin tälle puolelle Venäjällä ja edelleen Kaakkois-Eurooppaan. On arveltu, että ainakin loppumatkan virus taittoi ilmeisesti muuttolintujen mukana (OIE 2005). Hovi (2006) totesi, että vaikka virus jo kevätmuuton mukana kulkeutuisi myös Pohjois-Eurooppaan, niin Suomessa ei uskota syntyvän laajoja siipikarjaepidemioita, koska täällä suuret lintutarhat ovat villilinnuilta suojattuja ja valvonta tarkkaa. Luonnonvaraisten lintujen kevätmuuttoon liittyvien riskien vuoksi määrättiin kuitenkin siipikarja pidettäväksi sisätiloissa kevään 2008 aikana (Evira 2009 b).

Villeillä vesilinnuilla infektio-oireet ovat usein lieviä, mutta levitessään siipikarjan tuotantoon seuraukset voivat olla huomattavat. Seurauksia voivat olla esimerkiksi tuotantoeläinten suuri kuolleisuus ja elintarviketuotannon kannalta merkittävät taloudelliset tappiot. Esimerkiksi lintuinfluenssavirus näyttää saaneen aikaan pysyvän endeemisen (paikallisesti jatkuvasti

esiintyvä) infektion Kaakkois-Aasian siipikarjassa ja luonnonvaraisissa vesilinnuissa (Hovi 2006).

Ilmastonmuutos voi edesauttaa parasiittien kehitystä ja hengissä säilymistä (Bradley et al. 2005). Lyhyemmät ja leudommat talvet ja kosteammat kesät lisäävät loiseläinten munien tuotantoa ja toukkien selviytymistä. Maaperän lämpeneminen voi osaltaan auttaa loisten kehitystä. Toisaalta pitkät kuivat jaksot ja nopeat vaihtelut jäätyminen ja sulamisen välillä voivat heikentää infektiivisten loisten, kuten ekinokokkien, munien säilymistä luonnossa (Bradley et al. 2005, Oksanen 2006).

Ekinokokkeja leviää silloin tällöin villieläimistä kotieläinten kautta ihmisiin. Ihmisellä ekinokokkien toukat voivat tunkeutua kudoksiin, erityisesti maksaan (myös keuhkoihin ja aivoihin) ja muodostaa nesteeseen täyttymiä rakkulamaisia muodostumia, ns. hydatidikystia (Meri ja Linder 1996). Taudin itämisaika on hyvin pitkä, jopa 5-15 vuotta, minkä vuoksi tartunnan lähde ei yleensä enää pystytä selvittämään. Taudin hoitona käytetään leikkausta ja loislääkitystä. Tartuntaa kantava ihminen ei levitä loista eteenpäin.

Ekinokokkien leviäminen ja sen vaikutukset

Pikkujyrsijät ja -nisäkkäät ovat myös tehokkaita haittatekijöiden, esimerkiksi ekinokokkien levittäjiä. *E. multilocularis* loinen, tunnetaan myös myyräekinokokkina, on viime aikoina levinnyt uusille alueille. Suomen lähialuilla loisen tiedetään esiintyvän Puolassa, Saksassa ja Tanskassa (Maijala et al 2001). Fennoskandian mantereisissa osissa (Suomi, Ruotsi, Norja) loista ei ole vielä tavattu, mutta ilmastonmuutoksen seurauksena loisten pelätään leviävän myös pohjoisemmille alueille. Ekinokokki voi levitä Suomeen luonnonvaraisten eläinten, koirien ja kissojen sekä elintarvikkeiden välityksellä. Loisen pääisäntinä toimivat erityisesti ketut (myös napaketut eli naalit), mutta myös koirat, kissat, supikoirat ja sudet. Väli-isäntänä toimii usein jokin myyrä. Loisen leviämistä on edesauttanut kettujen runsastuminen (Maijala et al 2001). Ulosteiden mukana tai ulosteiden saastuttaman veden tai marjojen (erityisesti matalakasvuiset marjat) ja sienien välityksellä madonmunat voivat siirtyä ihmiseen tai eläimiin. Välimeren maiden ja Etelä-Amerikan katukoirat ovat tunnettuja taudin levittäjiä (Meri & Linder 1996). Madon munat ovat kevyitä, joten tuuli, sade ja myös hyönteiset voivat levittää niitä. Munien saastuttamaa ravintoa syöneet myyrät ja hiiret voivat toimia tartunnan väli-isäntinä.

Mikäli *E. multilocularis* saapuisi Suomeen luonnonvaraisten eläinten mukana, se altistaisi pääisännistä lähinnä ketut, supikoirat sekä metsästyskoirat ja villikissat. Ihmisistä erityisen alttiina olisivat mm. metsästäjät, luontoretkeilijät ja maanviljelijät (Maijala et al 2001). Seuraukset olisivat sekä terveydellisiä että taloudellisia (erityisesti marjatalouteen, kasvinviljelyyn sekä matkailuun). Ihmisten ekinokokkitartunnat pohjoisilla alueilla Norjassa, Suomessa ja USAn arktisilla alueilla on ollut viime vuosina laskussa, kun moottorikelkat ovat korvanneet koirien käytön paronhoidossa (Parkinson & Butler 2005).

Eviran tiedotteen (Evira 2009 c) mukaan toista ekinokokkiloista, hirviekinokokkia (*E. granulosus*) on esiintynyt Suomen hirvissä melko harvinaisena. Syksyllä 2009 Tohmajärven ympäristössä hirvistä tehdyn alustavan kartoituksen perusteella ekinokokki voi kuitenkin olla itärajan tuntumassa hirvissä aiempaa luultua yleisempi. Hirviekinokokki saattaa tarttua ihmiseen. Hirviekinokokki on koira-eläinten (susi, koira) heisimato, jonka toukkarakkulat elävät hirvieläimissä (hirvi, poro, metsäpeura). Hirviekinokokkia tiedetään esiintyvän Suomen luonnossa ainakin Itä-Lapin, Kuusamon, Kainuun ja Pohjois-Karjalan alueilla. Susi on loisen pääisäntä ja luonnonvaraiset hirvieläimet tai poro väli-isäntiä. Susi saa loistartunnan syödessään väli-isännän elimissä olevan toukkarakkulan. Toukista muodostuu suden suoleen pienikokoisia heisimatoja. Ne tuottavat munia, jotka leviävät ulosteiden mukana ympäristöön. Väli-isäntäeläin saa loistartunnan niellessään munia ravintokasvien tai veden mukana. Ihminen saa tartunnan luonnollisten väli-isäntien tapaan. Ihmisille suurimman käytännön tartuntariskin aiheuttaa koira, jolla on ekinokokkitartunta. Ihmistartunnat ehkäistään parhaiten suojaamalla koirat tartunnalta.

Ekinokokkitartuntojen leviämistä Suomeen laajassa mittakaavassa ei vielä pidetä mahdollisena ainakaan lähivuosina. Eläinlääkintä- ja elintarviketutkimuslaitos EELA teki vuonna 2002 riskinarvioinnin Ekinokokkiloisesta Suomessa (Maijala et al. 2002). Selvityksen mukaan marjojen ja sienien syönnistä ei toistaiseksi aiheudu merkittävää riskiä.

Boxall et al (2009) mukaan ilmastonmuutoksen on ennakoitu lisäävän ihmisten altistumista maataloudesta peräisin oleville kontaminanteille. Altistuksen voimakkuus tulee riippumaan paljon kontaminanttityypistä. Jos ilmaston lämpeneminen lisää tuholaisien määrää sekä kasvien ja eläinten tautipaineita, voi kuluttaja altistua yhä useammin torjunta-aineiden eli pestisidien ja lääkeaineiden jäämille.

Bradley et al. (2005) arvelevat, että kotieläin tuotannon siirtyminen uusille alueille ilmastonmuutoksen seurauksena tuo ne törmäyskurssille luonnonvaraisten eläinten kanssa. Tuotantoeläimistä ja kotieläimistä voi siirtyä uusia taudinaiheuttajia luonnonvaraisille eläimille ja päinvastoin.

6.3 Vesivälitteisiin haittatekijöihin liittyvää tutkimusta

Veden niukkuus heikentää myös eläintuotannon kannattavuutta. Isot eläimet vaativat paljon vettä, joten tulevaisuudessa kotieläintuotanto suuntautuu sinne, missä vettä on luontaisesti riittävästi saatavilla. Suomessa vesi ei ole eläintuotantoa rajoittava tekijä. Näin ollen pitkällä tähtäimellä suomalaisilla tuotteilla on kasvavat markkinat kansainvälisillä markkinoilla.

Yleisesti eläinten juomavetenä käytetään Suomessa pohjavettä, joka on pääosin erittäin hyvälaatuista. Lähinnä pohjaveden rauta- ja mangaanipitoisuus on ollut maassamme veden käyttöä eläinten juomavetenä rajoittava tekijä. Eläinten laidunnus järvien ranta-alueilla kuitenkin aiheuttaa riskin, että vesivälitteisiä tauteja aiheuttavia bakteereja tai viruksia kulkeutuu eläimiin. Suurimpana uhkana pidetään maassamme mm. sinileviä.

Sinilevät, eli syanobakteerit, kuuluvat happea tuottavien fotosyntetttisten bakteerien ryhmään (Sivonen 2001). Vesiympäristöissä niitä tavataan merissä, järvissä, kuumissa lähteissä ja jopa jäätiköillä. Niillä on ollut suuri merkitys evoluutiossa, koska ne tuottivat aikanaan maapallolle happi-ilmakehän, joka mahdollisti uuden harppauksen maapallon muiden eliöiden kehityksessä.

Suotuisissa, yleensä lämpimissä ja ravinteikkaissa oloissa syanobakteerit lisääntyvät voimakkaasti ja nousevat massoittain pintaveteen, muodostaen ns. sinileväkukintoja. Ne voivat tuottaa voimakasta hajua ja makua aiheuttavia yhdisteitä, jotka massaesiintymisen aikana pilaavat veden ja aiheuttavat virhemakuja kaloihin. Syanobakteerien massaesiintymät voivat olla myös myrkyllisiä. Ne voivat tuottaa maksa- ja hermomyrkyjä, jotka voivat aiheuttaa eläinkuolemia ja terveysvaaraa ihmisille (Funari ja Testai 2008). Levien myrkyt ovat hajuttomia, värittömiä ja erittäin kestäviä yhdisteitä, jotka kestävät keittämisen ja voivat päätyä elintarviketjuun (Galaviz-Silva et al. 2009).

Noin puolet sinilevien massaesiintymistä on todettu myrkyllisiksi. Niiden tuottamat toksiinit voidaan karkeasti jakaa kahteen ryhmään, maksamyrkyihin ja hermomyrkyihin. Maksamyrkyt (mikrokystiinit ja nodulariinit) ovat rakenteeltaan aminohapoista muodostuneita rengasrakenteisia peptidejä. Ne aiheuttavat muutamissa tunneissa eläimille maksan turpoamisen ja shokin. Hermomyrkyt (mm. anatoksiinit ja saksitoksiinit) ovat rakenteeltaan pienimolekyylisiä hiilivetyrenkaita sisältäviä alkaloideja tai organofosfaatteja ja

aiheuttavat mm. lihasten halvaantumisen. Saksitoksiini on voimakkaimpia tunnettuja hermomyrkyjä. Viime vuosina on ensimmäistä kertaa todettu myös suomalaisista järvistä saksitoksiinia sisältäviä levälajeja (Rapala et al. 2005).

Suomessa tiedetään vuonna 1928 Vesijärvellä karjan menehtyneen sinilevämyrkyihin. Järven rannoilla laiduntaneista naudoista kaikkiaan lähes 40 sairastui kuolettavasti. Eläin menehtyi tai se jouduttiin hätäteurastamaan. Sairauden oireita olivat lihassetous, maahan kaatuminen, kiihtynyt hengitys, nopea ja heikko valtimonsyke, ripuli sekä runsas virtsaneritys. Osalla oireiden oli varmasti havaittu ilmaantuneen pian eläinten juotua voimakkaasti "kukkinutta" vettä. On arvioitu, että eläinten sairaus- ja kuolemantapaukset johtuivat enimmäkseen nopeasti vaikuttavista hermomyrkyistä ja vain muutama kuolema aiheutui hitaammin vaikuttavista maksamyrkyistä (Forsius 1987).

Kuvassa 17 on esitetty lähinnä vesivälitteisiä epidemioita, jotka on kyetty yhdistämään ilmastonmuutokseen tai äkillisesti muuttuneisiin ilmasto-olosuhteisiin (Hall et al. 2002).



Paikka	Ilmaston muutos	Seuraus
Englanti:	Lämpötilan nousu 2 .1°C	lisää ruokamyrkytystapauksia noin 179 000 /vuosi
New York, USA	rankkasateet	vesivälitteinen <i>E.coli</i> O157:H7 -epidemia
Milwaukee, USA:	rankkasateet	vesivälitteinen cryptosporidioosi (403 000, 54 kuolemantapausta)
Peru (1991, 1997-1998):	El Niño ilmiö	vesivälitteinen kolera
Florida (1997-98), USA:	El Niño ilmiö	vesi ja äyriäiset, enterovirukset
Bangladesh(1980-1996):	El Niño ilmiö	kolera
Tyynenmeren maissa (1986-1996)	lämpötilan nousu	lisääntyneet ripuliepidemiat
Australia (2001):	korkeammat lämpötilat	lisääntyneet <i>Salmonella</i> -tapaukset

Kuva 17. Yhteenveto elintarvike- ja vesivälitteisistä epidemioista, jotka on yhdistetty ilmaston tai säätilojen muutoksen (Hall et al 2002).

6.4 Lääkejäämät eläintuotannossa ja elintarvikkeissa

Antibioottien käyttö eläintuotannossa on lisääntynyt voimakkaasti eläinyksikkökojen kasvaessa, ja käytön ennustetaan edelleen lisääntyvän ilmastonmuutoksen myötä (Boxall et al. 2009, Khachatourians 1998). Tuotantoeläimiä hoidetaan usein mikrobilääkkeillä ja hoidosta voi aiheutua jäämiä tuotettaviin elintarvikkeisiin.

Suurentuneet tuotantoyksikkökoot lisäävät tautipainetta, mikä puolestaan kasvattaa mikrobilääkkeiden käyttöä. Mikrobilääkkeiden käyttö aiheuttaa vastustuskykyisten mikrobien määrän kasvua. Yli puolet USA:ssa tuotetuista antibiooteista käytetään maatalouden piirissä (Lipsitch et al. 2002). Euroopan unioni on kieltänyt ihmisille käytettävien mikrobilääkkeiden käytön rehun lisäaineina (kasvunestäjinä). Jantusen et al. (2005) mukaan Suomessa on eläinten hoidossa pyritty edistämään optimaalista mikrobilääkepolitiikkaa, jolloin mikrobilääkkeitä käytetään mahdollisimman vähän. Lisäksi bakteerien lääkeresistenssin seuranta on systemaattista.

Ilmastonmuutoksen ja öljynkulutuksen hillitsemiseksi uusia energiaratkaisuja etsitään biopolttoaineista. Biopolttoaineiden tuotantoon voi kuitenkin liittyä monia haasteita. Valmistus voi pahimmillaan jopa lisätä hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi bioetanolin tuotantoprosessissa käytetään yleisesti antibiootteja estämään haittabakteerien kasvua tuottoprosessin aikana (Stroppa et al. 2000). Vuonna 2008 FDA (the Food and Drug Administration) tutki tislaamojen mäskijäänteet, ja huomasi, että 50 % näytteistä löytyi merkittäviä määriä antibiootteja (Olmstead 2009). Sivuvirtojen mukana jäämät voivat päätyä eläintenrehuihin ja sitä kautta elintarvikkeisiin. Jätevesien ja lietteen mukana ne voivat päätyä myös ympäristöön. Antibioottiresistenttien mikrobien määrä on jo noussut, ja sen ennustetaan yhä lisääntyvän ilmastonmuutoksen myötä.

6.5 Ilmastonmuutokseen liittyviä kehitystarpeita eläintuotannossa

Eläintautien diagnostiikan pitäminen kunnossa on tärkeä osa ilmastonmuutokseen sopeutumisen toimia. Laboratorioiden järjestelmien ja laitteiden sekä asiantuntijoiden osaaminen tulee pitää sillä tasolla, että myös uusien eläintautien diagnosointiin on varauduttu. Maailman eläintautitilannetta tulee seurata tarkkaan ja kerätä Suomen kannalta oleellista tietoa, minkä avulla voidaan varautua esimerkiksi rokotuksiin. Uusille eläintaudeille tulee tiedon lisääntyessä laatia varautumissuunnitelmat.

Tuottajien informointi on tärkeä osa sopeutumista. Lainsäädännön ja tuotantoyksiköiden lupaehtojen avulla voidaan tarvittaessa ohjata tuotantotoimintaa haluttuun suuntaan. Ilmastonmuutos voi aiheuttaa muutostarpeita myös eläinkuljetuksissa. Tähän voidaan varautua lainsäädännön ja ohjauksen avulla.

Tutkimusta tulisi kohdentaa kotimaisen rehun tuottamiseen, jolla voitaisiin vähentää ulkomaisen rehun mukanaan tuomaa kontaminaatoriskiä. Tuotantorakennusten rakentamistekniikan vaikutusta rakennuskustannusten ja rakennusten käyttökustannuksiin tulisi selvittää.

Clostridium- ja *Listeria*-bakteerien tai niiden itiöiden kulkeutumisariski rehusta maitoon pastöroinnin ohi tulisi selvittää ja kehittää uhkalle tarvittavat riskienhallintatoimenpiteet.

7 Ilmastonmuutoksen vaikutus vesiviljelyyn

Ilmastonmuutoksen odotetaan vaikuttavan niin rannikko-, sisävesi- kuin avomerikalastukseenkin. Lisäksi se vaikuttaa kalankasvatukseen, joka tapahtuu joko kassiviljelynä tai kiertovesilaitoksissa. Kassiviljely tarkoittaa vesistöissä olevia harvoja verkkoaltaita ”kasseja”, joihin kalojen tarvitsemat ravinteet annostellaan.

7.1 Haastateltavien näkemykset kalataloudesta

Tähän lukuun on koottu Eliclimate-haastatteluissa esiin nousseita odotuksia, arvioita ja näkemyksiä ilmastonmuutoksen vaikutuksesta kalatalouteen.

Haastatellut asiantuntijat arvelivat, että tulevaisuuden lämpimämpi ilmasto lisää kalankasvatuksen tuottokykyä, jolloin saalismäärä pinta-alaa kohti kasvaa.

Lisääntyvä saalismäärä johtaa laajempaan ympärivuotiseen kotimaisen kalan tarjontaan. Lisäksi ilmaston lämpeneminen voi mahdollistaa uusien kalalajien kilpailukykyisen kasvatuksen Suomessa. Tällä hetkellä Suomessa ei kannata kasvattaa lämpimien vesien kaloja, sillä tuotantokustannukset näille kalalajeille olisivat liian korkeita.

Ilmastonmuutos voi lisätä Suomessa viljeltävien peltokasvien ja proteiininlähteiden määrää, jolloin kalanrehussa voitaisiin käyttää enemmän suomalaisia raaka-aineita ja rehun hinta voisi laskea. Tämä puolestaan laskisi kalankasvatuksen tuotantokustannuksia ja voisi varmistaa hyväläatuksen rehun, mikä parantaisi kotimaisen kalan kilpailukykyä.

Kalankasvatus on Suomessa keskittynyt kylmän veden herkkiin kalalajeihin. Ilmastonmuutoksen arvioidaan nostavan vesistöjen lämpötilaa, mutta lisäävän ääriämpötiloja, jotka ovat aina haitaksi viljelylle.

Veden lämpötilan nousu saattaa vähentää veden happipitoisuutta, mikä nykyisten kalalajien kasvatuksessa saattaa aiheuttaa veden lisähapetuksen tarvetta. Toisaalta sisävesissä jääpeiteajan lyhentymisen voi lisätä veden happipitoisuutta, mikä puolestaan parantaa kalan kasvua.

Veden ääriämpötilat heikentävät kalojen ja äyriäisten kasvuolosuhteita. Kylmyys vähentää kalojen kasvua. Veden lämpötilan nousu puolestaan lisää kalan kasvua. Tällöin kalojen määrän osuus kasvatustilassa suurenee. Tämä voi lisätä kalojen stressiä, ja lisääntynyt stressihormonin erityis heikentää kalanlihan rakennetta. Myös tautien ja loiseläinten leviäminen helpottuu pienemmässä kasvatustilassa. Pitkät hellejaksot vähentävät veden happipitoisuutta. Tällöin kalat hakeutuvat kasvatusalaiden pohjille viileämpään ja happirikkaampaan veteen.

Kalojen ahtautuminen pienempään tilaan voi lisätä kalojen stressiä ja voimistaa tautien ja loiseläinten leviämistä. Kesän huippulämpötilat voivat estää joidenkin lajien viljelyä. Jos veden lämpötila on korkea syksyn teurastusajankohtana,

myös tämä voi lisätä kalojen stressiä. Sisävesien kasvattamoilla pitkät kuivuusjaksot voivat aiheuttaa tarvetta veden lisäjuoksutukseen, mikä pitää ennakoida ympäristöluvituksessa.

Haastatteluissa nousi esiin myös huoli uuden osaamisen tarpeesta muuttuvissa olosuhteissa.

Veden lämpötilan nousu voi tuoda mukanaan uusia kalatauteja, jolloin nykyiset torjunta- ja varautumiskeinot eivät enää riitä. Uusien kalatautien torjunta voi vaatia lisääntyntä lääkaineiden käyttöä sekä mahdollisesti sellaisten lääkaineiden käyttöä, joista Suomessa ei vielä ole käyttökokemuksia. Tällöin uhkaksi voi muodostua, että tulevaisuudessa kuluttajille tarjottava kalanliha ei ole laadultaan niin korkealuokkaista kuin nykyisin.

Ilmastonmuutoksen arveltiin vaikuttavan eniten kalan kassiviljelyyn. Sen ongelmana on, että siinä ei voida säätää veden happipitoisuutta.

Kassiviljelyn riskejä ovat mm. haittaeläimet ja tuulet, jotka voivat repiä allasrakenteita. Ilmastonmuutos voi lisätä veden lämpötilan vaihtelua ja etenkin korkeita lämpötiloja, jolloin myös veden happipitoisuus vaihtelee ja laskee lämpötilan noustessa. Kassiviljelyn haittoja voidaan välttää siirtymällä kiertovesikasvatukseen, sillä kiertovesilaitoksissa mm. veden happipitoisuutta voidaan säätää. Uudet tuotantomuodot vaativat lisäinvestointeja ja uusien tuotantotekniikoiden osaamisen hallintaa.

7.2 Vesien lämpötilan nousun vaikutus vesiekosysteemiin

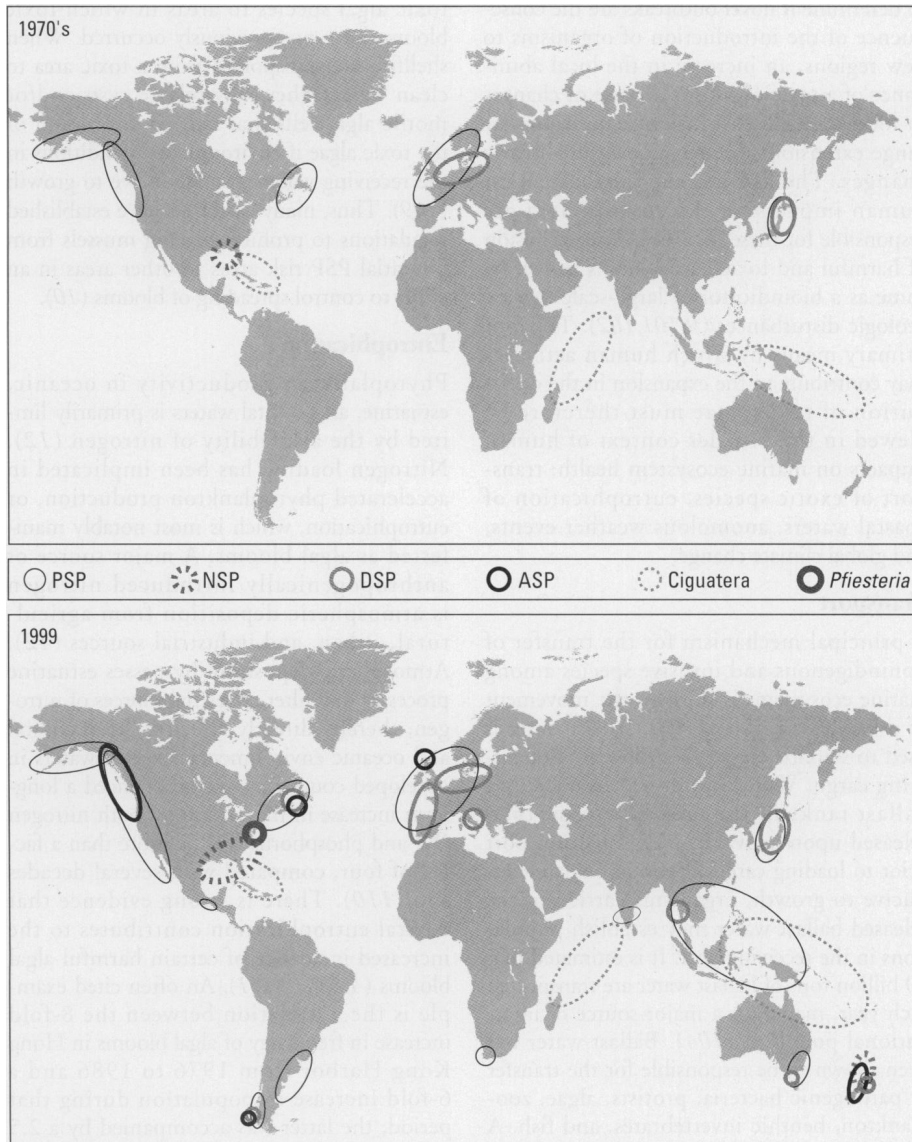
Maailmanlaajuisesti ilmaston lämpenemisen ennustetaan lisäävän levätoksiinien määrää. Toisaalta ilmastonmuutosten suoria vaikutuksia on vaikea arvioida, koska leväkukintojen yleistymisen liittyy myös rannikkoalueiden lisääntyneeseen käyttöön ja sitä kautta rehevöitymiseen (van Dolah, 2000). Esimerkiksi 50 % USA:n väkimäärästä asustaa rannikkovyöhykkeillä ja tämän määrän oletetaan lisääntyvän (Van Dolah, 2000). Suomessa voidaan todennäköisesti ennustaa samantyyppistä muutosta. Leväkukinnat ovat myös liittyneet alueisiin, joissa vesiviljely (kala- ja äyriäiskasvatus) on voimakkaasti lisääntynyt. Kasvattamojen ruokinta lisää paikallisesti ravinnekuormaa. Kasvatetut kalat ja äyriäiset voivat toimia toksiinien välittäjinä ihmisten ja eläinten ruokaketjuun (Van Dolah, 2000, katso myös luku 6.3). Rankkasateiden ja tulvien mukana tulevat ravinnepulssit voivat paikallisesti lisätä haitallisten levien määrää (FAO 2008).

Vesivälitteisiin haittatekijöihin kuuluvat myös vesissä esiintyvät levien aiheuttamat biotoksiinit. Haittaa aiheuttavien leväkukintojen esiintyminen on noussut viimeisten vuosikymmenten aikana useilla meri- ja rannikkoalueilla (Van Dolah 2000). Useat levät voivat tuottaa myrkyllisiä yhdisteitä, jotka ovat aiheuttaneet erilaisia haittoja eläimille tai ihmisille (van Dolah 2000). Myrkytystapaukset ovat usein liittyneet äyriäisten tai simpukoiden syöntiin. Äyriäisten syöntiin liittyviä myrkytyksiä tunnetaan useita. Lisäksi joissakin tapauksissa toksiinit ovat päätyneet aerosoleina eläimiin tai ihmisiin. Levätoksiinit voivat myös kertyä kaloihin ja päätyä sitä kautta eläinten ja ihmisten ravintoketjuun

Kuvassa 18 on esitetty levätoksiineihin liittyvien epidemioiden esiintyminen vuosina 1970 ja 1999. Dinoflagellaatit (panssariimaeliöit) voivat tuottaa useita erittäin myrkyllisiä yhdisteitä, jotka voivat aiheuttaa ripulia, pahoinvointia, vatsakipuja ja hermostollisia häiriöitä.

Esimerkiksi DSP (ripulia aiheuttavia ihmisten myrkytyksiä) on raportoitu Japanista, Etelä-Aasiasta, Skandinaviasta, Länsi-Euroopasta, Chilestä, Uudesta-Seelannista ja Etelä-Kanadasta (kuva 18).

Vesistöjen veden lämpötilan nousu vaikuttaa vesiekosysteemeihin. Vesien lämpötilan nousulla on suoria vaikutuksia eliöiden aineenvaihduntatoimintoihin. Lisäksi olosuhteiden muuttuminen edesauttaa uusien lajien leviämistä ja mahdollistaa haittamikrobien kasvun (Parkinson ja Butler 2005).



Kuva 18. Levätoksiinien aiheuttamien epidemioiden esiintyminen 1970 ja 1999. Ympyröidyt alueet osoittavat, missä osissa maapalloa haitallisia leväesiintymiä on raportoitu, niin että niistä on ollut haittaa ympäristön tai ihmisten terveydelle. ASP = amnesic shellfish poisoning (muistinmenetystä aiheuttava myrkytys), DSP = diarrhetic shellfish poisoning (ripulia aiheuttava myrkytys), NSP = neurotoxic shellfish poisoning (hermosto-oireita aiheuttava myrkytys), PSP = paralytic shellfish poisoning (loisten aiheuttama myrkytys), Ciguatera = ciguatera fish poisoning (trooppinen kalamyrkytys), Pfiesteria = putative Pfiesteria toxin (erityisesti kalakuolemia aiheuttava myrkytys). Lähde: van Dolah 2000.

Esimerkiksi vibriolajit tulevat hyötymään merivesien lämpötilan noususta (Galaviz-Silva et al. 2009). *Vibrio parahaemolyticus* on merkittävä elintarvikkeiden välityksellä ruokamyrkytyksiä aiheuttava vibriobakteerilaji. *Vibrio parahaemolyticus* elää valtamerissä ja vaatii korkeaa suolapitoisuutta kasvaakseen. Se aiheuttaa varsinkin Japanissa, mutta myös USA:ssa runsaasti ripuleita ja enteriittejä lisääntytyään tietyissä ruoissa (raa'at kalat ja äyriäiset, kuumentamattomat merivedellä pestyt ruoat). Ihminen voi saada tartunnan nautittuaan raakaa tai riittämättömästi kypsennettyä kalastustuotetta. Muut elintarvikkeet voivat saastua kosketuksessa kalastustuotteiden kanssa tai tuotteiden käsittelijän käsien kautta (ristisaastuminen). Vaikka kyseinen vibriolaji ei elä Itämeressä (liian kylmä ja vähäsuolainen), niin se voi lisääntyvässä määrin uhata suomalaisia kuluttajia, koska kaloja ja äyriäisiä kuljetetaan ympäri maapalloa.

Alaskassa (60° leveyspiirillä) raportoitiin vuonna 2004 ensimmäistä kertaa vibrion aiheuttama tautiepidemia, jonka risteilymatkustajat saivat Alaskassa kasvatetuista ostereista (McLaughlin et al. 2005). Meriveden lämpötila heinä-elokuun jaksossa oli noussut 0,21°C / vuosi vuodesta 1997 lähtien. Vuoden 2004 kesällä mitattiin ensimmäistä kertaa yli 15°C lämpötila osterinkeruun aikana. Tätä ennen pohjoisin tautitapaus oli raportoitu vuonna 1997 Brittiläisessä Kolumbiassa 1 000 km etelämpänä. Tätä tapausta voidaan pitää varoittavana esimerkkinä meriveden lämpötilan noususta aiheutuville elintarvikeinfektioille. Meriveden lämpötilan nousu yli 15 °C:en lisää tautivaaraa.

Vesistöjen lämpenemisellä voi olla suuria vaikutuksia vesiviljelyeläimiin. Alaskassa on raportoitu myös lisääntyvä lohitautilien trendi vuoden 1997 jälkeen (Bradley et al. 2005). Stressaantuneet kalat ovat alttiimpia taudinaiheuttajille.

Eräiden tutkimusten mukaan El Niño -ilmiö vaikuttaa ruokamyrkytysten ja erilaisten vesivälitteisten tautien esiintymiseen meren lämpötilan noustessa normaalilämpötilaa korkeammaksi (Epstein 2001, Hall et al. 2002, Rosenzweig et al. 2001). Sen seurannaisvaikutukset voivat tuntua myös eurooppalaisessa elintarviketuotannossa, jos heikkolaatuisia ja herkästi pilaantuvia kaloja, äyriäisiä tai eläinrehujakeita tuodaan Tyynenmeren maista. Lisäksi matkailijoiden mukana taudinaiheuttajat voivat siirtyä eurooppalaiseen ravintoketjuun.

7.3 Vesiviljelyyn kohdistuvat tutkimustarpeet

Suomessa vesiviljelyyn kohdistuva tutkimus on pääasiassa kalanviljelyä tukevaa tutkimusta. Ilmastonmuutos tuo paineita etenkin levien muodostamien levätoksiinien tutkimiseen ja niiden seurannaisvaikutuksiin. Lisäksi tutkimusta tulisi ulottaa ilmastonmuutokseen sopeutuviin kalanviljelymenetelmiin.

8 Ilmastomuutoksen vaikutus porotalouteen

8.1 Haastateltavien näkemykset

Ilmastomuutoksen vaikutusta porotalouteen ei ole laajemmin vielä tutkittu. Sen vuoksi tässä luvussa esitetään pääasiassa asiantuntijahaastatteluuissa esiin nousseita näkemyksiä ja arvioita porotalouden tulevaisuudesta.

Ilmaston arvioidaan lämpenevän suhteessa eniten maapallon pohjoisimmilla alueilla (napa-alueilla), jolloin lumirajan siirtyminen pohjoisemmaksi kasvattaa paineita siirtää myös poronhoitoalueita pohjoisemmaksi.

Porotalouden siirtyminen pohjoiseen voi aiheuttaa nykyisillä eteläisimmillä poronhoitoalueilla tarvetta ammatinvaihtoon.

Pohjoisimmat herkäät luontoalueet eivät välttämättä kestä nykyistä suurempaa laidunnusta, ja Tunturi-Lapin luonto voi haavoittua ylilaiduntamisen seurauksena.

Jos porojen nykyinen luontainen elinympäristö muuttuu radikaalisti tai ei enää kestä porotaloutta, on mahdollista, että porojen kasvatusta siirtyy tarhaukseen. Tämä voi aiheuttaa aluepoliittisia kiistoja. Myös tautiriski kasvaa, jos poroja kasvatetaan ja tarhataan pienemmillä alueilla.

Poronlihalla on korkea status, minkä vuoksi etenkin uusien loisien tulemisesta ollaan huolissaan.

Porojen hyönteisvälitteisiä mikrofilariatartuntoja seurataan. Mikrofilariatartunnat vaikuttavat haitallisesti eläinten terveyteen ja lihan laatuun. Tartuntojen siirtymisestä pohjoisempaan on alustavia havaintoja. Esimerkiksi hirvikärpänen leviää suotuisamman ilmaston vaikutuksesta pohjoiseen päin. Sen vaikutuksista porotalouteen ei kuitenkaan olla yhtä mieltä. Toiset arvelevat, että lajilla ei ole suurtakaan vaikutusta poronhoitoon, mutta toisten mielestä loisen tuhoama poron nahka on turkistuotannolle melko suuri uhka, ja tämä voi aiheuttaa porotaloudelle tulonmenetyksiä. Hirvikärpänen aiheuttaa poroille myös stressiä verta imiessään. Toinen pohjoiseen leviävä tauteja levittävä eläin on puutiainen eli punkki, jonka aiheuttamaa aivokuumetta on tavattu jo Perämeren rannikolla asti. Tämä ei todennäköisesti vaikuta eläinpopulaation kokoon eikä riistalihan laatuun.

Ilmaston lämpiämisestä tuleva hyöty painottuu talvien leudontumiseen ja lumipeiteajan lyhenemiseen ja ohentumiseen. Tämä voi helpottaa porojen ruuan saantia, sillä tällöin porojen ei tarvitse kaivaa jäkälää esille paksun lumipeitteen alta ja lisäksi jäkälän kasvun ennustetaan lisääntyvän lämpötilan noustessa.

Toisaalta, jos lämpötila vaihtelee edestakaisin nollan molemmin puolin, jäkälän päälle muodostuu kova jäinen kerros, jota poro ei välttämättä saa rikottua etsiessään ravintoa (esim.

Kohler ja Aanes, 2004). Tällöin porojen ruokinnassa on käytettävä enemmän lisärehua, mikä lisää porotalouden kustannuksia.

Talvien lauhtumisen takia porojen lisäruokinnan tarve voi jopa lisääntyä, vaikka ilmastonmuutos lisäksi jäkälän kasvua ja osittain helpottaisi jäkälän saantia.

Poronhoidon käytännön toimenpiteet, mm. poroerotus ja rehun kuljetukset moottorikelkoilla, vaativat uusia toimintamalleja lumipeiteajan lyhentyessä ja lumipeitteen ohentuessa. Moottorikelkat korvautunevat osittain mönkijöillä.

8.2 Porotalouden mahdollisia tutkimustarpeita

Ilmastonmuutoksella ei näyttäisi olevan porotalouteen lainkaan positiivisia vaikutuksia. Siitä huolimatta varsinaista sopeutumistutkimuksia ei tällä alueella näyttäisi vielä olevan lainkaan. Sen sijaan esimerkiksi vektorihyönteisten ja loisten siirtymistä etelästä pohjoiseen seurataan.

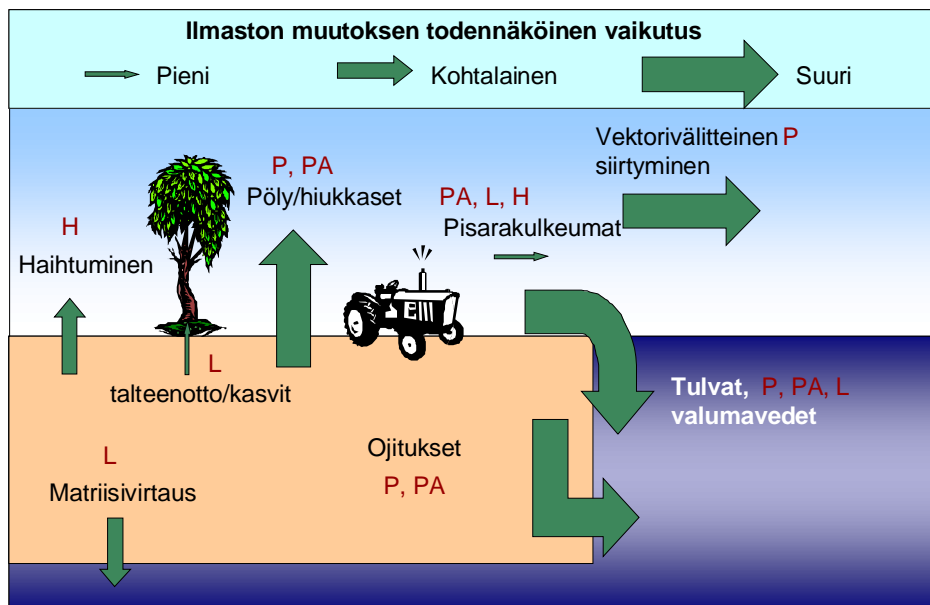
Olisi tärkeää aloittaa myös porotalouden sopeutumistutkimus, sillä pitkällä aikavälillä ilmastonmuutos uhkaa koko elinkeinon olemassaoloa.

9 Ilmastonmuutoksen vaikutus raaka-aineiden, tuotteiden ja kuluttajien altistumisväyliin

Kuluttajat altistuvat erilaisille biologisille (mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet) ja kemiallisille haitta-aineille eli kontaminanteille (torjunta-aineet, raskasmetallit, lääkeainejäämät ym.) alkutuotannosta saatavien raaka-aineiden ja niistä valmistettujen tuotteiden kautta. Merkittävimpiä haitallisten yhdisteiden siirtäjiä organismista toiseen ovat vesi, ilma ja hyönteiset, jotka toimivat ns. vektoreina eli haittatekijöiden siirtäjinä. Lisäksi myös muut eläimet, kuten jyrtsijät ja linnut, sekä ihmiset toimivat haittatekijöiden kuljettajina.

Ilmastonmuutoksen vaikutusta haitta-aineiden kulkeutumiseen on tutkittu monella taholla. Esimerkiksi Boxall et al (2009) ovat esittäneet, että ilmastonmuutoksella on todennäköisesti suuri vaikutus pölyn ja hiukkasten kautta tulevalle altistukselle (kuva 19). Lisäksi kuumat ja kuivat kesät lisäävät pölyvien hiukkasten muodostumista. Myös valuma- ja tulvavesien merkitys altistusreitteinä kasvaa, samoin kuin vektorivälitteinen altistuminen.

Abrahamsin (2002) mukaan erityisesti maanviljelyksen parissa ja raaka-aineiden käsittelyssä työskentelevät henkilöt ovat alttiita maaperän pölyn kautta tapahtuvalle altistukselle. Pölyn mukana homeitiöt ja muut partikkelit voivat päätyä raaka-aineisiin. Pesticidien ruiskutuksen mukana saatavaan altistukseen ilmastonmuutoksella ennustetaan olevan vain lievä muutosvaikutus. Niiden leviäminen riippuu voimakkaasti ruiskutuksen jälkeisistä sateista ja tuulista.



Kuva 19. Ennuste ilmastonmuutoksen vaikutuksesta merkittävimpiin kulkureitteihin, joiden kautta ihmiset altistuvat taudinaiheuttajille tai kemiallisille yhdisteille. P= partikkelit (virukset, bakteerit, itiöt, muokatut nanopartikkelit), PA= partikkelikompleksit (hydrofobiset orgaaniset haitta-aineet, raskasmetallit yms, jotka kiinnittyneinä partikkeleihin), L = liukoiset yhdisteet (nitraatit, hydrofiiliset pestisidit), H = haihtuvat yhdisteet. Lähde: Boxall et al. 2009.

Boxall et al. (2009) kokoamasta yhteenvetotaulukosta 5 nähdään, että ilmastonmuutoksella on suuri vaikutus kasteluvesien pilaantumiseen, vektorihyönteisten lisääntymiseen, mikrobiperäisten haittayhdisteiden leviämiseen sekä lääkeainejäämiin.

Taulukko 5. Alkutuotannossa esiintyviä haittatekijöitä ja arvioita ilmaston muutoksen vaikutuksesta niihin (Lähde: Boxall et al. 2009). Taulukkoon on merkitty *:llä tekijät, joihin ilmastonmuutoksella on erittäin suuri vaikutus.

Kontaminaatiolähde	Kontaminaatiotyyppi	Ilmaston muutoksen vaikutus	Muut vaikuttavat tekijät
Kasvinsuojeluaineet	herbisidit, hyönteistorjuntaaineet, fungisidit	Lisääntynyt käyttö kasvitautilien lisääntymisen myötä	Siirtyminen luonnonmukaiseen viljelyyn vähentää käyttöä, siirtyminen biopoltoaineisiin lisää käyttöä
Lannoitteet	NO ₃ , PO ₄	Viljelyn tehostuminen lisää käyttöä, maaperän orgaanisen hiilen väheneminen lisää käyttöä, kasvien tehokkaampi ravinteiden ottokyky vähentää käyttöä	Valmistuskustannusten nousu voi vähentää käyttöä
Lietteet	Raskasmetallit, lääkeaineet, teolliset kontaminatit, patogeenit, ravinteet	Viljelyn tehostuminen lisää lietteen käyttöä, maaperän orgaanisen hiilen väheneminen lisää käyttöä	Biopartikkeleiden taloudellisen arvon nousu vähentää käyttöä
Lääkeainejäämät (eläimet) *	Antimikrobiset lääkkeet	Karjatalouden tehokkuuden lisääminen lisää käyttöä, tautipaineiden lisääntyminen lisää käyttöä	-
Kasteluvedet *	Patogeenit, raskasmetallit, pestisidit, yms	Keinokastelun tarve tulee lisääntymään kuivina jaksoina	-
Tulvat	Raskasmetallit, dioksiinit, PAH, patogeenit	Tulvien lisääntyminen lisää kontaminanttien kulkeutumista	-
Vektorit* (hyönteiset)	Virukset, bakteerit, sienet, alkueläimet	Vektoreiden määrät ja levinneisyys muuttuu, uudet lajit uusille alueille	-
Ilmavälitteiset laskeumat	Pestisidit, patogeenit	Ilmavälitteisten haihtuvien yhdisteiden määrä lisääntyy (pestisidit), kulkeutuminen uusille paikoille	-
Mikrobiperäiset haittayhdisteet*	Homemyrkyt, levien biotoksiinit	Haittayhdisteiden tuotto lisääntyy	-

9.1 Ilmastonmuutoksen vaikutus veteen haittatekijöiden välittäjänä

Vesi on merkittävin välittäjä erilaisille haittatekijöille niin ihmisille kuin eläimillekin. Ilmastonmuutoksen ennustetaan maailmanlaajuisesti muuttavan vesimääriä, virtaamia ja vesistöjen pinnan korkeutta. Valumavedet, tulvat ja ihmisten muokkaamat vesiväylät, kuten salaojat, ovat merkittäviä väyliä ravinteiden sekä monien haittatekijöiden kulkeutumiselle. Ilmastonmuutoksen oletetaan lisäävän näiden reittien merkitystä (Boxall et al. 2009). Lisäksi keinokasteluvesien laadulla tulee olemaan suuri merkitys. Saastuneet keinokasteluviedet voivat tehokkaasti siirtää haittatekijöitä elintarvikeketjuun.

Maaperän läpi kulkevat vedet ovat myös tärkeitä kuljetusreittejä esim. raskasmetalleille, nitraateille, liuenneille hiilivedyille ja hydrofiilisille pestisideille. Maaperän koostumus vaikuttaa suuresti lika-ainesten kulkeutumiseen maa-aineksen läpi ja niiden päätymiseen pohjaveteen, jokiin ja järviin. Ilmastonmuutoksen ennustetaan vaikuttavan maaperän koostumukseen ja rakenteeseen ja sitä kautta myös vesien virtaamat maaperässä voivat muuttua (Boxall et al. 2009).

Ilmastonmuutosten vaikutusten arviointi on haastavaa, koska taustalla on monimutkaisten vuorovaikutustekijöiden vyyhti. Koleramalli on hyvä esimerkki elintarvike- tai vesivälitteisestä epidemiasta, jonka taustalla on monta eri tekijää, joihin kaikkiin ilmastonmuutos vaikuttaa omalla tavallaan (Lipp et al 2002). *Vibrio cholerae* -bakteerin aiheuttama kolera on yksi taudeista, jonka ennustetaan lisääntyvän ilmaston lämpenemisen myötä (Rodo et al 2002).

V. cholerae on kauan tunnettu ulostevälitteisten epidemioiden aiheuttaja. Bakteeri on myös erittäin yleinen murtovesialueilla. Se on yleinen bakteeri jokisuistoissa ja rannikkoalueilla, Atlantin ja Tyynenmeren rannikkoseuduilla. Sitä on eristetty myös Euroopasta. Silti koleraepidemiat esiintyvät paikallisesti ja kausiluonteisesti lähinnä tropiikissa ja subtrobiikissa. Sairastapauksia tosin havaittiin hurrikaani Katriinan jälkeen vuonna 2005 USAssa (Greer et al 2008).

Ilmastonmuutoksen vaikutus *V. cholerae* -bakteerin lisääntymiseen

1. Lämpimät rannikkovedet yhdistettynä leväkukintoihin suosivat *V. cholerae* kasvu. Tietty fotosynteettiset kasviplanktonit lisääntyvät lämpötilan nousun myötä ja niiden aineenvaihdunta nostaa ympäristön pH:ta
2. Happamuuden nousu antaa kilpailuedun *V. cholerae* -bakteerille, koska se viihtyy alkalisemmassa ympäristössä kuin muut meren bakteerit.
3. Kasviplanktonin määrän kasvu mahdollistaa eläinplanktonin lisääntymisen (hankajalkaiset). → Kolerabakteerit kiinnittyvät eläinplanktoniin (suojaa niitä)
4. Kasviplanktonien hajoamistuotteet tuovat edelleen lisää ravinteita bakteerille → runsaslukuiset populaatiot eläinplanktoneissa, jotka taas toimivat äyriäisten ravintona (yksi hankajalkainen voi sisältää 10 000 – 1 000 000 *V. cholerae* -bakteeria).

Ihmisen toiminta on keskeinen osa tätä monimutkaista vyyhtiä. Saastunut juoma- ja pesuvesi voi toimia kolera välittäjänä, kun hygieeniset olot ovat huonot. Ilmastonmuutoksen myötä ja erityisesti ääri-ilmiöiden runsastuessa kolera tapauksia voi esiintyä myös muissa kuin heikon hygienian tilanteissa. Lämpötilan muuttuminen laajentaa planktoneiden alueita ja sitä myöten myös vibrioiden kasvualueita. Kolera välittäjänä toimivat yleensä jätevedellä saastuneessa

vedessä elävät merenelävät tai saastuneella vedellä huuhdellut elintarvikkeet. Tyypillisiä riskielintarvikkeita ovat jäteveden purkualueelta kalastetut osterit ja simpukat. Muut elintarvikkeet voivat saastua ristisaastumisen kautta tai tartuntaa kantavasta työntekijästä puutteellisen hygienian vuoksi (Reen et al 2005).

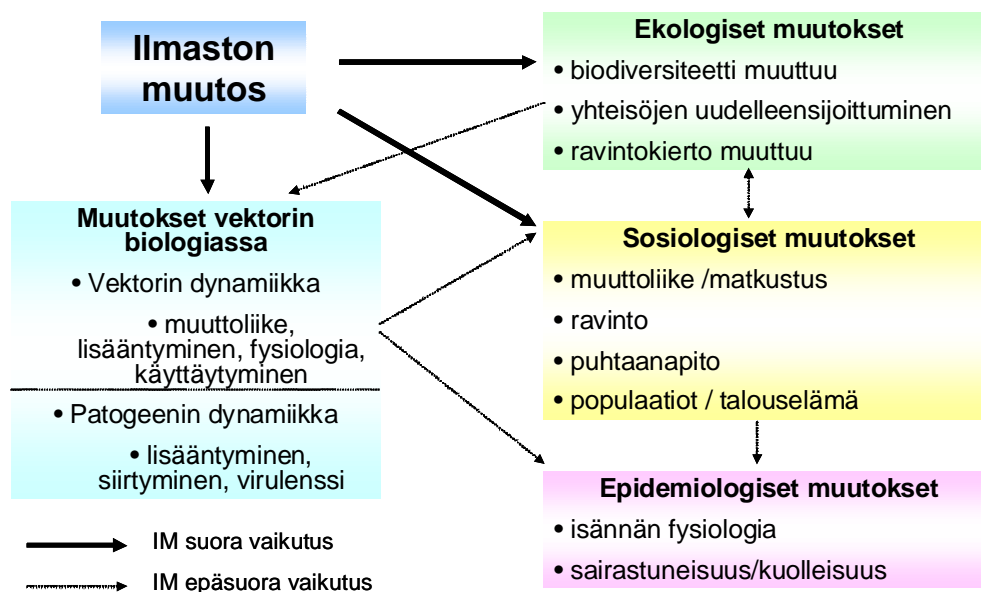
9.2 Ilmastonmuutoksen vaikutus hyönteisiin vektorieläiminä

Hyönteiset (hyttyset, kirvat, kärpäset, punkit yms.) ovat merkittävimpiä vektoreita. Ne voivat tehokkaasti siirtää kasvien, eläinten ja ihmisten taudinaiheuttajia paikasta toiseen (Hunter 2003). Ilmaston lämpeneminen tulee vaikuttamaan sekä vektoriorganismien levinneisyyteen että taudinaiheuttajien siirtymisen tehokkuuteen.

Gubler et al. (2001) esittivät mahdollisia mekanismeja lämpötilan muutoksen vaikutuksesta vektorivälitteisten tautien riskiin:

- vektoreiden elinkyky heikkenee tai lisääntyy
- vektoripopulaation kasvunopeus muuttuu
- vektoreiden ravintokäyttäytyminen muuttuu
- vektoriorganismin herkkyys taudinaiheuttajan kantamiselle voi muuttua
- taudinaiheuttajan itämisaika muuttuu
- vektorin aktiivisuuskausi muuttuu
- taudinaiheuttajan siirtymisen ajanjaksot muuttuvat.

Ilmastonmuutoksen vaikutusten selvittäminen vektorivälitteisten haittatekijöiden siirtymiseen on haastavaa, koska ilmastonmuutos vaikuttaa moniin muihin ympäristötekijöihin (kuva 20).



Kuva 20 Ilmastonmuutoksen vaikutukset vektorivälitteisten tautien syntyyn. Paksut nuolet kuvaavat suoraa vaikutusta ja ohuet nuolet epäsuoria vaikutuksia (Lähde: Chan et al. 1999, Gubler et al. 2001).

Esimerkiksi erilaiset säätökijät, kuten lämpötila ja sademäärä, vaikuttavat sekä elinympäristöön että vektoriin mutta myös selkärankaisiin isäntiin. Näiden tekijöiden monimutkainen vyyhti määrittelee haittatekijän, kuten taudinaiheuttajamikrobin, läsnäolon ja sen siirtymismahdollisuuden eteenpäin elintarvikeketjussa.

9.3 Kuluttajien ja työntekijöiden altistumisreitteihin liittyvä tutkimustarve

Uusien ja voimakkaasti lisääntyvien haitta-aineiden ja mikrobien eri altistusreitteihin ja -ketjuihin liittyvälle tutkimukselle on tarvetta. Etenkin vektorivälitteisten mikrobien siirtymistä tunnetaan vielä vähän.

Tutkimusta tulee kohdentaa myös pölyn välityksellä alkutuotannossa ja varastoinnissa tapahtuvaan altistukseen, siten että voidaan ennalta estää mahdolliset mykotoksiinialtistukset työoloissa.

10 Elintarvikkeiden tuotantoketju muuttuvassa ilmastossa

10.1 Tuotantoketjun hygienia ja lämpötilakontrolli

Ilmastomuutos tulee vaikuttamaan elintarvikkeiden ja veden välityksellä leviävien tautien elinoloihin muun muassa siten, että isäntien ja taudinaiheuttajien populaatioiden koko ja levinneisyys muuttuvat, altistusjakson pituus ja ajoitus muuttuu sekä tautien ajoitus ja kesto muuttuvat (Parkinson ja Butler 2005). Äärimmäisten ilmastomuutosten aiheuttaman stressin myötä myös erilaiset isännät (kasvit, vesiviljely- ja tuotantoeläimet, ihmiset) ovat alttiimpia haittamikrobeille (FAO 2008). Toisaalta on huomattava, että ihmisten oma toiminta ja paikallinen ekologia ovat olleet selvästi määräävämpiä tekijöitä monien haittailmiöiden, kuten tautiepidemioiden, kannalta kuin ilmaston muuttuminen (Boxall et al. 2009).

Kuvaan 21 on koottu yhteenvedo ilmastomuutoksen vaikutuksille alttiista vaiheista elintarvikkeiden koko tuotantoketjussa (Hall et al. 2002).



Kuva 21. Ilmastomuutoksen vaikutukset elintarvikeketjussa (mukailtu Hall et al. 2002).

Heikko hygieniataso ja lämpötilakontrolli elintarvikkeiden tuotantoprosessissa, kuljetuksessa ja varastoinnissa tulevat lisäämään pilaajien ja taudinaiheuttajien määriä muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa. Esimerkiksi Australiassa tehdyssä tutkimuksessa siipikarja, punainen liha, kalat, äyriäiset, simpukat ja salaattit ovat tunnistettuja ja merkittäviä haittatekijöiden välittäjiä elintarvikeketjussa ilmaston muuttumisen myötä (Hall et al. 2002). Viljat ja viljatuotteet ovat merkittäviä mykotoksiinien lähteitä.

Ilmastonmuutos tuo haasteita elintarvikeketjun toimivuudelle. Esimerkiksi kylmäkuljetusten onnistuminen on haastava osa elintarvikeketjun toimivuutta etenkin, kun kuljetusetäisyydet kasvavat jatkuvasti. Ilmaston lämpeneminen asettaa kylmäketjun suuremmalle koetukselle, ja kylmäketjun ylläpito kallistuu.

VTT:llä tutkittiin vuonna 2007 esimerkiksi Siperian radan aiheuttamia uhkia kuljetuksille. Tutkimuksessa todettiin, että kuljetus ei aiheuttanut tuotteille mekaanisia rasituksia, mutta Trans-Siperian kylmä talvi-ilmasto, kuuma kesä ja lämpötilavaihteluiden asettamat vaatimukset tulee erityisesti huomioida tuotteiden pakkaussuunnittelussa ja suojauksessa (Salmela et al. 2008).

Muuttuvat sääolosuhteet vaikuttavat myös raaka-aineiden kuljetuksiin ja varastointiin. Märkä syksy voi pehmentää teitä, joten esimerkiksi viljakuljetukset vaikeutuvat. Tämä heikentää teollisuuden raaka-aineiden toimitusvarmuutta. Varastointiolosuhteet muuttuvat vaativammiksi, sillä lisääntyvä kosteus syksy- ja talviaikoina lisää varastoitujen tuotteiden pilaantumiseriskää.

Ilmaston lämpenemisen arvellaan lisäävän ruokamyrkytysten riskiä. Esimerkiksi englantilaisessa tutkimuksessa arvioitiin, että ilmaston lämpötilan nousu noin kahdella asteella lisää ruokamyrkytyksiä 179 000 tapauksella / vuosi Iso-Britanniassa (Bentham ja Langford 1995).

Suurin osa elintarvikeperäisistä epidemioista aiheutuu salmonella-, kamylobakteeri- tai listeriainfektioista. Näistä salmonellabakteerit ovat selkeästi merkittävin mikrobiryhmä, jonka odotetaan myös hyötyvän ilmaston lämpenemistä. Tautitapausten ennakoitaan lisääntyvän eri puolella maapalloa (FAO 2008, Hall et al. 2002, RASF 2008). Salmonellasta aiheutuvien epidemioiden lisääntymisen ennakoitaan tapahtuvan kesäaikaan (Hall et al. 2002).

Kamylobakteerien aiheuttamien epidemioiden määrä on jo nyt kasvussa. Infektioiden nousun ennustetaan tapahtuvan keväällä (Hall et al. 2002). Kovats et al. (2005) tutkivat ilmasto-olosuhteiden ja kamylobakteeri-infektioiden esiintymistä 13 eri maassa. Pohjoismaista mukana oli Tanska. Tutkimuksessa havaittiin, että ilmastolliset parametrit voivat hieman selittää kamylobakteeritapausten esiintymistä eri vuodenaikoina. Kaikissa tapauksissa havaittiin infektiopiikki keväällä. Leudommat talvet suosivat kamylobakteerin siirtymistä, säilymistä ja lisääntymistä ympäristössä. Tutkimuksessa havaittiin, että leudon talven maissa kamylobakteeri-infektioden piikki oli aiemmin keväällä. Sademäärillä ei ollut vaikutusta.

Elintarviketeollisuuden kannalta on erittäin tärkeää, että se saa käyttöönsä hyvälaatuista raakavettä vesilaitoksilta. Siksi vedenjakeluverkostojen puhtaus ja hygieenisuus on tärkeää. Tutkimusten mukaan on erittäin epätodennäköistä, että ilmastonmuutos lisääisi tautiriskiä normaaleissa, hyvin valvotuissa vedenjakelujärjestelmissä (Hunter 2003). Toisaalta, Nokian

vesiepidemia vuonna 2007 osoitti, että vedenjakelujärjestelmät ovat haavoittuvia vesilaitoksen jälkeen tapahtuvalle saastutukselle.

Ilmastonmuutoksen odotetaan lisäävän äärimmäisten sääilmiöiden, kuten rankkasateiden, esiintymistä. Siitä syystä sekä mikrobien että parasiittien aiheuttamien tautitapausten on ennustettu lisääntyvän erityisesti sellaisissa vedenottojärjestelmissä, jotka eivät ole säännöllisen valvonnan piirissä (Hunter 2003. Parkison ja Butler 2005). Suomessa tällaisia ovat mm. kesäkäytössä olevat majoitus- ja retkeilykohteet ja omat yksityiskaivot.

10.2 Tuotannon hygieniaan ja lämpötilakontrolliin liittyviä tutkimustarpeita

Ilmastonmuutos luo tarpeita kehittää mm. varastoinnin ja kuljetusketjun lämpötilojen hallintaa siten, että oikea lämpötila voidaan todentaa jälkikäteen koko tuotantoprosessin ajan. Lisäksi on tarpeita kehittää veden mikrobiologisen laadun pikamittausmenetelmiä.

Omavalvontamenettelyjä ja kriittisten pisteiden tarkastelua on kehitettävä ja menettelytapa sopeutettava muuttuviin ilmasto-olosuhteisiin. Uudentyyppiset riskitekijät voivat tulla tuotantoketjuun muuttuvien olosuhteiden myötä.

11 Muut hankkeen haastatteluissa esiin nousseet asiat

11.1 Energiantuotannon muutosten vaikutukset elintarvikeketjuun

Eliclimate-hankkeen kirjallisuuskatsaus ei koskenut energiantuotannon vaikutuksia elintarvikeketjuun. Sen sijaan haastatteluissa tämä asia nousi esille. Haastateltavat arvelivat, että raakaöljyn hinta tulisi yhä nousemaan. Tämän arveltiin lisäävän vaihtoehtoisten energialähteiden hyödyntämistä, mutta sen koettiin olevan myös uhka viljanviljelylle.

Tulevaisuudessa energiaa tuotetaan esimerkiksi viljasta tai eläinten lannasta, riippuen siitä, millaista maataloustuotantoa alueella esiintyy. Uusiutuvan energian käyttö voi joko vähentää maatalouden tuotantokustannuksia tai tuottaa uusia tulonlähteitä. Jos viljelymaan käyttöä ei millään tavalla säädellä, kotimaisen viljan tuotanto saattaa vähentyä, sillä viljelijät voivat saada polttoaineen tuotannosta paremman hinnan kuin viljan viljelystä. Tämän seurauksena myös ruoan hinta nousisi.

Haastateltavat arvioivat, että fossiilisten polttoaineiden käyttöä voidaan rajoittaa tulevaisuudessa tai niiden hinta voi muodostua niin korkeaksi (polttoaineen hinta ja verotus), ettei fossiilisia polttoaineita kannata käyttää samassa mittakaavassa kuin nykyisin. Myös ilmastokuormittavuuden arveltiin vaikuttavan tuotantoa koskevaan päätöksentekoon.

Fossiilisten polttoaineiden käytön rajoitukset tai korkea hinta aiheuttaisivat muutostarpeita sekä tuotannon että kuljetusten energialähteisiin.

Käytetty energialähde vaikuttaa tuotteiden kuormittavuuteen, joten myös energiakysymyksillä voi olla vaikutusta tuotantosuuntien volyymiin.

Tuotantolaitosten rakenteellisissa muutoksissa painottuivat lämmön talteenoton kehittäminen sekä energian ja veden säästö. Korjausrakentamisessa otetaan ympäristönäkökohdat huomioon yhä painokkaammin.

11.2 Epävarmuus elintarvikeketjussa

Eliclimate-hankkeen haastatteluissa nousi esiin ilmastonmuutoksen lisäksi useita muita elintarvikeketjuun liittyviä epävarmuuksia, jotka osittain ovat sidoksissa ilmastonmuutokseen.

Kansainvälisen kaupan ja kilpailun kiristymisen vaikutusten arvioitiin näkyvän tulevaisuudessa voimakkaasti myös suomalaisessa alkutuotannossa ja elintarvike-teollisuudessa.

Jos tuotantopanosten, kuten lannoitteiden, energian, kaluston ja raaka-ainejohdannaisten, hinnat nousevat ja raakaöljy kallistuu, niillä voi olla suuria vaikutuksia alalla. Esimerkiksi typpilannoitteiden hinnan noustessa on tärkeää pohtia, miten maaperän ravinnetalous voitaisiin hoitaa järkevästi muita täydentäviä vaihtoehtoja käyttämällä.

Sääolojen epävakaisuuden arveltiin aiheuttavan kysynnän ja tarjonnan epätasapainoa, mikä aiheuttaa elintarvikkeiden raaka-aineiden hintojen vaihtelua.

Maa- ja metsätalouden markkinat vaikuttavat myös Suomeen. Esimerkiksi Australian ja Uuden-Seelannin kuivuusongelmat voivat aiheuttaa raaka-aineiden tarjonnan romahtamista ja lisäävät markkinoiden epävarmuutta. Epävarmuutta kasvattaa tulevaisuudessa myös globaali ruoan kysynnän kasvu. Ruoan tarjonnan ja hinnan vaihtelu yhdistettynä kysynnän kasvuun voi aiheuttaa markkinoille vaikeasti ennustettavia heilahteluja.

Haastateltavat näkivät, että elintarvikkeiden raaka-aineiden käyttöä voidaan mahdollisesti rajoittaa tulevaisuudessa.

Kasveille, raaka-aineille tms. voidaan määrittää kasvihuonekaasuvaikutuksiin liittyviä tunnuslukuja, kuten hiilijalanjälki, joiden perusteella viranomaiset voivat rajoittaa korkean kasvihuonekaasuvaikutuksen omaavien tuotteiden valmistusta ja käyttöä.

Hiilijalanjäljen lisäksi on kehitteillä tuotteiden vesijalanjälki, joka kuvaa tuotteen elinkaaren aikaista veden kulutusta. Tutkimustietoa ei ole vielä riittävästi, jotta vesijalanjälki voitaisiin laskea luotettavasti, mutta mittaria kehitetään parhaillaan. Mielenkiintoinen kysymys on, tuleeko vesijalanjäljestä tuotantoa ohjaava tekijä EU-tasolla vai yksittäisten yritysten tasolla.

Ympäristövaikutusten riippuvuus toisistaan ja ilmiöiden monimutkaisuus vaikeuttavat tuotteiden elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten laskentaa. Jokin tuotantotapa voi esimerkiksi kuormittaa ilmastoa paljon, mutta tuotannon rehevöittävä vaikutus voi puolestaan olla pieni. Tästä asiasta kaivattiin lisää tutkimuksia.

Maatalouden prosessien ympäristövaikutusten perinpohjainen selvitys voisi tarjota maatalousyrittäjille uusia liiketoimintamalleja ja tietoa tuotannon ympäristövaikutusten vähentämiseksi.

Yleisenä trendinä pidettiin alkutuotannon tilakokojen kasvamista. Esimerkiksi maidontuotannossa uskotaan siirtyvän tulevaisuudessa yhä suurempiin tilakokoihin, mikä vaatii osaavaa ja motivoitunutta henkilöstöä. Suuremmat tilakoot kompensoivat uhkaa, että tiloille ei löytyisi jatkajia. Suurten tilakokojen arveltiin tuovan sekä uhkia että etuja.

Zoonoottisten bakteerien esiintyminen suurissa yksiköissä saattaa kasvaa ja aiheuttaa terveysriskejä.

Mitä suurempi karja, sitä ammattitaitoisempi tuottajan on oltava. Myös eläinlääkäri käy tilalla usein. Tilalla voi olla paremmat edellytykset varautua tauteihin ja investoida hygieniaan.

Haastatteluissa arveltiin, että tämän hetkiset sopeuttamistoimet ovat ongelmallisia, koska ne tehdään usein toiminnan sisältä, eikä niissä pyritä katsomaan kokonaisuuksia. Nyt kuluttajat alkavat vaatia tuotteista tietoa esimerkiksi niiden hiilijalanjäljestä ja vesijalanjäljestä, ja elintarvikkeiden valmistajat voivat jatkossa asettaa omille tuottajilleen ympäristövaatimuksia.

Olisi tärkeää, että myös maataloilta alettaisiin nykyisten mittausten sijaan vaatia esim. tila-, tilapari- tai tuotekohtaisia hiilijalanjälkiselvityksiä tms., jolloin viljelijät voisivat itse valita ne tavat, joilla päästään parhaaseen ratkaisuun. Tämä edellyttää mm. kasvi- ja kotieläintilojen yhteisiä sopimuksia ja päämäärätarkasteluja sekä myös määräyksiä antavien viranomaisten tietotaidon lisäämistä.

Sopeutumisessa on tärkeää muistaa sekä proaktiivisten että reaktiivisten toimenpiteiden käyttö. Proaktiivisuutta voi lisätä tarjoamalla erilaisia kannustimia yrityksille ja tuotantoketjuille sekä lisäämällä kuluttajien ja eri sidosryhmien ympäristötietoisuutta. Ohjaus ja lainsäädäntö puolestaan tehostavat reaktiivisten toimenpiteiden käyttöönottossa.

11.3 Ruokailutottumukset

Vallitsevan käsityksen mukaan lihatuotteet ovat kasvituotteita kuormittavampia tarkasteltaessa tuotteiden kasvihuonekaasuvaikutuksia. Haastateltavat näkivät, että tämä voi tulevaisuudessa vaikuttaa tuotantosuuntien volyymiin. Elintarvikeketjua tarkasteltaessa suurimmat kasvihuonekaasupäästöt syntyvät alkutuotannossa, teollisten prosessien osuus on vähäisempi. Elintarvikealalle kohdistuu kuitenkin ulkoisia paineita ilmastonmuutoksen hillintään.

Teollisuus tuottaa ennen kaikkea sellaisia tuotteita, mitä kuluttaja haluaa ostaa. Asiantuntija-arvion mukaan kuluttajien ympäristötietoisuus kasvaa koko ajan, joten ympäristönäkökohdat tulee ottaa entistä painokkaammin huomioon.

Etenkin nuoret ovat kiinnostuneita kasvituotteista, ja he hankkivat aktiivisesti tietoa erilaisista tuotteista ja niiden ympäristövaikutuksista.

Myös joukkotiedotusvälineet ja niiden kautta akuuteiksi ongelmiksi nostetut näkökulmat vaikuttavat liha- ja kasviskomponenttien osuuteen ravinnosta ja lautasmaailmasta.

Kuluttajien valintoihin vaikuttaa tiedon lisääntyminen kasvihuoneilmiöstä ja sen vaikutuksista. Yritysten on siten selvitettävä tuotantoketjunsä ympäristövaikutuksia ja tunnistettava niitä tuotantovaiheita ja -prosesseja, joissa teknologian avulla voidaan paremmin huomioida ilmastonmuutoksen hillintään tai sopeutumiseen liittyvät tuotantotavat.

Haastatteluissa nousi esiin, että nuoret ovat kuluttajina paitsi ympäristötietoisia myös humaaneja kuluttajia.

Tulevaisuuden trendinä nuorten keskuudessa on nousemassa esiin ruoan eettisyyden ja ympäristömyönteisyyden lisäksi humanisuus: maanviljelijällä on oikeus saada työstään riittävä palkka. Näiden mahdollisuuksien pohjalta on mahdollista laatia suunnitelma, jonka avulla voidaan taata monipuolinen maataloustuotanto tasaisesti koko maahan.

Suomalaisten ruoankulutusrakenteen tulevaisuutta ja sitä ohjaavia muutostekijöitä on kuvattu MIRHAMI-hankkeen loppuraportissa (Kirveennummi et al. 2008).

11.4 Muista asioista esiin nousseet kehitystarpeet

Haastateltavien taholta nostettiin esiin, että tutkimusta tulisi suunnata mm. erilaisten maatalouden prosessien ja tuotantomenetelmien ympäristökuormittavuuteen, jotka voisivat ohjata tulevaisuuden tuotantomuotoja. Lisäksi tulisi tutkia tilojen hiilijalanjälkien pienentämismahdollisuutta esimerkiksi viljantuotanto- ja karjataloustopilojen yhteistoiminnalla.

Suomessa on perinteisesti ollut maataloilla korkea hygienian taso. Tulisi selvittää, mikä on ollut sen perimmäinen aiheuttaja, jotta uusilla tilajärjestelyillä ei menetetä tätä eurooppalaisittain merkittävää etua.

12 Eliclimate- tulosten tarkastelua työpajassa

Tutkimushankkeen eri osatehtävien tuloksia esiteltiin asiantuntijaseminaarissa Ilmatieteen laitoksella. Tilaisuuteen osallistui 21 eri alan asiantuntijaa (liite 3). Ilmastoskenaarioiden (liite 4), elintarviketurvallisuutta kartoittavan kirjallisuuskatsauksen (liite 5) sekä asiantuntijahaastattelujen (liite 7) tuloksia kommentoitiin ja arvioitiin tietokoneavusteisen Thinktank-päätöksenteko-ohjelman avulla. Elintarviketeollisuuden näkökulmaa ilmastonmuutoksen vaikutuksista elintarviketurvallisuuteen (liite 6) tuotiin esille asiantuntija-puheenvuorossa.

12.1 Miltä Suomen ilmasto näyttää 2040-luvulla? (Jylhä)

Kirsti Jylhä Ilmatieteen laitoksesta esitteli seminaarissa globaalien ja alueellisten ilmastomallien antamia skenaariota Suomen olosuhteista 2040-luvulla (liite 4). Seminaarin osallistujia pyydettiin antamaan kommentteja seuraaviin kysymyksiin:

- Miten arvellette ilmastoskenaarioiden vastaavan tämän hetken tiedon tarpeeseen?
- Mistä aihepiireistä ilmastoskenaarioita tarvittaisiin lisää?
- Minkä ajankohdan ilmastoskenaarioita tarvittaisiin lisää?
- Onko käytettävissänne tarpeeksi tietoa nykyisestä ilmastosta? Mitä tarvittaisiin lisää?

Osallistujat olivat sitä mieltä, että tietoa on jo saatavilla melko hyvin, mutta tiedon tulkinta saattaa olla haasteellista. Suunniteltaessa ja päätettäessä tulevista sopeutumistoimenpiteistä, on erittäin tärkeää ymmärtää, mihin skenaarioiden antama tieto perustuu ja millaisia rajoitteita skenaarioiden tuloksilla saattaa olla. Toisena haasteena osallistujat pitivät tiedon suurta määrää. Pohdittaessa vastauksia konkreettisiin toimenpiteisiin voi olla vaikeaa suodattaa ja syntetisoida oleellinen tieto kaikesta informaatiomassasta. Yksittäisenä ilmiönä Golfvirran vaikutus ja vaikutuksen arvioidut muutokset Suomen ilmastoon kiinnostivat osallistujia.

Osallistujat toivoivat lisää tietoa käytännön esimerkkien avulla. Eräänä mahdollisuutena mainittiin arjen (kotalouksien) ja eri elinkeinosektoreiden toimien päästöjen vähentämistoimenpiteet ja niiden arvioitu vaikutus ilmastoskenaarioihin. Kaivattiin myös lisää tietoa äärimmäisten muutosten ja lievimpien muutosten välisistä eroista ja millaisia näihin erilaisiin lopputuloksiin johtavat tekijät saattaisivat olla.

Myös lähitulevaisuuden ilmastonmuutoksista kaivattiin lisää tietoa, jotta sopeutumistoimia voitaisiin kohdentaa ja päätöksentekoa tehostaa.

Osallistujat kokivat myös mielenkiintoiseksi tutkimuksen, jossa selvitetäisiin, miten esimerkiksi mahdolliset sään ääri-ilmiöt vaikuttaisivat maaperän olosuhteisiin ja maan ravinnetasapainoon. Jatkotutkimukselle arvioitiin olevan tarvetta myös selvitetessä ilmastonmuutoksen vaikutuksia biologisiin prosesseihin, kuten esimerkiksi kasvien ja eläinten leviämiseen.

12.2 Ilmaston muutos ja elintarviketuotannon turvallisuus – Mitä signaaleja löytyy kirjallisuudesta? (Laitila)

Arja Laitilan esittelemä kirjallisuuskatsaus osoitti, että elintarviketuotannon turvallisuutta uhkaavat monenlaiset häirtatekijät (liite 5). Katsauksen jälkeen seminaarin osallistujilta pyydettiin näkemyksiä siitä, mihin alueeseen jatkotutkimus pitäisi ensisijaisesti kohdistaa. Osallistujien tuli arvioida mahdollisia tutkimuskohteita skaalalla 1 – 5, jossa 1 tarkoitti että alueelle on vähän tutkimustarvetta ja 5 tarkoitti, että alueelle pitäisi suunnata voimakkaasti tutkimusta.

Arvioitavat tutkimusalueet olivat seuraavat:

- Biologisten ja kemiallisten häirtatekijöiden siirtyminen
- Vesi
- Ilma
- Vektorit
- Eläimet
- Kasvitaudit ja ilmaston muutos
- Mykotoksiinit ja ilmaston muutos
- Pestisidit
- Epidemiat muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa
- Vuorovaikutukset epidemioiden taustalla
- Levät ja biotoksiinit
- Lääkeainejäämät.

Eri vaihtoehtojen välillä ei noussut esille kovin selkeitä eroja, mutta vektoreihin, epidemioihin ja epidemioiden taustalla oleviin vuorovaikutusprosesseihin liittyvää tutkimusta muuttuvassa ilmastossa pidettiin erityisen tärkeänä. Zoonoosipatogeenien leviämisen arvioitiin lisääntyvän, joten tilanteen hallitsemiseksi tartunta-alkuperien ja -reittien selvittämistä pidettiin tärkeänä. Sen sijaan lääkeainejäämien tai torjunta-aineiden tutkimus jäi vähäisemmälle painotukselle.

Keskusteluissa tuli esille, että häirttojen torjumiseksi tai rajoittamiseksi on syytä tarkastella koko elintarvikeketjua ja eri häirtatekijöihin liittyviä muutoksia ilmasto-olosuhteiden muuttuessa. Merkittävimpinä tulevaisuuden uhkina osallistajat pitivät nimenomaan vektoriorganismien levinneisyyteen liittyviä muutoksia, lisääntyviä epidemioita, erilaisten biologisten ja kemiallisten häirtatekijöiden siirtymistä elintarvikeketjuun sekä mykotoksiinien lisääntymistä.

Seminaarin osallistajat toivat esiin yhteistoiminnan tarpeen valvonnan, tutkimuksen, terveydenhuollon, poliittisten päättäjien, teollisuuden eri tuotantoalojen, koulutuksen ja viestinnän välillä, minkä avulla voitaisiin tähdätä ilmastonmuutokseen varautumiseen. Tehokkaan verkostoitumisen arvioitiin olevan hyvin tärkeää, kun toimenpiteissä edetään hillitsemisestä enemmänkin kohti sopeutumista. Kasvi- ja eläintautien leviämisen seuranta ja ennakkovarointusjärjestelmien käyttöä pidettiin myös tärkeänä.

12.3 Elintarviketeollisuuden ilmastovaikutukset ja niiden hillintä (Vainikainen)

Anna Vainikainen Elintarviketeollisuusliitosta nosti esille elintarvikkeiden merkittävyyden kulutukseen kohdistuvien ympäristövaikutusten hallinnassa (liite 6). Jotta ilmastonmuutoksen

hillinnässä voidaan keskittyä kuormituksen vähentämisen kannalta olennaisiin näkökohtiin, tulee tuotteiden ilmastovaikutuksia tarkastella niiden koko elinkaaren osalta.

Esityksen jälkeen seminaarinosallistujia pyydettiin vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Miten alan toimijat ovat varautuneet ilmastonmuutokseen (suunnitelmat, asiaan liittyvä seuranta ja muut toimenpiteet ym.)?
- Mitkä asiat alan toimijat kokevat ilmastonmuutoksesta aiheutuviksi merkittävimmiksi (liiketoiminnan) riskeiksi (raaka-aineisiin liittyvät, prosesseihin liittyvät...)?
- Minkälaisia elintarvikeketjun toimijoiden yhteistyön mahdollisuuksia ja tarpeita ilmastonmuutokseen liittyy?
- Miten kuluttajille tulisi viestiä tuotteiden ilmasto-ominaisuuksista?
- Millaiset valmiudet/kiinnostus alan toimijoilla on selvittää tuotteiden hiili- ja/tai vesijalanjälki ja ottaa käyttöön niistä kertovat merkinnät?
- Mikä muu askarruttaa ilmastonmuutoksen ja elintarviketuotannon välisissä vuorovaikutussuhteissa?

Vastauksista ilmeni, että elintarviketeollisuuden roolista turvallisuuden parantamiseksi kaivattiin yhteisiä toimintamalleja ja konkreettisia toimia sopeutumisen kehittämiseksi. Yhteistyön elintarvikeketjun toimijoiden kesken nähtiin olevan hyvin tärkeä osa käytännön varautumista. Tutkimuksen nähtiin olevan keino parantaa yhteistyötä. Tutkimusta voidaan suunnata esimerkiksi jäte- ja sivuvirtojen hyödyntämisen kehittämiseen sekä logistiikan ja pakkaustekniikan kehittämiseen. Toisaalta pohdittiin, miten koko arvoketju saataisiin toimimaan mahdollisimman hyvin yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi.

Kuluttajien tietoisuuden lisäämistä helposti ymmärrettävien ympäristömerkintöjen ja ympäristötuoteselosteiden avulla pidettiin soveltuvana ja nopeana tapana kertoa elintarvikkeiden ympäristövaikutuksista. Toisaalta korostettiin, että yhtenäisten merkintöjen kehittäminen EU-tasolle ja tätä kautta yhtenäisten kriteeristöjen laatiminen olisi kannattavaa. Kriteeristön puuttumista pidettiin ongelmallisena, sillä tuotteiden vertailu luotettavasti ei ole vielä mahdollista.

Kuluttajien roolia yhteisen hyvän kehittämisessä korostettiin. Tulisi löytää keinoja, joilla voitaisiin suunnata kulutusta vähemmän ympäristöä rasittaviin tuotteisiin ja vähentää kuluttajapään turhaa hävikkiä. Keskustelussa nostettiin esille kysymys siitä, miten esimerkiksi tulisi suhtautua tuotteisiin, joiden ilmastokuorma on suuri. Tulisiko kulutusta ohjata esimerkiksi hintapolitiikan tai sääntelyn avulla?

12.4 Elclimate-hankkeen haastattelututkimus (Keränen)

Jaana Keränen esitteli asiantuntijoille tehdyssä haastattelututkimuksessa esiin nousseita eri toimialoihin liittyviä uhkia (liite 7).

Osallistujia pyydettiin arvioimaan, miten merkittävinä he pitivät haastattelututkimuksessa esille nousseita ilmastonmuutoksesta aiheutuvia riskejä elintarvikealalla. Osallistujien tuli arvioida riskien merkittävyttä skaalalla 1 – 5, jossa 1 tarkoitti että riski on vähäinen ja 5 tarkoitti, että riski on hyvin merkittävä.

Arvioitavat väitteet olivat seuraavat:

- Veden lämpötilan nousu vähentää veden happipitoisuutta ja pakottaa uusien tuotantotekniikoiden käyttöönottoon kalankasvattamoilla
- Veden lämpötilan nousu lisää kalan kasvua ja kalojen määrän osuus kasvatustilassa suurenee, tällöin kalojen stressi lisääntyy sekä tautien ja loiseläinten leviäminen helpottuu
- Veden lämpötilan nousu tuo mukanaan uusia kalatauteja
- Lumirajan siirtyessä pohjoisempaan kasvaa paine siirtää poronhoitoalueita pohjoisemmaksi
- Leudommat talvet muodostavat lumipeitteestä jäisen kerroksen, jolloin porojen luontainen ravinnon saanti vaikeutuu tai estyy
- Porotaloutta uhkaa uusien tuhoeläinten leviäminen poronhoitoalueille
- Maito- ja lihataloutta uhkaa uusien vektorivälitteisten tautien tulo Suomeen
- Suuremmat maito- tai lihakarjajyksiköt lisäävät eläintilojen tautipainetta
- Leudommat ja märemmät talvet heikentävät rehukasvien viljelyvarmuutta sekä rehun saatavuutta ja laatua
- Maaperän säilyttäminen elinvoimaisena vaikeutuu ilmaston muuttuessa
- Uusien vieraslajien leviäminen Suomeen uhkaa maanviljelyä
- Nykyiset tuhoeläinkannat leviävät yhä laajemmille alueille
- Veden vuotuinen jakaantuminen tuottaa ongelmia maanviljelylle
- Joidenkin nykyisten viljelykasvien kasvuolosuhteet heikentyvät ilmaston muuttuessa
- Ilmastonmuutoksen myötä elintarviketeollisuuden raaka-aineiden saatavuus ja laatu heikkenee.

Vastausten erot eivät olleet kovinkaan suuria, mutta merkittävimmit arvioitiin leudompina ja märempien talvien haitallinen vaikutus rehukasvien viljelyvarmuuteen ja rehun saatavuuteen, maito- ja lihataloutta uhkaavien uusien vektorivälitteisten tautien leviäminen Suomeen sekä nykyisten tuhoeläinkantojen leviäminen yhä laajemmille alueille. Näiden väitteiden painotettu keskiarvo oli yli 4. Muiden väitteiden painotettu keskiarvo vaihteli välillä 3,17 – 3,68.

Osallistajat kokivat lisäksi tärkeäksi, että uusien vektorivälitteisten tautien hallinnassa kiinnitetään riittävästi huomiota ennakointiin ja selvitetään myös muissa maissa saatuja kokemuksia ennaltaehkäisystä. Tämä tarkoittaisi esimerkiksi tiedon keräämistä Keski-Euroopasta niistä vihollislajeista, joiden arvioidaan leviävän tulevaisuudessa Suomeen.

Rehukasvien viljelyvarmuuden turvaamiseksi myös tulevaisuuden leudommissa ja märemmissä talvissa katsottiin kasvinjalostusohjelmilla olevan olennainen merkitys. Osallistajat myös arvioivat, että nykyisten tuhoeläinkantojen levitessä yhä laajemmille alueille oppia ja kokemuksia torjuntaan kannattaa etsiä tuhoeläinten nykyisiltä elinalueilta.

12.5 Loppukeskustelu

Loppukeskustelussa seminaariosallistajat korostivat, että viranomaisvalvonnan tai omavalvonnan vähäisyys ei erityisesti uhkaa elintarviketuotantoa. Vastaajat toivat kuitenkin esille, että resurssien kohdentaminen, valvonnan laatu ja yhdenmukaisuus eivät välttämättä ole kunnossa.

Kunnallisten vesilaitosten roolia puhtaan veden tuottajina pidettiin erittäin tärkeänä tulevaisuudessa. Samoin korostettiin koko elintarvikeketjun osallistumisen tärkeyttä taata ja suojata Suomen puhtaita pohjavesi- ja pintavesivarantoja. Veden laatua tulisi valvoa riittävästi, sillä tulevaisuudessa puhtaan veden riittävyys ja saatavuus korostunee. Vesitaloudella arvioitiin olevan merkitystä maataloustuotannon alueellisen jakautumisen kannalta. Suomella arvioitiin olevan tulevaisuudessa paremmat mahdollisuudet esimerkiksi kotieläintalouden harjoittamiseen kuin eteläisemmän Euroopan mailla.

Elintarvikeketjun epävarmuutta pohdittaessa tuotiin esille, ettei ilmastonmuutoksella välttämättä ole suurta merkitystä maatalouden kannalta tulevaisuudessa. Maatalouden tuottavuuteen, alan houkuttelevuuteen työpaikkana ja suomalaisen alkutuotannon säilyttämiseen arvioitiin vaikuttavan monen muunkin asian.

13 Johtopäätökset

13.1 Yleistä ilmastonmuutoksesta ja elintarviketurvallisuudesta

Ilmastonmuutoksen vaikutusten arvioiminen on haastavaa, koska esimerkiksi elintarvike- ja vesivälitteisillä taudeilla taudinaiheuttaja-ympäristö-isäntä -kokonaisuuden vuorovaikutukset ovat usein erittäin monimutkaisia. Merkittävin vaikutus on kuitenkin ihmisen omalla toiminnalla. Elintarvikeketjun mahdollisten uhkien vaikutukset vaihtelevat suuresti alueittain riippuen mm. kansalaisten yleisestä terveydentilasta, yhteiskunnan valvontajärjestelmistä, valmiudesta ja sopeutumisstrategioista.

Ilmastonmuutoksen aiheuttamien seurausten erottaminen muun kehityksen tuomista uhkista on haastavaa. Korkeala et al. (2009) totesivat, että elintarvikeketjun turvallisuuteen vaikuttavia muita trendejä ovat mm.:

- tuotantolaitosten keskittyminen (myös kauppa), suuret yksiköt ja pitkät kuljetusmatkat
- elintarvikkeiden minimaalinen prosessointi
- suolan vähentäminen
- pitkät säilyvyysajat
- valmisruokien suosiminen ja joukkoruokailut.

Lisäksi uhkia aiheuttavat uudet teknologiat ja valmistusmenetelmät sekä aiemmin kuvaamattomat patogeenit ja pilaajat.

Ilmastonmuutokseen varautuminen ja toimintojen sopeuttaminen vaatii valvonnan, poikkitieteellisen tutkimuksen, terveydenhuollon (eläimet ja ihmiset), poliittisten päättäjien, teollisuuden eri tuotantoalojen, koulutuksen ja viestinnän välistä yhteistoimintaa. Proaktiivinen toiminta on avainasemassa.

Tartuntatautien puolella ECDC (=European Centre for Disease Prevention and Control) on tunnistanut eri tekijöitä, jotta voidaan varautua tauteihin muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa. Kuvassa 22 on esitetty ehdotus European Environment and Epidemiology E3 -verkostosta. Sitä voidaan soveltuvin osin käyttää myös elintarviketuotantopuolella.

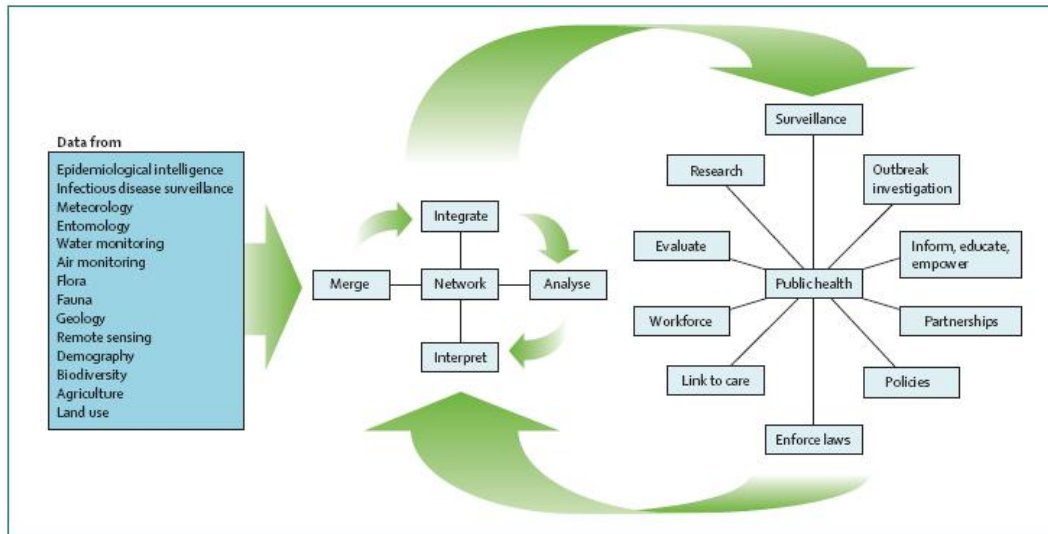


Figure: Proposed diagram of an environment and epidemiology network

Kuva 22. Epidemioihin valmistautuminen vaatii monien tahojen yhteistoimintaa. Semenza ja Menne 2009.

Tunnistettuja, isompia kokonaisuuksia, joiden avulla tulevaisuudessa turvataan elintarviketuotanto muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa, ovat (mukailtu FAO 2008, Miraglia et al. 2009, Semenza ja Menne 2009):

- Kontaminanttien ja taudinaiheuttajien monitorointi ja valvonta
- Ihmisten ja eläinten tautiepidemioiden tutkimus ja vastatoimet
- Varhaisvaroitusjärjestelmät ympäristön monitorointiin ja haittatekijöiden osoittamiseen (multimenetelmiä, joilla voi havaita samanaikaisesti esiintyviä eri haittayhdisteitä)
- Riskinarviointi ja ennustavat mallit
- Informointi, koulutus koko alkutuotannosta kuluttajalle –ketjussa
- Eri toimialojen tietojen yhdistäminen, monitieteellinen toiminta
- Uusien menettelytapojen ja toimintojen kehittäminen (sopeutuminen ja sopeuttamistoimet)
- Yhteiset lait ja säädökset (kansainvälisyys)
- Tutkimus (perus- ja soveltavaa tutkimusta ilmastonmuutoksen vaikutuksista)

Elintarvikeketjuja tarkastellaan perinteisesti lineaarisesti. Olisi tärkeää tarkastella ja kehittää myös sivuvirtojen jalostusta ja jätteiden takaisinkytkentää. Arvoketjujen tarkastelulla ja jäsenyyksellä voi syntyä ideoita uudentyypisistä liiketoimintamalleista. Tätä kautta voisi syntyä uusia yrityksiä ja palveluntarjoajia

13.2 Elclimate-hankkeen johtopäätökset

Elclimate-hanke kokosi yhteen Suomen elintarvikealalla toimivia viranomaisia, elinkeinoelämän edustajia ja tutkijoita. Tavoitteena oli keskustella yhdessä ilmastonmuutoksen vaikutuksesta tulevaisuuden elintarviketurvallisuuksiin. Hanke toteutettiin kirjallisuustutkimuksena, asiantuntijahaastatteluna ja yhteisenä asiantuntijaseminaarina. Olennainen osa hankkeen toteutusta oli Ilmatieteen laitoksen tuottamien ilmastokenaarioiden

esittely seminaarin osallistujille. Tähän lukuun on koottu lyhyesti yhteen merkittävimmät esiin nousseet asiat tämän raportin aiemmista luvuista.

Suomen ilmasto ja sen muuttuminen antaa peruslähtökohdan sille tilanteelle, mihin elintarviketuotannon tulee sopeutua. Ilmatieteen laitoksen tekemien ilmastomallinnusten ja mittausten perusteella on syytä odottaa, että Suomen keskilämpötila kohoaa 2030-luvulle siirryttäessä. Lämpeneminen painottuu talveen siten, että talvet tulevat olemaan yli 2 °C lämpimämpiä 2030-luvulla kuin vertailujaksona 1971 – 2000. Ilmaston lämpenemisen myötä lämpötilavyöhykkeet siirtyvät kohti pohjoista. Samalla lumipeiteaika lyhenee ja etenkin Etelä-Suomessa routa vähenee.

Sademäärä tulee maassamme lisääntymään ja etenkin talvisateet yleistyvät. Myös sateiden voimakkuus muuttuu siten, että rankkasateet yleistyvät. Ilmaston ääri-ilmiöiden, kuten kuivuuden, hellejaksojen, tulvien ja rankkasateiden, odotetaan yleistyvän.

Eliclimate-seminaarin osallistajat kokivat tarpeelliseksi tutkimuksen, jossa selvitetäisiin, miten esimerkiksi mahdolliset sään ääri-ilmiöt vaikuttavat maaperän olosuhteisiin ja maan ravinnetasapainoon. Lähitulevaisuuden ilmastonmuutoksista kaivattiin lisää tietoa, jotta sopeutumistoimia voitaisiin kohdentaa ja päätöksentekoa tehostaa. Jatkotutkimukselle arvioitiin olevan tarvetta myös selvitetäessä ilmastonmuutoksen vaikutuksia biologisiin prosesseihin, kuten esimerkiksi kasvien ja eläinten leviämiseen.

Maatalouden kannalta ilmastonmuutoksella näyttäisi olevan sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia. Yleisesti näyttää siltä, että Suomella on lämpenevän ilmaston ja vesiomavaraisuuden myötä mahdollisuudet kehittyä nykyistä merkittävämmäksi maataloustuotteiden viejäksi. Esimerkiksi lämpötilan nousun vuoksi ja tehokkaan kasvinjalostuksen avulla uudet lajikkeet luovat mahdollisuuksia. Toisaalta jotkin vanhoista viljelykasveista, kuten ruis, saattavat kärsiä lämpenemisestä. Kasvinjalostuksella voidaan pienentää myös kasvien talvehtimisvaurioriskiä, mikä saattaa lisääntyä nollan molemmin puolin tapahtuvan lämpötilan vaihtelun seurauksena.

Lisääntyvä sateisuus ja yksipuolinen viljelykierto voi uhata viljelymaiden laatua, mikä voi olla lopulta esteenä satoisuuden paranemiselle. Veden vuotuinen jakautuminen ja mahdollinen saastuminen saattavat aiheuttaa ongelmia sen hyväksikäytössä.

Kirjallisuudesta saatujen viitteiden mukaan kasvitaudit ja -tuholaiset sekä mykotoksiinit tulevat lisääntymään ja niiden kirjo tulee muuttumaan. Lisäksi vektorivälitteisten haittamikrobien ennustetaan lisääntyvän.

Tämän tutkimuksen mukaan tutkimustarvetta näyttäisi yhä olevan pellon rakenteessa ja vesitaloudessa ja uusia ilmasto-olosuhteita kestävien kasvien jalostuksessa. Tutkimusta tulisi suunnata myös enenevässä määrin vektorivälitteisiin kasvitauteihin ja homepopulaatioiden tuottamiin mykotoksiineihin.

Eläintuotannolle ilmastonmuutoksella on myös sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia. Ilmaston sateisuus mahdollistaa karjanpidon, sillä karjatalous tarvitsee paljon vettä. Pitkät kesät sallivat karjan pitempiaikaisen laiduntamisen, ja karjan talvella tarvitseman säilörehun määrä vähenee. Lauhkeampi ilmasto mahdollistaa myös kevyemmän rakentamisen ja alhaisemmat lämmityskustannukset.

Toisaalta lämpimämpi ilmasto tuo mukanaan uusia eläintauteja. Lisääntyvät taudit nostavat lääkityspainetta, minkä seurauksena lisääntyvä lääkitys saattaa lisätä lääkeainejäämäärisiä elintarvikkeissa. Veden vuotuinen jakautuminen ja laadun heikkeneminen saattavat aiheuttaa ongelmia.

Tämän tutkimuksen perusteella eläintuotannon tutkimustarpeet kohdistuvat etenkin eläintautien tutkimukseen ja eläintautidiagnostiikan kehittämiseen. Lisäksi tietoa tarvitaan lisää maito- ja lihataloutta uhkaavien uusien vektorivälitteisten tautien leviämisestä sekä nykyisten tuhoeläinkantojen leviämisestä yhä laajemmille alueille.

Tutkimusta toivotaan kohdennettavan myös kotimaisen rehun saatavuuteen ja laatuun Ongelmallisiksi koettiin leutojen ja märkien talvien vaikutus rehuksien viljelyvarmuuteen ja rehun saatavuuteen. Lisääntyvien kasvitautien ja –tuholaisten, kuten mikrobien (*listeria*, *kampylobakteri*) ja mykotoksiinien, vaikutusta rehun kautta lopputuotteeseen toivotaan tutkittavan.

Myös keveämpien tuotantorakennusten rakentamistekniikan vaikutuksia rakennus- ja käyttökustannuksiin tulisi selvittää. Ekinokokkien osalta arveltiin riittävän, että niiden esiintyvyyttä seurataan ja tarvittaessa ryhdytään toimenpiteisiin.

Kalatalous odottaa ilmaston ja vesien lämpenemisen lisäävään kalojen tuottoisuutta. Toisaalta uhkiakin on näköpiirissä, sillä veden lämpötilan ja happamuuden nousu sekä happipitoisuuden lasku aiheuttavat ongelmia etenkin kassiviljelyssä kalojen stressaantumisen takia. Tämä saattaa aiheuttaa paineita tuotantotavan muuttamiseen kiertovesikasvatukseksi. On odotettavaa myös, että uudet taudit ja mikrobit, levien biotoksiinit ja kalojen lisääntynyt stressi aiheuttavat haittaa kalankasvatukselle ja äyriäistuotannolle.

Tämän tutkimuksen perusteella tutkimusta tulisi suunnata etenkin levien muodostamien levätoksiinien tutkimiseen ja niiden seurannaisvaikutuksiin. Lisäksi tutkimuksen kohteena voisi olla ilmastonmuutokseen sopeutuvat kalanviljelymenetelmät.

Porotalouden ei odoteta hyötyvän ilmaston lämpiämisestä. Talvien nollalämpötilojen pelätään aiheuttavan jääkannen jäkäläkerroksen päälle, mikä vaikeuttaa porojen ravinnonhankintaa ja aiheuttaa tarvetta lisäruokinnalle. Poronhoitoalueen kutistuminen voi puolestaan johtaa luonnon ylikuormittumiseen, eläinten stressin ja tautipaineiden lisääntymiseen. Lisäksi pelätään etelästä saapuvan uusia tauteja ja loisia porojen kiusaksi. Porotalouden odotetaan siirtyvän ilmastonmuutoksen myötä pohjoisemmaksi.

Porotaloudessa tutkimusta tulisi kohdentaa koko elinkeinon sopeutumiseen ilmaston muuttuessa. Tutkimustarpeisiin liittyy niin ravinnonhankinta, poronhoitoalueen ylilaidunnus kuin erilaisten mikrobien ja loiseläinten tutkiminen.

Kuluttajien ja etenkin alkutuotannossa olevan työvoiman altistumisen erilaisille biologisille ja kemiallisille haitta-aineille mikrobeille arvellaan lisääntyvän ilmastonmuutoksen myötä. Haitta-aineiden kulkeutumisen kuivina aikoina pölyn mukana ja märkinä kesinä valumavesien välityksellä odotetaan lisääntyvän. Lisäksi on odotettavissa, että kontaminantit siirtyvät yksilöstä toiseen uusien, aiemmin tuntemattomien ketjujen kautta. Mikrobin siirtäjiä, vektoreita, tulee todennäköisesti lisää sekä laji- että yksilömäärältään.

Hygieniatutkimusta tulisi kohdentaa viljelijöiden muuttuviin työolosuhteisiin, biologisten ja kemiallisten haitta-aineiden altistumisreitteihin sekä mahdollisiin teknisiin ratkaisuihin altistumisen vähentämiseksi työympäristössä ja elintarvikkeiden tuotantoketjussa.

Elintarvikkeiden tuotantoketjussa hygienian osuus korostuu entisestään tulevaisuudessa. Lauhkeampi ilmasto edesauttaa esimerkiksi mikrobien säilymistä ja lisääntymistä varastoissa ja luo paineita kuljetusketjun lämpötilanhallinnalle. Teollisuuden käyttämän raaka-aineen laadun hallinnan lisäksi käyttöveden laadun tarkkailu tuo haasteita. Elintarviketeollisuuden omavalvontajärjestelmiä tulee kehittää siten, että niiden avulla voidaan vastata tulevaisuuden haasteisiin.

Elintarvike- ja vesivälitteisten epidemioiden riski lisääntyy pääasiassa lämpötilan nousun ja ilmaston ääri-ilmiöiden seurauksena. Tämän johtuu siitä, että mikrobit viihtyvät hyvin ja kasvavat nopeasti suotuisissa olosuhteissa. Elintarviketeollisuuden kannalta olisi tärkeää tietää, mitkä ovat sellaisia riskitekijöitä, joiden hallinta vaatii tehostettua seurantaa tai lisäinvestointeja tuotantoketjun hygieniaan.

Tutkimustarpeet kohdentuvat varastointi- ja kuljetusketjun lämpötilan hallintaan, veden laadun varmistamiseen (mikrobien pika-analyysit) sekä riskienarviointi- ja omavalvontajärjestelmien kehittämiseen.

Lähdeviitteet

- Abrahams, P. 2002. Soils: their implications to human health - review. *Science of Total Environment* 291 1–32
- Alakukku, L. 2000. Response of annual crops to subsoil compaction in a field experiment on clay soil lasting 17 years. *Advances in Geoecology* 32: 205-208.
- Alakukku L. ja Elonen P. 1997. Tiiviin maan syväkuohkeutus, Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja, Sarja A 30. Maatalouden tutkimuskeskus. Jokioinen. 1 – 22p
- Alakukku L. 2002 a. Maan rakenteen ylläpito peltoviljelyssä. In Alakukku, L ja Teräväinen, H (eds). Maan rakenteen hoito. Tieto tuottamaan 98. Keuruu: Pro-Agraria Maaseutokeskusten Liitto p. 63-81.
- Alakukku, L. ja Pietola L. 2002a. Rakenteen muodostuminen. In Alakukku, L ja Teräväinen, H (eds). Maan rakenteen hoito. Tieto tuottamaan 98. Keuruu: Pro-Agraria Maaseutokeskusten Liitto p.11-15.
- Alakukku, L. ja Pietola L. 2002b. Maan rakenteen vaikutus vesitalouteen. In Alakukku, L. ja Teräväinen, H. (eds). Maan rakenteen hoito. Tieto tuottamaan 98. Keuruu: Pro-Agraria Maaseutokeskusten Liitto p.5-10.
- Allison I., Bindoff N., Bindschadler, R., Cox, P., de Noblet, N., England, M., Francis, J., Gruber, N., Haywood, A., Karoly, D., Kaser, G., Le Quéré, C., Lenton, T., Mann, M., McNeil, B., Pitman, A., Rahmstorf, S., Rignot, E., Schellnhuber, H., Schneider, S., Sherwood, S., Somerville, R., Steffen, K., Steig, E., Visbeck, M. ja Weaver, A. 2009: The Copenhagen Diagnosis, 2009: Updating the World on the Latest Climate Science. The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC), Sydney, Australia, 60 pp.
- Anderson, P., Cunningham, A., Patel, N., Morales, F., Epstein, P. ja Daszak, P. 2004. Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *TRENDS Ecol. Evol.* 19:535-544.
- Bailey, S. 2004. Climate change and decreasing herbicide persistence. *Pest Management Science Journal* 60: 158-162.
- Bentham, G. ja Langford, I. 1995. Climate change and the incidence of food poisoning in England and Wales. *International Journal of Biometeorology* (1995) 39:81-86.
- Berthiller, F., Scuhmacher, R., Adam, G. ja Krska, R. 2009. Formation, determination and significance of masked and other conjugated mycotoxins. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 395:1243-1252
- Boeira, L., Bryce, J., Stewart, G. ja Flannigan, B. 1999a. Inhibitory effect of Fusarium mycotoxins on growth of brewing yeasts. 1 Zearalenone and Fumonisin B1. *Journal of the Institute of Brewing.* 105:366-374.
- Boeira, L., Bryce, J., Stewart, G ja Flannigan, B. 1999b. Inhibitory effect of Fusarium mycotoxins on growth of brewing yeasts. 2 Deoxynivalenol and Nivalenol. *Journal of the Institute of Brewing.* 105:376-381.
- Boeira, L., Bryce, J., Stewart, G. ja Flannigan B. 2000. The effect of combinations of Fusarium mycotoxins (deoxynivalenol, zearalenone and fumonisin B1) on growth of brewing yeast. *Journal of Applied Microbiology.* 88:388-403.
- Bottallico A. ja Perrone G. 2002. Toxigenic Fusarium species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. *European Journal of Plant Pathology* 108: 611-624.
- Boxall, A., Hardy, A., Beulke, S., Boucard, T., Burgin, L., Falloon, P., Haygarth, P., Hutchinson, T., Kovats, S., Leonardi, G., Levy, L., Nichols, G., Parsons, S., Potts, L., Stone, D., Topp, E., Turley, D., Walsh, K., Wellington, E., ja Williams. R. 2009. Impacts of Climate Change on Indirect Human Exposure to Pathogens and Chemicals from Agriculture *Environmental Health Perspectives* 117 :508-514

- Bradley, M., Kutz, S., Jenkins, E. ja O'Hara, T. 2005. The potential impact of climate change on infectious diseases of arctic fauna. *International Journal of Circumpolar Health* 64(5):468-477.
- Carter, T., Saarikko, ja Niemi, K. 1996. Assessing the risks and uncertainties of regional crop potential under a changing climate in Finland. *Agricultural and Food Science in Finland* 5, 329-350.
- Chan N., Ebi K., Smith F., Wilson T. ja Smith A. 1999. An integrated assessment framework for climate change and infectious diseases. *Environmental Health Perspectives* 107:329-337.
- Cotty, P. ja Jaime-Garcia, R. 2007. Influences of climate on aflatoxin producing fungi and aflatoxin contamination. *International Journal of Food Microbiology* 119:109-115.
- Doohan, F., Brennan J. ja Cooke, B. 2003. Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journal of Plant Pathology* 109: 755-768.
- Edwards, S. 2004. Influence of agricultural practices on fusarium infection of cereals and subsequent contamination of grain by trichothecene mycotoxins. *Toxicology Letters* 153: 29-35.
- Edwards, S., Barrier-Guillot. B., Clasen P-E., Hietaniemi, V. ja Pettersson, H. 2009. Emerging issues of HT-2 and T-2 toxins in European cereal production. *World Mycotoxin Journal*, May 2009; 2 (2): 173-179.
- Epstein, P. 2001. Climate change and emerging infectious diseases. *Microbes and infection*. 3:747-754.
- Evira 2007. Ruokamyrkytykset Suomessa vuonna 2006. *Eviran julkaisuja* 21/2007. 62 s.
- Evira 2008. *Fusarium*-toksiinit: saanti viljasta ja viljatuotteista aikuisilla Suomessa. *Eviran tutkimuksia* 5/2008.
- Evira 2009 a. Nautojen ja broilereiden kampylobakteerit. Tutkimusseminaari 10.3.2009. Eviran www-sivut. <http://www.evira.fi/portal/fi/el__intauti-_ja_elintarvike tutkimus/tieteellinen_tutkimus/tapahtumat/eviran_tutkimusseminaarit/nautojen_ja_broil ereiden_kampylobakteerit/>. Luettu 18.2.2010.
- Evira 2009 b. Eläintaudit Suomessa 2008. *Eviran julkaisuja* 7/2009. Elintarvike turvallisuuksivirasto Evira, 35s.
- Evira 2010 a. Evira pähkinänkuoressa. Luettu 28.3.2010. <http://www.evira.fi/portal/fi/evira/organisaatio/evira_pahkinankuoressa/>
- Evira 2009 c. Metsästyskoirat on syytä lääkittää ekinokokin varalta Itä-Suomessa. Tiedote 19.11.2009. <http://www.evira.fi/portal/fi/evira/ajankohtaista/arkisto/?bid=1789>
- Evira 2010 a. Evira pähkinänkuoressa. Luettu 28.3.2010 <http://www.evira.fi/portal/fi/evira/organisaatio/evira_pahkinankuoressa/>
- Evira 2010 b. Suomi teki vuonna 2009 ennätysmäärän, 141 elintarvike- ja rehuilmoitusta EU:n RASFF- hälytysjärjestelmään. Internet-lähde. 22.2.2010. <<http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/ajankohtaista/?bid=1897>>
- FAO. 2008. Climate Change: Implications for food safety. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 2008, 49s. < <http://www.fao.org/docrep/010/i0195e/i0195e00.htm>>
- Funari, E. ja Testai, E. 2008. Human health risk assessment related to cyanotoxins exposure. *Critical Reviews in Toxicology*, 38:97-125.
- Forsius A. 1987. Vesijärven myrkylliset sinilevät vuonna 1928. Päijät-Hämeen tutkimusseuran vuosikirja 1987: 31-35, Lahti.
- Galaviz-Silva, L., Gomez-Anduro, G., Molina-Garza, Z. ja Ascencio-Valle, A. 2009. Food safety issues and the microbiology of fish and shellfish. Teoksessa: *Microbiologically Safe Foods*, Heredia, N., Wesley, I. ja Garcia, S. eds. John Wiley & Son., New Jersey S. 227-254.
- Greer, A., Ng, V, ja Fisman, D. 2008. Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead. *The Canadian Medical Association Journal* 178:715-722

- Gregow, H., Venäläinen, A., Peltola, H., Kellomäki, S. ja Schultz, D., 2008. Temporal and spatial occurrence of strong winds and large snow load amounts in Finland during 1961-2000. *Silva Fennica* 42(4), p. 515-534.
- Gubler, D., Reiter, P., Ebi, K., Yap, W., Nasci, R. ja Patz, J. 2001. Climate variability and change in the United States: potential impacts on vector- and rodent-borne diseases. *Environm. Health. Perspect.* 109:223-233.
- Gustafsson, J. 2005. Maailmanlaajuiset ympäristöongelmat. Uhkakuvista yhteistyöhön. Turun yliopiston täydennyskoulutuskeskus, Turku.
- Hakala, K. 1998a. Effect of climate change in the North on growth, yield formation and photosynthesis of spring wheat and meadow fescue. Doctoral thesis, 160 p. *Annales Universitatis Turkuensis SER. AII, TOM. 110.*
- Hakala, K. 1998b. Growth and yield potential of spring wheat in a simulated changed climate with increased CO₂ and higher temperature. *European Journal of Agronomy* 9: 41-52.
- Hakala, K. ja Mela, T. 1996. The effects of prolonged exposure to elevated temperatures and elevated CO₂ levels on the growth, yield and dry matter partitioning of field-sown meadow fescue (*Festuca pratensis*, cv. Kalevi). *Agricultural and Food Science in Finland* 5: 285-298.
- Hall, G., D'Souza, R. ja Kirk, M. 2002. Foodborne disease in the new millenium: out of the frying pan and into the the fire. *Med. J. Austr.* 177:614- 618.
- Hannukkala, A., Kaukoranta, T., Lehtinen, A. ja Rahkonen, A. 2007. Late-blight epidemics on potato in Finland, 1933-2002; increased and earlier
- Haylock, M., Hofstra, N., Klein, A., Tank, E., Klok, P. and Jones, M. New, 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research. (Atmospheres)*, 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201.
- Heinonen, R., Hartikainen, H., Aura, E., Jaakkola, A., Kemppainen, E. 1992. Maa, viljely ja ympäristö. WSOY: Porvoo
- Hokajärvi, A-M., Pitkänen, T., Torvinen, E., ja Miettinen, I., 2008. Suolistoperäisten taudinaiheuttajamikrobien esiintyminen luonnonvesissä. *Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B1/2008.* 77 s.
- Hovi, T. 2006. Lintuinfluenssa tulee -oletko valmis. *Duodedic* 122.249-250.
- Hunter P. 2003. Climate change and waterborne and vector-disease. *Journal of Applied Microbiology.* 94:37S-46S.
- Hussein, H. ja Brasel, J. 2001. Toxicity, metabolism and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology* 167:101-134.
- Hänninen, M-L. 2002. Talousveden mikrobiologia. Teoksessa: Mikrobiologian perusteita, Mirja Salkinoja-Salonen (ed). *Soveltavan Kemian ja Mikrobiologian laitos, Gummerus Kirjapaino Oy 2002,* 429-433..
- IPCC, 2007a: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, ja H. L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom ja New York, NY, USA, 996 pp.
- IPCC, 2007b: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden ja C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.
- Jestoi M. ja Kokkonen M., 2008. ”Uudet” Fusarium-mykotoksiinit suomalaisessa viljassa. *Maataloustieteen Päivät* 2008. www.smts.fi
http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Esitelmat/es063.pdf Luettu 21.2.2010.

- Johansson T., Markkula A., Hatakka M., Oivanen L. ja Maijala R., 2003. Opas elintarvikkeiden ja talousveden mikrobiologisista vaaroista. Evi-Eela julkaisu 1/2003. ISBN 951-732-185-6. Helsinki. 211 s.
- Jylhä K., Ruosteenoja K., Räisänen J., Venäläinen A., Tuomenvirta H., Ruokolainen L., Saku S. ja Seitola T., 2009: Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCLIM-hankkeen raportti 2009. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2009:4, 102 s.
- Kersalo, J. ja Pirinen, P., 2009: Suomen maakuntien ilmasto. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2009:8, 185 s.
- Khachatourians G., 1998. Agricultural use of antibiotics and the evolution and transfer of antibiotic resistant bacteria. The Canadian Medical Association Journal 159:1129-1136.
- Kirveenummi A., Saarimaa R ja Mäkelä J, 2010. Syödään leväpullia pimeässä -Tähtikartastoja suomalaisten ruoan kulutukseen vuonna 2030. ISBN 978-951-564-553-1 Tulevaisuuden tutkimuskeskus.
http://www.tse.fi/FI/yksikot/erillislaitokset/tutu/Documents/MIRHAMI_loppuraportti-print.pdf
- Kokkonen, M. ja Jestoi, M. 2009. A Multi-compound LC-MS/MS Method for the Screening of Mycotoxins in Grains. Food Analytical Methods 2:128–140
- Kohler J ja Aanes R, 2004. Effect of winter snow and ground-icing on a Svalbard reindeer population: results of a simple Snowpack model Arctic, Antarctic and Alpine research, 36 (3), 333-341. <<http://www.jstor.org/pss/1552642>>
- Korkeala, H., 2009. Suullinen tieto. Elintarviketurvallisuuden haasteet tulevaisuudessa. MMM, STM ja TEM sektoritutkimuksen neuvottelukunnan asiantuntijoiden kuulemistilaisuus. 9.12.2009. Viiki, Maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan luentosali, Helsinki.
- Kovats, R., Edwards, S., Charron, D., Cowden, J., DSouza, R., Ebi, K., Gauci, C., Gerner-Smidt, P., Hajat, S., Hales, S., Hernández Pezzi, G., Kriz, B., Kutsar, K., McKeown, P., Mellou, K., Menne, B., OBrien, S., van Peltand , W. ja Schmid, H. 2005. Climate variability and campylobacter infection: an international study. International Journal of Biometeorology 49:207-214.
- Kurjenluoma J., Ahokas J. ja Alakukku L., 2004. Työkoneenkaiden ominaisuudet ja maan rakenteen säilyttäminen. Esitys Maataloustieteen Päivillä 2004. www.agronet.fi/maataloustieteellinenseura. <<http://www.smts.fi/MTP%20julkaisu%202004/esi04/ti62.pdf>>. Luettu 12.2.2010.
- Lilja A. ja Kokkola M., 2005. Phytophthora-lajien aiheuttamat uudet uhkat metsätaloudessa. Metsätieteen aikakauskirja 3/2005. ss. 335 – 345. <<http://www.metla.fi/aikakauskirja/abs/fa05/fa053335.htm>>. Luettu 21.2.2010.
- Lipsitch, M., Singer, R., ja Levin, B. 2002. Antibiotics in agriculture: when is it time to close the barn door. Proceedings of the National Academy of Sciences 99:5752-5754.
- Lipp, E., Huq, A. ja Colwell, R. 2002. Effect of global climate on infectious disease: the Cholera model. Clinical Microbiology Reviews. 15:757-770.
- Llorens, A., Mateo, R., Hinojo M.J., Valle-Algarra, F.M. ja Jiménez, M. 2004. Influence of environmental factors on the biosynthesis of type B trichothecenes by isolates of Fusarium spp. from Spanish crops. International Journal of Food Microbiology 94:43-54.
- Lötjönen T., 2006. Maaperän tiivistyminen perunantuotannossa – kirjallisuuskatsaus. MTT:n selvityksiä 129. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. ISBN 952-487-059-2..
- Maa- ja metsätalousministeriö, 2004. Peruna-ankeroisvalvonta ja arvio valkoperuna-ankeroisen Globodera pallida (stone) Behrens suoja-alueesta Suomessa. Elintarvike- ja terveysosaston julkaisuja 9/2004. ISBN 952-453-197-6. Vammalan kirjapaino Oy. <<http://wwwb.mmm.fi/el/julk/pdf/pankeroinen.pdf>> Luettu 4.3.2010.
- Maijala, R., Haukisalmi, V., Henttonen, H., Hirvelä-Koski, V., Kauhala, K., Kilpelä, S., Meri, T., Nylynd, M., Tenhu, H. ja Saari, S. 2001. Riskinarviointi Echinococcus multiloculariksen leviämisestä Suomeen ja Suomessa. EELA Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitos, Oy Printlink Ab, Helsinki, 11s.

- Maijala, R., Haukisalmi, V., Henttonen, H., Hirvelä-Koski, V., Kauhala, K., Kilpelä, S., Lavikainen, A., Oksanen, A., Tenhu, H. ja Vahteristo, L. (2002) Riskinarviointi *Echinococcus granulosus* -loisesta Suomessa. EELAn julkaisuja 4/2002.
- McLaughlin, J., DePaola, A., Bopp, C., Martinek, K., Napolilli, N., Allison, C., Murray, S., Thompson, E., Bird, M. ja Middaugh, J. 2005. Outbreak of *Vibrio parahaemolyticus* gastroenteritis associated with Alaskan Oysters. *The New England Journal of Medicine* 353:1463-70.
- Meri, S. ja Linder, E. 1996. Parasiittitaudit. Teoksessa *Lääketieteellinen mikrobiologia*. Tiilikainen, A., Vaara, M. ja Vaheri, A. (eds). Oy Duodecim, Helsinki. 451-478.
- Miraglia, M., Marvin, M., Kleter, G., Battilani, P., Brera, C., Coni, E., Cubadda, F., Croci, L., De Santis, B., Dekkers, S., Filippi, L., Hutjes, R., Noordam, M., Pisante, M., Piva, G., Prandini, A., Toti, L., van den Born, G., ja Vespermann, A. 2009. Climate change and food safety: an emerging issue with special focus on Europe. *Food and Chemical Toxicology*. 47:1009-1021.
- MTT, 2010. Internet lähde. Luettu 28.3.2010. <<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/kestavatuotanto/muuttuvailmastojamaatalous/peltosopu>>
- Murphy, P., Hendrich, S., Landgren, C. ja Bryant, C. 2006. Food mycotoxins: an update. *Journal of Food Science* 71(5):51-65.
- Mäkelä P., Järvinen P., Santanen A., Seppänen M ja Stoddard F., (2009). Syyskylvöiset kasvit tuovat vaihtelua viljelyyn. *Maaseudun tiede*. 66 vsk. Nro 2, Liite 1.6.2009. ss.16 – 19. <<http://www.mtt.fi/maaseuduntiede/pdf/mtt-mt-v66n02s16b.pdf>> Luettu 4.3.2010.
- Nevanlinna H. (ed), 2008: Muutamme ilmastoa: Ilmatieteen laitoksen tutkijoiden katsaus ilmastonmuutokseen. Karttakeskus, Helsinki, 237 s. NOAA/ESRL 2010 <<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/#global>>
- OIE, 2005. Update on avian influenza in animals 01/12/05. Guidelines on avian influenza prevention and control. World Organisation for Animal Health. <http://www.oie.int/eng/en_index.htm>
- Oksanen, A. 2006. Ilmastonmuutos voi lisätä luonnoneläinten zoonooseja Suomessa. *Pellolta Pöytään Kaari* 5:30.
- Olmstead, J. 2009. Fueling resistance? Antibiotics in ethanol production. *Institute for Agriculture and Trade Policy (IATP)* 1-7.
- Onnettomuustutkintakeskus, 2009. Puhdistetun jäteveden joutuminen talousvesiverkostoon Nokialla 28.–30.11.2007. Tutkintaselostus B2/2007Y. ISBN 978-951-836-248-0 ISSN 1239-5323, Multiprint Oy, Helsinki 2009
- Parikka, P., Rämö, S., Hietaniemi, V. 2008a. *Fusarium* species and mycotoxins in Finnish cereals and infection development under different cultivation practices. In: COST860 Susvar Workshop : emerging pathotypes in cereals, 26-28 March 2008 Piikkiö, Finland. [3 p.]. (abstrakti).
- Parikka, P., Rämö, S., Hietaniemi, V. 2008b. *Fusarium* infection and mycotoxins in Finnish cereals in 2005-2006. *Journal of Plant Pathology* 90, 3, Supplement: S3.56. International *Fusarium* and *Fusarium* Genomics Workshop; 10, 2008. (posteriabstrakti).
- Parkinson, A. ja Butler, J. 2005. Potential impacts of climate change on infectious diseases in the arctic. *International Journal of Circumpolar Health*. 64:478-486.
- Paterson, R. ja Lima, N. 2009. How will climate change affect mycotoxins in food? *Food Research International*. In press (doi:10.1016/j.foodres.2009.07.010)
- Peltonen-Sainio, P., Muurinen, S., Vilppu, M., Rajala, A., Gates, F. ja Kirkkari, A.-M. 2001. Germination and grain vigour of naked oat in response to grain moisture at harvest. *Journal of Agricultural Science in Cambridge* 137: 147-156.
- Peltonen-Sainio P., Hakala K., Jauhiainen L ja Ruosteenoja K. (2008) Rapsi korvaa rypsin jo lähivuosikymmeninä ilmastonmuutoksen edetessä. *Maataloustieteen Päivät 2008*. www.smts.fi. http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Esitelmat/es053.pdf (poimittu 4.3.2010)

- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala, K. ja Ojanen, H. 2009. Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field crop production in Finland. Forthcoming in Agricultural and Food Science.
- Petska, J., Abouzied, M. ja Sutikno 1995. Immunological assays for mycotoxin detection. Food Technol. 49: 120-128.
- Pimenoff, N., Venäläinen, A., Pilli- Sihvola, K., Tuomenvirta, H., Järvinen, H., Ruosteenoja, K., Haapala J. ja Räisänen J., 2008: Epälineaariset ja äärimmäiset ilmaston muutokset. Tulevaisuusselonteon taustaselvitys. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 14/2008, 57 s <<http://www.vnk.fi/julkaisut/julkaisusarja/julkaisu/fi.jsp?oid=236269>>.
- Rajala, J. 2004. Luonnonmukainen maatalous, s. 81-98
- Rajala, A. ja Peltonen-Sainio, P. 2000. Manipulating yield potential in cereals by plant growth regulators. In: Growth Regulators in Crop Production. Ed. A.S. Basra. Pp. 27-70. Food Products Press, Binghamton, New York, USA. Invited author.
- Rajala, A. ja Peltonen-Sainio, P. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. Agronomy Journal 93: 936-943.
- Rajala A ja Peltonen-Sainio P, 2002. Timing applications of growth regulators to alter spring cereal development at high latitudes. Agricultural and Food Science in Finland. Vol 11 (2202) 233-244.
- Rapala, J., Robertson, A., Negri, A., Berg, K., Tuomi, P., Lyra, C., Erkomaa, K., Lahti, K., Hoppu, K., ja Lepistö, L. 2005. First report of saxitoxin in Finnish lakes and possible associated effects on human health. Environmental Toxicology. 20:331-340.
- RASFF 2008. The rapid alert system for food and feed (RASFF) Annual Report 2008. European Communities 2009. 50p
- Reen, F. ja Boyd, E. 2005. *Vibrio* species: pathogenesis and stress response. Teoksessa Understanding pathogen behaviour. Virulence, stress response and resistance. Griffiths, M (ed). Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England. s.358-387
- Root, T, Price J, Hall K, Schneider, S, Rosenzweig, C. ja Pounds, J. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature 421:57-60.
- Rosenzweig, C., Iglesias, A., Yang, X., Epstein, P. ja Chivian, E. 2001. Climate change and extreme weather events. Implications for food production, plant diseases, and pests. Global Change & Human Health 2:90-104.
- Rämö, S., Hietaniemi, V., Parikka, P. 2008. *Fusarium*-tartunta ja -toksiinit suomalaisessa viljassa 2005-2006. In: Heikki Jalli, toim. Kasvinsuojelupäivä 2008, Jokioinen 22.1.2008. Jokioinen
- Salmela, H., Toivonen, S. ja Pekkala, P. 2008. Tapaustutkimus kuljetusrasituksista Trans-Siperian radalla. VTT Tiedotteita 2435. Espoo. 59 s. ISBN 978-951-38-7211-3.
- Semenza, J., ja Menne, B., 2009. Climate change and infectious diseases in Europe. The Lancet Infectious Diseases 9:365 – 375.
- SFS-EN ISO 22000, 2006. Elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmät - Vaatimukset kaikille elintarvikeketjun organisaatioille.
- Sivonen, K., 2002. Syanobakteerit. Teoksessa Mikrobiologian perusteita. Ed. Salkinoja-Salonen M., Soveltavan Kemian ja Mikrobiologian laitos. Gummerus Kirjapaino Oy, ss. 412 – 419.
- Slafer, G. ja Peltonen-Sainio, P. 2001. Yield trends of temperate cereals in high latitude countries from 1940 to 1998. Agricultural and Food Science in Finland 10: 121-131.
- SOCO, 2009. Kestävä maatalous ja maaperän säilyttäminen. Maaperän huonontuminen. Tietolomake nro 2. <<http://soco.jrc.ec.europa.eu/documents/FIFactSheet-02.pdf> <http://soco.jrc.ec.europa.eu>>

Stroppa C., Andrietta M., Andrietta s., Steckelberg C., ja Serra G. 2000. Use of penicillin and monensin to control bacterial contamination of Brazilian alcohol fermentations. *International Sugar Journal* 102:78-82

THL 2010 a. Terveyden- ja hyvinvoinnin laitoksen sivut. Internet-lähde. Luettu 28.3.2010. <http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/aiheet/aihealueet>

THL 2010 b. Terveyden- ja hyvinvoinnin laitoksen sivut. Internet-lähde. Luettu 28.3.2010. <http://www.ktl.fi/portal/suomi/terveyden_ammattilaisille/infektiotaudit/infektiotauditnosto/epidemioiden_selvittaminen/>

Tietäväinen, H., Tuomenvirta, H. ja Venäläinen, A., 2010: Annual and seasonal mean temperatures in Finland during the last 160 years based on gridded temperature data. *International Journal of Climatology*, doi: 10.1002/joc.2046

Tiilikkala K, Hannukkala A., Salonen J, Huusela-Veistola E, Laitinen P, Ojanen H ja Ooperi S, 2010. Lisääntyvät kasvisuojeluriskit ja niiden hallinta ilmaston muuttuessa. *Maataloustieteen Päivät 2010*. www.smts.fi. <http://www.smts.fi/jul2010/esite2010/002.pdf> (poimittu 21.2.2010)

Van Dolah, F. 2000. Marine algal toxins: origins, health effects and their increased occurrence. *Environmental Health Perspectives* 108: 133- 141.

Vakkilainen, P., Alakukku, L., Mylly, M., Nurminen, J., Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Puustinen, M., ja Äijö, H. 2008. Pellon vesitalouden optimointi: Väiliraportti 2008. Salaojituksen tutkimusyhdistyksen tiedote (2008): 29, 65 s + liitteet 35 s.

Waalwijk C., van der Heide R., de Vries I., van der Lee T., Schoen C., Costrel-de Corainville G., Häuser-Hahn I., Kastelein P., Köhl J., Lonnet P., Demarquet T. ja Kema G.H.J. 2004. Quantitative detection of *Fusarium* species in wheat using TaqMan. *European Journal of Plant Pathology* 110: 481-494.

Venäläinen, A., Jylhä, K., Kilpeläinen T., Saku S., Tuomenvirta H., Vajda A. ja Ruosteenoja K., 2009: Recurrence of heavy precipitation, dry spells and deep snow cover in Finland based on observations. *Boreal Env. Res.*, 14: 166-172.

Vesiepidemiat, 2010. Terveyden- ja hyvinvoinninlaitoksen internet-sivut. Luettu 26.3.2010. <http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/vesi/vesiepidemiat/>

Zoonosikeskus 2010a. Zoonosikeskuksen etusivu. Internet-lähde. Luettu 28.3.2010. <<http://www.zoonosikeskus.fi/portal/fi/>>

Zoonosikeskus, 2010b. Zoonosikeskus, ajankohtaista. Internet-lähde. Luettu 28.3.2010. <<http://www.zoonosikeskus.fi/portal/fi/zoonosikeskus/ajankohtaista/?id=65>>

Liite 1 Eliclimate-hankkeessa haastatellut henkilöt

Eliclimate-hankkeen haastattelututkimuksen avulla selvitettiin elintarviketurvallisuuden kannalta merkittäviä tulevaisuusvisioita ja tunnistettiin eri toimijoiden kannalta merkittävimpiä riskitekijöitä.

Hankkeessa haastateltiin yhteensä 18 asiantuntijaa, jotka edustivat pääosin tutkimuslaitoksia, viranomaisia ja elintarviketeollisuutta. Selvitystä tehdessä haastateltiin seuraavia henkilöitä:

Haastateltava	Organisaatio
Brandt Riitta	Valio
Forsman-Hugg Sari	MTT
Hakala Kaija	MTT
Hirvelä-Koski Varpu	Evira
Honkanen Asmo	RKTL
Honkanen-Buzalski Tuula	Evira
Ikävalko Johanna	MTK
Isomursu Marja	Evira
Kartio Mirja	Evira
Korkeala Hannu	Helsingin yliopisto
Koski Perttu	Evira
Kurppa Sirpa	MTT
Lindström Miia	Helsingin yliopisto
Lähdetie Pasi	Raisio-konserni
Martikainen Arja	Primulan leipomo
Pahkala Satu	Fazer Leipomot
Raunila Sanna	Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys
Urho Lauri	RKTL.

Liite 2 Ilmastonmuutoksen vaikutukset elintarviketuotannon turvallisuuteen - haastattelukysymykset

Nykyisten tutkimustulosten mukaan ilmaston lämpeneminen tulee vähitellen näkymään myös Suomen luonnossa. Ennusteiden mukaan talvet muuttuvat leudommiksi ja sateisimmiksi ja lumisateet käyvät ainakin Etelä-Suomessa harvinaisemmiksi. Aivan pohjoisessa saattaa lunta riittää tulevaisuudessakin, mutta pakkaspäivien määrä koko maassa vähenee. Kesällä hellepäiviä saadaan nykyistä enemmän ja kasvukausi pidentyy keväästä päin.. Tuulten ja myrskyjen lisääntyminen näyttää varsin vähäiseltä. Keskituulet voimistuisivat talvella 2-4% vuosisadan lopulle, kesällä ei sitäkään. Roudan väheneminen lisää metsissä tuulituhojen riskiä: kun routa ei ankkuroi puita maahan, ne kaatuvat helpommin.

Oheinen powerpoint-diasarja antaa lisätietoja odotettavista muutoksista vuoteen 2050 mennessä.

Ilmaston muuttuminen aiheuttaa myös riskejä tai uhkia Suomen ruoan tuotannolle ja elintarviketeollisuudelle. Osa uhkista kohdistuu vain alkutuotantoon, mutta jotkin tekijät voivat siirtyä myös elintarviketeollisuuden riskeiksi. Uhkia aiheuttavia tekijöitä ovat mm.

- kuivuus (pitkät hellejaksot)
- tulvien ja rankkasateiden sekä muiden ääri-ilmiöiden lisääntyminen
- lämpötilan nousu (uusien tuhoeläinten ja loisten saapuminen ja sopeutuminen)
- tuulet, myrskyt (taudinaiheuttajien leviäminen)
- leudot talvet (tuholaisten talvehtiminen)
- talvien vaihtelut vuosien välillä ja vuoden sisällä (lumi- ja jääpeitteiden vaihtelut)
- muutokset vesistöissä (veden kemia ja puhtaus)
- muutokset maaperässä (yhdisteiden vapautuminen, kemia ja muutokset hajotus-ekosysteemissä)

Haasteita elintarviketuotannon turvallisuuteen tuovat

- veden käytön muutokset (kastelutarpeet, raakavesilähteen laatu, ”vesijalanjälki”)
- energian käytön muutokset (kylmäketju, jäähdytys, ilmastointi)
- viljelyalan muutokset (bioenergian tuotanto, kaupungistuminen, maaperän muutokset, kasvuvyöhykkeiden siirtyminen)
- uudet kasvilajit ja tuotantoeläimet, kasvitaudit, tuhoeläimet, loiseläimet

Seuraavalla sivulla on esitetty kysymykset, joihin puhelinhaastattelussamme toivomme teidän vastaavan.

Ystävällisin terveisin

Riitta Molarius ja Jaana Keränen

Haastattelukysymykset:

- Millaisia uhkia ilmastonmuutos saattaisi nostaa esiin oman toimialanne kannalta?
- Onko jo nyt näkyvissä joitain uhkia, jotka saattaisivat olla seurausta ilmaston muuttumisesta?
- Millaisia sopeuttamistoimia on otettu käyttöön tai on suunnitelmassa ottaa käyttöön?
- Mitä Suomessa tuotetaan vuonna 2050 ja millaisia raaka-aineita käytetään (omasta näkökulmasta)?
- Mitä mahdollisuuksia ilmastonmuutos toimialalenne tarjoaa (tuotannon laajentaminen, tuotantosunnan muutos, kansainvälistyminen ym.)?
- Liittyen uhkiin, sopeuttamistoimiin tai mihin tahansa esiin nousseeseen, mitä tietoa, skenaarioita, tutkimusta, tai teknisiä ratkaisuja tarvitsisitte voidaksenne parhaiten varautua ilmastonmuutoksen tuomiin uhkiin tai mahdollisuuksiin?
- Kuka voisi alustaa seminaarissamme 22.1.2010. Ketä haluaisitte kuulla tai mitä aihepiiriä haluaisitte nostettavan esiin?

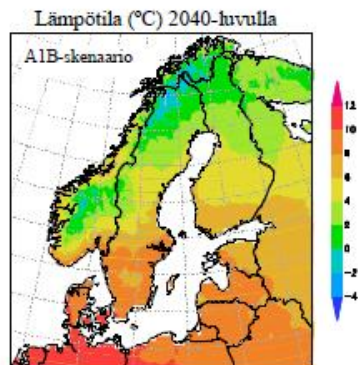
Liite 3 Seminaaripäivän ohjelma ja seminaarin osallistujat

ELINTARVIKETURVALLISUUS MUUTTUVASSA ILMASTOSSA – SEMINAARIPÄIVÄ 22.1.2010

Paikka: Ilmatieteen laitos, Dynamicum,
Erik Palménin aukio 1, 00560 Helsinki

*Mitä tiedämme ilmastonmuutoksen
vaikutuksista tulevaisuuden
elintarviketurvallisuuteen?*

Tehtävämme tässä ISTO-ohjelman tutkimuksessa on kartoittaa tämän hetkisen tietämyksen tasoa ja eri toimijoiden näkemyksiä elintarviketurvallisuuden kestäväydestä ilmaston muuttuessa. Hankkeen tuloksena on tähän mennessä koottu katselmus ajankohtaisesta ja olennaisesta kirjallisuudesta sekä tehty haastatteluja sekä alan tutkijoille, viranomaisille että elintarviketeollisuuden edustajille.



Hankkeen viimeinen tehtävä on koota yhteen alan asiantuntijoita keskustelemaan löydetystä havainnoista ja etsimään yhteistä näkökulmaa tutkimuksen kohdistamiseksi relevantteihin ongelmapaikkoihin.

Kutsumme teidät tilaisuuteemme hakemaan yhteistä suuntaa tutkimuksen kohdistamiseksi tulevaisuuden tarpeisiin.

OHJELMA

9.00 – 9.15	Kahvi
9.15 – 9.25	Tilaisuuden avaus / Ari Laaksonen, IL
9.25 – 9.35	Eliclimate-hankkeen esittely / Riitta Molarius, VTT
9.35 – 9.45	Johdatus ThinkTank-ohjelman käyttöön / Markus Porthin, VTT
9.45 – 10.30	Miltä Suomi näyttää 2040-luvulla? / Kirsti Jylhä, IL
10.30 – 11.15	Ilmaston muutos ja elintarviketuotannon turvallisuus - mitä signaaleja löytyy kirjallisuudesta/ Arja Laitila, VTT
11.15 – 12.15	Lounastauko
12.15 – 13.00	Elintarviketuotannon ilmastovaikutukset ja niiden hillintä / Anna Vainikainen, ETL
13.00 – 13.15	Kahvi
13.15 – 14.00	Eliclimate-hankkeen haastattelututkimus – ilmastonmuutoksen uhat haastattelujen perusteella / Jaana Keränen, VTT
14.00 – 14.30	Keskustelua ja ajatustenvaihtoa aiheesta
14.30 – 14.40	Loppuyhteenveto ja päivän päätös

Päivän aikana kaikki pääsevät keskustelemaan, kommentoimaan ja arvioimaan ilmaston-muutoksen uhkia ja näihin liittyviä sopeutumistoimia tietokoneavusteisen Thinktank-päätöksenteko-ohjelman avulla.

Ilmoittautujille lähetetään tiivistelmä tähänastisesta materiaalista ennen seminaaria.

Ilmoittautumiset 20.1.2010 mennessä: taina.toivonen@vtt.fi

TERVETULOA !

Eliclimate-hankkeen asiantuntijaseminaariin osallistuneet

Osallistuja

Aho Matti
Ala-Orvola Leena
Brandt Riitta
Buchert Johanna
Fíner Aki
Häkkinen Marjaana
Honkanen Asmo
Honkapää Kaisu
Jylhä Kirsti
Kastinen Kati
Keränen Jaana
Korkeala Hannu
Laitila Arja
Martikainen Arja
Mäkitie Maija
Mäntynen Vesa
Paloranta Anne
Sarlin Tuija
Urho Lauri
Vainikainen Anna
Yrjölä Tiia

Organisaatio

MMM
MTK
Valio
VTT
Raisio-konserni
Evira
RKTL
VTT
Ilmatieteen laitos
MMM
VTT
Helsingin yliopisto
VTT
Primulan Leipomot Oy
HK Ruokatalo
Atria Suomi Oy
HK Ruokatalo
VTT
RKTL
Elintarviketeollisuusliitto ry
MMM.



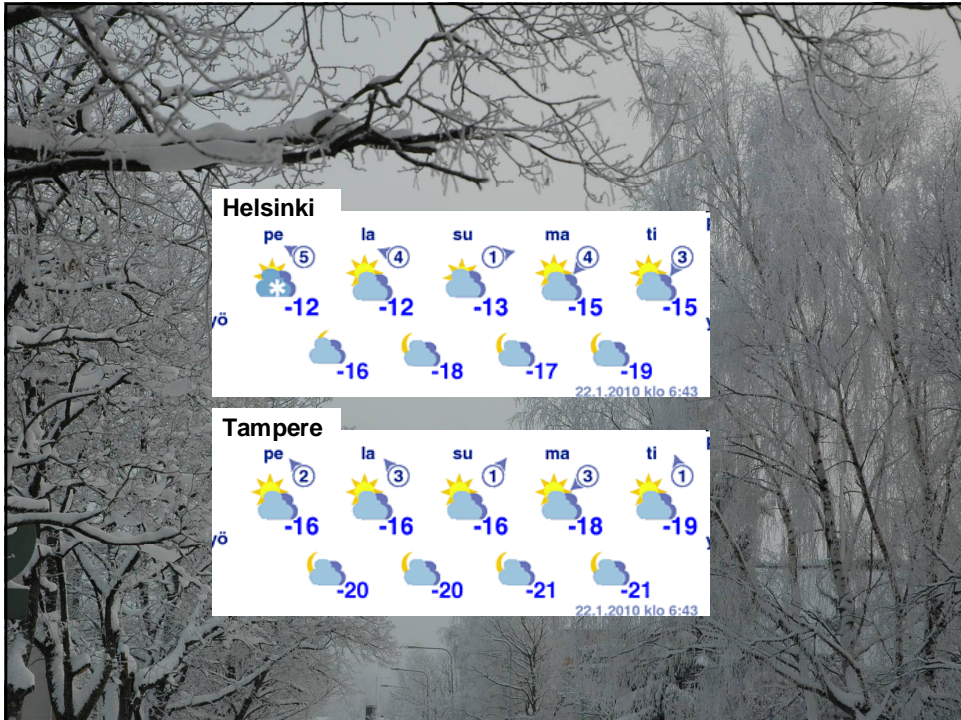
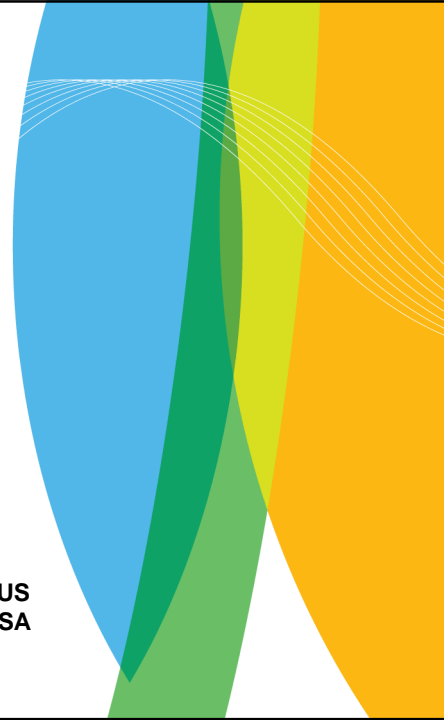
ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

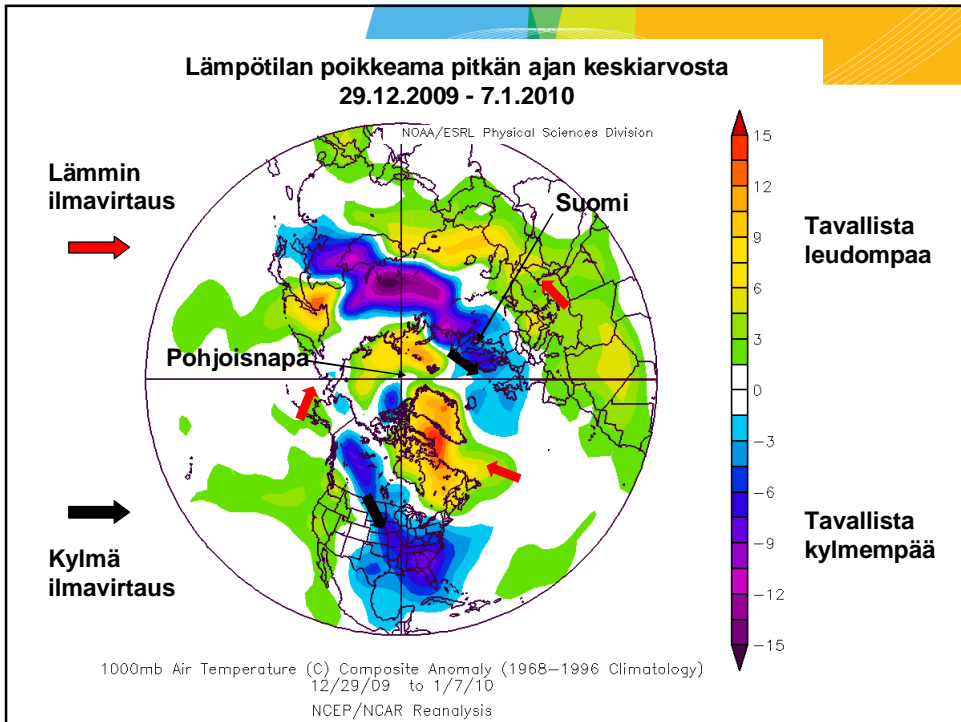
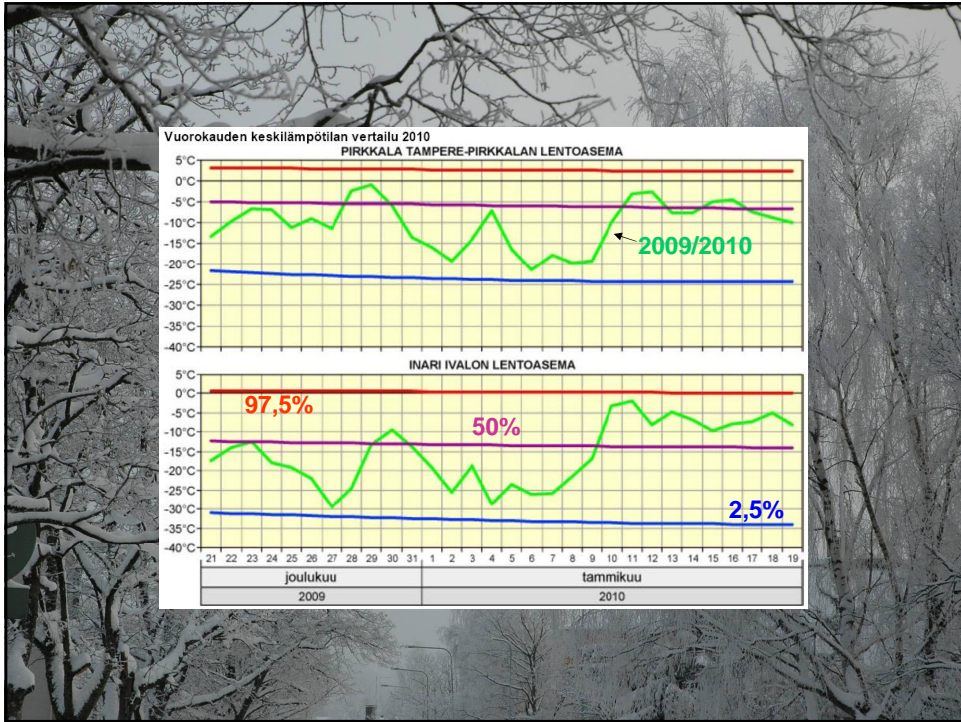
Miltä Suomen ilmasto näyttää 2040-luvulla?

Kirsti Jylhä
Ilmatieteen laitos

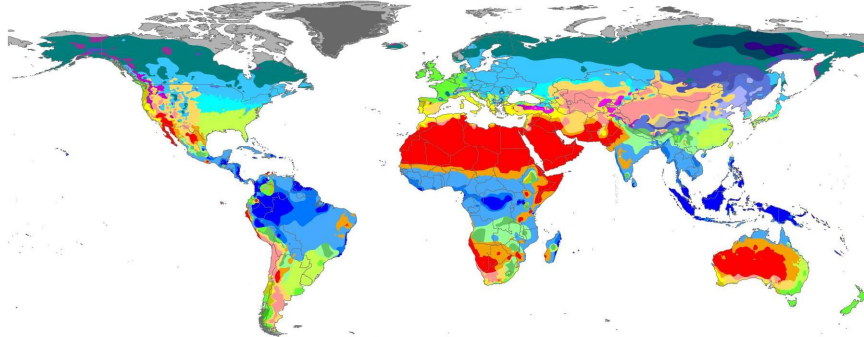
ELINTARVIKETURVALLISUUS
MUUTTUVASSA ILMASTOSSA

22.1.2010





Euroopan ilmasto on maapallolla ainutlaatuinen



Missään muualla ei yhtä lämmin ilmasto näin lähellä pohjoisnapaa.
Erityisesti talvisin Länsi- ja Pohjois-Euroopassa lämpötila tavattoman korkea.



Af	BWh	Csa	Cwa	Cfa	Dsa	Dwa	Dfa	ET
Am	BWk	Csb	Cwb	Cfb	Dsb	Dwb	Dfb	EF
Aw	BSh	Cwc	Cfc	Dsc	Dwc	Dfc		
BSk				Dsd	Dwd	Dfd		

DATA SOURCE : GHCN v2.0 station data
Temperature (N = 4,844) and
Precipitation (N = 12,396)
PERIOD OF RECORD : All available
MIN LENGTH : ≥30 for each month.
RESOLUTION : 0.1 degree lat/long

Contact : Murray C. Peel (mpeel@unimelb.edu.au) for further information

Köppen-Geiger ilmastovyöhykkeet

$T_{hot} > 10^{\circ}\text{C}$ & $T_{cold} < 0^{\circ}\text{C}$

ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Euroopan talvien leutos paljolti Pohjois-Atlantin lämpimien merivirtojen ja lauhjojen länsituulen ansiota



Lämpimän merivirran synnyttää ns. termohaliininen kiertoliike



Pohjois-Atlantin värähtely ilmakehässä (NAO)

Kuvat: Nevanlinna ed. (2008)

Mihin arviot Suomen tulevasta ilmastosta perustuvat?



<http://physicsworld.com/cws/article/print/26946>

Fossiilisten polttoaineiden käyttö ja
metsien raivaus



Hiilidioksidin ja muiden
kasvihuonekaasujen pitoisuudet
kasvaneet nopeasti



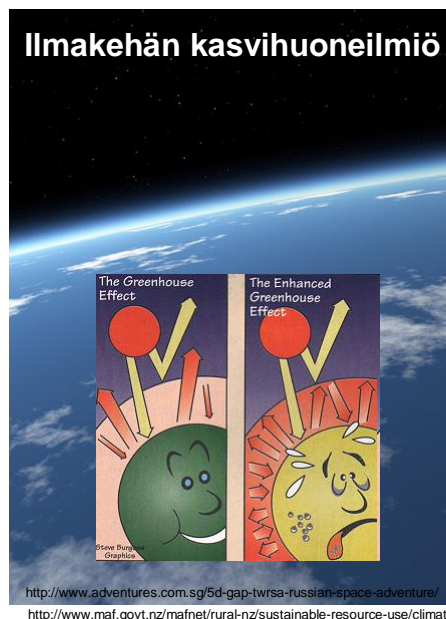
Kasvihuoneilmiön voimistuminen*



Ilmaston muuttuminen

* Ilmastojärjestelmässä palautetekijöitä,
jotka vahvistavat kasvihuoneilmiön
voimistumisen vaikutuksia

Ilmakehän kasvihuoneilmiö



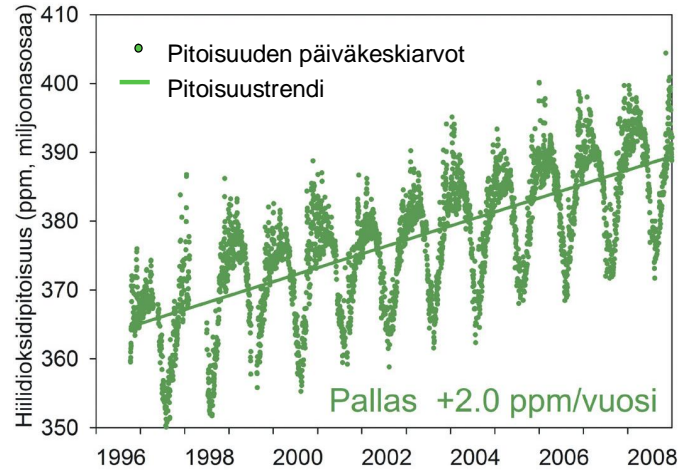
<http://www.adventures.com.sg/5d-gap-twrss-russian-space-adventure/>

<http://www.maf.govt.nz/mafnet/rural-nz/sustainable-resource-use/climate/>

Hiiidioksidipitoisuuden mitattu kehitys Pallaksella

- selvästi nouseva trendi

- kasvukauden aikana pienempi metsien hiilinielujen vuoksi



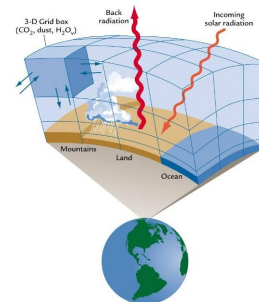
Kasvihuonekaasujen määrän lisääntyminen ilmakehässä muuttaa ilmastoa

Tulevista ilmastomuutoksista arvioita fysiikan lakeihin perustuvien ilmastomallien perusteella

Epävarmuutta muutosten suuruudessa



- Kasvihuonekaasujen ja hiukkasten **päästöt** riippuvat ihmiskunnan tulevista toimista
- Ilmastojärjestelmän **mallintamiseen** liittyy epävarmuutta
 - Miten kasvihuonekaasujen ja hiukkasten pitoisuudet riippuvat päästöjen kehityksestä?
 - Miten ilmasto reagoi ilmakehän koostumuksen muutoksiin?
- Ilmasto vaihtelee **luonnostaankin**
 - Auringon aktiivisuus ja tulivuoritoiminta
 - Ilmakehän ja merten kiertoliikkeeseen liittyvä "satunnainen" ilmastovaihtelu



Miten ilmasto muuttuu Suomessa?

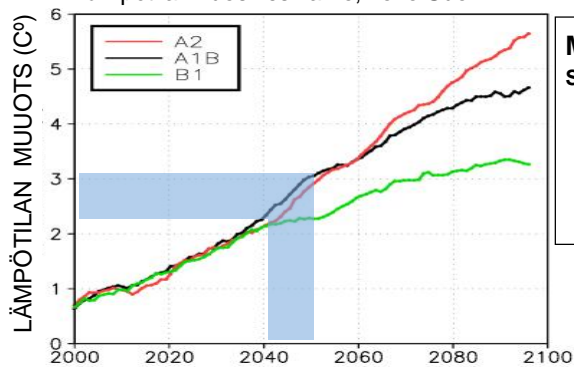
- ✓ Kuinka paljon Suomi lämpenee?
- ✓ Uhkaako kuivuus, lisääntyvätkö rankkasateet?
- ✓ Hupeneeko lumipeite kokonaan?
- ✓ Yleistyvätkö jäätymis-sulamissyklit?
- ✓ Miltä muutos näyttää muualla Euroopassa?



Suomi lämpenee lähivuosikymmeninä $\sim 0.4 \pm 0.1^\circ\text{C}/10$

Lämpötilan vuosikeskiarvo, koko Suomi

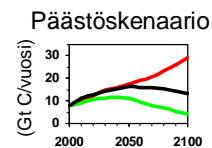
Vertailujaksona v.1971-2000



Skenaario	Lämpötilan nousu
A2	5.1 (3.1 – 7.0)
A1B	4.4 (2.5 – 6.3)
B1	3.2 (1.5 – 4.9)

↑
19 mallin antama paras arvio (suluissa 90%:n epävarmuushaarukka)

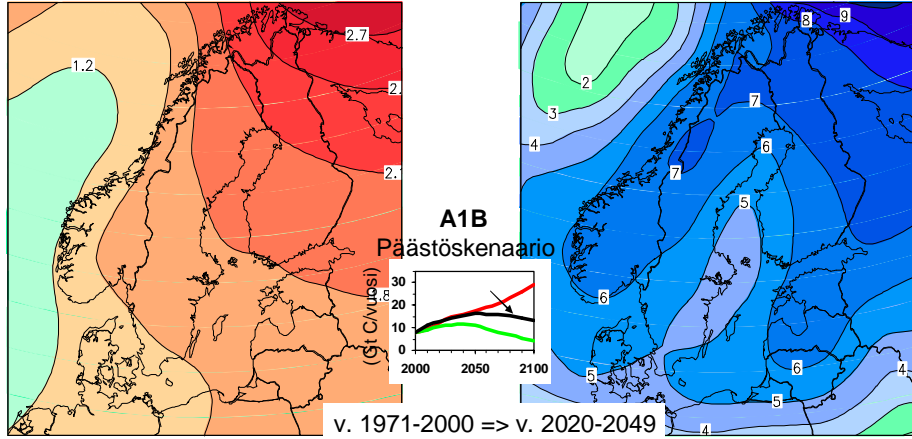
EPÄVARMUUKSIEN SUURUUS:	Lähi-tulevaisuus	Vuosisadan loppu
Luonnollinen vaihtelu	+	+
Mallit	(+)	++
Päästöskenaariot		++



Muutokset suurempia Pohjois-Suomessa kuin etelässä

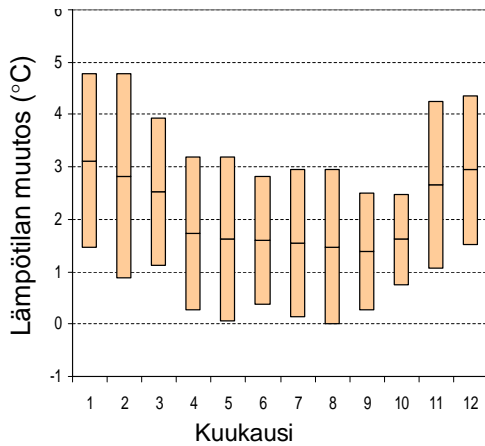
Lämpötilan muutos (°C)

Sademäärän muutos (%)



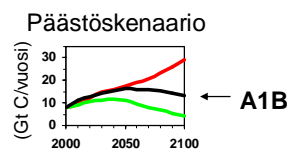
Etenkin talvilämpötilat ja –sademäärät tulevat kasvamaan

Suomi v. 1971-2000 => v. 2020-2049



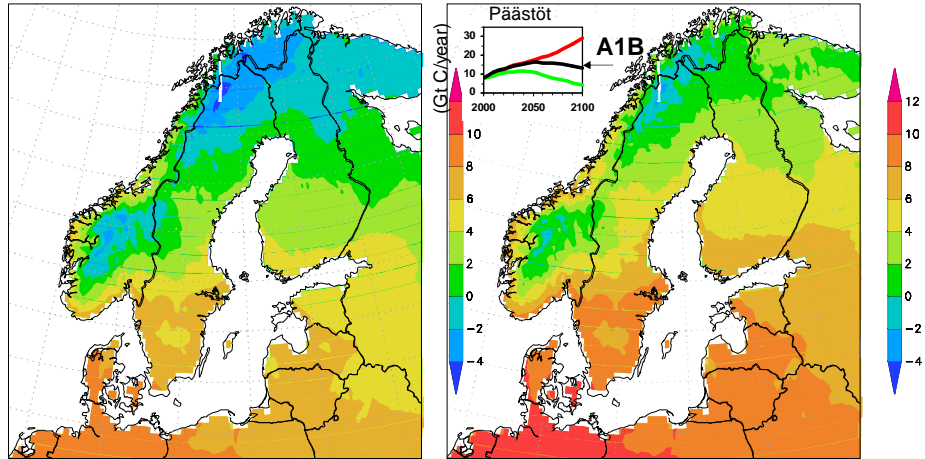
Muutoksen paras arvio ja 90%:n todennäköisyysväli "siltä väliltä" -skenaarion (A1B) toteutuessa

- 19 ilmastomallin väliset erot
- Ilmaston luontainen vaihtelu



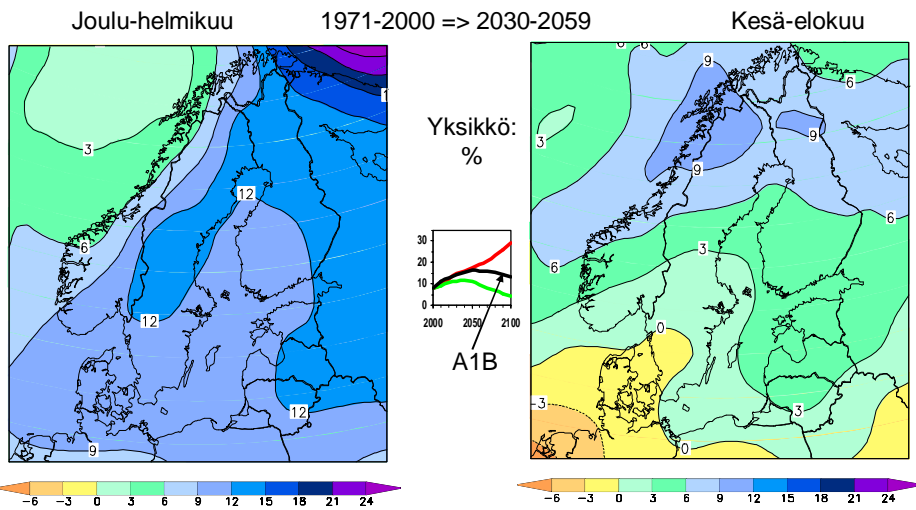
Etelä-Suomen keskilämpötilat siirtyvät kohti pohjoista

- isompien päästöjen tapauksessa muutokset vielä suurempia

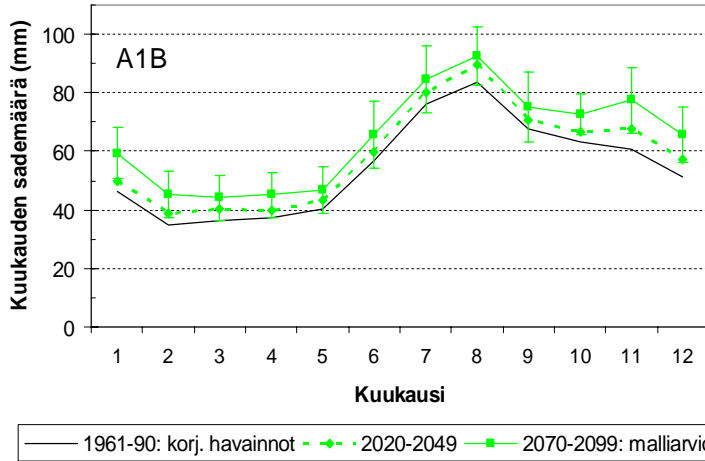


Sademäärän muutos aluksi melko hidasta

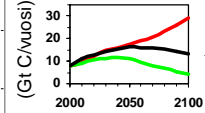
- voi hukkua vielä lähivuosikymmeninä luonnollisen vaihtelun sekaan



Myös tulevaisuudessa kesäsateet ovat runsaampia kuin talvisateet



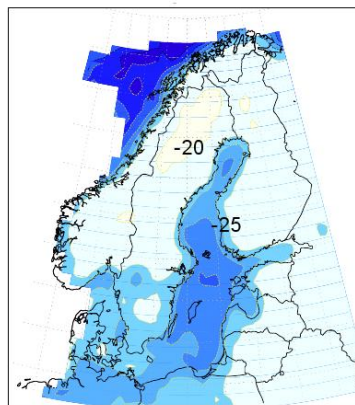
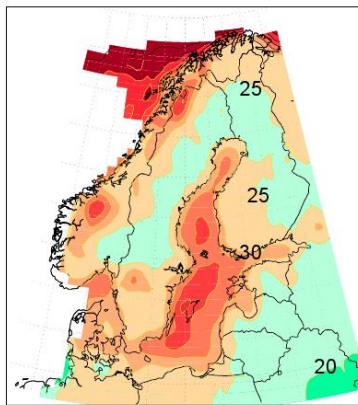
Päästöskenaario



Virvehaarukat kuvaavat 19 ilmastomallin tulosten eroja.

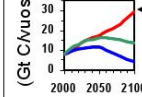
Lisäksi tulevaisuuden päästöt = ?

Syksyn ensimmäinen pakkasen lykkäytyy, kevään viimeinen aikaistuu



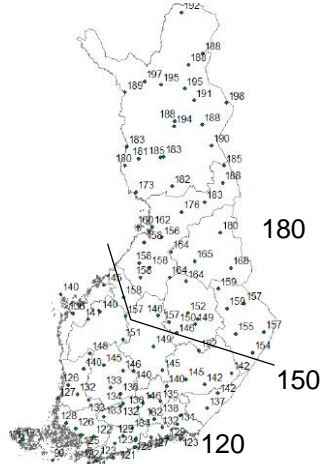
Muutos (vrk) 7 mallin keskiarvona 2071-2100 mennessä A2-päästöskenaarion toteutuessa

Päästöt

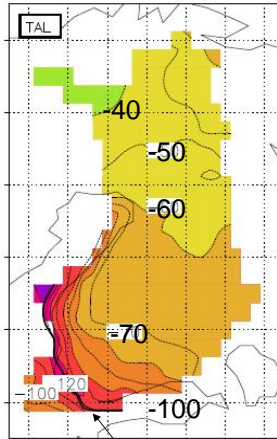


Terminen talvi lyhenee voimakkaasti

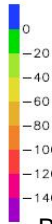
Keskisarvo v. 1971-2000



Muutos v. 1971-2000 => v. 2070-2099

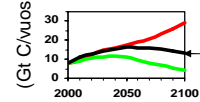


Muutoksen yksikkö: vrk



A1B

Päästöskenaario



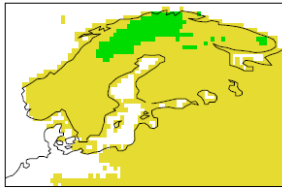
Mustan viivan länsipuolella ei keskimäärin enää termistä talvea

19 ilmastomallin keskiarvo

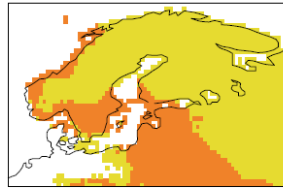
Lähde: ACCLIM-hanke / IL

”Runsaslumisten” (v. 1971-2000 joka toinen vuosi) helmikuiden osuus pienenee

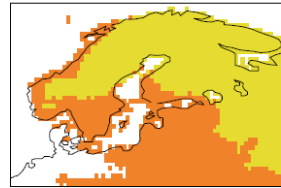
2011–2020



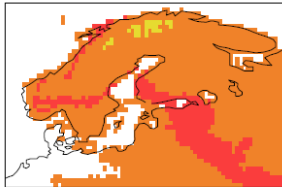
2021–2030



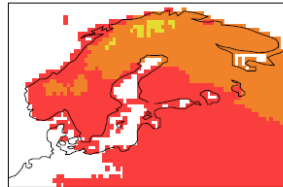
2031–2040



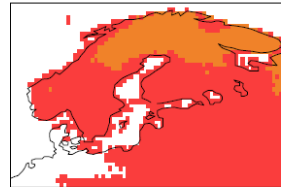
2041–2050



2051–2060



2061–2070



Lähde: Jouni Räisänen (HY)

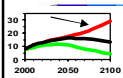
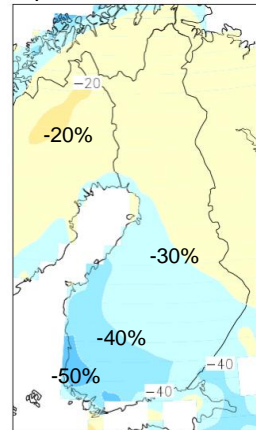
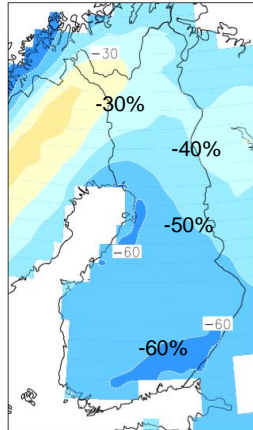
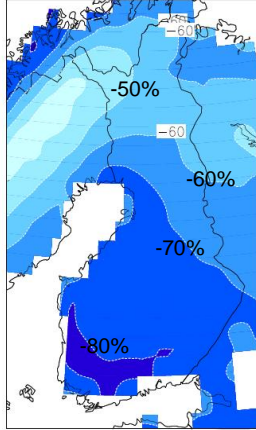
2 3 4 5 kertaa / 10 v.

Lumipeitteen muutokset suurimpia Lounais-Suomessa

vuoden keskim. vesiarvo

vuoden maksimivesiarvo

vuotuinen lumipeite-
päivien määrä



Multi-model mean changes (in %) 1961-1990 => 2071-2100, SRES A2

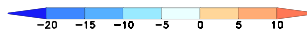
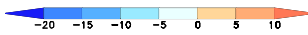
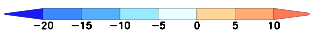
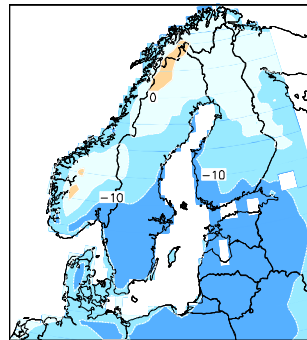
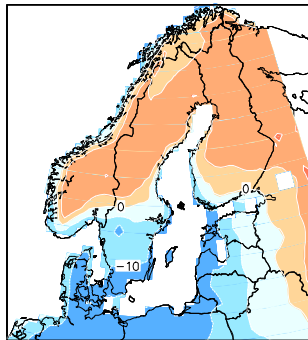
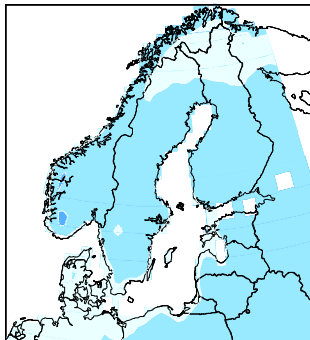
Ref: Jylhä et al. (2009)

Nollarajan ohituspäivät* yleistyvät meillä joulukuussa

syys-lokakuu

joulukuu

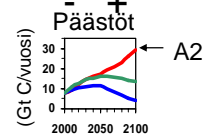
maaliskuuhuu



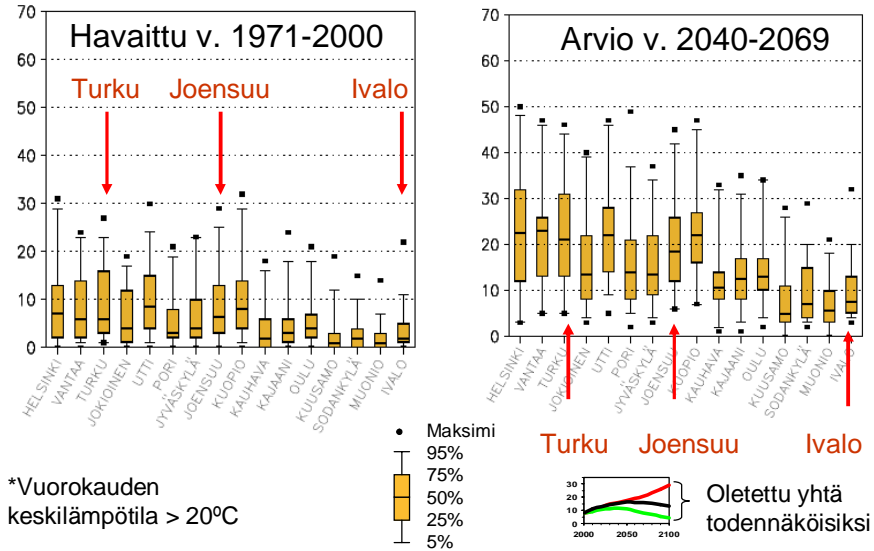
Muutos (vrk) 7 mallin keskiarvona 2071-2100
mennessä A2-skenaarion toteutuessa

*Tmin < 0°C, Tmax > 0°C

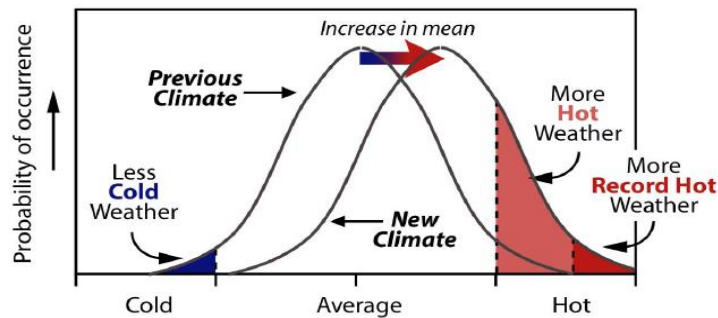
Ref: Jylhä et al. (2008)



Kuumat kesäpäivät* yleistyvät



Pieni muutos keskiarvossa → suhteellisen suuri muutos ääripäässä (ääripakkaset, helteet, rankkasateet)

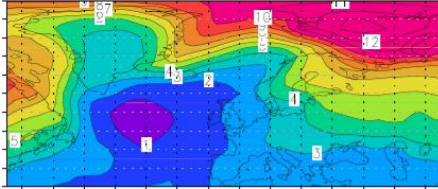


- Talven kireimmät pakkaset hellittävät eniten
- Rankkasateet voimistuvat
- Vettä yhä useammin liikaa tai liian vähän

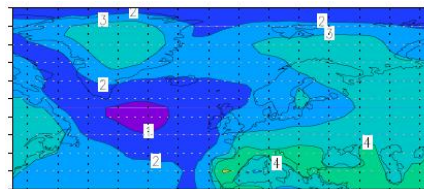
Talvella lämpenee etenkin Pohjois-Eurooppa, kesällä Etelä-Eurooppa

A1B-skenaario 1971-2000 => 2070-2099

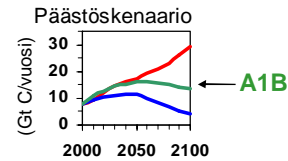
Talven lämpötilojen muutos (°C)



Kesän lämpötilojen muutos (°C)



- Kylmimmät talvilämpötilat P-Euroopassa kohoavat enemmän kuin talven keskilämpötilat
- Korkeimmat kesälämpötilat K- ja E-Euroopassa kohoavat enemmän kuin kesän keskilämpötilat

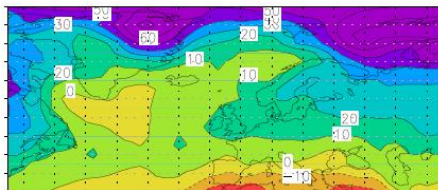


Kuva: IL; teksti: IPCC (2007)

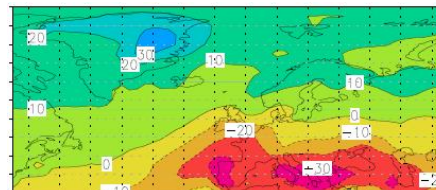
Vuotuinen sademäärä kasvaa Pohjois-Euroopassa, pienenee Etelä-Euroopassa

A1B-skenaario 1971-2000 => 2070-2099

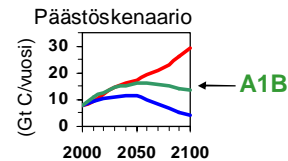
Talven sademäärien muutos (%)



Kesän sademäärien muutos (%)



- Keskisessä Euroopassa (alue vaihtelee mallista toiseen) sateet lisääntyvät talvella, vähenevät kesällä
- Rankkasateet lisääntyvät Pohjois-Euroopassa
- Vuotuiset sadepäivät vähenevät Välimeren seudulla
- Ilmakehän lisääntyvä vesihöyry ja kierto liikkeen muutokset



Kuva: IL; teksti: IPCC (2007)

Yhteenveto

• Maailmanlaajuinen muutos

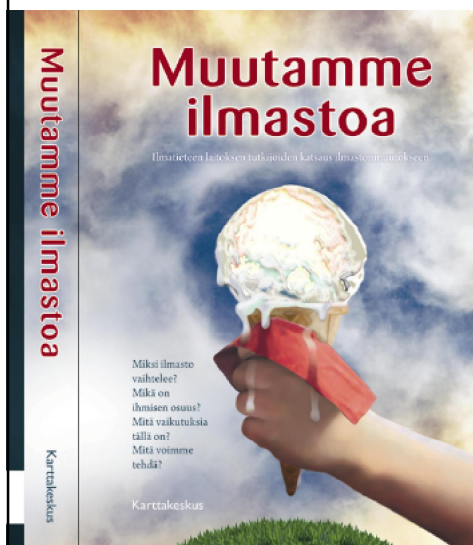
- Lämpeneminen voimakkainta mantereilla ja korkeilla leveysasteilla.
- Sademäärät kasvat korkeilla leveyasteilla, vähenevät subtropiikissa.

• Suomi

- Lämpeneminen nopeampaa kuin maapallolla keskimäärin.
- Lämpeneminen ja sademäärien kasvu voimakkaampi talvella kuin kesällä.
- Suhteellisen suuri muutos ääri-ilmiöissä (rankkasateet, helle, pakkaset).
- Kasvukausi pitenee ja tehostuu.
- Suuret muutokset talvioloissa
 - Pakkas- ja lumipeitekausi lyhenee ja muuttuu rikkonaisemmaksi.
 - Entistä suurempi osa talvisateista vetenä.

Ilmastonmuutoksen suuruuden ennustaminen vaikeaa.

Tulevaisuuden päästöt? Muutoksen mallintaminen? Luontainen vaihtelu?



"Ilmastonmuutoksen käsikirja"

Ilmatieteen laitoksen tutkijoiden katsaus ilmastonmuutokseen

Karttakeskus

- 160 x 215 mm
- 240 sivua
- kovakantinen
- ilmestyi 05/2008
- hinta 39 euroa

Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCLIM-hankkeen raportti 2009

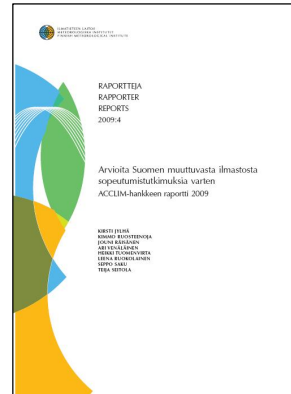
www.fmi.fi/acclim

Ilmaston vaihteluihin ja muutokseen varautuminen edellyttää mahdollisimman luotettavaa tietoa menneestä, nykyisestä ja tulevasta ilmastosta, sekä sen keskimääräisistä arvoista että vaihteluista ja ääri-ilmiöistä. ACCLIM-hankkeen tehtävänä on huolehtia ilmastomuutoksen sopeutumistutkimusohjelman (ISTO) nykyistä ja tulevaa ilmastoa koskevasta tietopalvelusta. Tämä raportti esittää hankkeen ensimmäisen vaiheen (2006-2008) tuloksia.

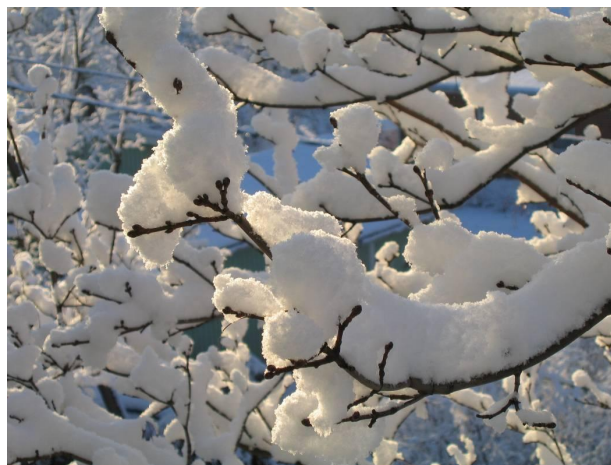
- [Tiivistelmä ja laajennettu tiivistelmä suomeksi](#) PDF (118 kt)
- [Abstract and extendend abstract in English](#) PDF (103 kt)
- [Captions for figures and tables in English](#) PDF (107 kt)
- [Raportti kokonaisuudessaan](#) PDF (9029 kt)

Viite: Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Ruokolainen, L., Saku, S. ja Seitola, T., 2009. Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCLIM-hankkeen raportti 2009. (The changing climate in Finland: estimates for adaptation studies. ACCLIM project report 2009.) Ilmatieteen laitos, Raportteja 2009:4, 102. (In Finnish, abstract, extended abstract and captions for figures and tables also in English)

[Takaisin ACCLIM-hankkeen pääsivulle](#)

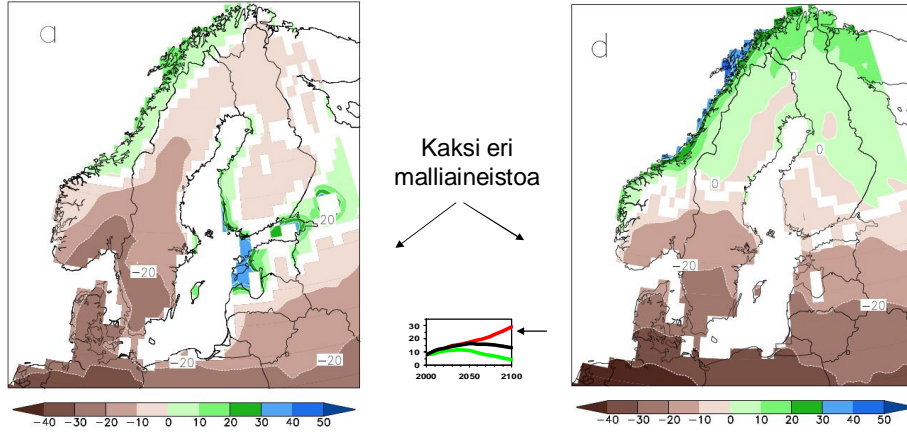


KIITOS MIELENKIINNOSTA!



Sadepäivien määrä kesällä ($\geq 1\text{mm/vrk}$)

Muutos (in %)
1961-1990 => 2071-2100



Suuri epävarmuus Pohjois-Suomessa, Etelä-Suomess ehkä harvenevat
Talvella sadepäivät lisääntyvät

Ref: Jylhä et al. (2009)

Ilmaston muutos ja elintarviketuotannon turvallisuus – millaisia signaaleja löytyy kirjallisuudesta

Elintarviketurvallisuus muuttuvassa ilmastossa

Seminaaripäivä 22.10.2010

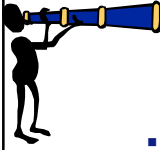
Arja Laitila

VTT Technical Research Centre of Finland

Tavoite

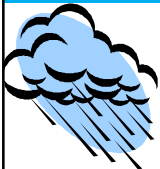
- Kirjallisuusselvitys, millaisia signaaleja/uhkatekijöitä liittyy elintarviketuotannon turvallisuuteen
- Millaisia haittatekijöitä ja miten ne voivat päätyä tuotantoketjuun ?
- Erityisesti mikrobit ja niiden toimintaan liittyviä uhkia





Sisältö

- Biologisten ja kemiallisten haittatekijöiden siirtyminen
 - vesi, ilma
 - vektorit ja eläimet
- Kasvitaudit ja ilmaston muutos
- Mykotoksiinit ja ilmaston muutos
- Pestisidit ja mikrobilääkkeiden jäämät
- Elintarvike- ja vesivälitteiset epidemiat muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa
- Vuorovaikutukset epidemioiden taustalla
- Levät ja biotoksiinit
- Yhteenvetoa ja tulevaisuuden turvaaminen



Elintarviketuotannon turvallisuuteen vaikuttavia merkittävimpiä ilmastollisia tekijöitä



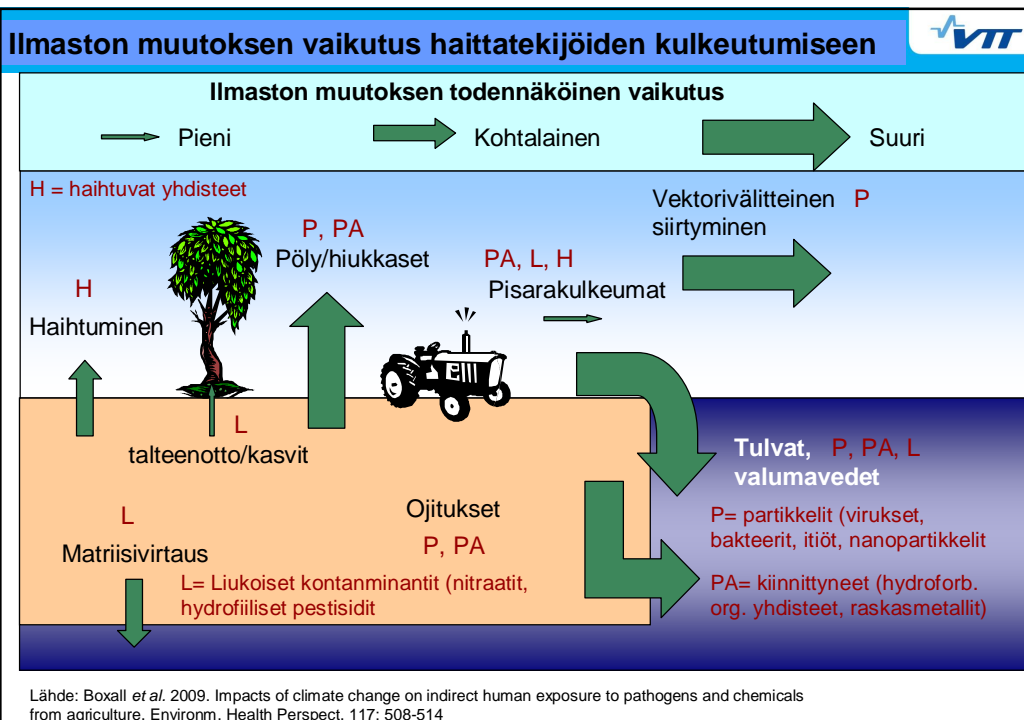
- lämpötilan muutokset ilmassa, maaperässä ja vesistöissä
- sademäärän muutokset
- kuivuus (hellejaksot)
- äärimmäiset sääolosuhteet esim. rankkasateet jatuvat
- muutokset hiilidioksidipitoisuudessa.
- tuulet
- talvien vaihtelut vuosien välillä ja vuoden sisällä (lumi- ja jääpeitteiden vaihtelut)

Millaisia haittatekijöitä elintarvikkeiden alkutuotannossa ? Miten ilmaston muutos vaikuttaa ?

Kontaminaatiolähde	Kontaminaatiotyyppi	Ilmaston muutoksen vaikutus	Muut vaikuttavat tekijöät
★ Kasvinsuojeluaineet	herbisidit, hyönteistorjuntaaineet, fungisidit	Lisääntynyt käyttö kasvitautilien lisääntymisen myötä	Siirtyminen luonnonmukaiseen viljelyyn vähentää käyttöä, siirtyminen biopolttoaineisiin lisää käyttöä
Lannoitteet	NO ₃ , PO ₄	Viljelyn tehostuminen lisää käyttöä, maaperän orgaanisen hiilen väheneminen lisää käyttöä, kasvien tehokkaampi ravinteiden ottokyky vähentää käyttöä	Valmistuskustannusten nousu voi vähentää käyttöä
Lietteet	Raskasmetallit, lääkeaineet, teolliset kontaminatit, patogeenit, ravinteet	Viljelyn tehostuminen lisää lietteen käyttöä, maaperän orgaanisen hiilen väheneminen lisää käyttöä	Biopartikkeleiden taloudellisen arvon nousu vähentää käyttöä
★ Lääkeainejäämät (eläimet)	Antimikrobiset lääkkeet	Karjatalouden tehokkuuden lisääminen lisää käyttöä, tautipaineiden lisääntyminen lisää käyttöä	-
★ Kasteluviedet	Patogeenit, raskasmetallit, pestisidit, yms	Keinokastelun tarve tulee lisääntymään kuivina jaksoina	-
★ Tulvat	Paskametallit, dioksiinit, PAH, patogeenit	Tulvien lisääntyminen lisää kontaminanttien kulkeutumista	-
★ Vektorit (hyönteiset)	Virukset, bakteerit, sienet, alkueläimet	Vektoreiden määrät ja levinneisyys muuttuu, uudet lajit uusille alueille	-
★ Ilmavälitteiset laskeumat	Pestisidit, patogeenit	Ilmavälitteisten haihtuvien yhdisteiden määrä lisääntyy (pestisidit), kulkeutuminen uusille paikoille	-
★ Mikroöbipäiset kontaminantit (haitalliset yhdisteet)	Homemyrkyt, levien biotoksiinit	Haittayhdisteiden tuotto lisääntyy	-

★ muutoksen vaikutus suuri

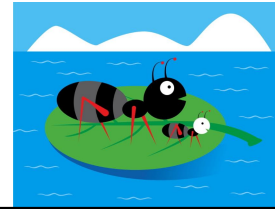
Lähde: Boxall *et al.* 2009. Impacts of climate change on indirect human exposure to pathogens and chemicals from agriculture. *Environm. Health Perspect.* 117: 508-514



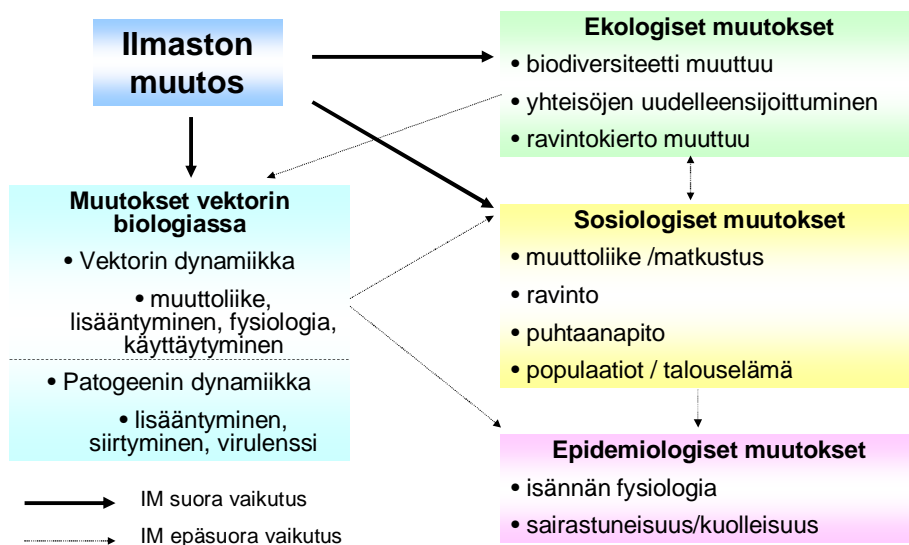
Lähde: Boxall *et al.* 2009. Impacts of climate change on indirect human exposure to pathogens and chemicals from agriculture. *Environm. Health Perspect.* 117: 508-514

Hyönteiset vektoreina eli siirtäjinä

- Hyönteiset ovat merkittävimpiä mikrobien kuljettajia
- Ilmaston lämpeneminen vaikuttaa vektoriorganismien levinnäisyyteen
- Ilmaston muutoksella useita mekanisme
- vektoreiden elinkyky heikkenee tai lisääntyy
- vektoripopulaation kasvunopeus muuttuu
- vektoreiden ravintokäyttäytyminen muuttuu
- vektorin herkkyys taudinaiheuttajan kantamiselle muuttuu
- taudinaiheuttajan itämisaika muuttuu
- vektorin aktiivisuuskausi muuttuu
- taudinaiheuttajan siirtymisen ajanjakso muuttuu

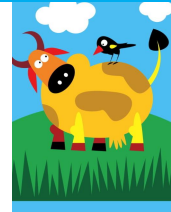


Ilmaston muutoksen (IM) vaikutukset vektorivälitteisten tautien syntyyn

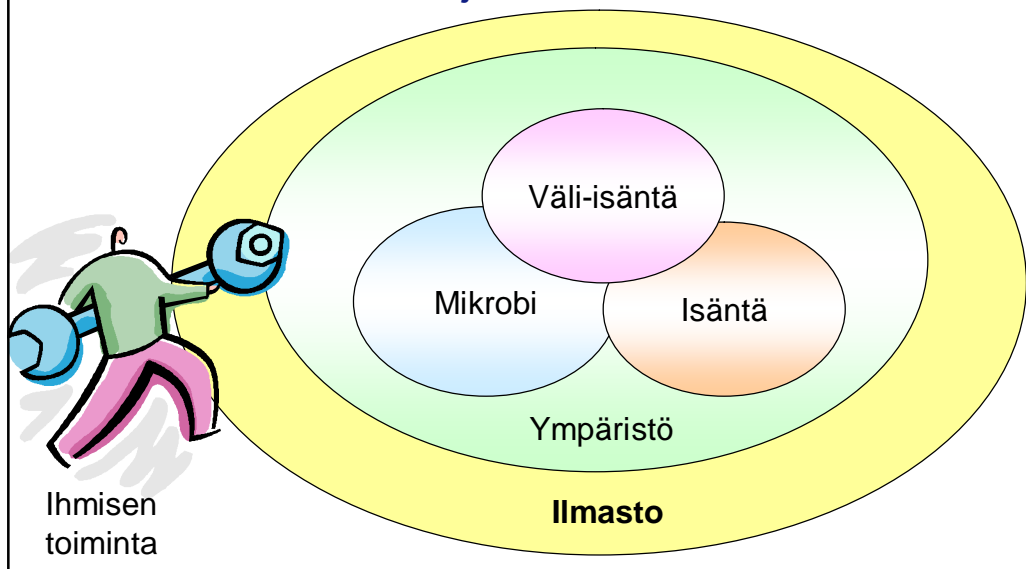


Eläimet välittäjinä ilmaston muuttuessa

- Ilmaston muuttuminen mahdollistaa uusien lajien siirtymisen uusille alueille
 - 80% eläin- ja kasvilajeista laajentaneet elinympäristöä kohti napa-alueita (*Root et al 2003. Nature 421:57-60*)
- Ilmaston lämpeneminen mahdollistaa kotieläintuotannon uusilla alueilla ↔ väistämättä törmäyskurssilla villieläinten kanssa
- Muuttolinnuilla merkittävä rooli ihmisten ja eläintautien levittäjänä
 - esim. virustaudit
 - villeillä linnuilla oireet usein lieviä, mutta levitessään siipikarjan tuotantoon vaikutukset voi olla huomattavat
- Pikkujyrsijät ja nisäkkäät
 - esim. ekinokokki-loiset (ulosteiden mukana → vesi, marjat, sienet → ihminen vakava sairaus, itämisaika 5-15 vuotta
 - lyhyemmät, leudommat talvet ja kosteammat kesät edesauttaa loiseläinten kehitystä ja hengissä säilymistä
 - Toisaalta pitkät, kuivat jaksot ja nopeat vaihtelut jäätymisen ja sulamisen välillä voivat heikentää säilymistä

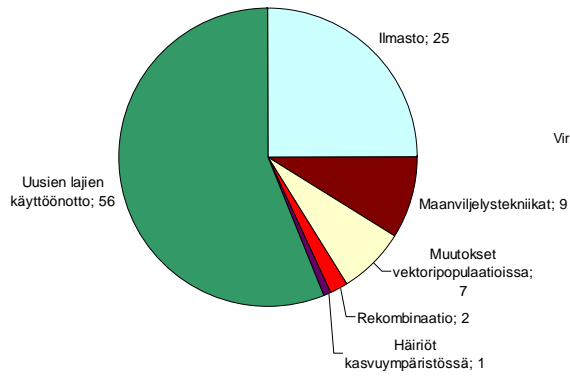


Haittamikrobien siirtyminen elintarvikeketjussa monen tekijän vuorovaikutusta

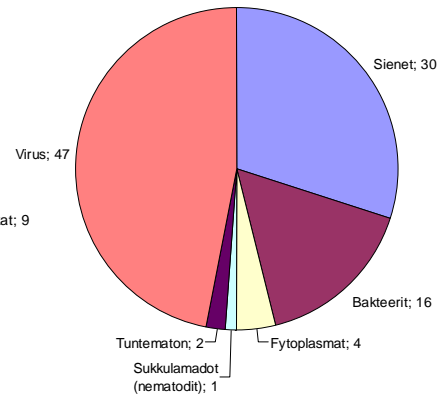


Ilmaston muutos ja kasvitautit

Merkittävimmät vaikuttajat



Merkittävimmät aiheuttajat



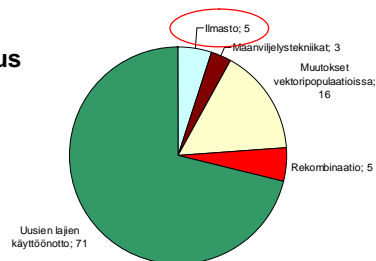
Lähde: Anderson et al 2004. *Trends Ecol. Evol.* 19:535-544
Taylor et al 2001. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 356:983-989

Ihmisten taudinaiheuttajista

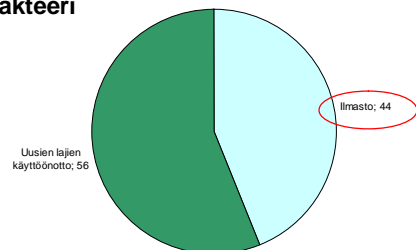
virukset 44%, bakteerit 30%, sienet 9%, 17% alkueläimet ja loiset

Ilmaston vaikutus virus, bakteri- ja sienitauteihin

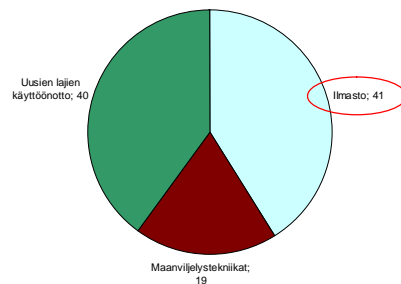
Virus



Bakteeri



Sienet





Ilmaston muutos vaikuttaa mykotoksiinien tuottoon

- mykotoksiini eli homeyrkky = homeen tuottama myrkky
- yli 400 hometoksiinia tunnetaan, hyvin kestäviä yhdisteitä
- Erityisesti viljat ja viljatuotteet
- Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta (mm. kuivuus- ja lämpöstressi, kohonnut ilmakehän CO₂-pitoisuus) → heikentynyt vastustuskyky → alttius homeille ja toksiinituotannolle
- Ilmastonmuutoksen seurauksena käyttöön otettavat uudet viljelytavat (mm. keinokastelu, muuttuneet kylvö- ja korjuuajankohdat, lannoitus)
- RASF (Rapid Alert System for Food and Feed) eniten ilmoituksia mykotoksiineista, erityisesti aflatoksiinit
 - 2005/ 3 ilmoitusta ja 2008/46 ilmoitusta
- Ilmaston muuttumisen myötä aflatoksiinia tuottavat homeet “matkalla” pohjoiseen
 - 2003 jälkeen havaittu Italiassa vehnä- ja maissipelloilla
 - kuivat ja kuumat ajanjaksot suosivat *Aspergillus flavus* -kasvua

Ilmaston muutos ja mykotoksiinit

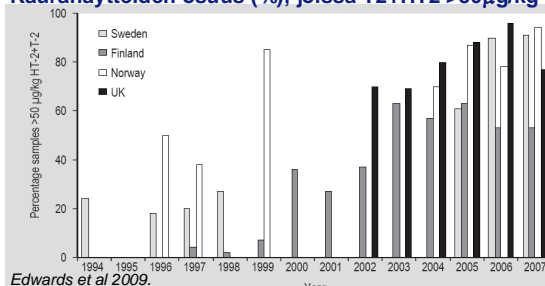
Fusarium-toksiinit (punahomeet)

- lämmin ja kostea sää etenkin tähkälletulon ja kukinnan aikana sekä sateet ennen korjuuta
- uudet tulokas kasvit (Maissi – *F. graminearum* – Deoksinivalenoli = DON)
- lämpötilan nousu ja kuivuuden lisääntyminen lauhkeilla vyöhykkeillä (maissi- *F. verticilloides* – fumonisiini)
- T2 ja HT2 tuottajat (esim. *F. langsethiae*), **erityisesti kaura**
- pohjoisilla leveysasteilla ennustettu sateiden lisääntyminen kasvukauden lopulla – mykotoksiinit ↑

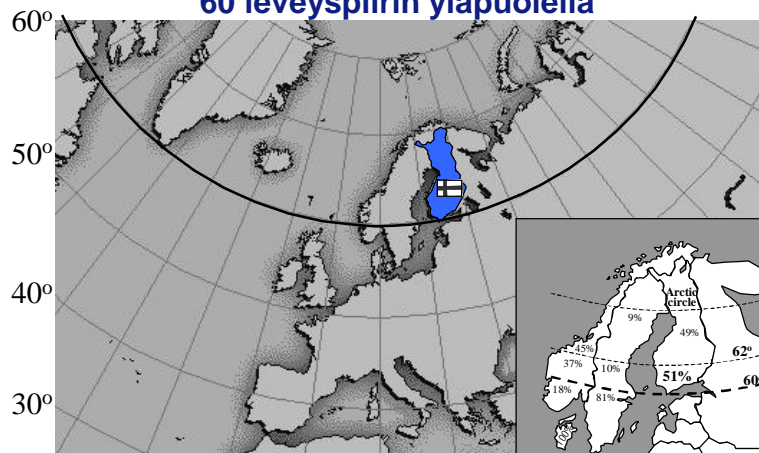
Patuliini ja okratoksiini A

- viljat ja hedelmät
- lämpötilan nousu viileillä vyöhykkeillä lisää riskiä
- ilmastonmuutos ja varastointi !

Kauranäytteiden osuus (%), joissa T2+HT2 >50µg/kg



Suomi merkittävin viljan tuotantoalue, joka sijaitsee 60 leveyspiirin yläpuolella



Ilmasto-olosuhteilla merkittävät vaikutus viljojen mikrobistoon

Mikrobisto muuttuu ilmaston muutoksen myötä

Pestidi- ja lääkeainejäämien ennustetaan lisääntyvän (kysymykset 4 ja 8)

- Ilmaston muutos lisää tautipaineita → torjunta-aineiden ja antibioottien käytön ennustetaan lisääntyvän
- Pestisidijäämät kasvuotteissa
- Maatalouden parissa työskentelevien altistuminen
- Mikrobilääkkeiden käyttö lisää vastustuskykyisten mikrobien määrää.
- Tuotantoeläimiä hoidetaan usein mikrobilääkkeillä ja hoito voi aiheuttaa jäämiä niistä saataviin elintarvikkeisiin
- Ilmastonmuutoksen ja öljyn kulutuksen hillitsemiseksi uusia ratkaisuja energiaksi etsitään biopolttoaineista
 - Antibiootteja käytetään yleisesti bioetanolin tuottoprosesseissa
 - Sivuvirtojen mukana jäämät päätyvät eläintenrehuihin ja sitä kautta elintarvikkeisiin (2008: 50% mäskinäytteistä USA merkittäviä määriä antibiootteja)
 - Jätevesien ja lietteen päätyvät myös ympäristöön.



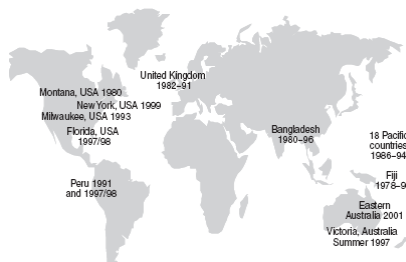


Elintarvike- ja vesivälitteiset epidemiat ilmaston muuttuessa

- Ilmaston lämpeneminen tulee lisäämään epidemioiden riskiä, erityisesti kesäaikana
- Ilmaston muutoksen lisäksi haasteita
 - Kuluttajatottumukset muuttuneet (valmisruoat, joukkoruokailut)
 - Globalisaation myötä raaka-aineiden ja valmiiden tuotteiden kuljetusmatkat pidentyneet
 - Keinokasteluvedet (laatu tulevaisuudessa)
- *Salmonella*-bakteerien merkittävä hyötyjä (jo nyt eniten ilmoituksia elintarvikkeissa ja rehuissa), infektiopiikki kesäaikana
- Kamylobakteerit, infektiopiikki keväällä
 - leudemmat talvet suosivat bakteerin siirtymistä, säilymistä ja lisääntymistä
- Vesien lämpötilan nousu edesauttaa uusien lajien leviämisen ja mahdollistaa haittamikrobien kasvun
- Vibriolajit hyötyvät merien lämpötilanoususta
 - esim. *V. parahaemolyticus* vuonna 2004 ensimmäistä kertaa 60° leveyspiirillä (USA). Tätä ennen pohjoisin tautitapaus 1997 noin 1000 km etelämpänä Brittiläinen Kolumbia
 - 2004 kesällä mitattiin ensimmäistä kertaa >15°C osterikeruun aikana (lisää tautivaaraa)
 - Raa'at kalat, äyriäiset, kuumentamattomat merivedellä pestyt ruoat
 - Ei elä Itämeressä, mutta muut elintarvikkeet voi saastua kosketuksessa kalastustuotteiden kanssa tai käsittelijän käsien kautta
- **Kausittaisuus ja äärimmäiset sääilmiöt (rankkasateet ja tulvat)**

Ilmasto-olosuhteiden muuttumiseen kytkettyjä epidemioita

1: Some episodes of food and waterborne infection related to climate and weather

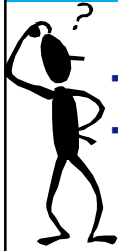


Hall et al 2002. Med.J. Austr. 177:614-618

El niño, liitetty ilmaston muutokseen ja vaikutukset näky jo elintarvikkeiden tuotannossa

Ilmanpaine nousee Tyynenmeren länsiosassa → pasaatituulet laantuvat → pintaveden lämpeneminen itäosissa
2-7 vuoden jaksoissa

- Englanti: Lämpötilan **nousu 2.1°C** lisää ruokamyrkytystapauksia noin 179 000 /vuosi
- New York, USA: vesivälitteinen *E.coli* O157:H7 epidemia, **rankkasateet**
- Milwaukee, USA: vesivälitteinen cryptosporidioosi, **rankkasateet** (403 000, 54 +)
- **El niño** ilmiöön liitettyjä
 - Peru (1991, 1997-1998): vesivälitteinen kolera
 - Florida (1997-98), USA: enterovirukset, vesi ja äyriäiset
 - Bangladesh (1980-1996): kolera
- Tyynenmeren maissa (1986-1996) lisääntyneet ripuliepidemiat, **lämpötilan nousu**
- Australia (2001): lisääntyneet *Salmonella* tapaukset (**korkeammat lämpötilat**)



Vuorovaikutukset epidemioiden taustalla

- Ilmaston muutoksen arvioiminen haastavaa, koska taustalla monimutkaisten vuorovaikutusten vyyhti
- Kolera –malli
 - *V. cholerae* ulostevälitteisten epidemioiden aiheuttaja
 - Yleinen bakteeri murtovesialueilla, eristetty myös Euroopassa
 - Hurrikaani Katariinan jälkeen 2005 USA:ssa
 - Silti lähinnä paikallisesti ja kausiluontoisesti tropiikissa ja subtropiikissa

1. Lämpimät rannikkovedet yhdistettynä leväkukintoihin suosivat *V. cholerae* kasvuun. Tietyt fotosynteettiset kasviplanktonit lisääntyvät lämpötilan nousun myötä ja niiden aineenvaihdunta nostaa ympäristön pH:ta
 2. Happamuuden nousu antaa kilpailuedun *V. cholerae* -bakteerille, koska se viihtyy alkalisemmassa ympäristössä kuin muut meren bakteerit.
 3. Kasviplanktonin määrän kasvu mahdollistaa eläinplanktonin lisääntymisen (hankajalkaiset) → Kolerabakteerit kiinnittyvät eläinplanktoniin (suojaa niitä)
 4. Kasviplanktonien hajoamistuotteet tuovat edelleen lisää ravinteita bakteerille → runsaslukuiset populaatiot eläinplanktoneissa, jotka taas toimivat äyriäisten ravintona (**yksi hankajalkainen voi sisältää 10 000 - 1 miljoonaa *V. cholerae* bakteeria**)
- äyriäiset, simpukat, ristsaastunta, tartuntaa kantava työntekijä

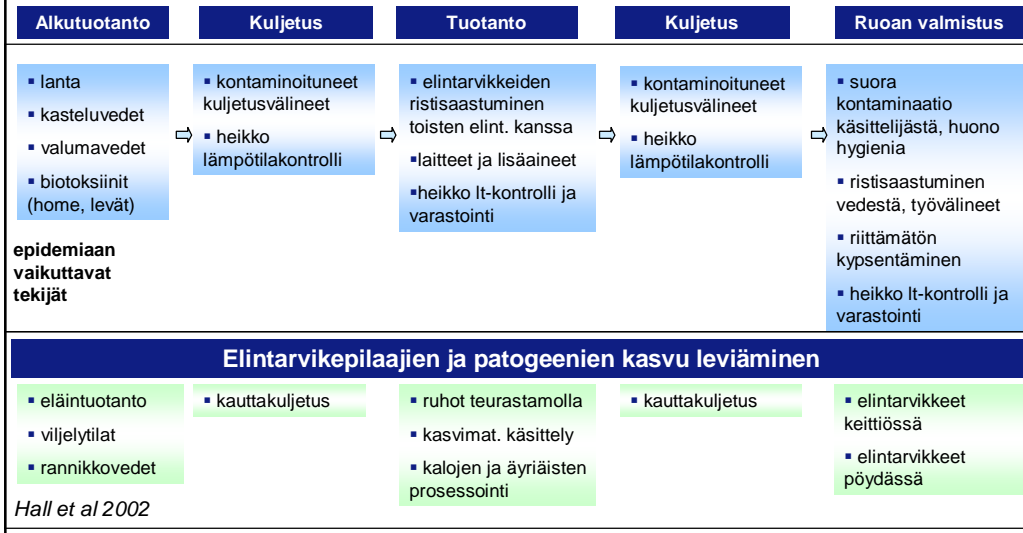


Levät ja niiden tuottamat biotoksiinit

- Haittaa aiheuttavien leväkukintojen esiintyminen on noussut viimeisten vuosikymmenten aikana useilla meri- ja rannikkoalueilla
- Useat levät voivat tuottaa myrkyllisiä yhdisteitä, jotka ovat aiheuttaneet erilaisia haittoja eläimille tai ihmisille
- Myrkytystapaukset liittyvät usein äyriäisten tai simpukoiden syöntiin. Kertyvät myös kaloihin
- Voivat päätyä aerosoleina eläimiin tai ihmisiin
- Rannikkoalueiden lisääntynyt käyttö, vesiviljelykasvattamojen ravinnekuormat, rankkasateiden ja tulvien ravinnepulssit
- Suomessa syanobakteerien ongelmat tiedostettu
 - haju- ja makuhaita, maksa- ja hermomyrkyjä
- Saksitoksiini on voimakkaimpia hermomyrkyjä
 - Suomalaista järvistä todettu saksitoksiinia sisältäviä lajeja (*Rapala et al 2005*)

Ilmaston muuttuminen ja sen vaikutukset elintarvikeketjussa

Ilmaston muutos: kohonnut lämpötila, rankkasateet, kosteus



Monien tahojen yhteistoimintaa tarvitaan (valvonta, terveydenhuolto ihmiset, eläimet, poliittiset päättäjät, koulutus, viestintä, poikkitieteellinen tutkimus)

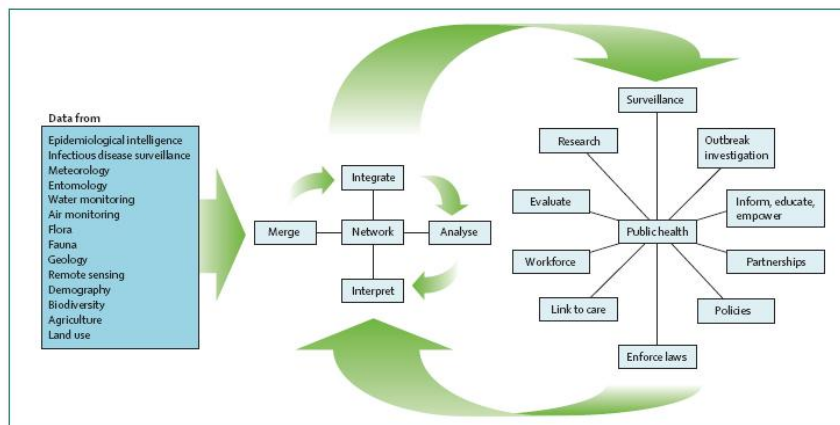


Figure: Proposed diagram of an environment and epidemiology network

ECDC (= European Centre for Disease Prevention and Control) varautuminen tauteihin muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa. Ehdotus European Environment and Epidemiology E³ verkostosta (Semenza & Menne 2009).

Proaktiivista toimintaa tarvitaan



- Kontaminanttien ja taudinaiheuttajien monitorointi ja valvonta
- Ihmisten ja eläinten tautiepidemioiden tutkinta ja vastatoimet
- Varhaisvaroitussysteemit ympäristön monitorointiin ja haittatekijöiden osoittamiseen. Tarvitaan multimenetelmiä, koska samassa ympäristössä voi samanaikaisesti esiintyä useita eri haittayhdisteitä
- Riskin arviointi ja ennustavat mallit
- Informointi, koulutus koko alkutuotannosta - kuluttajalle ketju
- Eri toimialojen tietojen yhdistäminen, monitieteinen toiminta
- Uusien menettelytapojen, toimintojen kehittäminen (sopeutumisen ja sopeuttamistoimet)
- Yhteiset lait ja säädökset (kansainvälisyys)
- Tutkimus (perus- ja soveltavaa tutkimusta ilmaston muutoksen vaikutuksista)



Elintarviketuotannon ilmastovaikutukset ja niiden hillintä

Eliclimate-seminaari 22.1.2010
Anna Vainikainen, ETL

Elintarviketeollisuusliitto



Aluksi

...Pieni katsaus elintarviketeollisuuteen

Elintarviketeollisuusliitto



Elintarviketeollisuus...

- Valmistaa laajaa kuluttajan tarpeet huomioivaa tuotevalikoimaa perustuotteista korkean jalostusasteen tuotteisiin
- Yritysten asiakkaana on vähittäiskauppa- ja HoReCa-sektori sekä muut elintarvikeyritykset
- Toimii paikallisesti ja kansainvälisesti

- Kattaa Suomen elintarvikemarkkinoista 81 %
- Käyttää 85-prosenttisesti kotimaisia raaka-aineita
- Huolehtii osaltaan Suomen elintarvikeomavaraisuudesta

Anna Vainikainen
22.1.2010
3

Elintarviketeollisuusliitto



Faktoja elintarviketeollisuudesta

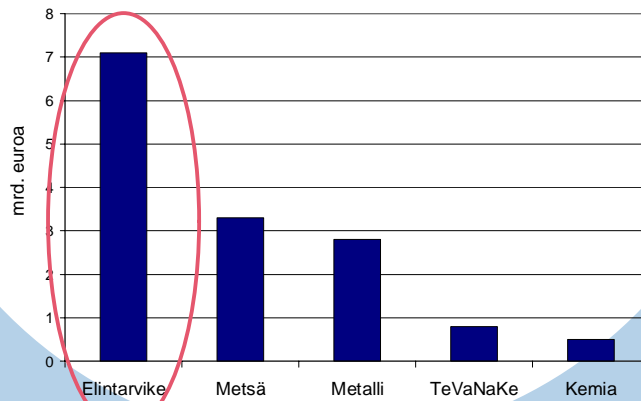
- Suurin teollisuudenala Euroopassa
 - Työllistää 4,3 miljoonaa henkeä yli 300 000 yrityksessä
- Ala Suomessa
 - Tuotannon liikevaihto 9,13 mrd. €
 - Neljänneksi suurin teollisuudenala, toimii noin 1 900 toimipaikassa
 - Työllistää 35 000 henkeä, teollisuudenaloista neljänneksi eniten
 - Koko elintarvikeketju työllistää Suomessa noin 300 000 henkilöä, eli 12 % työllisestä työvoimasta
- Suurimmat toimialat
 - Teurastus ja lihanjalostus; meijerituotteet ja jäätelö; juomien valmistus sekä leipomotuotteet

Anna Vainikainen
22.1.2010
4

Elintarviketeollisuusliitto



Suomen suurin kulutustavaroiden valmistaja



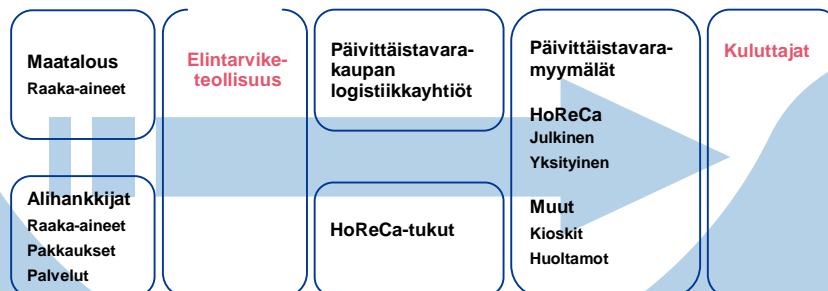
Lähteinä ovat eri toimialojen tilastot, joiden perusteella kulutustavaroiden myynti on arvioitu.

Anna Vainikainen
22.1.2010
5

Elintarviketeollisuusliitto



Elintarvikealan arvoketju



Anna Vainikainen
22.1.2010
6

Elintarviketeollisuusliitto



Elintarviketeollisuuden globaaleja trendejä

1. Kansainvälinen kilpailu lisääntyy edelleen
2. Kuluttajat vaativat tuoreita, terveellisiä, maukkaita, helppokäyttöisiä ja **ympäristöystävällisiä tuotteita**
3. Kaupan rooli arvoketjussa kasvaa, oma merkki -tuotteiden kehittäminen jatkuu
4. Tuotteilla alhaiset katteet – hintataso harmonisoituu globaalisti
5. Tuotteiden elinkaari lyhenee ja uutuustuotteiden määrä kasvaa
6. Paljon **epävarmuutta raaka-ainemarkkinoilla**, hintataso ei palaudu entiselleen
7. Kohonneet hinnat ja **ruokakriisit** korostavat **toimivan elintarvikeketjun ja huoltovarmuuden** merkitystä
8. Lisäksi **ilmasto-, ympäristö- ja energianäkökulmat** ovat tulleet jäädäkseen

Anna Vainikainen
22.1.2010
7

Elintarviketeollisuusliitto



Mistä on kyse?

...Elintarviketuotanto ja ilmastonmuutos

Elintarviketeollisuusliitto



Elintarviketuotannon ilmastokuormitus

- Elintarvikkeet, asuminen ja liikkuminen aiheuttavat 70-80 % kulutuksen ympäristövaikutuksista EU:ssa (EIPRO 2006)
 - Tästä elintarvikkeiden ja juomien osuus on noin 20-30 %
- **Kulutuksen ympäristövaikutusten hallinnan näkökulmasta merkittävä hyödykeryhmä**
- Elintarvikkeiden ilmastovaikutuksista useita tutkimuksia
 - Osuus kulutuksen ilmastokuormituksesta EU:ssa 29 %
 - Suomessa vastaava osuus hivenen alhaisempi
- Elintarvikeketjun ilmastokuormitus Suomessa
 - Maatalouden osuus 7 % koko kansantalouden kuormituksesta
 - Elintarviketeollisuuden osuus alle 1 % Suomen kokonaispäästöistä

Anna Vainikainen
22.1.2010
9

Elintarviketeollisuusliitto



Haasteita elintarviketeollisuudelle

- Ilmastonmuutoksen yhteys globaaleihin megatrendeihin
 - Väestönkasvu ja mahdolliset ruokakriisit
 - Veden ja muiden luonnonvarojen, energian sekä viljelymaan riittävyys
- Toimintaympäristöön kohdistuvat (sääolosuhteiden) muutokset
 - Mitä elintarvikkeita tulevaisuudessa tuotetaan?
 - Miten niitä tuotetaan?
 - Miten elintarvikkeiden tuotanto, jakelu ja kulutus jakautuvat maantieteellisesti?

Anna Vainikainen
22.1.2010
10

Elintarviketeollisuusliitto



Haasteita elintarviketeollisuudelle

- Maataloustuotannon kaksoisrooli
 - Ilmastonmuutoksen hillintä
 - Ruokaturvallisuuden varmistaminen
- Maatalouden tuotanto-olosuhteiden muutokset kytköksissä elintarviketeollisuuteen
 - Raaka-aineiden saatavuus: laatu, määrä ja kustannukset
- Lisäksi vaikutuksia mm. energiahuoltoon ja logistiikkaan
 - Tuotantolaitosten sekä muiden toimintojen energiahuolto ja kustannukset
 - Kuljetukset, varastointi, kylmäsäilytystarve, toimitusvarmuus

Anna Vainikainen
22.1.2010
11

Elintarviketeollisuusliitto



Ilmastonmuutokseen liittyvä sääntely ja aloitteet

- Kansainvälinen sääntely-ympäristö
 - EU:n energia- ja ilmastopaketti 2008
 - Energiapalveludirektiivi (2006/32/EY)
 - Päästökauppadirektiivi (2003/87/EY)
 - Kööpenhaminan julistus 12/2009
- Kansalliset toimenpiteet
 - Kansallinen ilmasto- ja energiastrategia 2008
 - Ilmasto- ja energiapoliittinen tulevaisuusselonteko 2009
 - Elintarviketuotantoa koskevat toimenpiteet
 - Valtioneuvoston periaatepäätös kestävästä julkisista hankinnoista 2008

Anna Vainikainen
22.1.2010
12

Elintarviketeollisuusliitto



Ilmastonmuutokseen liittyvä sääntely ja aloitteet

- Kestävän kulutuksen ja tuotannon (SCP) edistäminen
 - EU:n SCP-toimintaohjelma
 - Komission aloitteet
 - European Food SCP Round Table
 - Retail Forum
 - Eri maiden kansalliset ilmastomerkitöihin ja muihin toimenpiteisiin liittyvät selvitykset ja aloitteet



Anna Vainikainen
22.1.2010
13

Elintarviketeollisuusliitto



Ilmastokuormituksen vähentäminen

Elintarviketeollisuuden omia toimenpiteitä

- Kiinteistöjen, laitteiden ja prosessien energiatehokkuus ja hiilivapaat energianlähteet
 - Elintarvikealan energiatehokkuussopimus
- Tuote- ja pakkauskehitys
 - Tuotteiden koostumus ja ominaisuudet
 - Pakkaus hävikin ehkäisijä ja tiedon välittäjä
- Sivuvirtojen ja elintarvikejätteen energia- ja muu hyödyntäminen
- Kuljetusten optimointi
 - Hankintaketjujen pidentyminen ja monipuolistuminen



Anna Vainikainen
22.1.2010
14

Elintarviketeollisuusliitto



Ilmastokuormituksen vähentäminen

Yhteistyötä elintarvikeketjun muiden toimijoiden kanssa

- Alkutuotanto
 - Raaka-aineiden ilmastovaikutukset
- Kauppa
 - Hävikin hallinta
 - Kuljetus- ja pakkausyhteistyö
- Kuluttajat
 - Tietoa ostopäätösten tueksi
 - Tuotteiden asianmukainen säilytys, käsittely ja valmistaminen kotitalouksissa
- **Hävikin ehkäisy ja kylmäketjusta huolehtiminen** olennaisia näkökohtia läpi ketjun!



Anna Vainikainen
22.1.2010
15

Elintarviketeollisuusliitto



Mitä ETL tekee?

- ETL toimii koko teollisuudenalan toimintaedellytysten turvaamiseksi
 - Ilmastomuutoksen hillintä ja sen vaikutuksiin sopeutuminen näyttäytyy eri tavalla eri toimialoille
- Elintarvikeketjun vastuullisen toiminnan edistäminen osa ETL:n strategiaa ja tavoitteita
 - Omat aloitteet ja toimenpiteet
 - Vuoropuhelu ja yhteistyö elintarvikeketjun muiden toimijoiden ja muiden sidosryhmien kanssa

Anna Vainikainen
22.1.2010
16

Elintarviketeollisuusliitto



Ravitsemus ja ilmastonmuutos

- Lähtökohtana ravitsemussuositukset ja niiden mukainen ruokavalio
 - Elintarvikkeiden ilmasto-ominaisuuksien vertailu ensisijaisesti tuoteryhmien sisällä, ei välillä
 - Elintarvikkeiden keskinäiset määräsuhteet ruokavaliossa (mm. lounaslautasmalli-ajattelu)
- Kokonaiskuva mielessä tässäkin asiassa
 - Myös muut tuotanto- ja kulutustavat vaikuttavat, ei ainoastaan elintarvikkeisiin liittyvä ilmastokuormitus
 - Elintarviketuotantoon liittyy ilmastonmuutoksen ohella myös muita ympäristövastuun näkökohtia

Anna Vainikainen
22.1.2010
17

Elintarviketeollisuusliitto



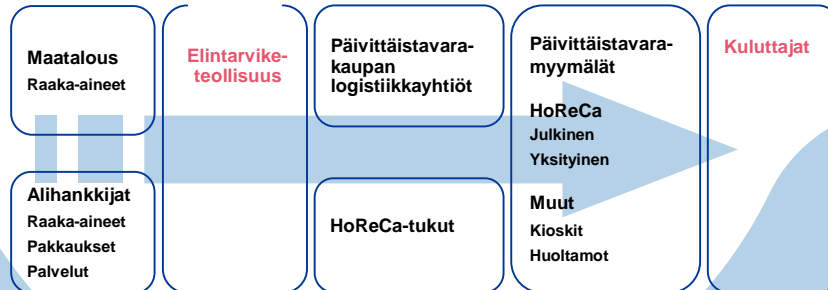
Lopuksi

...Näytön paikka koko elintarvikeketjulle

Elintarviketeollisuusliitto



Elintarvikeketjun yhteinen haaste



Ilmastonmuutokseen liittyvä uhat ja mahdollisuudet
Elintarvikeketjun vahvuudet ja heikkoudet
Muutosten ilmeneminen ja vuorovaikutus
Ratkaisukeinot ja toimintamallit

Anna Vainikainen
22.1.2010
19

Elintarviketeollisuusliitto



Elintarvikeketjun yhteinen haaste

- Ilmastonmuutoksen hillintä elintarvikeketjun yhteinen ja tärkeä asia
 - Tuotteiden ilmastovaikutusten tarkastelu niiden koko elinkaaren osalta
 - Keskittyminen kuormituksen vähentämisen kannalta olennaisiin näkökohtiin
 - Tilaa myös uusille ratkaisuille ja toimintamalleille
- Elintarviketuotannon hiilijalanjäljen pienentäminen yksi keskeinen ketjun toimijoiden yhteistyön muoto tulevaisuudessa

Anna Vainikainen
22.1.2010
20

Elintarviketeollisuusliitto



Kiitos mielenkiinnostanne!

Lisätietoja:

Anna Vainikainen

050 583 4078

anna.vainikainen@etl.fi

Elintarviketeollisuusliitto



Eliclimate-hankkeen haastattelututkimus – Ilmastonmuutoksen uhat haastattelujen perusteella

Elintarviketurvallisuus muuttuvassa ilmastossa
Ilmatieteen laitos, 22.1.2010
Jaana Keränen, VTT

Haastattelututkimuksen toteuttaminen

- Haastattelujen tavoitteena oli mm. selvittää, millaisia uhkia ja mahdollisuuksia ilmastonmuutoksesta saattaa seurata sekä millaisia sopeuttamistoimia on jo otettu tai suunnitellaan otettavaksi käyttöön
- Haastatteluihin osallistui 17 henkilöä
 - 7 yliopiston, tutkimuslaitoksen tai tutkimuspalveluita tarjoavan yhteisön edustajaa
 - 5 valvontaviranomaisen edustajaa
 - 4 teollisuuden edustajaa
 - 1 etujärjestön edustaja
- Haastateltaville lähetettiin etukäteen haastattelumateriaali (IL:n laatimat ilmastonmuutosskenaariot ja haastattelukysymykset)
- Haastattelut toteutettiin puhelimitse

Kalatalouteen liittyvät uhat

- Veden lämpötilan nousu vähentää veden happipitoisuutta
 - tuotantomuotojen uudistukset vaativat lisäinvestointeja ja uusien tuotantotekniikoiden osaamisen hallintaa
- Veden lämpötilan nousu lisää kalan kasvua
 - kalojen määrän osuus kasvatustilassa suurenee, kalojen stressi lisääntyy, tautien ja loiseläinten leviäminen helpottuu
- Veden lämpötilan nousu voi tuoda mukanaan uusia kalatauteja
 - torjunta- ja varautumiskeinojen riittävyys, lääkaineiden käytön lisääntyminen

Porotalouteen liittyvät uhat

- Lumiraja siirtyy pohjoisemmaksi, joten paine siirtää poronhoitoalueita pohjoisemmaksi kasvaa
 - eteläisemmillä poronhoitoalueilla tarvetta ammatinvaihtoon
 - pohjoisen herkän luontoalueen kestävyys koetuksella
 - porotalouden siirtyminen tarhaukseen, tautiriskin kasvaminen, aluepoliittiset kiistat
- Leudommat talvet voivat vaikeuttaa poron luontaista ravinnon saantia
 - lumipeitteen muuttuminen jäätäväksi lämpötilan vaihdellessa
 - lisäruokinnan taloudelliset vaikutukset
- Uusien tuhoeläinten leviäminen Lappiin
 - mm. mikrofilariatartunnat, hirvikärpänen

Maito- ja lihatalouteen liittyvät uhat

- Uusien vektorivälitteisten tautien tulo Suomeen
 - esimerkkinä mainittiin märehitijöillä esiintyvä sinikielitauti
 - varautuminen eläintautien diagnostiikan tarpeen lisääntymiseen
- Suuremmat tuotantoyksiköt lisäävät eläintilojen tautipainetta
 - lisääntyneet kuljetukset tiloille/tiloilta
 - rokotustarpeen kasvu
 - osaamisen turvaaminen tuotantotiloilla
- Leudommat ja märemmät talvet heikentävät rehukasvien viljelyvarmuutta sekä rehun saatavuutta ja laatua
 - rehun varastoinnin ongelmat
 - lisääntynyt torjunta-aineiden käyttö rehun kasvatuksessa
 - heikompilaatuisen ravinnon vaikutukset raakamaidon laatuun

Maanviljelyn uhat 1/2

- Maaperän säilyttäminen elinvoimaisena
 - maaperää heikentää mm. yksipuolinen viljelytapa ja raskaat työkoneet
 - lauhdat talvet ja sade lisäävät maaperän eroosiota
- Uusien vieraslajien leviäminen Suomeen
 - valmiussuunnitelmien laatiminen kasvintuhoojien varalle, varoitus- ja hälytysjärjestelmien kehittäminen ja käyttöön otto
- Nykyisten tuhoeläinkantojen leviäminen
 - torjuntaan kuluu enemmän aikaa ja rahaa

Maanviljelyn uhat 2/2

- Veden vuotuinen jakaantuminen voi tuottaa ongelmia
 - pitkät kuivat jaksot kasvukauden aikana ongelmallisia
 - runsaat syysateet haittaavat syyskylvöisten kasvien kasvua, heikentävät maaperää ja aiheuttavat ravinteiden huuhtoutumista
 - tulvat voivat uhata pohjaveden laatua
- Nykyisten viljelykasvien kasvuolosuhteiden heikentyminen ilmaston muuttuessa
 - lauhdat talvet ja märkä maaperä
 - jalostustarpeen lisääntyminen
- Alkutuotannon välilliset vaikutukset elintarvikkeiden laatuun
 - bakteerien ja homeitiöiden määrän kasvu kosteuden lisääntyessä

Muita esille nousseita teemoja 1/2

- Energian tarve ja käyttö
 - raakaöljyn hinnan nousu vs. vaihtoehtoiset energialähteet
 - fossiilisten polttoaineiden mahdolliset käytön rajoitukset
 - elintarvikeraaka-aineiden uudet käyttömuodot
- Veden tarve ja käyttö
 - veden saatavuus ongelma lähinnä muualla kuin Suomessa
 - Vuotuinen jakaantuminen voi aiheuttaa ongelmia
 - viljelykasvien tai maatalouden tuotantotapojen rajoitukset

Muita esille nousseita teemoja 2/2

- Elintarvikeketjun epävarmuus
 - alkutuotannon houkuttelevuus työpaikkana tulevaisuudessa
 - tuotantopanosten hinnan nousu
 - sääolojen epävakaisuus ja maailmanmarkkinat
 - raaka-aineiden kuljetusten ja varastoinnin ongelmat, mm. kosteusongelmat
- Ympäristövaikutukset (hiili- ja vesijalanjälki)
 - kuluttajien ympäristötietoisuus kasvaa
 - lihatuotteet vs. kasvistuotteet
 - elintarvikealalle kohdistuu ulkoisia paineita tunnistaa tuotantovaiheiden ja –prosessien ympäristövaikutuksia ja hillitä ilmastonmuutosta



VTT luo teknologiasta liiketoimintaa

