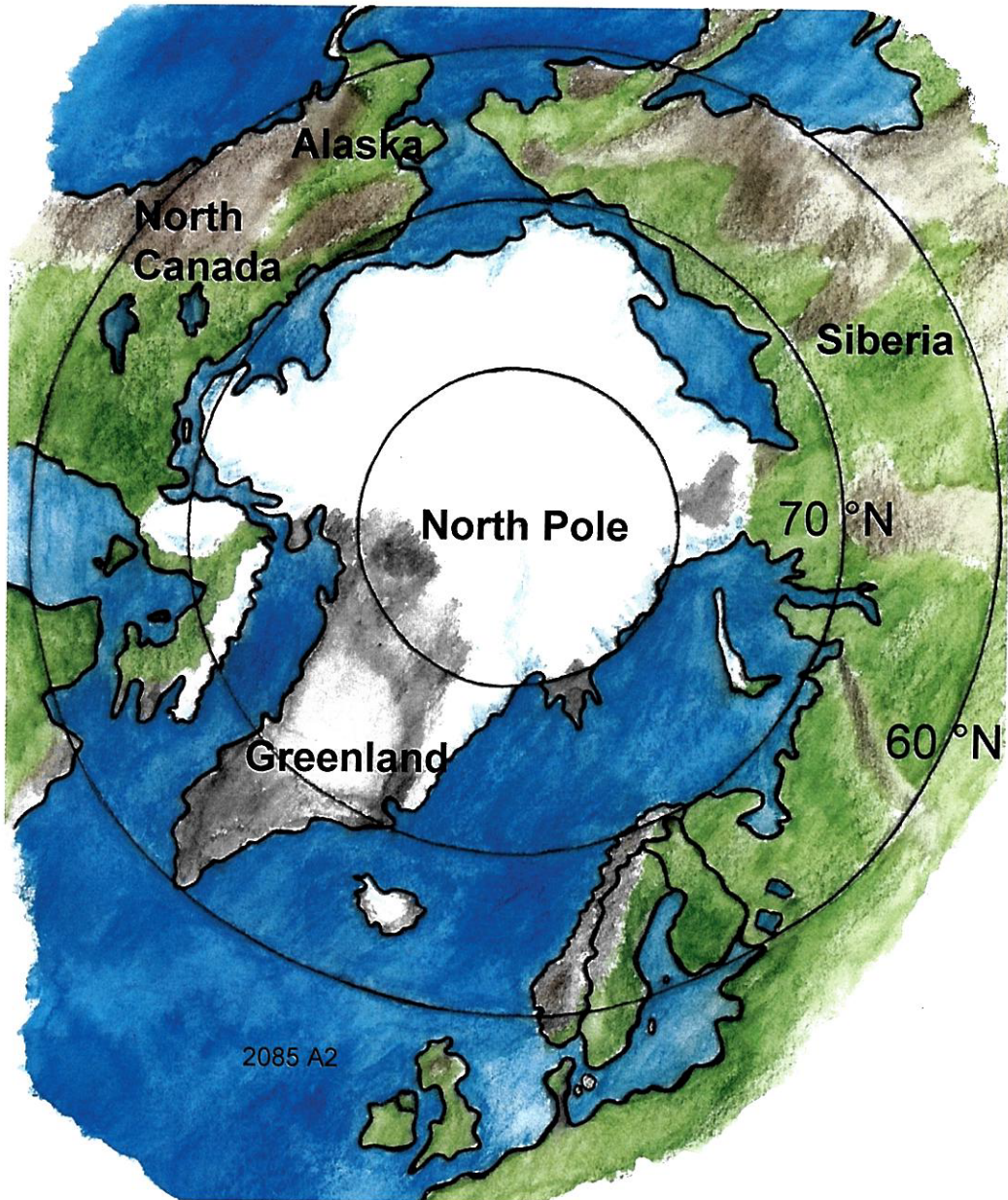


Ilmastonmuutokseen sopeutuminen maa- ja elintarviketaloudessa

ILMASOPU

2006-2009



Loppuraportti

Ilmastonmuutokseen sopeutuminen maa- ja elintarviketaloudessa (ILMASOPU)

Pirjo Peltonen-Sainio, professori ja hankkeen vastuullinen johtaja, MTT Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen yhteistyössä ILMASOPU-tutkimusryhmän kanssa

1 Tutkimuksen tavoitteet

Kasvihuoneilmion voimistuminen muuttaa Euroopan ilmasto-oloja. Monet ennustetuista muutoksista hyödyttävät maataloustuotantoamme, mutta muutosten nopeus, ennustetut suuret säävaihtelut ja ilmiöön liittyvät kielteiset tekijät nostavat lukuisia, epävarmuutta aiheuttavia kysymyksiä. Sopeutuminen ei voi olla vain spontaania. Varautuminen potentiaalsiin uhkiin ja lunastettavissa oleviin mahdollisuuksiin edellyttää moniulotteisia ja mahdollisimman todenmukaisia arvioita ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Hankkeen alkuperäisenä tavoitteena oli:

- Tuottaa kokonaisvaltaiset, biologisilta perusteiltaan luotettavat sekä maailman talous- ja markkinatilanteet huomioivat ennusteet pelto- ja puutarhakasvien tulevaisuudesta (ml. ympäristövaikutukset) ja tuotannon alueellisuudesta eri ilmastonmuutosskenaarioissa
- Saattaa tuotettu perustieto ja ennusteet tehokkaita kanavia hyödyntäen niin päätöksenteon kuin elinkeinoelämän ennakoivaan käyttöön ilmastonmuutoksen suomien mahdollisuuksien täysmittaiseksi hyödyntämiseksi ja muutokseen liittyvien riskien torjumiseksi.

Hankkeella oli tarkennetut, työpakettikohtaiset osatavoitteet, joiden toteutumisen myötä kyseisiin päätavoitteisiin vastattiin. Hankkeessa oli kuusi työpakettia: 1. Koordinaatio, 2. Ilmastoskenaariot, 3. Alkutuotanto, 4. Ympäristöpäästöt, 5. Talous ja markkinat sekä 6. Sopeutumis- ja hillintätoimet.

2 Tutkimusosapuolet ja yhteistyö

MTT Kasvintuotannon tutkimuksen, Palveluyksikön ja Taloustutkimuksen avaintutkijat:

- Pirjo Peltonen-Sainio (hankkeen vastuullinen johtaja), Kaija Hakala, Lauri Jauhiainen (**WP 3.1 Peltokasvit**); Timo Kaukoranta, Risto Tahvonen (**WP3.2 Puutarhatalous**); Asko Hannukkala, Erja Huusela-Veistola, Terho Hyvönen, Heikki Jalli, Marja Jalli, Sirpa Kurppa, Peppi Laine, Pauliina Laitinen, Pirkko Laitinen, Satu Latvala-Kilby, Anne Lemmetty, Irmeli Markkula, Anne Nissinen, Hannu Ojanen, Päivi Parikka, Jukka Salonen, Kari Tiilikkala, Irene Vänninen (**WP3.3 Kasvinsuojelu**); Kristiina Regina, Tapio Salo, Martti Esala (**WP4 Ympäristöpäästöt**) ja Heikki Lehtonen (**WP5 Talous ja markkinat**)
- Sopeutumistarpeiden arviointi ja priorisointi, satopotentiaali- ja viljelylaajuusennusteet, kasvinsuojeluriskit, ympäristövaikutukset

Ilmatieteen laitos (WP2 Ilmastoskenaariot):

- Kirsti Jylhä, Mikko Laapas, Kimmo Ruosteenoja, Heikki Tuomenvirta ja Ari Venäläinen
- Sääaineistot kasvintuotannon pitkäaikaisaineistojen yhteyteen, räätälöidyt ennusteet A2- ja B1-skenaarioissa aikajännteillä: 1971–2000 (nykytila), 2010–39, 2040–69 ja 2070–99

SYKE (WP4 Ympäristöpäästöt):

- Ilona Bärlund, Kirsti Granlund, Markku Puustinen ja Katri Siimes
- Huuhtoutumariskit (typpi, fosfori, torjunta-aineet, yhteistyössä MTT:n kanssa)

Boreal Kasvinjalostus Oy (WP 3.1):

- Eero Nissilä
- Sopeuttamistarpeiden käytäntöön vienti jalostusohjelmiin

Helsingin yliopisto (WP 3.3)

- Sini Ooperi
- Climex-mallinnus osana kasvintuhoojaennusteita

Ohjausryhmä:

- Birgitta Vainio-Mattila (MMM) (PJ), Laura Alakukku (Helsingin yliopisto), Aulis Ansa-lehto (ProAgria), Ilmo Aronen (Raisio Oyj), Juha Honkatukia (VATT), Heikki Järvinen (Ilmatieteen laitos), Hannu Salo (Hedelmä- ja marjanviljelijäliitto), Elina Vapaavuori (METLA) sekä Mari Walls (MTT).

3 Tutkimuksen tulokset

3.1 Tutkimusmenetelmät ja aineisto

Peltoviljelykasvien tulevaisuusennusteet ja sopeuttamistarpeet: Tutkimuksessa hyödynnettiin MTT:n pitkäaikaisaineistoja, erityisesti virallisten lajikekokeiden tuloksia usealta vuosikymmeneltä sekä tarjolla ollutta kirjallisuutta ja muita tietokantoja (esim. FAO ja lähialueiden kansalliset satotilastot). Ennusteet tehtiin kahdessa eri päästöskenaariossa (IPCC SRES: A2 ei hillintätoimia, B1 kaikki hillintätoimet käyttöön) ja kolmessa tulevaisuuden ajankohdassa: 2025, 2055 ja 2085 (± 15 vuotta), jolloin muutoksia peilattiin lähimenneisyyteen (1971–2000). Tutkimme millä aikajänteellä nykyisten viljelykasvien viljelyalueet voivat laajentua, miten aivan uudet tai meillä vielä vähän viljeltyt, mutta lähialueillamme tärkeät kasvit voivat yleistyä. Lisäksi arvioitiin eri viljelykasvien satopotentialissa tapahtuvia muutoksia ottamalla huomioon kasvukauden piteneminen sekä ennakoimalla kasvien satoisuusjalostuksen mahdollisuuksia. Eri viljelykasvien alueellisen viljeltävyyden arvioinnissa kiinnitettiin huomioita siihen, mikä osa termisestä kasvukaudesta voidaan hyödyntää viljelyssä (lähtien kylvöistä ja päättyen korjuuseen), minkä suuruinen termisen talven kestossa tapahtuva muutos tulee todennäköisesti olemaan ja kuinka tämä edesauttaa syysmuotoisten viljelykasvien käyttöönottoa. Lisäksi tutkimme sato- ja laatuvaihtelua eri kasvilajeilla sekä ilmenneen vaihtelun yleisimpiä ilmastollisia syitä. Lopuksi kartoitimme ja priorisoimme merkittävimmät sopeuttamis-toimet, joita tarvitaan peltoviljelyn kohtaamien, ilmastomuutoksen mukanaan tuomien haasteiden voittamiseksi. Tämä työ perustui tutkimuksiin viljelykasvien vasteista kasvuoloissa tapahtuviin muutoksiin. Tutkimus keskittyi siemensatokasveihin. Hankkeessa tehdyn perustyön lisäksi tutkimuksia laajennettiin Euroopan mittakaavaan yhteistyöllä COST734 (CLIVAGRI) -verkostossa.

Puutarhaviljelyn tulevaisuusennusteet: Tutkimuksessa hyödynnettiin erityisesti omenan viljelykokeiden pitkäaikaisaineistoja satojen valmistumisesta ja talvehtimisesta, jolloin voitiin tehdä arviot tuotannon kehittymisestä eri alueilla Suomessa ilmaston muutokseen peilaten. Omenanviljelyn kehitystä käytettiin mittarina, kun arvioitiin erillisessä raportissa yleisellä tasolla muiden hedelmä- ja marjakasvien tuotantoedellytysten muutoksia Suomessa. Hedelmä- ja marjakasvien lisäksi arvioitiin meneillään olevien muiden tutkimusten pohjalta kasvihuoneviljelyn, avomaavihannesten ja taimistokasvien tuotantopotentiaaleja, kun ilmasto lämpenee erityisesti talvella ja hallariskit kasvavat keväällä. Näitä muutoksia peilattiin arvioihin tuotantomuutoksista erityisesti Etelä-Euroopan viljelymahdollisuuksien valossa, kun tulevaisuuden markkinatilanne muuttuu merkittävästi.

Kasvinsuojelun riskit tulevaisuuden oloissa: Kasvinsuojeluriskien muutoksen arviointi perustui: a) jo tapahtunutta muutosta osoittavaan, käytössä olevaan tietoon (aineistot ja julkaisut), b) tutkakuvien ja tarkkailujärjestelmien tuottamaan tietoon sekä c) Climex- mallinnuksella tuotettuun tietoon. Tapahtunutta muutosta osoittavat tiedot kerättiin NFJ:n tutkijayhteistyönä Nordic-Baltic alueen maista. Tutka/seurantatiedot saatiin Tekesin rahoittamasta POMO-hankkeesta sekä MTT:n tietokannoista. Tulokaslajien vahingollisuutta osoittavat arvioinnit perustuvat useiden

MTT:n johtamien tutkimushankkeiden tuottamaan tiedon analysointiin asiantuntijatyönä sekä IPCC:n standardoimien PRA-periaatteiden käyttöön (ISPM No. 11, EPPO check list).

Torjunta-aineiden käytön muutosta kuvaavat tiedot ja riskinarvioinnit perustuivat: a) valtakunnallisiin käyttötilastoihin, b) MTT:n kasvintuotantotutkimuksiin, c) perunaruttotutkimuksiin, d) torjunta-aineiden vaikutustutkimuksiin, e) Pirkko Laitisen väitöstyöhön sekä f) SYKE:n tuottamaan mittausdataan ja malleihin. Kasvinsuojeluriskien muutos esitetään kolmella epävarmuustasolla: a) riskit, joiden arvio perustuu tutkittuun tietoon, tiedon epävarmuus ei ole näennäisesti vaikuta tulokseen, b) arvio perustuu malleihin ja vertailevaan tutkimukseen, joissa on useita epävarmuuksia, c) arvio perustuu asiantuntijoiden kokemustietoon, kirjallisuustietoon ja MTT:n työryhmän analyysiin. Epävarmuus on erittäin suuri, sillä johtopäätösten perustana ei ole tieteellistä dataa eikä näyttöä.

Ympäristöpäästöt, ravinteiden ja torjunta-aineiden huuhtoutumien skenaariot: Ravinteiden ja torjunta-aineiden huuhtoutumien arviointi perustuu mallitarkasteluihin. Käytetyistä malleista INCA-N, COUP ja ICECREAM simuloivat ravinnehuuhtoutumia ja ICECREAM torjunta-aineiden huuhtoutumia erilaisilla ilmastoskenaarioilla. Vesistöaluemalli (VEMALA) simuloi hydrologian ja ravinnekuormituksen vuosivaihtelua jokivesistöalueilla ja VIHMA maatalouden ympäristötoimenpiteiden laaja-alaisia vaikutuksia muuttuvissa ilmasto-oloissa.

INCA-N tyypimallia sovellettiin Savijoen (60°36'N, 22°40'E) maatalousvaltaisella tutkimusvaluma-alueella Lounais-Suomessa. Tavoitteena oli selvittää 1) miten ilmastonmuutos vaikuttaa typen huuhtoutumaan viljelytoimenpiteiden jatkuessa muuttumattomina ja 2) missä määrin peltoaan viherkesannointi vaikuttaa valuma-alueen typen huuhtoutumaan nykyilmastossa sekä muuttuneissa ilmasto-oloissa neljän erilaisen ilmastoskenaarion perusteella. Nykytilan simulointijakso oli 1981–2004. Ilmastoskenaariot (IPCC SRES A2 ja B2) edustavat jaksoa 2071–2100 ja niiden mukaan vuoden keskilämpötila nousisi 2,8–4,7 °C ja sadanta kasvaisi 10,1–23,6 %. Sään ääri-ilmiöiden mahdollista yleistymistä ei huomioitu. Malli kalibroitiin käyttäen hyväksi Savijoen mitattua virtaamaa ja typpikonsentraatioita jaksolla 2004–2007. Simuloitaessa viherkesannon kykyä vähentää typpikuormitusta tulevassa ilmastossa otettiin huomioon kasvukauden pidentyminen (20 vrk) sekä satotason kasvaminen. INCA-N mallinnustyö sisältyi osittain myös EURO-Limpacs EU-projektiin.

COUP-malli kalibroitiin Jokioisten Kotkanojan huuhtoutumiskentän mittauksiin valunnan ja typen huuhtoutumisen osalta. Vuosille 1994–2007 tehdyn kalibroinnin jälkeen COUP-mallilla simuloitiin vastaavat valunta- ja typen huuhtoutumistiedot vuosien 2025 ja 2085 mukaisilla A2-skenaariolla. Viljelykasvin kasvuaika ja typpitarve pidettiin ensiksi samana kuin 1994–2007 kaudella ja sen jälkeen simuloinnit toistettiin kevätiljalla, jonka kasvukausi oli noin 20 vrk pidempi ja typpentarve 25 % korkeampi kuin nykyisin. Tuloksista tarkasteltiin valunnan ja typen huuhtoutumisen lisäksi kasvuston typenottoa, typen denitrifikaatiota ja maan hiilipitoisuutta.

Torjunta-aineiden mallinnukseen perustuvassa työssä pyrittiin selvittämään fosforin ja kasvinsuojeluaineiden huuhtoutumisen muutoksia ilmaston muuttuessa. Huuhtoutumisen arviointiin käytettiin ICECREAM-mallia, joka oli parametrisoitu Pohjanmaalla sijaitsevalle Toholammin huuhtoutumiskentälle (63°49'N, 24°09'E). Simuloineilla pyrittiin selvittämään vastaavan melko tasaisen hietamaan huuhtoutumia ohran, perunan, syysrukiin ja syysvehnän viljelyssä. Torjunta-aineiden käytön muutosta kuvaavat tiedot ja riskinarvioinnit perustuvat valtakunnallisiin tilastoihin, MTT:n tutkimuksiin sekä SYKE:n tuottamaan mittausdataan pintavesien jäämistä.

VIHMA-mallilla (Viljelyalueiden valumavesien hallintamalli) simuloitiin nykyisten ja teoreettisten toimenpiteiden vaikutuksia kiintoaine- ja ravinnekuormitukseen. Malli sisältää pellon ominaisuuksiin (maalaji, kaltevuus, P-luku) ja pellon käyttöön (viljelykasvi/muokkauskäytäntö) perustuvan luokittelujärjestelmän sekä peltoluokkien ominaiskuormitusaineiston. Mallia sovel-

lettiin Savijoella, Aurajoella, Kalajoella ja koko viljellyllä peltoalalla. Kullekin tarkastelualueelle laskettiin kiintoaine ja ravinnekuormitus tilanteessa, jossa ei ole toteutettu ympäristötoimenpiteitä sekä nykyisten ja teoreettisten toimenpiteiden vaikutuksia muuttumattomissa ja muuttuneissa sääoloissa. Lähtötilanteen ja erilaisten lopputilanteiden erotus kuvaa kuormituksen muutosta. Malli osoittaa ilmaston muuttuessa kuormittavampaan suuntaan ympäristötoimenpiteiden lisäystarpeen, kun absoluuttista lähtötilanteen kuormitustasoa halutaan pienentää määräosuudella. Syöttötietoina käytettiin kohdealueilla jo toteutettuja toimenpiteitä (mm. MYTVAS-raportti) ja koko maatalouden osalta MMM:n tilastoja suojavyöhykkeistä ja peltojen kasvipeitteisyydestä.

Maaperän hiilivarastot ja kasvihuonekaasupäästöt: Hankkeessa arvioitiin valittujen kasvihuonekaasupäästöjen hillintätoimien vaikutuksia maataloudessa vuoteen 2020 mennessä. Tarkastelussa verrattiin kahta kehitysuraa Suomen maatalouden päästöille: perusskenaario ilman ilmastonmuutoksen hillintään tähtääviä toimia (Skenaario 1) ja politiikkaskenaario (Skenaario 2). Skenaarioon 2 valitut politiikkatoimet olivat 1) peltopinta-alan säilyttäminen nykytasolla, 2) eloperäisten maiden osuuden pienentäminen, 3) nurmen viljelyn lisääminen eloperäisillä mailla ja 4) biokaasutuotannon lisääminen maataloilla.

Talous ja markkinat: Viimeisimmän kirjallisuuden pohjalta muodostettiin näkemys maatalousmarkkinoiden muutosmekanismeista ilmastonmuutoksessa. Keskeisiä tekijöitä ovat lihan ja rehuviljan kysyntä, hintojen kytkeytyminen energian hintaan ja kansainvälisiin suhdanteisiin sekä suhde lihan ja maitotuotteiden hintoihin. Kotieläintuotteissa globaali- ja EU:n sisäinen kilpailu kiristyy kansainvälisen kaupan laajentuessa ja mm. EU:n maitokiintiöistä luovuttaessa. Tutkimusmenetelmänä käytettiin MTT:n Dremfia-sektorimallia, jossa on 18 tuotantoaluetta ja tarkka maatalouspolitiikan kuvaus, ja jossa muutostekijät voidaan ottaa huomioon. Malli sisältää pääasialliset maataloustuotteet ja niiden kysynnän. Malliin lisättiin eri kasvien hehtaarikohtaista tuottovaihtelua kuvaavat termit, jotta markkinahintojen ja satovaihtelun aiheuttama tuottovaihtelu voidaan sisällyttää tarkasteluun. Mallin aikajännettä venytettiin vuodesta 2020, johon asti lasketaan vuotuiset tuotannon, kysynnän, ulkomaankaupan ja panoskäytön kehitysurat, vuosiin 2030, 2040 ja 2050 pitkän aikavälin tasapainotiloina. Perusura maataloussektorin kehitykselle laskettiin vuoteen 2050 asti nojautuen OECD:n julkaisemiin globaaleihin hintaennusteisiin 2009–2018. OECD:n julkaisemat reaalihintojen muutokset vuoteen 2018 asti pidettiin perusurassa muuttumattomina. Tässä tutkimuksessa vaihtoehtourat maatalouden kehityksestä sisältävät erilaisia globaaleja hintasuhdeskenaarioita ja tuottavuusskenaarioita satotasolle Suomessa. Muiden osioiden pohjalta muodostettiin kuusi tuottavuusskenaariota ja kirjallisuuden perusteella kuusi pitkän ajan markkinaskenaariota. Tuottavuusskenaarioiden pohjana olivat ILMASOPU-hankkeen arviot satopotentiaaleista, satoriskeistä äärevöityvissä sääoloissa, nykylajikkeiden rajoitteista, uusien lajikkeiden mahdollisuuksista sekä vaikeutuvasta tuholaiistorjunnasta. Maatalouden kehitysura laskettiin 36 eri skenaariossa.

Sopeutumis- ja hillintätoimet: Eri työpakettien tulosten ja niissä yksilöityjen sopeuttamistarpeiden perusteella tehtiin synteesi, jossa integroitiin eri työpakettien avaintulokset tavoitteena löytää suomalaisen maatalouden ilmastonmuutokseen sopeutumisen avainstrategiat. Hankkeessa tuotettu tieto ja ennusteet on saatettu lukuisien seminaariesitysten, lehtihaastatteluiden, lehtikirjoitusten sekä tieteellisten julkaisuiden ja konferenssi esiintymisten myötä niin päätöksenteon, elinkeinoelämän kuin tutkimuksenkin laajamittaiseen ja ennakoivaan käyttöön ilmastonmuutoksen suomien mahdollisuuksien hyödyntämiseksi ja muutokseen liittyvien riskien torjumiseksi. Hankkeen tulosten vieminen käytäntöön jatkuu aktiivisena hankkeen päätyttyä ja loppuseminaari on osana Suomen Maataloustieteellisen Seuran järjestämiä Maataloustieteen päiviä 12.–13.1.2010.

3.2 Tutkimustulokset

Peltoviljelykasvien tulevaisuussennusteet ja sopeuttamistarpeet:

Ilmaston lämpenemisen myötä nykyisiä päätuotantokasveja on mahdollista viljellä yhä pohjoisempana ja myös niiden pohjoisen viljelyn satopotentiaalit kasvavat merkittävästi. Parin vuosikymmenen kuluttua esimerkiksi nykyisiä Etelä-Suomelle tyypillisiä ohrasatoja voidaan tuottaa Oulua myöten. Lisäksi vielä nykyään vähän viljeltyjen kasvilajien, erityisesti rapsin, herneen ja härkäpavun tuotanto voi muuttua Suomessa laajamittaiseksi. Kasvilajien menestymisedellytysten paranemisen lisäksi niiden laajempaa viljelyä tukee lisääntyvä sadontuottokyky, hyödyllisyys viljelykierroissa sekä erityisesti palkoviljojen typpiomavaraisuus. Näillä tuotantokasveilla tulee olemaan merkittävä rooli kotimaisen rehuvalkuaisen omavaraisuuden parantamisessa. Joidenkin tuotantokasvilajien viljelyn laajentaminen edellyttää kuitenkin myös teollisuuden valmiutta käyttää niitä prosesseissaan ja jalosteissaan. Käynnissä olevat tai helposti aktivoitavat jalostusohjelmat luovat osaltaan edellytyksiä uusien tai nykyään harvinaisten kasvilajien viljelylle.

Lähi vuosikymmenien aikana talvien leudontuessa, nykyisin vähän viljellyistä tuotantokasveista syysvehnä ja ruisvehnä yleistyvät todennäköisesti ensimmäisinä. Niiden kilpailuetu paranee merkittävästi johtuen hyvästä sadontuottokyvystä. Viljelykasvien syysmuodot ovat tulevaisuudessa tärkeitä myös talviaikaisen kasvipeitteisyyden takia, sillä tulevaisuudessa eroosio- ja huuhtoutuma-riskit kasvavat syys- ja talvisateiden yleistyessä ja talvien leudontuessa. Kun Suomen kylmät talvet leudontuvat pysyvästi ja alkavat muistuttaa Etelä-Ruotsin, Tanskan ja Skotlannin nykytalvia – noin kuluvaan vuosisadan jälkipuoliskolla – näillä alueilla laajasti viljeltyt syysrapsi, -ohra ja -kaura todennäköisesti yleistyvät myös Suomessa. Kuluvalla vuosikymmenellä syysmuodot ovat edellä mainituilla alueilla tuottaneet tyypillisesti 1000 kg hehtaarilta enemmän satoa kuin vastaavat kevätmuodot. Myös muiden nykyviljelyssämme alihyödynnettyjen lajien, kuten tattarin, pellavan, hampun, auringonkukan ja lupiinin viljelyedellytykset paranevat. Uusista lajeista rehumaisin viljely onnistunee tulevaisuudessa laajoilla alueilla Etelä-Suomea, vaikkakin kohtuullisin riskein vasta vuosisadan loppupuolella. Jyvämaissin viljely ei ilmeisesti onnistu vielä silloinkaan.

Tulevaisuudessa peltoviljelykasvien satopotentiaali kasvaa merkittävästi. On kuitenkin huomattava, että peltoviljelykasviemme tuotantokyvyn merkittävä parantuminen edellyttää ilmastonmuutoksen vahvistamien, tuotantoa rajoittavien haasteiden ratkaisemista sekä näihin tähtäävien ennakoivien sopeutumisstrategioiden suunnittelua ja toimeenpanoa. Arvioidemme perusteella spontaanisti sopeuduttaessa maataloustuotantomme ei tule hyötymään ilmastonmuutoksesta, vaan satotasojen voi ennakoida säilyvän korkeintaan nykyisellään, kun taas tietoisesti sopeutuen viljelykasviemme tuotantokyky voi nousta merkittävästikin ja maataloutemme hyötyä ilmaston lämpenemisestä.

Tekemämme viljelykasvien tulevaisuuden menestymisedellytysten arvioinnin perusteella peltojemme viljelykasvilajisto voi tulevaisuudessa olla merkittävästi nykyistä monimuotoisempi. Monien tuotantokasvien viljelyn laajentamismahdollisuus, satoisuuden oletettu merkittäväkin lisääntyminen ja/tai sopeuttamistoimissa onnistuminen eivät kuitenkaan yksinään ratkaise sitä, miltä peltoviljelymme tulee tällä vuosisadalla näyttämään. Maataloustuotteiden markkinoilla, hinnoilla ja maataloutta koskevilla poliittisilla päätöksillä on myös jatkossa erittäin suuri vaikutus viljelijän tekemiin valintoihin samoin kuin nykyyn investoida sopeutumistoimiin.

Seuraava taulukko kokoa tärkeimmät peltoviljelyn ilmastonmuutokseen sopeuttamistarpeet:

Rajoittava tekijä	Peltokasvilajit	Sopeuttamistoimi
Lämpötilan nousu, pitkä päivä ja kiihtynyt kehitysrytmi	Siemensatokasvit	Kasvinjalostus
Veden saatavuus	Kevätkylvöiset kasvit	Pellon vesitalouden hallintajärjestelmät, kasvinjalostus, syysmuotoiset lajit
Talvenkestävyys	Talvehtivat kasvit	Kasvinjalostus, heikon kestävyuden (ulko- maisten) lajikkeiden välttäminen
Kasvintuhoojariskit (katso tarkemmin alla)	Kaikki lajit	Terveet lisäysmateriaalit, kestävyysjalostus, torjuntamenetelmät, hälytysjärjestelmät
Ääri-ilmiöt	Kaikki lajit	Hälytysjärjestelmät, viljelyvarmat lajikkeet, monimuotoisuus ja puskurointikyky
Ravinteiden saanti	Kaikki lajit	Lannoitusmenetelmät, viljelykierto, palkokasvien yleistäminen, jalostus

Puutarhaviljelyn tulevaisuussuhteet:

Puutarhakasveista omenan tuotanto tulee hyötymään merkittävästi ilmaston muutoksesta. 1970-luvulle asti omenan ammattimainen viljely oli mahdollista vain edullisimmilla I-viljelyvyöhykkeen pelloilla. Tällöinkin esiintyi vuosia, jolloin lämpösusma ei riittänyt kypsyttämään talvilajikkeita. 2000-luvun alkuun mennessä tehoisa lämpösusma ja leudot talvet ovat mahdollistaneet tuotannon aloittamisen Kaakkois-Suomessa, Etelä-Savossa ja osissa Satakuntaa. 2040-luvulle tultaessa ovat edullisia alueita käytännössä kaikki I- ja II-vyöhykkeiden alueet. Näillä alueilla voidaan tuottaa vuosittain riskittömästi myös talvilajikkeita. Lisäksi ammattimainen kesä- ja syyslajikkeiden viljely tulee mahdolliseksi Jyväskylän korkeudelle asti. Merkittävänä rajoittavana riskitekijänä tulevat olemaan satunnaiset kovat talvipakkaset (–25–30 °C), mikä edellyttää edelleen talvenkestävien lajikkeiden ja perusrunkojen käyttöä. Menestyvä harrasteviljely, jossa sallitaan välillä myös vähäsatoisia vuosia, leviää ennustejakson aikana Rovaniemen ja Kajaanin korkeudelle asti.

Omenanviljelyn lisäksi muuttuva ilmasto mahdollistaa uusina ammattiviljelykasveina päärynän ja luumun nykyaikaisten lajikkeiden tuotannon nykyisessä I-viljelyvyöhykkeessä. Tämän tuotannon käynnistäminen edellyttää kuitenkin laajaa lajiketutkimusta ja jalostustoimintaa talvenkestävyyden takaamiseksi kovina pakkastalvina. Tämä työ on aloitettu. Marjakaasveista pensasmustikka ja vadelma tulevat hyötymään merkittävästi, kun kovat pakkastalvet jäävät historiaan. Näillä kasveilla kuten myös hedelmillä riskitekijäksi on muodostumassa varhain maaliskuuhuhtikuulla alkava kasvu ja samaan aikaan ajoittuvat hetkelliset pakkasjaksot. Ne aiheuttavat pakkaskuivumista ja kasvuun heränneiden kukka-aiheiden paleltumista. Tästä on saatu hälyttäviä esimerkkejä 2000-luvulla.

Vihannesviljely on myös suuri hyötyjä suomalaisessa puutarhaviljelyssä. Kasvava lämpösusma mahdollistaa erittäin satoisten lajikkeiden viljelyn. Pitkää kasvukautta vaativien vihannesten kuten purjon viljely voi tulevaisuudessa palata tuotantoon ja sipulilla päätuotantomenetelmäksi eteläisessä Suomessa tulee suoraan siemenestä lisäys, mikä alentaa merkittävästi tuotantokustannuksia. Avomaavihannesten lähituotannosta Keski- ja Pohjois-Suomessa voi tulla merkittävää tulevaisuudessa. Koetoiminta on tältä osin jo valmisteilla.

Yhteinen riskitekijä hedelmä-, marja- ja vihannestuotannolle on hallojen yleistäminen kukinta- ja istutusaikoihin toukokuussa ja vielä kesäkuun alussa. Tämä edellyttää tehokkaiden hallantorjunta-valmiuksien ylläpitämistä arkojen kasvien tuotannossa. Nykyinen hidassadetukseen perustuva hallantorjunta on ongelmallinen useita öitä kestävässä hallajaksoissa, koska veden aiheuttamat

ilmatilamuutokset maaperässä ja jopa veden loppuminen uhkaavat. Tästä syystä tulee kehittää täysin uusia, vettä säästäviä torjuntatekniikoita.

Suomalaiseen kasvihuoneviljelyyn ilmastonmuutos vaikuttaa myönteisesti verrattuna esimerkiksi Etelä-Eurooppaan (Espanja), jossa rajoittaviksi tekijöiksi muodostuvat korkeat lämpötilat ja veden puute. Ennustejakson loppuun mennessä (2040) meidän lämmityskustannuksemme alenevat Tanskan ja Hollannin nykytasolle, mutta kesälämpötiloista ei kuitenkaan tule ylivoimaista viljelyn rajoitinta. Nyt Suomessa käytettävä paras viljelytekniikka (ympärivuotinen valoviljelytekniikka) ja uudet tutkimusvaiheessa olevat tuotantotekniikat (suljettu kasvihuone ja jakokuurilannoitus) voivat nostaa suomalaisen kasvihuoneviljelyn tuotantotehokkuudessa jopa yhdeksi Euroopan parhaimmista: tuleva kesäilmasto ei rajoita tuotantoa, talvien leutoisuus vähentää lämmityskuluja ja lisääntyvä sadanta takaa puhtaan kasteluveden riittävyuden sekä modernit turve- ja sammal pohjaiset kasvualustat pitävät maalevintäiset kasvinsuojeluriskit alhaisella tasolla.

Ilmastomuutos lisää viherrakentamiskasvien valikoimaa. Uusien, meille soveltuvien kasvien valinta edellyttää kuitenkin jatkuvaa lajiston testausta etenkin pitkän päivän vuoksi.

Kasvinsuojelun riskit tulevaisuuden oloissa:

Ilmaston muutoksesta johtuva kasvinsuojeluriskien nousu on alkanut jo kaikissa Itämeren ympäryksissä. Kasvitautien aiheuttamat riskit ovat lisääntyneet eniten. Ensimmäisen ”riskiaallon” tärkeimpiä vaikuttajia ovat lisääntynyt kosteus ja lämpötila, lämpösusma sekä talvikauden leudontuminen. Ilmaston muutokseen liittyvien tekijöiden ohella riskien lisääntymiseen ovat vaikuttaneet myös viljelytekniikan muutokset (kevyt muokkaus ja suorakylvö) sekä kasvimateriaalin lisääntyvä tuonti, joka nopeuttaa uusien organismien levintää ja kotiutumista. Useita vieras- ja tulokaslajeja on todettu vuosittain ja osa niistä on vaikuttanut kasvintuotantoon haitallisesti. Kansainvälisen materiaalivirran ohella myös kasvintuhoojien kaukokulkeutumisesta on vahva näyttö (tutkatiedot). Eniten muuttuneista olosuhteista ovat hyötäneet kasvukauden pidentymisestä hyötäneet lajit (kirvat, punkit, ankeroidet) ja korkeaa lämpötilaa (bakteerit) sekä kosteutta (sienitaudit) suosivat lajit. Erityisen hyvin muutokset hyödyttävät niitä organismeja, jotka voivat kehittyä vähävaloisessa syyskosteudessa (etanat, sienet, rikkakasvit) ja leutoina talvina (vesimyyrä). Kasvintuhoojien systemaattisten seurantajärjestelmien puute huonontaa tilannearvioinnin luotettavuutta kaikissa pohjoismaissa. Talvikauden seurantatietoa ei ole käytännössä lainkaan eikä ilmastonmuutoksen vaikutuksia luontaisten torjuntaeliöiden lisääntymiseen tai vaikutuksiin ole tutkittu. Rikkakasvilajistossa tapahtuvat muutokset ovat tähän mennessä ja jatkossakin ensisijaisesti seurausta pellon käytössä ja viljelytekniikassa tapahtuvista muutoksista. Tärkeimmät rikkakasvillisuuteen vaikuttavat ilmastotekijät ovat kasvukauden lämpö- ja sadeolot. Lämpimistä syksyistä ja leudommista talvista hyötyviä rikkakasvilajejakin on.

Monet vahingolliset tulokas/vieraslaajat voivat juurtua Suomeen jo nyt, mikäli ravintokasvien puute tai satunnainen saavutettavuus ei estä niiden lisääntymistä kasvukauden aikana (koloradonkuoriainen Kaakkois-Suomessa). Mallien mukaan kasvintuhoojien levintäriski seuraa hyvin niiden isäntä-kasvien viljelyn laajenemispotentiaalia. Kasvihuoneet voivat edistää uusien lajien paikallista asettumista ennen niiden isäntäkasvien viljelyn laajenemista avomaalla. Kasvimateriaalin lisäysaineiston laatu ja alkuperä ovat ratkaisevia tekijöitä, jotka säätelevät monien riskien ajoittumista seuraavan 20 vuoden aikana. Kasvinsuojeluriskien lisääntymisen ”toinen aalto” käynnistyy heti, kun tärkeimmillä viljelyalueilla siirrytään ”ympärivuotiseen viljelyyn”, joka tarjoaa ravintoa tuhoojille keskeytyksettä ja jatkuvan lisääntymis- tai talvehtimislustan ilman lepovaihetta. Esimerkiksi viljanviljelyssä erityisen haitallista voi olla syyskylvöisen ohran viljelyn laajeneminen, mikä lisääisi nykyisten sekä uusien kasvintuhoojien haitallisuutta merkittävästi. Syysmuotoisten öljykasvien viljelyyn liittyy myös monia ongelmia ja torjuntatarpeen ajoituksen sekä pituuden muutos. Avomaalla jäännöskasvit muodostavat sillan monien tuhoojien aktiivivai-

heen säilymiselle ympärivuotisesti. Kasvukauden piteneminen ja talvien leudontuminen mahdollistavat monien uusien virusvektoreiden (kirvat, sukkulamadot) talvehtimisen ja uusien virustautien yleistymisen. Myös ruostetautien merkitys kasvaa nopeasti.

Maan muokkaustapa ja sen ajoitus säätelevät kullakin pellolla vallitsevaa rikkakasvilajistoa. Kevätkylvöisten yksivuotisten viljelykasvien kasvustoissa viihtyvät samaan kasvurytmiin sopeutuneet lajit kuten jauhosavikka, pillikkeet ja tatarlajit. Jos sama pelto muokataan syksyllä ja kylvetään syysviljalle, runsaimpina esiintyvät rikkakasvilajit ovat todennäköisimmin saunakukka, peltolemmikki ja pelto-orvokki. Muokkausta kevennettäessä tai siitä kokonaan luovuttaessa heinämaisat rikkakasvit ja rikkayrteistä esim. voikukka, pujo ja linnunkaali runsastuvat.

Suorakylvetyllä pellolla viihtyvät erityisesti piensiemeniset heinät kuten timotei, nurmikka- ja natalajit. Vielä satunnaisesti esiintyviä mutta mahdollisia ongelmarikkakasveja ovat syysviljoissa viihtyvät luoho ja kattarat.

Mallinnuksella tuotetun tiedon epävarmuus on suuri, koska mallista puuttuu talvehtimisosa sekä habitaattikytkentä (ei tuholaista ilman isäntäkasvia). Myös tuhoojien lajikohtaiset kehitysparametrit ovat puutteellisia tai puuttuvat talvikaudelta kokonaan. Kasvitautilien mallinnuksen tarkkuus on huono kuten esim. EFSA:n raportit osoittavat. Luontaisten torjunta-eliöiden mallinustietoa ei ole saatavilla eikä juuri pohjosiin oloihin soveltuvia kehitysparametreja (nykyisiin tai muuttuviin).

Seuraavassa taulukossa tulevaisuuden riskit on luokiteltu vuodenaikoittain:

Vuodenaika	Tekijät (viljelytekniikan muutos)	Esimerkkejä hyötyjistä
Kevät	Kevään aikaisuus, kuivuus , valo (talvikasvit avomaalla, tunneliteknikat)	Aikuisina talvehtivat hyönteiset, kirpat , punkit, ankeroiset, taimivaiheen tuholaiset Juolavehnä , luoho, kananhirssi, viherpantaheinä rikkapuntarpää Möhöjuuri, omenarupi, ruosteet, laikkutaudit
Kesä	Lämpötilat, lämpösumma sekä rankkasateet ja lako, (uudet lajikkeet ja viljelykasvit)	Useita sukupolvia tuottavat tuholaiset (kirvat!), virusvektorit , tulokaslajit , punkit, ankeroiset, ripsiäiset, viljakukko Bakteeri- ja virustaudit, PVY, tummarengasmätä, Erwinia bakteeritaudit, Phytophthora , Fusariumit , härmät, ruosteet, Jauhosavikka, peltovalvatti, Amaranthus (C-4 kasvit), kattarat, kierumatara, rikkapuntarpää, kananhirssi, viherpantaheinä
Syysy	Hämäryys, märkyys , lämpö vaatimattomille organismeille (syyskylvö)	Etanat , kahukärpäset , kaalikärpäset, nisäkkäät, punkit, kirvat, hesseninsääski, viirukaskas/wdv Sienitaudit, varastotaudit (Phytophthora) Syysitoiset 1-v. Saunakukka, peltolemmikki, pelto-orvokki, peipit, peltolemmikki, linnunkaali, kylänurmikka kierumatara, rikkapuntarpää,
Talvi	Leutotalvisuus, sateisuus, lilluvedet, ei pakkasia, jäätyminen/sulamien tutkimaton tekijä (talvikasvit peltoviljelyssä, talvihabitaatti kuten syysrypsi kirvaisäntänä?)	Tulokaslajit, aktiivivaiheessa säilyvät ja/tai munina talvehtivat tuholaiset, virusvektorit , etanat , jyrtsijät , kasviuoneesta karanneet tuholaiset, Härmät, ruosteet, lehtibakterioosit, jäännösviljojen ja perunan taudit Syysitoiset 1-v rikkakasvit: Saunakukka, peltolemmikki, pelto-orvokki, peipit, linnunkaali, kylänurmikka, kierumatara, rikkapuntarpää. juolavehnä , peltoemäkki

Kolmas aalto liittyy uusien viljelykasvien laajamittaisen viljelyn yleistymiseen. Maissikoisan kotiutumisen mallinnus osoitti, että tuholaiset menestyvät tulevaisuudessa siellä missä niiden tärkeät isäntäkasvitkin. Tutkatietojen perusteella tiedetään, että tuholaiden siirtymät 3000–4000 km lisääntymisalueiltaan Suomeen ovat jo nyt jokakesäinen ilmiö (kaalikoi Rovaniemi 2009).

Ympäristöpäästöt, ravinteiden ja torjunta-aineiden huuhtoutumien skenaariot:

INCA-N mallilla lasketut ja havaitut epäorgaanisen typen huuhtoutumat vastasivat keskimäärin hyvin toisiaan kalibrointi- ja testausjaksoilla. Kalibroidulla mallilla laskettua nykytilan (1981–2004) typen huuhtoutumaa käytettiin vertailuarvona arvioitaessa viherkesannoinnin vaikutusta nykyisessä ja tulevassa ilmastossa. Viljelytoimenpiteiden jatkuminen muuttumattomina tulevissa ilmasto-oloissa aiheutti valuma-alueen typpikuorman 46% kasvun (vaihteluväli eri skenaarioilla 29–64%). Huuhtoutuma lisääntyi erityisesti marras-helmikuun aikana. Nykytilassa typen huuhtoutuma näiden kuukausien aikana oli 43% koko vuoden huuhtoutumasta, mutta tulevissa ilmasto-oloissa keskimäärin 63%. Huuhtoutuman kasvu johtui mineralisaation kiihtymisestä ja valunnan lisääntymisestä kasvukauden ulkopuolella.

Mallitulosten mukaan koko peltoalueen viherkesannointi vähentää valuma-alueen epäorgaanisen typen kuormitusta nykyilmastossa noin 50 %. Tulevaisuuden ilmastossa vähenemä olisi keskimäärin vain 28 %. Tämä johtuu valunnan ja osittain typen mineralisaation lisääntymisestä etenkin kasvukauden ulkopuolella myös viherkesantokasvustossa. Peltomaan vesitalouden ja typen kierron hallintaan on tulevaisuudessa kiinnitettävä entistä enemmän huomiota. Maatalouden typpikuormituksen vähentäminen ilmaston muuttuessa voi vaikeutua entisestään lounaisilla viljelyalueilla, jotka nykyisin kuormittavat Saaristomerta.

COUP-mallin mukaan lumipeite vähenee jo selvästi vuoden 2025 A2-skenaariossa ja se jää entistä ohuemmaksi ja katkonaisemmaksi vuonna 2085. Tämä näkyy kevään pintavalunnan vähenemisenä ja talvivalunnan lisääntymisenä. Vuoden 2085 A2-skenaariossa ennustama lisääntynyt sadanta poistuu lähes kokonaan pohjavalunnan mukana. Haihdunta lisääntyy jonkin verran ja pintavalunta vähenee hieman. Mikäli viljelykasvien ominaisuudet ovat samat kuin nykyisin, typen huuhtoutuminen kaksinkertaistuu molemmissa skenaarioissa. Lämpötilan nousun aiheuttaman typen mineralisaation lisäksi etenkin talvivalunnan lisääntyminen lisäsi typen huuhtoutumista. Lisääntynyt maan kosteus lisäsi myös typen denitrifikaatiota. Viljelykasvien ominaisuuksien parantaminen esti tehokkaasti typen huuhtoutumista ja denitrifikaatiota.

Toholammilla ei enää vuosituhaten puolivälissä ole koko talven pysyvää lumipeitettä. Lunta sataa vuosittain, mutta se sulaa ennen seuraavaa lumikuuroa. Lumen vesiarvot jäävät huomattavasti nykyistä alhaisemmiksi. Näin ollen pintavalunnan ajoittuminen muuttuu ratkaisevasti. Jatkossa ei ole enää selkeää kevätvaluntapiikkiä, joka on yleensä nykyään tullut pintavaluntana. Tulevaisuudessa nykyistä suurempi osa syksyn ja talven aikana sataneesta lumesta ja/tai vedestä suotautuu maahan. Näin ollen perkolaatioveden määrä (suureksi osaksi salaojiin) kasvaa jonkin verran. Useimpien kasvien haihdunta kasvaa enemmän kuin sadanta. Toholammin kaltaisilla tasaisilla mailla pintavalunta vähenee salaojavalunnan ja haihdunnan kasvaessa. Mallin mukaan tämä vähentäisi pintaeroosiota ja sen seurauksena pinnan kautta tulevat fosforipäästöt vähenisivät. Malli ei toistaiseksi sisällä makrohuokosten kautta tulevaa kiintoaine- ja P-kuormitusta, jonka vaikutus voi kuitenkin olla merkittävä. Mallilla ei voitu simuloida mahdollisesti yleistyviä rankkasateiden aiheuttamia pintavaluntatapahtumia.

Maan lämpötilan nousu nosti mallissa torjunta-aineiden hajoamisnopeutta, vaikka keskikesällä tätä osittain kumosi maan kuivumisesta johtuva hajoamisnopeuden hidastuminen. Pidentynyt kasvukausi mahdollisti keväällä ja kesällä levitetyille aineille huomattavasti pidemmän hajoamisajan ennen syksyä. Vaikka yksittäisestä kesäaikaan tehdystä ruiskutuksesta syntyvä huuhtoutuma tasaisella pellolla vaikuttaisi simulointien perusteella alentuvan, niin valuma-

alueella käsiteltyjen peltöjen lukumäärän kasvaessa vesistöjen torjunta-ainepitoisuudet nousevat. Syysviljojen ja heinämaiden rikkojen yleistyessä herbisidejä tarvitaan luultavasti jatkossa yhä enemmän myös syksyllä. Syksyisestä levityksestä seurasi huomattavasti kevät- ja kesälevitystä suuremmat huuhtoutumat. Syksyllä levitetty aineet eivät myöskään ehtineet hajota maassa ennen seuraavaa kasvukautta. Talvivalunta lisääntyi ja sen mukana kasvinsuojeluaineita kulkeutui vesistöihin. Torjunta-aineiden huuhtoutumariski tulevaisuudessa todennäköisesti kasvaa johtuen monista syistä: 1) skenaarioiden mukaiset syys- ja talvisateet lisäävät pelloilta vesistöihin poistuvan veden (joko pinta- tai salaojavalunta) määrää 2) pelloilla seisova vesi irrottaa maahan normaalisti tiukastikin sitoutuvat aineet ja 3) torjunta-aineiden käyttötarve ajoittuu syksyyn syysmuotoisten kasvien yleistyessä. Torjunta-aineiden myyntitilastot osoittavat jo käytön kasvua ja SYKE:n mittaukset paljastavat pintavesissä olevien jäämien vakavuuden. Esimerkkinä on glyfosaatti, jonka käyttö on kasvanut ja näyttöä jäämistä pintavesissä on saatu jo muutaman vuoden ajan. Huuhtoutumiseen liittyvän riskinarvioinnin tieteellinen perusta on suhteellisen hyvä. Suurin tietoaikko liittyy jäämien merkitykseen vesiekosysteemissä (mikä määrä yhtä ainetta tai monenko aineen jäämä on haitallinen). Myös vertailutiedot jäämä- ja ravinneriskien (huonosti kasvavat kasvit eivät ravinteita sido) suhteellisesta merkityksestä osana kokonaiskuormitusta puuttuvat.

VIHMA-mallin laskentatulosten mukaan maatalouden nykyiset peltotoimenpiteet ovat alentaneet eroosiota 18%, partikkelimaisen fosforin kuormitusta 17% ja typpikuormitusta 5%. Liukoisen fosforin huuhtoutumien kasvu vaikuttaa siten, että kokonaisfosforin huuhtoutuminen on alentunut vähiten eli 10%. Vaikutukset tulevat siitä, että peltotoimenpiteet ovat lisänneet kasvipeitteisen pellon pinta-alaa hiukan yli 10%:lla. Vastaavasti sopimusten piirissä olevat suojavyöhykkeet ovat alentaneet eroosiota 2,5%, partikkelifosforin huuhtoutumista 3% ja typen kuormitusta 1%. Maatalouden vesiensuojelukosteikkoja on toteutettu niin vähän, että niille saadaan vain teoreettinen vaikutus. Nykyiset toimenpiteet, kun hydrologinen vuosivaihtelu jätetään huomiotta, ovat vähentäneet eroosiota ja partikkelifosforin kuormitusta yhteensä 20%, kokonaisfosforia 12% ja typpikuormitusta 6%. Jos nykyisten toimenpiteiden vaikutuksia arvioidaan hydrologisesti kuormittavien vuosien osalta, eroosio ja partikkelifosforin kuormitus on pienentynyt 6–7% ja kokonaisfosforin ja typen kuormituksessa ei ole tapahtunut lainkaan muutoksia. Savijoen valuma-alueella MYTVAS 2 -raportissa esitetyt toimenpiteet ovat vähentäneet eroosiota ja partikkelifosforin kuormitusta enimmillään 8–10% ja typpikuormitusta 16%. Hydrologisesti epäedullisten vuosien vaikutus kuormitukseen oli Savijoella niin suuri, että kuormituksen alenemisen sijaan eroosio ja partikkelifosforin kuormitus kasvoi 8–10%, mutta typpi kuormitus edelleen aleni nettomääräisesti 5%. Jos Savijoella siirryttäisiin kokonaan suorakylvöön, eroosio alenisi 60%, partikkelifosforin kuormitus lähes 50% ja typpikuormitus 40%. Kun toimenpide kattaisi koko vilja-alan tasaiset maat mukaan lukien, hydrologisesti kuormittavat vuodet eivät tässä tilanteessa lisäisi kuormitusta ja ympäristöhyödyt pysyisivät saavutetulla tasolla.

VIHMA-mallissa hydrologinen vuosivaihtelu ei edusta yksittäisen vuoden tilanteita, koska malliaineisto on muodostettu erityyppisten vuosien keskiarvoista. VEMALAn mukaan Aurajoen koko valuma-alueella 2000-luvulla valuma-alueen kokonaisfosforin vuosikuorma vaihteli välillä 23000–82000 kg. Yksittäisten vuosien kuormituserot ovat todellisuudessa niin suuria, että nykyisten toimenpiteiden vaikutuksia on vaikea havaita. Mallitarkastelut mahdollistavat hydrologisen vaihtelun suodattamisen ja toimenpiteiden todelliset vaikutukset saadaan esille. Ongelmana on se, että tavoitteena on vähentää absoluuttista kuormitustasoa. Se, että toimenpiteet leikkaavat kuormitusta myös epäedullisina vuosina ei kuitenkaan riitä nykyisellään asetettujen tavoitteiden saavuttamiseen.

Taulukossa tärkeimmät eroosion ja ravinnekuormituksen hallintaan liittyvät sopeutumiskeinot:

Toimenpiteen kohde	Sopeutumiskeino
Vesitalous	Peltojen vesitalouden hallinta Peltojen kuivatustarpeen integrointi vesistöjen tarpeeseen - luonnonmukainen vesistöarakentaminen peruskuivatuksessa Kosteikot osaksi luonnonmukaisia peruskuivatusjärjestelmiä
Toimenpiteiden valuma-alue ja tilakohtainen priorisointi	Ympäristötoimenpiteiden kohdentaminen valuma-alueilla Intensiivisen maanmuokkauksen korvaaminen pysyvän kasvipeitteen kaltaisilla vaihtoehdoilla Orgaanisten maiden poistaminen viljelykäytöstä
Ravinnetaseet	Peltojen fosforilukujen alentaminen kestäväälle tasolle Fosforin pysyvä ja laaja-alainen kierrätys käytännön viljelyssä Peltojen hyvän kasvukunnon ylläpito vs. uusien viljelykasvien kasvuvaatimukset Kasvien typen käytön tehokkuuden merkittävä parantaminen Typpilannoituksen jakaminen kasvukauden pidentyessä kevästä alkaen Maan orgaanisesta aineksesta vapautuvan typen hyödyntäminen syysmuotoisilla ja pitkän kasvuajan kasveilla Syksyllä kylvettävät viljelykasvit niukan kevätkosteuden hyödyntäjiksi – ravinteiden käytön tehokkuuden parantaminen

Maaperän hiilivarastot ja kasvihuonekaasupäästöt:

Päästöskenaario ilman ilmastonmuutoksen hillintätoimia ennusti maatalouden metaani- ja dityppioksidipäästöjen alenevan kehityksen hidastuvan tulevina vuosina. Päästöjen arvioitiin laskevan 2,3% aikavälillä 2005–2020 ilman hillintätoimia, kun ne ovat laskeneet vuosien 1990 ja 2007 välillä 22%. Soveltamalla valittuja hillintätoimia saataisiin maataloudessa päästöt vähenemään arviolta 11,5%, mikä ei vielä riitä täyttämään kansallisen ilmasto- ja energiastrategian vaatimuksia. Strategia edellyttää maataloudessa 13% päästövähennyksiä aikavälillä 2005–2020. Mallinustulokset osoittivat, että tehokkain tapa vähentää päästöjä ja edistää Suomen peltojen hiilivarastojen säilymistä on vähentää viljelyssä olevien orgaanisten maiden alaa ja lisätä niillä monivuotisten kasvien viljelyä.

Talous ja markkinat:

Tuottavuuspotentiaalin nousu johtaa merkittäviin tuotannon ja maankäytön muutoksiin vain, jos keskimääräinen satotaso nousee merkittävästi (vähintään 40%) tai jos markkinahinnat suhteessa panoshintoihin nousevat pysyvästi vähintään 20%. Tuotannon kasvua hillitsee epävarmuuden kasvu. Satotason kasvu näyttäisi olevan tärkeä paitsi kasvintuotannolle, myös maidontuotannolle, jonka tuotanto kasvaisi pitkällä aikavälillä merkittävästi satotason kasvaessa. Jos satotaso nousee esimerkiksi 20%, se johtaisi vilja-alan ja maidontuotannon kasvuun noin 15 prosentilla. Maataloustulo kasvaisi tällöin noin 15% tuotannon uudelleenjärjestely- ja tehostumisetujen ansiosta. Tällaiset satotason nousun epäsuorat vaikutukset voivat olla jopa merkittävämpiä viljelijälle kuin pelkkä satotason kasvu entisellä tuotannonjärjestelyllä. Tämä tarkoittaa mm. sitä, että peltolohkojen pienen koon, hajanaisen sijainnin ja etäisyyden aiheuttamaa kustannushaittaa voidaan välttää keskittämällä tuotantoa lähellä oleville tai satoisimmille peltolohkoille. Lisäksi satotason kasvu mahdollistaa tuotannon alueellisen keskittämisen aiempaa enemmän, mikä tuottaa kustannussäästöjä paitsi maataloille, myös koko elintarvikeketjulle. Kaikkia näitä ei kuitenkaan voida luotettavasti ennakoita tässä vaiheessa (esim. kasvinsuojelun muuttuminen voi edellyttää koko viljelykulttuurin ja viljelykiertojen muutosta), vaan toistaiseksi tyydyttiin varovaisiin arvioihin.

Suotuisimmissa skenaarioissa, joissa sekä satotaso että maataloustuotteiden reaali hinnat nousevat, viljantuotanto kasvaisi yli kaksinkertaiseksi ja maidontuotanto kasvaisi jopa 20–40% 2040–2050 mennessä. Öljykasvien, syysviljojen ja herneen tuotanto siirtyisi suotuisimmissa tuottavuus- ja hintaskenaarioissa Etelä-Suomesta vähitellen kohti maan keskiosia. Öljykasveista tulisi osa kasvitilojen viljelykiertoa maan keskiosissa kuitenkin vasta lähempänä vuotta 2050 ja silloinkin sen pinta-alat jäisivät pieniksi vaikka tuotantomäärä lievästi kasvaisi. Syysviljojen viljely keskittyisi jatkossakin Etelä-Suomeen, jossa niiden satoisuus ja viljelyvarmuus kasvaisivat aiemmin kuin muualla. Viljan, myös leipäviljan, tuotantomäärät voivat kasvaa merkittävästi juuri Etelä-Suomen korkeampien satojen ansiosta. Rehuviljan tuotanto kasvaisi sekkin ja myös maan keskiosissa.

Vielä kasvintuotantoakin suurempia hyötyjä voidaan saavuttaa kotieläintaloudessa. Erityisesti lypsykarjataloudessa peltoalan paikallinen niukkuus ja karkearehun tarve monine korjuukertoi-neen nostavat tuotantokustannuksia ja lisäävät yrittäjän työmäärää. Ilmastonmuutoksen tuomat suuremmat rehusadot mahdollistavat korjuun aiempaa pienemmältä määrältä lohkoja, mikä samanaikaisen eläin-määrän kasvun kautta voi tuoda kotieläintalouteen kasvintuotantoa suhteellisesti suuremman tuottavuushyppäyksen. Näistä syistä satotason ja/tai maataloustuotteiden reaalihintojen nousu vahvistaisi lähivuosisikymmeninä jo olemassa olevia alueellisia tuotantorakenteita. Merkittävä osa maataloustulon kasvusta tulisi pääomakannan ja peltoalan tehokkaammasta käytöstä, ja pienempi osa peltoviljelyn monipuolistumisesta tai korkeammista sadoista, mikä lisää myös hehtaarikustannuksia.

Suuria muutoksia alueellisissa tuotantorakenteissa ei tulosten mukaan ole odotettavissa ennen vuosisadan puoltaväliä. Suotuisimmissa tuottavuusskenaarioissa maidontuotanto voi lisääntyä merkittävästi maan keskiosissa, jossa maata jäisi edelleen muuhunkin käyttöön. Viljely voi tällöin monipuolistua merkittävästi Suomen keskiosissa öljykasvien ja syysviljojen viljelyn myötä. Korkea rehusato ja kulutuskeskusten läheisyys pitäisi jatkossa maidontuotannon kannattavana ja laajenevana tuotannonalana myös Etelä-Suomessa. Näin käy vain jos nurmen satotasoa kyetään nostamaan, muuten tuotanto säilyisi entisellään vaikka viljan ja maidon hinnat nousisivat. Naudanlihantuotanto kasvaisi kasvavan maidontuotannon mukana, mutta kuitenkin hitaammin, sillä raskaiden sonnien kasvatus on huonosti kannattavaa, jos viljan hinta nousee. Sianlihantuotanto kärsisi korkeista viljan hinnoista, mikäli viljan hinta nostaa vain vähän sianlihan hintaa. Käytetyistä OECD-FAO 2009 hintaennusteista seuraa, että sianlihantuotanto vähenee kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa. Sen sijaan siipikarjan tuotanto säilyisi hyvän kysynnän vuoksi lähes ennallaan.

Jos tavoite on ylläpitää ja kehittää maataloustuotantoa Suomessa, keskeistä on epävarmuuksien ja huonojen vuosien sietäminen. Raskaat investoinnit ja kasvava satojen ja hintojen heilunta sopivat huonosti yhteen. Maatalous on Suomessa vielä pitkään voimakkaasti politiikkavetoista. Tuotannon nopea kasvu markkinaehtoisesti ei ole todennäköistä tai edes mahdollista korkeiden kustannusten takia. Poikkeuksena saattaa olla puutarhatalous, joka hyötyy perusmaataloutta enemmän kasvukauden pitenemisestä ja talvien lämpenemisestä. Puutarhatalous, joka on vähemmän riippuvainen tuista, voi vähitellen kasvaa useiden tuotteiden osalta. Edellytyksenä on, että puutarhatuotteiden kotimainen kysyntä ja EU:n hintataso kehittyvät suotuisasti, jolloin merkittävä osa puutarhatuotteiden tuonnista voi korvautua kotimaisella tuotannolla.

Sopeutumis- ja hillintätoimet:

Hankkeen eri osapaketeissa tehdyn työn perusteella määritettiin keskeisimmät kunkin tarkastelu-kohteen mukaiset sopeuttamistarpeet (katso esimerkiksi taulukot yllä). Koska tutkitut prosessit ovat hyvin moniulotteisia ja vahvasti vuorovaikutteisia, voimme rakentaa yhä kokonaisvaltaisemmat kotimaista maa- ja elintarviketalouden tulevaisuuskehitystä tukevat ”sopeuttamispaketit”

integroimalla eri osapaketeissa tuotettu ymmärrys sopeuttamistarpeista. Nämä voidaan kytkeä kahden pääotsakkeen alle.

Viljelyn monimuotoistaminen, kasvinsuojeluriskien hallinta sekä ääri-ilmiöiden ja yleisen tuotantoepävarmuuden puskurointi:

- Kasvukauden pidentyessä kasvilajiston monimuotoistamisen potentiaali kasvaa. Yhä monimuotoisempia viljelykiertoja tulisi onnistua hyödyntämään tulevaisuudessa, jotta yksipuolisen viljelyn tuotantoympäristölle ja tuotannon kestäväälle kehitykselle aiheutuvat riskit ja haitat vältettäisiin muuttuvassa ympäristössä. Näin onnistutaan myös puskuroimaan ilmastonmuutoksen ja ääri-ilmiöiden yleistymisen voimistamaa tuotannon epävarmuutta. Tämä edellyttää viljelyjärjestelmien ennakkoluulotonta kehittämistä aivan uusista lähtökohdista.
- Kasvinsuojeluriskien hallinta perustuu kotimaisen ja terveen lisäysmateriaalin käyttöön. Terveen kasvimateriaalin tuotantokapasiteetti onkin osa kansallis pääoma, joka pitää säilyttää vähintään nykytasolla. Samoin resistenttien lajikkeiden jalostus pitää varmistaa. Riskimuutosten seurantaan varten tarvitaan systemaattinen tarkkailujärjestelmä ja tehokas tiedonvälitys. Panostus biologiseen torjuntaan ja ekosysteemipalvelujen tuntemiseen on välttämätöntä, kun halutaan välttää kemiallisen torjunnan kasvu ja kasvinsuojelusta tai sen epäonnistumisesta aiheutuvat ympäristöriskit. Viljelyjärjestelmien kehittämisen ja maankäytön painopiste on siirrettävä kasvukaudesta talveen, koska talvikauden biologiset prosessit muuttuvat eniten. Onnistunut sopeutuminen talvikauden muutokseen ratkaisee riskienhallinnan kokonaisuuden.

Viljelykasvien tuotanto- ja kilpailukyvyyn vahvistaminen sekä ympäristöriskien vähentäminen:

- Ilmaston muuttuessa peltokasvilajikkeisto tulee vaihtaa jo aivan lähivuosikymmeninä tuotantokyvyn kasvun varmistamiseksi. Ratkaisuja tarvitaan siemensatokasvien kehitysrhythmiongelmien sekä talvimuotoisten lajien viljelyyn oton aikaistamiseen. Lisäksi ilman kokonaisvaltaista pellon vesitalouden hallintaa (niin kasvukaudella kuin sen ulkopuolella) satoisuuskehityksemme kääntyy laskuun ja panosten käyttö on tehotonta aiheuttaen taloudellisten menetysten lisäksi merkittäviä ympäristöhaittoja. Täyspainoinen sopeutuminen edellyttää niin kasvinjalostusta kuin viljelyjärjestelmien kehittämistä.
- Koska maatalouden tuotteiden ja tuotantopanosten hintojen arvioidaan kasvavan, omavaraisuuden hyödyt kasvavat. Tämä koskee erityisesti valkuaisrehuja, joiden tuotannolle ilmaston lämpeneminen ja kasvukauden piteneminen antavat hyvät mahdollisuudet. Toisaalta soijan kysyntä maailmalla kasvaa ja tuotantoedellytykset heikkenevät sen päätuotantoalueilla pitkällä aikavälillä. Valkuaisrehun kysyntä saattaa kasvaa myös Suomessa, koska korkeamman satopotentialin hyödyt tehokkaamman tuotannonjärjestelyn kautta koskevat yhtä lailla kotieläin- ja kasvitilojakin. Suomessa tuotannon tehostaminen ja joiltain osin myös kasvattaminen on mahdollista keskittämällä tuotantoa alueellisesti satojen parantuessa. Jotta positiivinen kehitys viljelymenetelmissä, -kierroissa ja kasvinsuojelussa pääsisi käyntiin, kasvinviljelyn monipuolistamiseen liittyviä riskejä viljelijöille tulisi alentaa ja kannustaa heitä koko arvoketjun kattavaan yhteistyöhön. Tulee kehittää tuotantoa, jolle on kysyntää.
- Ilmastonmuutos lisää riskiä peltomaan ravinteiden huuhtoutumiselle leutojen talvien yleistyessä. Peltojen vesitalouden ja rakenneongelmien hallintaan tulee kehittää uusia teknisiä ratkaisuja kastelun ja kuivatuksen tarpeiden muuttuessa. Peltokasvien satoisuuden ja ympäristön kannalta optimaalinen ravinnetalous edellyttää maaperän omien ravinneverastojen mahdollisimman tarkkaa hyödyntämistä. Tavoitteena tulee olla fosforilukujen alentaminen kestäväälle tasolle ja kasvien typen käytön tehostaminen mineralisaatioprosessien kiihtyessä

myös syys- ja talvikaudella. Uusien kasvilajien leviäminen etelärannikolta alkaen ja viljelyn tehostuminen pohjoisilla alueilla korostaa maatalouden ympäristötoimenpiteiden valuma-aluekohtaisen priorisoinnin merkitystä. Intensiivisen maanmuokkauksen korvaaminen pysyvän kasvipeitteen kaltaisilla vaihtoehdoilla on keskeinen toimenpide kuormitusherkillä alueilla. Luonnonmukaisen vesistö rakentamisen periaatteiden soveltaminen peruskuivatuksessa voidaan nähdä peltojen kuivatustarpeen, tuottoedellytysten sekä vesistöjen tilatarpeen integroivana toimenpiteenä. Kosteikot kuuluvat järjestelmään välttämättöminä uoman osina. Uomien palauttaminen mahdollisimman luonnonmukaiseksi saattaa merkitä kuivatussyvyyden pienenemistä. Haitta edellyttää peltojen alavimpien reunojen palauttamista pysyviksi tulvaniityiksi ja veden viipymä pelloilta vesistöihin kasvaa. Tällaiset uomat leikkaavat tulvapiikkejä ja alajuoksujen tulvariskit samalla pienenevät.

- Puutarhatuotannon sopeutumisessa keskitytään uusien monivuotisten hedelmä-, marja- ja viherrakentamiskasvien ja niiden lajikkeiden testaukseen ja jalostukseen. Työssä on keski-tyttävä sadon laatu- ja määräkysymysten lisäksi pitkän päivän oloihin sekä talven- ja hallankestävyyteen. Koska puuvartisten kasvien jalostustyö kestää 15–25 vuotta, on laajamittainen jalostustyö käynnistettävä 2010-luvun alussa. Samanaikaisesti on testattava markkinoilta saatavia potentiaalisia, erityisesti lähialueilta tulevia lajikkeita. Vihannesten osalta riittävät lajiketutkimusjaksot tärkeimmistä tuotantokasveista noin kymmenen vuoden välein. Toisena sopeutumistoimena ovat viljelytekniiset sovellukset uusissa oloissa. Avomaan viljelyoloissa keskeisenä uusvanhana tekniikkana ovat hellävaraiset hallantorjuntamenetelmät, jotka eivät aiheuta kasveille vahinkoa. Toisena viljelyteknisenä tuotannon tehostamisen ratkaisuna ovat kevytrakenteisten kasvihuoneiden ja katteiden käyttö sadon varmistamisessa ja ajoituksessa sekä kasvinsuojeluriskien ja hallan torjunnassa. Ilmastonmuutos siirtää Euroopan kasvihuoneviljelyä pohjoisemmaksi. Tästä syystä kasvihuoneviljelyn tutkimuksessa ja tuotekehityksessä on kiinnitettävä erityistä huomiota energiatehokkuuteen ja suljettuihin järjestelmiin, jotta voidaan hyödyntää valaistusolot mahdollisimman hyvin ja toisaalta estää kasvihuoneista tulevia valumia. Myös uusiutuvien ja kierrätettävien kasvualustojen kehittäminen ja puhtaan veden saatavuuden turvaaminen on tärkeää. Korkealuokkaisista kierrätettävistä kasvualustoista ja vedestä tulee merkittäviä minimitekijöitä Euroopan eteläisimmissä maissa, mikä on meille merkittävä kilpailutekijä.

3.3 Toteutusvaiheen arviointi

Ilmatieteen laitos toimitti tarvittavat sääaineistot tutkimusryhmien käyttämien pitkäaikaisaineistojen yhteyteen. Lisäksi Ilmatieteen laitos koosti räätälöidyt, ILMASOPU-hankkeen toteuttamisen kannalta olennaiset ilmastonmuutoksen ennusteaineistot (erityisesti lämpötila ja sadanta sekä eräitä talvehtimiseen liittyviä parametreja). Hankkeessa tehdyt kasvintuotannon tulevaisuusennusteet perustuvat kuitenkin vain keskiarvoaineistoihin eivätkä voi siksi huomioida tulevaisuuden tuotannossa ilmeneviä, sään vaihteluista ja ääri-ilmiöistä johtuvia riskitekijöitä.

Tutkimukset liittyen peltoviljelykasvien tulevaisuusennusteisiin ja sopeuttamistarpeisiin perustuivat pitkäaikaisaineistojen ja saatavilla olevien muiden tilastojen ja kirjallisuudessa olevien tietojen hyödyntämiseen ja analysointiin. Koska hanke oli kolmivuotinen, pelto- ja/tai kontrollotujen kokeiden suorittaminen laajamittaisten tulosaineistojen saamiseksi ja edelleen analysoimiseksi ei olisi ollut mahdollista huomioida aikataulut ja rahoitus. Uusien tulosaineistojen tuottamisella olisi tuskin päästy edes yhtä kattaviin ja monipuolisiin tulkintoihin. Toisaalta Boreal Kasvinjalostus Oy:n kansainvälisen testausverkoston aineistot todettiin liian suppeiksi olosuhdekirjoltaan. EBC:n ohran testausaineisto ei puolestaan ollut sähköisessä muodossa saatavilla eri Euroopan maista (päinvastoin kuin Suomesta). Näistä kummastakin aineistosta luovuttiin, mutta vastasimme tavoitteisiin MTT:n omien, kattavien aineistojen ja kirjallisuuden turvin. Peltoviljelykasveilla saadut tutkimustulokset tuotettiin mahdollisimman aikaisessa hanke-

vaiheessa, koska ne toimivat syötetietoina muihin työpaketteihin (kasvinsuojelu- ja ympäristöris-
kit sekä talous ja markkinat).

Puutarhakasvien tuotannon kehittyminen oli arvioitavissa kohtuullisen luotettavasti tulevaisuu-
den viljelyoloissa, sillä ilmastomuutoksen skenaariot antoivat käsillä oleviin biologisiin
aineistoihin hyvät arviointimahdollisuudet. Lisäksi 2000-luvun alkuun sattui useita tulevaisuu-
delle tyypillisiä talvia, keväitä ja kasvukausia, joissa nähtiin toteutuvan niin riskit kuin
hyödytkin. Koska MTT:ssä tehtiin samanaikaisesti merkittävää kasvihuonetutkimusta modernien
viljelymenetelmien kehittämiseksi, arvioitiin syntyvää tilannetta myös kasvihuoneviljelyn kan-
nalta. Kasvihuonetuotannon rahallinen arvo on noin puolet puutarhakasvien tuotannon arvosta.
Arvion tärkeyttä tukivat vierailut Espanjan päätuotantoalueilla, joissa tuotannon suuntaviivat
tulevaisuuteen olivat selkeästi näkyvissä.

Kasvinsuojeluriskien osalta nykytilannetta osoittavan datan laatu on kohtalainen, mutta riittävä
osoittamaan riskien kasvun jo alkaneen. Mallinnuksella tuotettu tieto riittää yleisten trendien
arviointiin, muttei yksittäisten lajien vahingollisuuden arviointiin. Suurimat tietovajeet liittyvät
talvikaudella tapahtuviin muutoksiin sekä luontaisia torjunta-eliöitä koskeviin muutoksiin. Teo-
rioiden perusteella voidaan arvioida, ettei ilmastomuutos vaikuta pelkästään yhteen trofiatasoon
vaan kaikkiin (kasvit, kasvintuhoojat ja niitä niiden määrää säätelevät organismit) samanaikai-
sesti. On mahdollista, että torjuntaeliöt hyötyvät ennustetusta muutoksesta ja niiden käyttöä
kasvinsuojelussa voidaan tehostaa. ILMASOPU- hankkeessa tuotettu tieto ja johtopäätökset ovat
samansuuntaista SILMU- hankkeessa tuotetun tiedon sekä metsätuhoriskien arvioinnissa ja kan-
sainvälisessä kirjallisuudessa esitetyn tiedon kanssa.

Taloudellisten vaikutusten arviointi pelkistettiin tuottavuus- ja markkinahintaskenaarioihin.
Tuottavuusskenaarioiden taustana oli muissa osahankkeissa tehdyt ennusteet satopotentiaal-
in kasvusta. Sen sijaan markkinaskenaariot jouduttiin rakentamaan OECD:n vuoteen 2018 ulottuvi-
en maataloustuotteiden reaalihintaennusteiden varaan, koska omassa käytössä ei ollut koko EU:n
tai maailman maatalousmarkkinoita aina vuoteen 2050 kuvaavaa tasapainomallia. Vastaavanlai-
sia malleja on maailmassa hyvin vähän, eikä niiden pohjalta tehdyt raportit anna mahdollisuutta
käyttää tarkempia tuotetason hintaennusteita erilaisissa globaaliskenaarioissa. Toisaalta viimeai-
kainen maatalousekonominen kirjallisuus on perustellut, miksi eri hintaskenaariot voivat toteutua
useissakin globaalitason skenaarioissa. Nyt tehty tutkimus muodosti sisäisesti johdonmukaiset
kehitysarat maatalouden alueellisesta kehityksestä suhteessa tuottavuus- ja markkinaskenaarioi-
hin, joissa on kyse maataloustuotteiden hinnoista Suomen rajalla. Maatalouden ulkopuolisten
tuotantopanosten hinnat olivat tarkastelussa kiinteitä, mikä rajoitus olisi voitu välttää yleisiä
tasapainomalleja käytettäessä. Maataloudella on toisaalta vähän vaikutusta ulkopuolisten tuotan-
topanosten hintoihin, paitsi ehkä työvoiman hintaan alueelliseen saatavuuteen jos maatalouden
tuotanto muuttuu nopeasti tietyllä alueella. Pitkän aikavälin analyysissä tällä seikalla on vähäinen
merkitys. Suuret tasapainomallit, jotka mahdollistaisivat Suomen maatalouden tuotanto- ja hin-
tamuu-
tosten laskemisen yhteydessä koko Euroopan kattaviin maatalousmarkkinoihin, ovat
suhteellisen aggregoituja tuotejaon, aluejaon ja tukijärjestelmän suhteen, vaatisivat paljon muok-
kausta jotta niitä voisi suoraan käyttää tuotetason tuottavuusskenaarioiden arvioimiseen Suomen
maataloudessa alueittain kuten tässä tutkimuksessa tehtiin. Tässä keskityttiin kasvituotteiden
tuottovaihtelujen muutoksiin. Jos tarkasteluun olisi otettu systemaattisesti myös kotieläintuottei-
den kasvava tuottovaihtelu, mm. maidontuotannon lisääntyminen olisi todennäköisesti jäänyt
pienemmäksi.

3.4 Julkaisut

Tähän mennessä julkaistut tai julkaisuprosessissa olevat, hankkeen tuottamia avaintuloksia sisäl-
tävät asiantuntijatarkastetut tieteelliset artikkelit on esitetty Liitteessä 1. Liitteeseen 2 on koottu
tärkeimmät muut projektin aikana syntyneet julkaisut. Eri työpakettien aktiivisimmat työvaiheet

ajoittuivat eri kohtiin hankeen elinkaarta, johtuen mm. analyysien riippuvuudesta muissa työpa-keteissa tuotetuista aineistoista. Siksi osa julkaisuista tulee kirjoitettavaksi vasta hankkeen päätyttyä. Tuloksia on myös viety laajalla rintamalla tiedeyhteisölle ja käytäntöön osallistamalla konferensseihin, toimittajille kohdennettuihin seminaareihin sekä lukuisiin muihin sidosryhmä-tilaisuuksiin ja antamalla lehti-, radio- ja tv-haastatteluja, joista kaikkia ei ole rekisteröity. Osa kuitenkin löytyy esimerkiksi osoitteesta www.mtt.fi (Tutkimus → Hankehaku → ILMASOPU).

4 Tulosten arviointi

4.1 Tulosten käytännön sovelluskelpoisuus

Hankkeen tuottamat avaintulokset sekä suuri joukko avaintulosten rakentamisen mahdollistaneis-ta välituloksista ovat olleet suoraan sovellettavissa käytäntöön ja tämä on koko projektin keston ajan huomioitu niin tavassa popularisoida tulokset kuin viestittää niistä eri kanavia hyödyntäen. Hankkeen toisena tavoitteena oli tulosten tuottamisen lisäksi saattaa uusi ymmärrys ja ennusteet tehokkaita kanavia hyödyntäen niin päätöksenteon kuin elinkeinoelämän ennakoivaan käyttöön. Hankkeen tutkijoiden voi perustellusti katsoa onnistuneen hyvin tämän tavoitteen toteuttamisessa ja tuotettu tieto on monia kanavia myöten saavuttanut tarvitsijansa. Tiedon käytäntöön viennin onnistumisesta kielii se, että ILMASOPU-hankkeesta on tullut lähes ”käsité” alan toimijoiden ja toimittajien piirissä. Tulosten käytäntöön vieni jatkuu hyvin aktiivisena myös hankkeen päätyt-tyä.

Tulosten voi katsoa hyödyttävän eri sidosryhmiä seuraavasti:

- Päättäjät/hallinto: päätökset ja toimenpidesuositukset (mm. kansalliset strategiat ml. so-peuttamisstrategiat, kasvinsuojelustrategiat; tukipolitiikka; säädökset ml. kasvinsuojelu- ja torjunta-ainelaki, seurantajärjestelmät)
- Yritykset: tuote- ja teknologiakehitys, tuotannon alueellistaminen, ennakoiva toiminta
- Kasvinjalostus: jalostusohjelmat
- Viljelijät: jatkuvuuden hahmottaminen, menestymismahdollisuuksien tunnistaminen
- Tiedeyhteisö: perustyö, jatkotutkimusaiheiden (kuten sopeuttamistarpeiden) priorisointi, tietovarannot, verkottuminen

ILMASOPU-hankkeen tutkimusten myötä on fokusoitu ja/tai osallistuttu useisiin jatkotutkimus-hankkeisiin, joista osaa jo rahoitetaan, osa on hakemusvaiheessa. Näitä ovat esimerkiksi seuraavat:

- ILMARIKKA Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulokasrikkakasvien levinneisyyteen (Ter-ho Hyvönen)
- TUPOLEV Tulokaslajien leviämisen potentiaaliset haitat ja hyödyt muuttuvassa kasvin-tuotannossa (T. Hyvönen)
- PELTOSOPU Tulevaisuuden tuotanto-oloihin sopeutetut peltokasvit (Pirjo Peltonen-Sainio)
- WinClim Winter Crops for Adaptation of Cropping Systems to Climate Change: Reduc-ing Risks and Increasing Competitiveness (Pirjo Peltonen-Sainio)
- RIMAC Risk management tools for mitigating and adjusting to climate change (Kyösti Pietola)
- KAVERI Kasvintuotannon vesitalouden riskien hallinta (Ari Rajala)

- VEHMAS Peltoviljelyn vesitalouden hallinnan käytännön toimet ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi (Pirjo Peltonen-Sainio)
- MONISOPU Monipuolisella viljelykasvilajistolla kestävyyttä ja satoa muuttuvissa tuotanto-oloissa (Marjo Keskitalo)
- EMTOX Effects of climate change on emerging natural toxins in plant and seafood production (Reimund Rötter)
- MITISOPU Maataloustuotannon sopeutuminen ilmastonmuutokseen ja sen hillintätoimiin (Kristiina Regina)

4.2 Tulosten tieteellinen merkitys

Tulosten jo tähän mennessä toteutunut julkaiseminen kansainvälisissä tieteellisissä julkaisusarjoissa ja kirja-artikkeleina kertoo tutkimuksen olleen tieteellisesti korkeatasoista ja relevanttia. Yleisesti voi todeta, että tiedeyhteisö on erittäin kiinnostunut Euroopan pohjoisoloissa tehdystä tutkimuksesta, mikä johtuu niin ilmastonmuutoksen nopeasta etenemisestä kyseisillä alueilla ja sen edellyttämistä nopeista tuotannon sopeuttamistarpeista kuin myös siitä, että näissä olosuhteissa sopeuttamistoimilla ei ainoastaan turvata tulevaisuuden tuotantoedellytyksiä vaan voidaan jopa merkittävästi lisätä tuotantokykyä ja parantaa kansainvälistä kilpailuasemaa.

Liite 1. Tutkimusryhmän tähän mennessä tuottamat tieteelliset julkaisut

1. **Bärlund, I., Tattari, S., Puustinen, M., Koskiaho, J., Yli-Halla, M. and Posch, M.** 2009. Soil parameter variability affecting simulated field scale water balance, erosion and phosphorus losses. *Agricultural and Food Science* 18: 402-416.
2. **EFSA PLH Panel** 2008. Pest risk assessment and additional evidence provided by South Africa on *Guignardia citricarpa* Kiely, citrus black spot fungus – CBS1. *The EFSA Journal* 925:1-4.
3. **EFSA PLH Panel** 2009. Evaluation of a pest risk analysis on *Thaumetopoea processionea* L., the oak processionary moth, prepared by the UK and extension of its scope to the EU territory. *The EFSA Journal* 491: 1-63
4. **EFSA PLH Panel** 2009. Mortality verification of pinewood nematode from high temperature treatment of shavings. *the EFSA Journal* 1055: 1-19.
5. **Granlund, K.** 2009. Agricultural nitrogen leaching in changing climatic conditions. Manuscript for Doctoral Thesis.
6. **Hannukkala, A., Kaukoranta, T., Lehtinen, A. & Rahkonen, A.** 2007. Late blight epidemics on potato in Finland, 1933-2002: increased and earlier occurrence of epidemics associated with climate change and lack of rotation. *Plant Pathology* 56: 167-176.
7. **Himanen, S. J., Nerg, A.-M., Nissinen, A., Pinto, D. M., Stewart, C. N., Poppy, G. M., Holopainen, J.** 2009. Effects of elevated carbon dioxide and ozone on volatile terpenoid emissions and multitrophic communication of transgenic insecticidal oilseed rape (*Brassica napus*). *New Phytologist* 181: 174-186.
8. **Himanen, S. J., Nerg, A.-M., Nissinen, A., Stewart, C. N., Poppy, G., Holopainen, J. K.** 2009. Elevated atmospheric ozone increases concentration of insecticidal *Bacillus thuringiensis* (Bt) Cry1Ac protein in Bt *Brassica napus* and reduces feeding of a Bt target herbivore on the non-transgenic parent. *Environmental pollution* 157: 181-185.
9. **Kaukoranta, T., Hakala, K.** 2008. Impact of spring warming on sowing times of cereal, potato and sugar beet in Finland. *Agricultural and Food Science* 17: 165-176.
10. **Kaukoranta, T., Tahvonen, R., Ylämäki, A.** 2010. Climatic potential and risks for apple growing by 2040. *Agricultural and Food Science, in press.*
11. **Kotamäki, N., Thessler, S., Koskiaho, J., Hannukkala, A.O., Huitu, H., Huttula, T., Havento, J., Järvenpää, M.** 2009. Wireless in-situ sensor network for agriculture and water monitoring on a river basin scale in Southern Finland: evaluation from a data user's perspective. *Sensors* 4: 2862-2883.
12. **Laitinen, P.** 2009. Fate of the organophosphate herbicide glyphosate in arable soils and its relationship to soil phosphorus status. *MTT Tiede* 3, 138 p. ISBN 978-952-487-241-6 (painettu). ISBN 978-952-487-242-3 (doctoral dissertation, verkkojulkaisu).
13. **Laitinen, P., Rämö, S., Nikunen, U., Jauhiainen, L., Siimes K., Turtola, E.** 2009. Glyphosate and phosphorus leaching and residues in boreal sandy soil. *Plant and soil* 323: 267-283.
14. **Laitinen, P., Rämö, S., Siimes, K.** 2007. Glyphosate translocation from plants to soil - does this constitute a significant proportion of residues in soil? *Plant and Soil* 300: 51-60.
15. **Laitinen, P., Siimes, K., Eronen, L., Rämö, S., Welling, L., Oinonen, S., Mattsoff, L., Ruohonen-Lehto, M.** 2006. Fate of the herbicides glyphosate, glufosinate-ammonium, phenmedipham, ethofumesate and metamitron in two Finnish arable soils. *Pest management science* 62: 473-491.
16. **Laitinen, P., Siimes, K., Rämö, S., Jauhiainen, L., Eronen, L., Oinonen, S., Hartikainen, H.** 2008. Effects of soil phosphorus status on environmental risk assessment of glyphosate and glufosinate-ammonium. *Journal of environmental quality* 37: 830-838.
17. **Laurila, J., Ahola, V., Lehtinen, A., Joutsjoki, T., Hannukkala, A., Rahkonen, A., Pirhonen, M.** 2008. Characterization of *Dickeya* strains isolated from potato and river water samples in Finland. *European journal of plant pathology* 122: 213-225.
18. **Lehtinen, A., Andersson, B., Le, V., Nafarstad, R., Rastas, M., Ketoja, E., Hannukkala, A., Hermanssen, A., Nielsen, B., Hansen, J., Yuen, J.** 2009. Aggressiveness of *Phytophthora infestans* on detached potato leaflets in four Nordic countries. *Plant pathology* 58: 690-702
19. **Lehtinen, A., Hannukkala, A., Andersson, B., Hermanssen, A., Le, V. H., Naerstad, R., Brurberg, M. B., Nielsen, B. J., Hansen, J. G., Yuen, J.** 2008. Phenotypic variation in Nordic populations of *Phytophthora infestans* in 2003. *Plant pathology* 57: 227-234.
20. **Lehtinen, A., Hannukkala, A., Rantanen, T., Jauhiainen, L.** 2007. Phenotypic and genetic variation in Finnish potato-late blight populations, 1997-2000. *Plant pathology* 56, 3: 480-491.
21. **Leskinen, M., Markkula, I., Koistinen, J., Pylkkö P., Ooperi S., Siljamo.,P., Ojanen, H., Raiskio, S., Tiilikkala, K.** 2010. Pest insect immigration warning by an atmospheric dispersion model, weather radars and traps. *Journal of Applied Entomology* (in press)
22. **Lemmetty, A., Pribylova, J., Spak, J.** 2007. Phytoplasma detected in reverted black currants in Finland. *Bulletin of Insectology* 60: 135-136
23. **Lilja, A., Rytönen, A., Kokkola, M., Parikka, P., Hantula, J.** 2007. First Report of *Phytophthora ramorum* and *P. inflata* in Ornamental *Rhododendrons* in Finland. *Plant Disease* 91: 1055.

24. Linjama, J., **Puustinen, M.**, Koskiaho, J., Tattari, S., Kotilainen, H., **Granlund, K.** 2009. Implementation of automatic sensors for continuous monitoring of runoff quantity and quality in small catchments. *Agricultural and Food Science* 18: 417-427.
25. Lyytinen, A., Lindström, L., Mappes, J., Julkunen-Tiitto O, R. , Fasulati, S., **Tiilikkala, K.** 2007. Variability in host plant chemistry : behavioural responses and life-history parameters of the colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). *Chemoecology* 17:1, 51-56.
26. **Markkula, I.**, Leskinen, M., Pyökkö, P., Koistinen, J., **Ooperi S., Tiilikkala, K., Ojanen, H., Raiskio, S.** 2008. Early warning system for insect migration using weather radars. *Zemdirbyste-Agriculture* 95: 110-115.
27. Olesen, J.E., Trnka, M., Kersebaum, K.C., Skjelvåg, A.O., Seguin, B., **Peltonen-Sainio, P.**, Rossi, F., Kozyra, J., Micale, F. 2010. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy, in revision*.
28. **Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Venäläinen, A.** 2009. Comparing regional risks in producing turnip rape and oilseed rape - Today in light of long-term datasets. *Acta Agriculturae Scandinavica, B Plant and Soil Science* 59: 118-128.
29. **Peltonen-Sainio, P., Hakala, K., Jauhiainen, L., Ruosteenoja, K.** 2009. Comparing regional risks in producing turnip rape and oilseed rape - Impacts of climate change and breeding. *Acta Agriculturae Scandinavica, B Plant and Soil Science* 59: 129-138.
30. **Peltonen-Sainio, P., Rajala, A., Känkänen, H., Hakala, K.** 2009. Improving farming systems in northern European conditions. In: Edited by Victor O. Sadras and Daniel Calderini. *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. Pp. 71-97.
31. **Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Laurila, I.P.** 2009. Cereal yield trends in northern European conditions: Changes in yield potential and its realisation. *Field Crops Research* 110: 85-90.
32. **Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala, K., Ojanen, H.** 2009. Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field crop production in Finland. *Agricultural and Food Science* 18: 171-190.
33. **Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala, K.** 2009. Are there indications of climate change induced increases in variability of major field crops in the northernmost European conditions? *Agricultural and Food Science* 18: 206-226.
34. **Peltonen-Sainio, P., Hakala, K., Jauhiainen, L.** 2010. Climate induced overwintering challenges for wheat and rye in northern agriculture. *Acta Agriculturae Scandinavica, in press*.
35. **Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala, K., Ruosteenoja, K.** 2010. Growth duration and phasing, distribution of precipitation and yielding capacity of spring cereals and rapeseed in changing climate at high latitudes. *Field Crops Research, in revision*.
36. **Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala, K.** 2010. Crop responses to precipitation and elevated temperatures in cool growing conditions at high latitudes according to long-term multi-location trials. *Journal of Agricultural Science Cambridge, special issue, submitted*.
37. **Puustinen, M., Turtola, E., Kukkonen, M., Koskoiaho, J., Niinioja, R., Tattari, S.** 2010 VIHMA assessment tool for allocation of measures to control of erosion and nutrient loading from Finnish agricultural catchments. *Agricultural Water Management, submitted*.
38. Rajala, A., **Hakala, K., Mäkelä, P., Muurinen, S., Peltonen-Sainio, P.** 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. *Field Crops Research* 114: 263-271.
39. Rankinen, K., **Granlund, K., Futter, M.N., Butterfield, D., Wade, A.J., Skeffington, R., Arvola, L., Lepistö, A.** 2010. Parameter sensitivity and uncertainty analysis of INCA-N model application to two Finnish research catchments. *Science of the Total Environment, submitted*.
40. **Regina, K., Lehtonen, H., Nousiainen, J., Esala, M.** 2009. Modelled impacts of mitigation measures on greenhouse gas emissions from Finnish agriculture up to 2020. *Agricultural and Food Science* 18: 477-493.
41. Tattari, S., Koskiaho, J., **Bärlund, I.** , Jaakkola, E. 2009. Testing a river basin model with sensitivity analysis and autocalibration for an agricultural catchment in SW Finland. *Agricultural and Food Science* 18: 428-439.
42. Uhlig, S., Jestoi, M., **Parikka, P.** 2007. Fusarium avenaceum - The North European situation. *International Journal of Food Microbiology* 119: 17-24.

Liite 2. Tutkimusryhmän tuottamia muita julkaisuja

1. Andrivon, D, Andersson, B., **Hannukkala, A.**, Hermansen, A., Hansen, J.G. 2009. Evolving populations of the potato late blight pathogen *Phytophthora infestans* - does climate change matter?. *Agrifood Research Working papers* (2007):142, s. 10-11 [Url](#), Verkkojulkaisu päivitetty 3.7.2007.
2. **Granlund, K.**, Rankinen, K., Huttunen, I. & Lepistö, A. 2007. Effect of climate change on the flow regime and snow conditions in a small agricultural study catchment. *Proceedings of the Third International Conference on Climate and Water*. Helsinki, Finland 3-6 September 2007. Ed. M. Heinonen. Pp. 140-145.
3. **Granlund, K.**, Rankinen, K., Lepistö, A., Wade, A.J. and Butterfield, D. 2009. Inorganic nitrogen leaching from two Finnish research catchments under future climate conditions. *BIOGEOMON 2009. 6th International Symposium on Ecosystem Behaviour. Conference Programme & Abstracts. Working papers of the Finnish Forest Research Institute* 128.
4. **Granlund, K., Peltonen-Sainio, P., Hakala, K., Puustinen, M.** 2010. Viherkesanto maatalousmaan ravinnekuormituksen hallinnassa muuttuvissa ilmasto-oloissa. *Maataloustieteen Päivät 2010*.
5. **Hannukkala, A.** 2007. Epidemiology of alien pests in Finnish agriculture : recent case studies. In: *Alien species : environment, biorisks, future : Fifth Environment Symposium of the Maj and Tor Nessling Foundation* 18-19 January 2007 Arken, Turku, Finland. Maj and Tor Nessling Foundation. p. 18. [Url](#)
6. **Hannukkala, A., Lehtinen, A., Kaukoranta, T.,** Rahkonen, A. 2008. Climate change and potato late blight, *Phytophthora infestans*. In: *Advances in Plant Protection Strategies. International Plant Protection Conference. Druskininkai, Lithuania, 10-12 September 2008. Book of Abstracts.* p. 31.
7. **Hannukkala, A., Latvala-Kilby, S.** 2007. Maltokaarivirus - tieto lisää tuskaa. *Suomen perunaseuran julkaisu* (2007):1/2007, 2 p.
8. **Hannukkala, A., Lehtinen, A.,** Andersson, Hermansen, A., Le, V.H., Nærstad, R., Brurberg, M.B., Nielsen, B.J., Hansen, J.G., Yuen, J. 2007. NorPhyt - Studies on the Nordic Blight population. In: *Asko Hannukkala and Marjo Segerstedt (eds.). New and old pathogens of potato in changing climate Proceedings of the EAPR Pathology Section seminar, 2.-6th of July 2007, Hattula, Finland. Agrifood Research Working papers* 142: s. 21.
9. **Hyvönen, T.,** Glemnitz, M., RadicS, L., Hoffmann, J., Czimmer, G. 2008. Occurrence of Weed Species along a Climate Gradient in Europe. In: *Abstracts of the 5th International Weed Science Congress. Weeds -local problems/global challenge. Vancouver, British Columbia, Canada, June 23-27, 2008. Vancouver: IWSS.* p. 286. (abstrakti).
10. **Huusela-Veistola, E.** 2009. Kirpat ovat kuivan kevään riesa. *Maaseudun Tiede* 66, 2(1.6.2009): 14. <<http://www.mtt.fi/maaseuduntiede/pdf/mtt-mt-v66n02s14a.pdf>>
11. **Huusela-Veistola, E.** 2007. Overview of vectors of cereal viruses in Finland. In: *NJF Seminar 402 : Virus vector management in a changing climate, preliminary report, Kristianstad, Sweden, 9-11 October 2007.* p. 43-44.
12. **Huusela-Veistola, E.** 2007 Pitääkö varautua tuhoeläinten yleistymiseen ilmaston muuttuessa. *Kasvinsuojeluseuran julkaisuja* (2007), p. 112-118.
13. **Jalli, M., Laine, P.,** Heinonen, U. 2009. Taudinaiheuttajan muuntelu haastaa verkkolaikun torjunnan. *Maaseudun Tiede* 66, 2(1.6.2009): 15.
14. Jauni, M., **Hyvönen, T.** 2009. The occurrence of alien plant species in field margins in Finland. In: *3rd Workshop of the EWRS Working Group. Weeds and biodiversity. Lleida (Spain) 12-13 March 2009. Lleida: EWRS.* p. 60-61. (posteriabstrakti).
15. **Koivisto, A., Tahvonen, R., Lehtonen, H. & Kaukoranta, T.** 2009. Suomen puutarhatalous muuttuvassa ilmastossa. Käsikirjoitus. 13 s. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus 2009.
16. **Latvala-Kilby, S.,** Aura, M.A., Pupola, N., **Hannukkala, A.,** Valkonen, J.P.T. 2007. Strains and distribution of Potato mop-top virus in Finland and other countries of the Baltic Sea region. In: *Asko Hannukkala and Marjo Segerstedt (eds.). New and old pathogens of potato in changing climate : Proceedings of the EAPR Pathology Section seminar, 2.-6th of July 2007, Hattula, Finland. Agrifood Research Working papers* 142: s. 27. [[Url](#)] Verkkojulkaisu päivitetty 3.7.2007 [Abstract]
17. **Latvala-Kilby, S.,** Aura, J., Pupola, N., **Hannukkala, A.,** Valkonen, J. 2009. Detection of Potato mop-top virus in Potato Tubers and Sprouts: Combinations of RNA2 and RNA3 Variants and Incidence of Symptomless Infections. *Phytopathology* 99, 5: 519-531.
18. **Laurila, J., Lehtinen, A.,** Ahola, V., Pasanen, M., **Hannukkala, A., Pirhonen, M.** 2007. Characterisation of *Dickeya* (*Erwinia chrysanthemi*) strains causing potato blackleg and soft rot in Finland. *Agrifood Research Working papers* (2007):142, s. 34 [Url](#), Verkkojulkaisu päivitetty 3.7.2007.
19. **Lehtinen, A., Hannukkala, A.,** Rastas, M. 2007. Ruton munaitiöt seuranamme. *Suomen perunaseuran julkaisu* (2007):1/2007, 2 p.
20. **Lemmetty, A.** 2007. Fytoplasma haitaksi vai hyödyksi? *Puutarha & kauppa* 11 (11): 10.
21. **Lemmetty, A.** 2008. Tomaatin keltakäppyrälehtivirus lähestyy jo. *Puutarha & kauppa* 12 (13): 8.
22. **Lemmetty, A. Nissinen, A.** 2009. Porkkanalle uusi tauti. *Puutarha & kauppa* 13 (11): 27.

23. **Lemmetty, A., Vänninen, I.** 2008. Biotypes Q and B of Bemisia tabaci are both entering Nordic countries in poinsettia cuttings. In: Dirk Janssen, chair. Abstracts.EWS3. 3rd European Whitefly Symposium.Aguadulce, Spain, 20-24 Oct. 2008. Aguadulce: p. 121. (posteriabstrakti)
24. **Markkula, I.** 2009. Monitoring networks of pests in crop production. Suomen ympäristö (2009):12/2009, 58.
25. **Markkula, I.** 2007. Forecasting Rhopalosiphum padi in Finland and experiences of POMO-project. In: NJF Seminar 402 : Virus vector management in a changing climate, Preliminary report, october 9-11, 2007, Kristianstad, Sweden. p. 73
26. **Markkula, I., Pylkkö, P., Leskinen, M., Ojanen, H., Ooperi, S., Tiilikkala, K., Koistinen, J.** 2008. Insect Migration Case Study by Polarimetric Radar. In: ERAD 2008 : Fifth European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology.Helsinki, Finland. 30 June - 4 July 2008.Proceedings of ERAD 2008. p. 38-39. Url
27. **Markkula, I., Ojanen, H.** 2009. Forecasting and monitoring of carrot fly (Psila rosae) in Finland. In: Ad hoc EPPO Workshop on Carrot Fly (Psila rosae), Lelystad 3.2.2009.Programme, Abstracts and Partisipants. 1p.
28. **Markkula, I., Leskinen, M., Pylkkö, P., Koistinen, J., Ooperi, S., Tiilikkala, K., Ojanen, H., Raiskio, S.** 2009. Detection of aphid migrations in Finland. In: 8th International Symposium on Aphids.Programme and Abstracts. Catania, Italy, 8-12 June 2009. p. 44-14.
29. **Markkula, I., Ojanen, H., Tiilikkala, K., Raiskio, S., Pylkkö, P., Koistinen, J., Leskinen, M., Ooperi, S.** 2008. Insect Migration Case Study by Polarimetric Radar. In: ERAD 2008 : Fifth European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology.Helsinki, Finland. 30 June - 4 July 2008.Proceedings of ERAD 2008. [5 p.]. Url
30. **Markkula, I., Leskinen, M., Pylkkö, P., Koistinen, J., Ooperi, S., Tiilikkala, K., Ojanen, H., Raiskio, S.** 2008. Warning system for insect migration using weather radars. In: Advances in Plant Protection Strategies. International Plant Protection Conference.Druskininkai, Lithuania, 10-12 September 2008.Books of Abstracts. p. 47.
31. **Markkula, I.** 2007. Forecasting Rhopalosiphum padi in Finland and experiences of POMO-project. In: NJF Seminar 402 : Virus vector management in a changing climate, Preliminary report, october 9-11, 2007, Kristianstad,
32. **Markkula, I., Tapola, A., Ojanen, H., Raiskio, S., Tiilikkala, K.** 2007. Pest Database - a tool to measure climate change. NJF Report 3(2007):2/2007,p. 124.
33. Nordskog, B., Jönsson, B., Meadow, R., Kobro, S., Eikemo, H. , Paaske, K., **Markkula, I., Hermansen, A., Brodal G.** 2007. Forecasting methods for horticultural pests and diseases in the Nordic countries. NJF Report 3(2007):2/2007, p. 113-114.
34. **Parikka, P., Lemmetty, A.** 2008. Colletotrichum acutatum-infection and survival in alternative hosts. In: COST863.WG2 and WG3 Joint SGM.Plant health in changing environment.MTT Agrifood Research Finland, Jokioinen 19-20 May, 2008. Jokioinen: p. 5. (abstrakti).
35. **Puustinen, M., Granlund, K., Salo, T., Tattari, S., Väisänen, S., Koskiaho, J. Linjama,** 2010. Maatalouden veiensuojelutoimenpiteiden vaikutukset muuttuvissa ilmasto-oloissa. Maataloustieteen Päivät 2010.
36. Pylkkö, P., Koistinen, J., **Markkula, I., Ojanen, H., Tiilikkala, K., Raiskio, S., Leskinen, M., Ooperi, S.** 2008. Alarm System for Insect Migration using Weather Radars . In: ERAD 2008 : Fifth European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology.Helsinki, Finland. 30 June - 4 July 2008.Proceedings of ERAD 2008.[1p.].Url **Sweden.** p. 73-74.
37. **Ruuttunen, P.,** Ahtiainen, J., Alakukku, L., Andersson, M., Hartikainen, H., Heinonen-Tanski, H., Laatikainen, T., **Laitinen, P.,** Mecke, M., Mäntykoski, K., Niemi, M., Rahkonen , A., Rämö, S., **Siimes, K.** 2007. Environmental risks of long-term use of pesticides in Finnish potato fields. In: Erling Flöistad, coordnating editor. European Weed Research Society : 14th EWRS Symposium 17-21 June 2007, Hamar - Norway. EWRS. p. 45.
38. **Salonen, J., Hyvönen, T.** 2009. Repeated surveys in Finland follow the changes of weed flora in spring cereal fields. In: 3rd Workshop of the EWRS Working Group.Weeds and Biodiversity.Lleida (Spain) 12-13 March 2009. Lleida: EWRS. p. 70-71. (posteriabstrakti).
39. **Tiilikkala, K.** 2008 Ilmaston muutos haastaa kasvinsuojelun osaajat ja päättäjät. Kasvinsuojelulehti 41(2008): 1/2008,3.
40. **Tiilikkala, K., Hannukkala, A., Ooperi, S.** 2008 Ilmaston muutos lisää kasvinsuojelun riskejä. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote (2008):24,p.70
41. **Tiilikkala, K.** 2007. Warming climate - new pests may fling the EU pesticide strategy. In: NJF 23rd Congress 2007 : Trends and perspectives in agriculture, Copenhagen, June 26 - 29, 2007. NJF Report 3, 2/2007: p. 112-118. (Abstract).
42. Zemek, R., **Huusela-Veistola, E.** 2009. Aceria carvi - potential thread for caraway production in Europe?. In: Edited by: Eric Palevsky et al.. Working Group "Integrated Control of Plant-Feeding Mites" : Proceedings of a Meeting at Florence (Italy), 9 - 12 March, 2009. IOBC/wprs Bulletin 50: p. 131-134