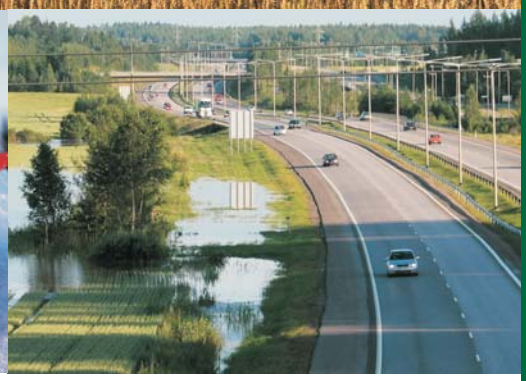
Maa- ja metsätalousministeriö



Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia

MMM:n julkaisuja 1/2005

Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia

MMM:n julkaisuja 1/2005

Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia

Julkaisun nimi: Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia

Julkaisija: Maa- ja metsätalousministeriö

Tekijät: Veikko Marttila, Heikki Granholm, Jussi Laanikari,
Tiia Yrjölä, Aimo Aalto, Pirkko Heikinheimo, Juha Honkatuki,
Heikki Järvinen, Jari Liski, Raija Merivirta, Mikko Paunio

Kannen kuvat: Hannu Huttu/Kuvaliiteri, Vesa Greis/Kuvaliiteri
Pekka Väisänen/Maa- ja metsätalousministeriö

MMM:n julkaisuja 1/2005

Taitto: PixPoint ky

Paino: Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala 2005

ISSN 1238-2531

ISBN 952-453-200-X

Kuvailulehti

Julkaisija	Maa- ja metsätalousministeriö	Julkaisuaika tammikuu 2005
Tekijä(t)	Veikko Marttila, Heikki Granholm, Jussi Laanikari, Tiia Yrjölä, Aimo Aalto, Pirkko Heikinheimo, Juha Honkatukia, Heikki Järvinen, Jari Liski, Raija Merivirta, Mikko Paunio	
Julkaisun nimi	Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia	
Tiivistelmä	Eduskunnan vastauksessa hallituksen selontekona eduskunnalle maaliskuussa 2001 annettuun kansalliseen ilmastostrategiaan esitettiin tarve laatia ilmastomuutoksen sopeutumisohjelma. Sopeutumisstrategian valmistelu käynnistyi vuoden 2003 jälkipuoliskolla maa- ja metsätalousministeriön johdolla. Valmisteluun osallistuivat lisäksi edustajat liikenne- ja viestintäministeriöstä, kauppa- ja teollisuusministeriöstä, sosiaali- ja terveysministeriöstä, ympäristöministeriöstä, ulkoasianministeriöstä sekä Ilmatieteen laitoksesta ja Suomen ympäristökeskuksesta. Ministeriöt vastasivat kukin omien toimialakohtaisten tarkasteluidensa tekemisestä. Sopeutumisstrategiaa laadittaessa on nojauduttu olemassa olevaan tutkimustietoon sekä asiantuntija-arvioihin ja -näkemyksiin. Sopeutumisstrategian valmisteluun osallistui mainittujen tahojen lisäksi suuri joukko maamme johtavia ilmastomuutoksen ja sen vaikutusten tutkijoita, muita asiantuntijoita sekä eri toimialojen edustajia. Strategiaehdotukseen saatujen useiden eri tahojen ja henkilöiden lähettämät kommentit otettiin huomioon strategian viimeistelyssä. Kasvihuonekaasujen pitoisuuden kasvu ilmakehässä lämmittää maapalloa ja johtaa muutoksiin maapallon ilmastojärjestelmässä. Ilmatieteen laitos kokosi ilmastonmuutosskenaariot pohjautuen olemassa olevaan mm. FINSKEN -hankkeessa tuotettuun aineistoon. Arviot tulevaisuuden ilmastonmuutoksesta Suomessa ennakoivat keskilämpötilan nousevan vuoteen 2080 mennessä enimmillään jopa 4–6°C ja keskimääräisen sademäärän kasvavan 15–25 %. Samalla arvioidaan sääilmiöiden äärimuotojen kuten myrskyjen, kuivuusjaksojen ja rankkasateiden runsastuvan. Valtion taloudellinen tutkimuslaitos laati työtä varten taustaselvityksen talouden pitkän aikavälin skenaarioista, ja Suomen ympäristökeskus selvitti luonnonolojen tulevia kehitystrendejä. Strategia kuvaa ilmastonmuutoksen vaikutuksia seuraavilla toimialoilla: maatalous- ja elintarviketuotanto, metsätalous, kalatalous, porotalous, riistatalous, vesivarat, luonnon monimuotoisuus, teollisuus, energia, liikenne, alueidenkäyttö ja yhdyskunnat, rakentaminen, terveys, matkailu ja luonnon virkistyskäyttö sekä vakuutustoiminta. Strategiassa esitetään arviot nykyisestä kyvystämme sopeutua ilmastonmuutokseen ja hahmotetaan toimenpiteitä, joilla sopeutumista voidaan parantaa. Näin pyritään vähentämään kielteisiä seurauksia ja käyttämään hyväksi ilmastonmuutoksen suotuisten vaikutusten tarjoamia mahdollisuuksia. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja sopeutumista koskeva tiedontaso on vielä puutteellinen, joten sopeutumisstrategiassa esitetään myös tutkimusohjelman käynnistämistä. Ilmastonmuutoksen sopeutumisstrategia on laadittu erillisenä ja kokonaisvaltaisena selvityksenä. Sen keskeinen sisältö sisällytetään vuonna 2005 ajantasaistettavaan kansalliseen ilmasto- ja energiastrategiaan.	
Asiasanat	Ilmastonmuutos, skenaariot, vaikutukset, sopeutuminen, maatalous- ja elintarviketuotanto, metsätalous, kalatalous, porotalous, riistatalous, vesivarat, luonnon monimuotoisuus, teollisuus, energia, liikenne, alueidenkäyttö ja yhdyskunnat, rakentaminen, terveys, matkailu ja luonnon virkistyskäyttö, vakuutustoiminta.	
Julkaisusarjan nimi ja numero	MMM:n julkaisuja 1/2005	
	ISSN 1238-2531	ISBN 952-453-200-X
	Sivuja 272	Kieli Suomi
Julkaisun myynti/ jakaja	Maa- ja metsätalousministeriö	
Painopaikka ja -aika	Vammalan kirjapaino Oy, Vammala 2005	

Presentationsblad

<table>
<tr><td>Utgivare</td><td>Jord- och skogsbruksministeriet</td><td>Datum Januari 2005</td></tr>
<tr><td>Författare</td><td colspan="2">Veikko Marttila, Heikki Granholm, Jussi Laanikari, Tiia Yrjölä, Aimo Aalto, Pirkko Heikinheimo, Juha Honkatukia, Heikki Järvinen, Jari Liski, Raija Merivirta, Mikko Paunio</td></tr>
<tr><td>Publikationens titel</td><td colspan="2">Nationell strategi för anpassning till klimatförändringen</td></tr>
<tr><td>Sammandrag</td><td colspan="2">I riksdagens svar på den nationella klimatstrategin, som utarbetats som regeringens redogörelse till riksdagen i mars 2001, lyftes fram behovet av att utarbeta ett program för anpassning till klimatförändringen. Beredningen av anpassningsstrategin startade under senare hälften av år 2003 under ledning av jord- och skogsbruksministeriet. I beredningen deltog dessutom representanter från trafik- och kommunikationsministeriet, handels- och industriministeriet, social- och hälsovårdsministeriet, miljöministeriet, utrikesministeriet och Meteorologiska institutet och Finlands miljöcentral. Varje ministerium ansvarade för sina egna sektorspecifika analyser.

Utarbetandet av anpassningsstrategin har baserat sig på redan existerande forskningsresultat och expertutredningar och -synpunkter. I beredningen av anpassningsstrategin deltog förutom de ovannämnda även flera av Finlands ledande forskare i klimatförändringen och dess verkningar, andra experter samt representanter för olika branscher. Flera olika organisationer och personer sände kommentarer till strategiförslaget och dessa togs i beaktande vid finslipningen av strategin.

De allt större halterna av växthusgaser i atmosfären värmer jordklotet och leder till förändringar i jordklotets klimatsystem. Meteorologiska institutet sammanställde klimatförändringsscenariena på basis av bl.a. existerande material som producerats i FINSKEN-projektet. Om uppskattningarna av framtidens klimatförändringar i Finland håller streck, stiger medeltemperaturen som högst med hela 4–6°C före år 2080 och den genomsnittliga regnmängden ökar med 15–25 %. Samma prognoser förutspår att extrema väderfenomenen såsom stormar, perioder av torka och störtregn förekommer allt oftare. Statens ekonomiska forskningscentral utarbetade en bakgrundsutredning om långsiktiga ekonomiska scenarier för strategin och Finlands miljöcentral utredde kommande utvecklingstrender för naturförhållanden.

Strategin beskriver klimatförändringens verkningar inom följande branscher: jordbruk och livsmedelsproduktion, skogsbruk, fiskerihushållning, renskötsel, vilthushållning, vattentillgångarna, biodiversitet, industri, energi, trafik, markanvändning och samhällen, byggande, hälsa, turism och rekreation samt försäkringsverksamhet. I strategin presenteras uppskattningar om vår förmåga att anpassa oss till klimatförändringen och utarbetas åtgärder med vilka anpassningen kan förbättras. På det här sättet syftar man till att minska de negativa följderna och utnyttja klimatförändringens gynnsamma effekter. Kunskaperna om klimatförändringens effekter och anpassningen är ännu bristfälliga, varför det föreslås i anpassningsstrategin att ett forskningsprogram skall startas.

Strategin för anpassning till klimatförändringen har utarbetats som en separat och helhetsinriktad utredning. Dess centrala innehåll kommer att ingå i den nationella klimat- och energistrategin som skall uppdateras år 2005.</td></tr>
<tr><td>Nyckelord</td><td colspan="2">Klimatförändring, scenarier, verkningar, anpassning, jordbruk och livsmedelsproduktion, skogsbruk, fiskerihushållning, renskötsel, vilthushållning, vattentillgångarna, biodiversitet, industri, energi, trafik, markanvändning och samhällen, byggande, hälsa, turism och rekreation, försäkringsverksamhet.</td></tr>
<tr><td>Publikationsserie och nummer</td><td colspan="2">JSM:s publikationer 1/2005</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>ISSN 1238-2531</td><td>ISBN 952-453-200-X</td></tr>
<tr><td>Sidantal 272</td><td>Språk Finska</td></tr>
<tr><td>Beställningar/ distribution</td><td colspan="2">Jord- och skogsbruksministeriet</td></tr>
<tr><td>Tryckort och -tid</td><td colspan="2">Vammalan kirjapaino Oy, Vammala 2005</td></tr>
</table>

Documentation page

Publisher	Ministry of Agriculture and Forestry	Date January 2005
Author(s)	Veikko Marttila, Heikki Granholm, Jussi Laanikari, Tiia Yrjölä, Aimo Aalto, Pirkko Heikinheimo, Juha Honkatukia, Heikki Järvinen, Jari Liski, Raija Merivirta, Mikko Paunio	
Title of publication	Finland's National Strategy for Adaptation to Climate Change	
Abstract	The Parliament's reply to the National Climate Strategy submitted to the Parliament in March 2001 identified the need to draft a programme for adaptation to climate change. The preparation of the National Strategy for Adaptation to Climate Change was started in the latter part of 2003. The work was coordinated by the Ministry of Agriculture and Forestry and representatives from the Ministry of Traffic and Communications, Ministry of Trade and Industry, Ministry of Social Affairs and Health, Ministry of the Environment, Ministry for Foreign Affairs, Finnish Meteorological Institute and Finnish Environment Institute took part in the preparation. Each Ministry was responsible for assessing the impacts and identifying adaptation measures in its own sector. The adaptation strategy was based on the available research information and expert assessments and judgements. A large number of leading Finnish researchers of climate change and its impacts, other experts and representatives of different sectors were involved in the preparation process. The comments sent by stakeholders were also taken into account in finalising the strategy. The increase in the greenhouse gas concentration in the atmosphere leads to global warming and changes in the climate systems. The Finnish Meteorological Institute compiled the climate change scenarios based on the existing international and national data. According to the estimates on the future climate change in Finland, by 2080 the average temperature could rise by 4 - 6°C and the average precipitation would grow by 15 - 25 %. Extreme weather events, such as storms, droughts and heavy rains, are likely to increase. The Government Institute for Economic Research drew up a background study on the long-term scenarios for the economy and the Finnish Environment Institute examined the future development trends in natural conditions. The strategy describes the impacts of climate change in the following sectors: agriculture and food production, forestry, fisheries, reindeer husbandry, game husbandry, water resources, biological diversity, industry, energy, traffic, land use and communities, building, health, tourism and recreation, and insurance. The strategy describes the present sensitivity to climate change and outlines actions and measures to improve the capacity and to adapt to future climate change. The strategy aims at reducing the negative consequences and taking advantage of the opportunities associated with climate change. The adaptation strategy includes a proposal on starting a research programme. The Strategy for Adaptation to Climate Change was drawn up as a self-standing and comprehensive work. The main content will be included in the National Climate and Energy Strategy to be updated in 2005.	
Keywords	Climate change, scenarios, impacts, adaptation, agriculture and food production, forestry, fisheries, reindeer husbandry, game husbandry, water resources, biological diversity, industry, energy, traffic, land use and communities, building, health, tourism and recreation, insurance	
Publication series and number	Publications of the Ministry of Agriculture and Forestry 1/2005	
	ISSN 1238-2531	ISBN 952-453-200-X
	No. of pages 272	Language Finnish
For sale at/ distributor	Ministry of Agriculture and Forestry	
Printing place and year	Vammalan kirjapaino Oy, Vammala, Finland, 2005	

Sisällys

1. SOPEUTUMISSTRATEGIAN TAUSTA JA TAVOITTEET 9
1.1. Tausta 9
1.2. Strategian lähtökohdat ja rajaukset 11
1.3. Strategian tavoitteet 14

2. TULEVAISUUDEN SKENAARIOT 15
2.1. Ilmastonmuutoksen skenaariot 15
2.1.1. Muutokset maailmanlaajuisesti 15
2.1.2. Muutokset Suomessa 19
2.1.3. Yksityiskohtaiset muutokset Suomessa 24
2.2. Sosio-ekonomiset skenaariot Suomessa 33
2.2.1. Johdanto 33
2.2.2. Tarkasteltavat vaihtoehdot 34
2.2.3. Skenaariolaskelmat 43
2.3. Luonnonjärjestelmät 50
2.3.1. Maaperä 50
2.3.2. Vesi 51
2.3.3. Ilma 52
2.3.4. Kasvit ja eläimet 57

3. ILMASTOMUUTOKSEN VAIKUTUKSET 60
3.1. Vaikutukset maailmanlaajuisesti ja Euroopassa 60
3.2. Vaikutukset Suomessa 63
3.2.1. Luonnonvarojen käyttö 63
3.2.1.1. Maatalous- ja elintarviketuotanto 63
3.2.1.2. Metsätalous 69
3.2.1.3. Kalatalous 77
3.2.1.4. Porotalous 86
3.2.1.5. Riistatalous 94
3.2.1.6. Vesivarat 102
3.2.2. Luonnon monimuotoisuus 110
3.2.3. Teollisuus 115
3.2.4. Energia 120
3.2.5. Liikenne ja tietoliikenne 130
3.2.6. Alueidenkäyttö ja yhdyskunnat 138
3.2.7. Rakentaminen ja rakennukset 143
3.2.8. Terveys 146
3.2.9. Matkailu ja luonnon virkistyskäyttö 153
3.2.10. Vakuutustoiminta 156

4. SOPEUTUMINEN ILMASTONMUUTOKSEEN 161
4.1. Toimialakohtainen sopeutuminen **161**
4.1.1. Luonnonvarojen käyttö 161
4.1.1.1. Maatalous- ja elintarviketuotanto 161
4.1.1.2. Metsätalous 165
4.1.1.3. Kalatalous 171
4.2.1.4. Porotalous 176
4.2.1.5. Riistatalous 180
4.1.1.6. Vesivarat 184
4.1.2. Luonnon monimuotoisuus 190
4.1.3. Teollisuus 196
4.1.4. Energia 199
4.1.5. Liikenne ja tietoliikenne 203
4.1.6. Alueidenkäyttö ja yhdyskunnat 209
4.1.7. Rakennukset ja rakentaminen 213
4.1.8. Terveys 217
4.1.9. Matkailu ja luonnon virkistyskäyttö 222
4.1.10. Vakuutustoiminta 225
4.2. Sopeutumistarve maapallon muilla alueilla tapahtuviin muutoksiin . 229
4.2.1. Eri maiden kyky sopeutua ilmastonmuutokseen 230
4.2.2. Ilmastonmuutoksen maapallonlaajuisten vaikutusten ja sopeutumisen liittymäkohdat toimialoihin Suomessa 231
4.2.3. Sopeutumistoimenpiteet sekä toiminta- ja rahoitusmekanismit 231
4.2.4. Sopeutumisen kytkennät päästöjen rajoittamiseen 233
4.3. Läpileikkaavia kysymyksiä 233
4.3.1. Hallinnon valmiuksien kehittäminen 233
4.3.2. Havainnointi- ja varoitusjärjestelmät 236
4.3.3. Tutkimus- ja kehittämistoiminta 241
4.3.4. Koulutus ja viestintä 245

5. SOPEUTUMISSTRATEGIAN VAIKUTUKSET JA SEURANTA 247
5.1. Sopeutumisstrategian vaikutukset 247
5.2. Seuranta 248

LÄHTEET 251

LIITE: IPCC:N PÄÄSTÖSKENAARIOT 270

1. Sopeutumisstrategian tausta ja tavoitteet

1.1. Tausta

Valtioneuvosto antoi kansallisen ilmastostrategian eduskunnalle selontekona maaliskuussa 2001. Eduskunta totesi selontekoa koskevassa lausunnossaan kesäkuussa 2001, että selonteon pohjalta voidaan aloittaa Suomen ilmasto-ohjelman toteuttaminen. Eduskunnan vastaukseen sisältyi tarve laatia ilmastomuutokseen sopeutumisohjelma.

Kauppa- ja teollisuusministeriö laati yhteistyössä muiden ministeriöiden kanssa eduskunnalle selvityksen kansallisen ilmastostrategian toimenpiteistä vuoden 2003 alussa. Selvityksessä todettiin, että kansallista ilmastostrategiaa uudistettaessa siihen sisällytetään erillinen ilmastomuutoksen sopeutumisohjelma. Selvityksessä todettiin edelleen, että sopeutumistoimia suunniteltaessa on otettava huomioon seuraavat näkökohdat:

- Hankitaan tarvittava tietopohja ilmastomuutoksen Suomeen kohdistuvista vaikutuksista. Sekä suorista että epäsuorista vaikutuksista tarvitaan tietoa. Myös erilaiset epävarmuustekijät on otettava riittävästi huomioon. Sopeutumisohjelma edellyttää ensi vaiheessa tähän tähtäävän tutkimuksen toteuttamista.

- Tarvetta eri sopeutumistoimiin arvioidaan eri sektoreilla. Valmistelussa nostetaan alustavasti esiin kriittiset sektorit ja vaikutukset. Erityistä huomiota mahdollisesti vaativia sektoreita ovat esim. maa- ja metsätalous, luonnonsuojelu ja turismi[1].

- On myös tarpeen pohtia, missä määrin sopeutumistoimia suunniteltaessa otetaan huomioon myös tarve varautua ja sopeutua maapallon muilla alueilla tapahtuviin kielteisiin vaikutuksiin.

Ilmasto- ja energiapoliittista ministerityöryhmää avustava yhdysverkko päätti, että maa- ja metsätalousministeriö toimii kokoavana ministeriönä sopeutumisstrategian[2] laatimisessa. Valmistelua varten perustettiin ryhmä, johon kutsuttiin edustajat

[1] Nämä toimialat määriteltiin ennen työryhmän työtä.
[2] Eduskunta käytti termiä sopeutumisohjelma, mutta työn luonteesta johtuen kyseessä on kansallinen sopeutumisstrategia, joka ei pidä sisällään esitettyjen toimenpiteiden tarkkaa ajoittamista tai määrärahaesitystä.

maa- ja metsätalousministeriöstä, kauppa- ja teollisuusministeriöstä, ympäristöministeriöstä, liikenne- ja viestintäministeriöstä, sosiaali- ja terveysministeriöstä, ulkoasianministeriöstä sekä Ilmatieteen laitoksesta ja Suomen ympäristökeskuksesta. Ministeriöt vastasivat kukin omien toimialakohtaisten tarkasteluidensa tekemisestä. Ilmastonmuutosskenaariot kokosi Ilmatieteen laitos pohjautuen olemassa olevaan muun muassa FINSKEN-hankkeessa tuotettuun aineistoon[3]. Valtion taloudellinen tutkimuslaitos laati työtä varten taustaselvityksen talouden pitkän aikavälin skenaarioista. Sopeutumisstrategian valmistelun edistymisestä raportoitiin ilmasto- ja energiapoliittiselle ministerityöryhmälle.

Sopeutumisstrategian valmistelu käynnistyi vuoden 2003 jälkipuoliskolla. Eri toimialoilla järjestettiin laaja-alaisia seminaareja, joissa hahmoteltiin odotettavissa olevia ilmastomuutoksen vaikutuksia ja niihin sopeutumista sekä toisaalta eri osapuolten osallistumista ja näkökulmia sopeutumisstrategian valmisteluun. Sopeutumisstrategiaa laadittaessa on nojauduttu olemassa olevaan tutkimustietoon sekä asiantuntija-arvioihin ja -näkemyksiin. Sopeutumisstrategia valmisteluun osallistui mainittujen tahojen lisäksi suuri joukko maamme johtavia ilmastomuutoksen ja sen vaikutusten tutkijoita, muita asiantuntijoita sekä eri toimialojen edustajia. Eräänä yhteistyötahona on ollut ympäristöministeriön ympäristöklusteriohjelmaan kuuluva ilmastomuutoksen sopeutumista selvittävä ns. FINADAPT-tutkimushanke[4], jota koordinoi Suomen ympäristökeskus. Arktisen neuvoston toimeksiannosta valmistui vuoden 2004 lopussa laaja-alainen kuvaus ilmastonmuutoksen vaikutuksista arktisilla alueilla.

Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia -ehdotus esiteltiin avoimessa seminaarissa lokakuussa 2004. Luonnos lähetettiin kommentoitavaksi laajasti eri tahoille, ja se oli kansalaisten kommentoitavana internetin välityksellä. Strategiaa kommentoivat yli 50 tahoa tai henkilöä. Strategia viimeisteltiin saatujen kommenttien pohjalta.

Kansallinen ilmastostrategia uusitaan vuoden 2005 alkupuolella. Ilmastonmuutoksen sopeutumisstrategia laadittiin erillisenä ja kokonaisvaltaisena selvityksenä, jonka keskeiset asiakohdat sisällytetään uuteen kansalliseen ilmasto- ja energiastrategiaan.

---

[3] FINSKEN-hanke (1999 - 2002) oli osa Suomen Akatemian Globaalimuutoksen tutkimusohjelmaa (FIGARE). FINSKEN-hanke tuotti yhdenmukaisia globaalimuutosskenaarioita Suomelle vuoteen 2100 asti muun muassa ilmakehän koostumuksesta, happamoittavasta laskeumasta, ilmastonmuutoksesta ja merenpinnasta.

[4] Suomalaisen ympäristön ja yhteiskunnan kyky sopeutua ilmastonmuutokseen (FINADAPT)

1.2. Strategian lähtökohdat ja rajaukset

Maapallon ilmakehän kasvihuonekaasujen, erityisesti hiilidioksidinpitoisuuden lisääntyminen lämmittää maapalloa. Ihmiskunnan aiheuttama ilmakehän koostumuksen muutos jatkuu tällä vuosisadalla kiihdyttäen jo käyntiin lähtenyttä maapallon ilmastonmuutosta. Suomessa ilmastonmuutoksen odotetaan nostavan keskimääräistä lämpötilaa, lisäävän sateisuutta etenkin talvisin sekä muuttavan ilmastollisten ääri-ilmiöiden voimakkuutta ja/tai esiintymistiheyttä. Ilmastomuutokseen suuruuteen, ajoittumiseen ja vaikutuksiin, sekä yhteiskunnan pitkän aikavälin kehitykseen liittyy monia epävarmuuksia.

Ilmastonmuutokseen sopeutumisella ymmärretään luonnon ja ihmisen mukautumista odotettuihin ja jo tapahtuneisiin ilmastollisiin muutoksiin joko hyödyntämällä etuja tai minimoimalla haittoja. Taulukossa 1.1 on esitetty kansallisessa sopeutumisstrategiassa sovellettavia ilmastonmuutokseen ja sopeutumiseen liittyviä keskeisiä käsitteitä.

Tärkein keino vähentää ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja siten sopeutumistarvetta ilmastonmuutokseen on kasvihuonekaasujen päästöjen hillitseminen maailmanlaajuisesti. Sopeutumisstrategiassa ei ole arvioitu mahdollisten tulevien hillitsemistoimien merkitystä ilmastonmuutoksen skenaarioihin tai tuleviin ilmastonmuutoksen vaikutuksiin ja tarvittaviin sopeutumistoimiin.

Myös ilmastomuutoksen vaikutukset, herkkyys ja sopeutumiskyky vaihtelevat maapallon eri osien kesken. Ilmastonmuutoksen vaikutukset kohdistuvat vaihtelevasti eri toimialoihin ja kohderyhmiin, ja niissä on eroja, kuinka haavoittuvia ne ovat ilmastonmuutokselle. Ilmastonmuutoksen odotetaan aiheuttavan selkeästi haitallisia vaikutuksia, mutta se voi tuottaa myös etuja joillekin toimialoille, ainakin lyhyellä aikavälillä. Ilmastonmuutoksen vaikutuksiin liittyy merkittäviä riskejä. Haittojen ja etujen tai riskien arvottaminen sekä niiden yhteismitallinen vertailu on vaikeaa.

Koska käyntiin lähtenyt ilmastonmuutos toteutuu viiveellä, nykypäivänä tehtävät päätökset ja toimenpiteet vaikuttavat pitkälle tulevaisuuteen. Strategiassa on pyritty luomaan käsitys tulevista haasteista vuoteen 2080 saakka pitkän aikavälin ilmastoskenaarioiden, taloudellista kehitystä kuvaavien skenaarioiden sekä luonnonjärjestelmien kuvauksen avulla.

Taulukko 1.1. Ilmastonmuutoksen sopeutumisstrategiassa käytettyjä keskeisiä käsitteitä ja niiden englanninkieliset vastineet.

Vaikutus – Impact
Ilmastonmuutoksen vaikutus ihmis- ja luonnonjärjestelmiin. Vaikutukset voidaan jakaa potentiaalisiin vaikutuksiin (potential), jotka eivät ota sopeutumista huomioon ja jäännösvaikutuksiin (residual impacts), jotka ottavat sopeutumisen huomioon. Vaikutus voi olla etu tai haitta, suora tai epäsuora.

Herkkyys – Sensitivity
Mitta, jolla ilmasto vaikuttaa systeemiin joko suotuisasti tai epäsuotuisasti.

Sopeutumiskyky – Adaptative capacity
Systeemin kyky sopeutua ilmastonmuutokseen, minimoida ilmastonmuutoksen haittoja ja hyödyntää sen etuja tai selvitä sen seurauksista.

Haavoittuvuus – Vulnerability
Mitta, jolla systeemi on altis ilmastonmuutoksen vaikutuksille tai kykenemätön selviytymään niistä. Haavoittuvuus on riippuvainen ilmastonmuutoksen laadusta, suuruusluokasta ja nopeudesta sekä herkkyydestä ja sopeutumiskyvystä.

Sopeutuminen – Adaptation
Luonnon ja ihmisen mukautuminen odotettuihin tai jo tapahtuneisiin ilmastollisiin muutoksiin joko hyödyntämällä etuja tai minimoimalla haittoja. Sopeutuminen voi olla ennakoivaa (anticipatory), omaehtoista (autonomous), suunniteltua (planned) tai reaktiivista (reactive). Muissa yhteyksissä käytetään joskus myös termejä varautuminen tai mukautuminen.

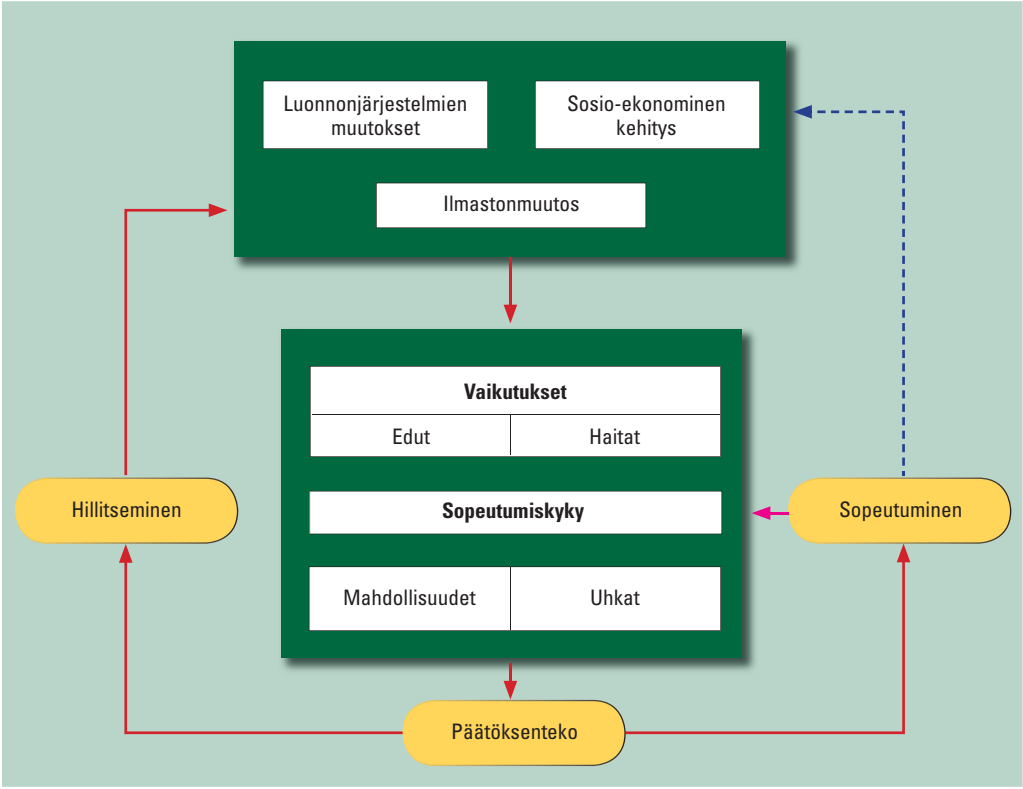
Hillitseminen – Mitigation
Ihmisen toiminta, joka vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä tai lisää niiden nieluja. Toisinaan käytetään myös termiä ilmastonmuutoksen rajoittaminen.

Ilmastonmuutosta ei voida pitää ainoastaan ympäristökysymyksenä, vaan se liittyy laajasti myös taloudelliseen, sosiaaliseen ja kulttuurilliseen kehitykseemme sekä turvallisuuteen. Ilmastonmuutos on otettava huomioon myös vastuullisessa globaalissa kehityksessä. Ilmastonmuutos on huomattava haaste kestävälle kehitykselle ja sopeutumisstrategian laadinta on osa työtä kestävän kehityksen puolesta. Toimialakohtainen tarkastelu luo edellytyksiä sisällyttää ilmastonmuutokseen sopeutuminen osaksi toimialojen kehittämistä. Samalla luodaan pohjaa arvioida mahdollisia toimenpidelinjauksia, joiden toteuttaminen hyödyttää toimialaa tai kohderyhmää ilmastonmuutoksesta riippumatta.

Kuvassa 1.1 on esitetty ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian viitekehys. Sopeutumisstrategian luvussa 2 esitellään ilmastonmuutoksen skenaarioita ja odotettavissa olevia muutoksia Suomessa, taloudellista ja sosiaalista kehitystä sekä väestökehitystä vuoteen 2080 saakka. Lisäksi luvussa kuvataan keskeisiä luonnonjärjestelmien muutostrendejä. Näiden tietojen avulla annetaan taustatietoja tulevista yleisistä muutoksista, jota vasten ilmastonmuutosten vaikutuksia ja sopeutumista voidaan arvioida. Luku 3 sisältää arvion ilmastonmuutosten vaikutuksista kansainvälisesti sekä Suomessa eri toimialoilla ja esityksen

toimialojen herkkyydestä. Luvussa 4 on kuvattu toimialojen nykyistä kykyä sopeutua ilmastonmuutokseen. Samalla on esitetty toimenpidelinjauksia, joiden avulla voidaan varautua ilmastonmuutokseen sekä vahvistaa ja lisätä sopeutumiskykyä, jotta vältettäisiin uhkia ja käytettäisiin ilmastonmuutokseen liittyviä mahdollisuuksia.

Kuva 1.1. Kansallisen sopeutumisstrategian viitekehys.



Tietopohja ilmastomuutoksesta ja muista muutoksista, joita tarvitaan suunniteltaessa sopeutumista ilmastonmuutokseen, on edelleen osittain puutteellinen, vaikka aihepiiriä käsittelevää kansainvälistä ja kansallista tutkimustyötä on tehty pitkään. Tietopohjaa tulee edelleen kartuttaa tutkimuksen ja muun kehittämistoiminnan kautta. Nykyisistä epävarmuuksista huolimatta strategiassa esitetään myös toimenpidelinjauksia, jotka tulisi käynnistää välittömästi. Useissa tapauksissa ne liittyvät äärevien sääilmiöiden runsastumiseen. Näistä toimenpiteistä on hyötyä ilmastonmuutoksesta huolimatta. Eräiden muiden toimenpiteiden käynnistäminen aikaisessa vaiheessa on myös perusteltua esimerkiksi investointien pitkän

vaikutusajan takia. Osa esitetyistä toimenpidelinjauksista ajoittuu keskipitkälle ja pitkälle aikajänteelle, ja ne ovat luonteeltaan ennakoivia ja alustavia.

Tälle vuosisadalle ennustettu ilmastonmuutos voi myöhemmin voimistua, ja saada aikaan huomattavia vaikutuksia. On mahdollista, että suurin osa Grönlannin mannerjäätiköstä tulee sulamaan lähimmän tuhannen vuoden aikana, mikä nostaisi merenpintaa seitsemän metriä. Valtamerten termohaliininen kierto (muun muassa Golf-virta) todennäköisesti heikkenee tällä vuosisadalla, mikä hillitsee ilmaston lämpenemistä paikallisesti Pohjois-Atlantin alueella, mutta Suomessa on kuitenkin odotettavissa voimakasta lämpenemistä. Golf-virran pysähtyminen tällä vuosisadalla on epätodennäköistä. Ilmastonmuutoksen kansallisessa sopeutumisstrategiassa ei ole tarkasteltu tällaisten epätodennäköisten ilmiöiden muutosten edellyttämiä toimenpiteitä eikä myöskään tuhannen vuoden aikaskaalassa odotettavien ilmiöiden vaikutusta.

1.3. Strategian tavoitteet

Ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian tavoitteena on vahvistaa ja lisätä sopeutumiskykyä ilmastonmuutokseen Suomessa. Tähän pyritään:

- Kuvaamalla ilmastonmuutosta ja sen vaikutuksia, sekä arvioimalla toimialojen herkkyyttä.
- Arvioimalla nykyistä sopeutumiskykyä, haavoittuvuutta sekä ilmastonmuutoksen liittyviä mahdollisuuksia.
- Esittämällä toimenpiteitä, joihin on syytä ryhtyä välittömästi (esimerkiksi tutkimus ja kehittämistoiminta) sekä toimenpidelinjauksia tulevaa toimintaa varten.

2. Tulevaisuuden skenaariot

2.1. Ilmastonmuutoksen skenaariot

2.1.1. Muutokset maailmanlaajuisesti

Hallitustenvälisen ilmastopaneelin kolmannessa arviointiraportissa (Intergovenmental Panel on Climate Change, IPCC 2001) todetaan, että pääosa viimeisten 50 vuoden aikana tapahtuneista maapallon lämpenemisestä johtuu ihmiskunnan toiminnasta. Kasvihuonekaasujen pitoisuuden kasvu, erityisesti hiilidioksidin lisäys, lämmittää maapalloa. Luonnolliset tekijät (auringon säteily ja tulivuoritoiminta) ja ihmisten aikaansaamat aerosolit (leijuvat pienhiukkaset) ovat myös vaikuttaneet auringon säteilyn ja lämpösäteilyn kulkuun ilmakehässä, mutta niiden vaikutus ei pysty yksinään selittämään havaittuja lämpötilan muutoksia. Ilmakehän koostumuksen muutos jatkuu 21. vuosisadan kuluessa kiihdyttäen jo käyntiin lähtenyttä maapallonlaajuista ilmastonmuutosta.

IPCC:n vuonna 2001 julkaisemia päästöskenaarioita (Liite) ja malleja on käytetty arvioitaessa ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuuksien ja aerosolien määrien muutoksia sekä sitä, miten nämä muutokset vaikuttavat ilmastoon (IPCC 2001). Ilmastomalleilla laaditut arviot tulevaisuuden ilmastosta ottavat huomioon jo toteutuneitten päästöjen vaikutukset ja skenaariot tulevista päästöistä. Maapallon keskilämpötilan arvioidaan nousevan 1,4–5,8 °C vuodesta 1990 vuoteen 2100. Lämpenemisen nopeus on arvioitu huomattavasti suuremmaksi kuin 1900-luvulla havaittu lämpeneminen. Lämpeneminen on todennäköisesti jopa nopeampaa kuin kertaakaan viimeksi kuluneitten 10 000 vuoden aikana. Tulosten mukaan maa-alueet lämpenevät nopeammin kuin maapallo keskimäärin ja erityisesti kohoaa talvisin pohjoisten maa-alueiden talvinen lämpötila (*kuva 2.1*). Tarkastelemalla yhden ilmastomallin (*kuvassa 2.1 HadCM3-ilmastomalli*) tuloksia eri päästöskenaarioilla huomataan, että lämpötilamuutoksen voimakkuus vuosisadan loppupuolella riippuu päästöistä. Toisaalta tarkasteltaessa yhtä yksittäistä päästöskenaariota (*kuvassa 2.1 A2-päästöskenaario*) huomataan, että eri ilmastomallien tulokset poikkeavat yksityiskohdiltaan toisistaan, mutta sisältävät pääpiirteiltään samankaltaisia muutoksia.

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 15 19.1.2005, 14:13:29

On odotettavissa, että Pohjoisen Jäämeren jääpeite pienenee tämän vuosisadan aikana huomattavasti, jolloin valtaosa merestä tulee olemaan kesällä sula. Sillä tulee olemaan suuria vaikutuksia mm. ekosysteemiin, merenkulkuun ja luonnonvarojen hyödyntämiseen. Myös pohjoisen pallonpuoliskon mannerjäätiköiden ja lumipeitteen vähenemisen arvioidaan kiihtyvän. Valtamerten keskimääräisen pinnankorkeuden on arvioitu vuosien 1990 ja 2100 välillä nousevan 0,09–0,88 metrillä. Veden kiertokulku maapallolla voimistuu, ja keskimäärin sademäärät lisääntyvät. Muutokset ovat kuitenkin alueellisesti vaihtelevia. Selvimmin sateet lisääntynevät korkeilla leveysasteilla (suunnilleen 60 °N pohjoispuolella), erityisesti talvella. Molemmilla pallonpuoliskoilla etenkin 20–40 leveyspiirin välillä on kuitenkin myös alueita, joilla sademäärät ilmeisesti vähenevät (esim. Välimeren ympäristö).

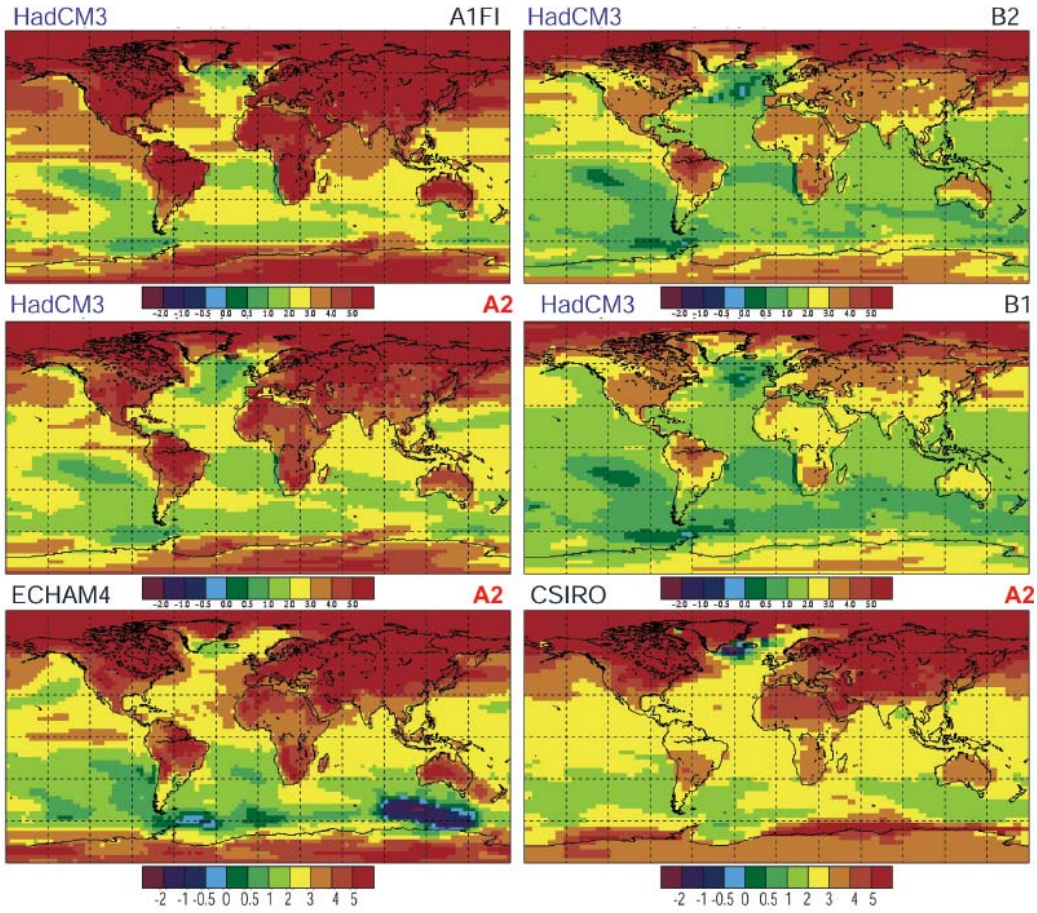
On odotettavissa, että Aasian kesämonsuunisateiden vaihtelevaisuus kasvaa. Samoin El Niño-ilmiöön[5] liittyvät kuivuudet ja voimakkaat sateet muuttunevat äärevimmiksi, mikä lisää kuivuus- ja tulvariskiä monilla alueilla. Mittakaavaltaan pienten, mutta paikallisilta vaikutuksiltaan merkittävien sääilmiöiden (tornadot, rakeet, salamointi, ynnä muuta) muutosten arviointi on vielä puutteellista.

Ilmastonmuutos ja sen vaikutukset eivät jakaudu tasaisesti. Eräillä maapallon alueilla ei ole havaittu lämpenemistä eikä siitä seuraavia muutoksia. Esimerkiksi viime vuosikymmeninä Antarktiksen merijään laajuus ei ole pienentynyt, kun taas Pohjoisella Jäämerellä kesäinen jään laajuus on pienentynyt 15–20 % viimeisten 30 vuoden aikana ja jääpeite on ohentunut. Ilmaston luontainen vaihtelu saattaa alueellisesti ja jopa koko maapallon mittakaavassa vaimentaa tai voimistaa kasvihuonekaasujen lisääntymisestä aiheutuvaa muutosta. On siis mahdollista, että joillakin alueilla ilmastonmuutos toteutuu ennakoitua suurempana ja/tai nopeampana.

Tulevaisuuden ilmastoa ei pystytä tarkasti ennustamaan. Ilmastonmuutosten ennakointiin liittyy mm. seuraavankaltaisia epävarmuustekijöitä:

- Ilmakehän koostumuksen muutoksia ei pystytä tarkasti ennustamaan. Tämä aiheutuu monista vaikeasti ennakoitavista kehityskuluista (mm. energian

[5] El Nino aiheutuu trooppisen Tyynen valtameren meri-ilmakehäsysteemin oskillaatiosta (heilahduksista). El Niño –vaiheessa Perun ja Ecuadorin rannikkovedet lämpenevät huomattavasti. Ilmiö tapahtuu keskimäärin neljän vuoden välein. Lämpeneminen johtaa kaatosateisiin Etelä-Amerikan rannikolla ja heikkoon monsuuniin Intian alueella. Se saattaa aiheuttaa vaikean kadon maanviljelyksessä. Vaikutus säähän ja ilmastoon on suurin tropiikissa, mutta ulottuu lähinnä läntisellä pallonpuoliskolla myös tropiikin ulkopuolelle.



Kuva 2.1. *Vuoden keskilämpötilan (°C) muutos jaksolla 2070 – 2099 normaalikauteen 1961 – 1990 verrattuna eri SRES-päästöskenaarioissa (A1FI, A2, B2, B1; kts. Liite) HadCM3-ilmastomallissa sekä ECHAM4- ja CSIRO-ilmastomalleissa SRES-päästöskenaarion A2 mukainen muutos. Lähde: http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/cgi-bin/ddcvis/gcmcf.*

tuotantomenetelmät, taloudellinen kehitys, väestön määrä), jotka vaikuttavat kasvihuonekaasujen päästöihin, sekä epävarmuuksista, jotka liittyvät aineitten kiertokulkua (esimerkiksi hiilen kierto) kuvaaviin malleihin. Monien kasvihuonekaasujen pitoisuudet voidaan arvioida melko tarkasti muutamiksi lähivuosikymmeniksi, mutta vuosisadan loppupuolella epävarmuus on suuri.

- Ilmastonmuutoksen mallittamiseen liittyy epätarkkuutta, koska ilmastomalleissa pakostakin joudutaan yksinkertaistamaan monimutkaista ilmastojär-

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 17 19.1.2005, 14:13:35

jestelmää. Yksinkertaistukset koskevat esimerkiksi pilviin liittyvien prosessien kuvausta ja alueellisen erottelukyvyn tarkkuutta. Alueellisen ilmastonmuutoksen arviot ovat vielä epätarkempia kuin maapallon keskimääräisen muutoksen arviot. Jo muutaman vuosikymmenen päähän ulottuvat eri mallien alueellisen ilmastonmuutoksen arviot poikkeavat suuresti toisistaan (Ruosteenoja et al. 2003).

- Ilmasto vaihtelee luontaisesti monissa eri ajallisissa mittakaavoissa. Tämä johtuu siitä, että ilmastojärjestelmän eri osasten (ilmakehä, meret ja maapallon muu nestemäinen vesi, lumen ja jään muodostama kryosfääri, maa-alueet sekä elollinen luonto) välillä on fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia kytkentöjä. Tätä ilmastojärjestelmän ns. sisäisen vaihtelun suuruutta voidaan arvioida havaintosarjoista ja ilmastomalliajojen perusteella. Ei kuitenkaan ole mahdollista ennustaa vuosien päähän, miten luontainen vaihtelu kulloinkin ilmenee eli esimerkiksi, onko jonakin tiettynä talvena keskimääräistä kylmempää tai lämpimämpää.

- Tietämyksessämme ilmastojärjestelmästä ja siihen vaikuttavista tekijöistä on edelleen puutteita. On siis mahdollista, että jokin merkityksettömäksi arvioitu tai tuntematon tekijä osoittautuu tärkeäksi ilmastonmuutoksen kannalta. Esimerkiksi maapallon geologisen historian ajalta tunnetaan suuria muutoksia, joiden syitä ei varmuudella ymmärretä. Nykytietämykseen perustuvat ennusteet ilmastonmuutoksesta ovat epäluotettavia, jos muutos on erityisen suuri tai nopea.

Ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuuksien kasvu tulee jatkumaan. Jo alkaneen ilmastonmuutoksen arvioidaan kiihtyvän 21. vuosisadalla. Ihmiskunnan aiheuttama ilmastonmuutos tulee kestämään useita vuosisatoja.

Lisätietoa odotettavissa olevista ilmastonmuutoksista löytyy mm. seuraavista julkaisuista:

- *IPCC (2001), Kolmas arviointiraportti, Ilmastonmuutos 2001, Työryhmä I, Tieteellinen perusta, sivut 8-14. (http://www.fmi.fi/kuvat/WG1SPMFI.pdf)*
- *Tiede-lehden artikkeli "Kymmenen kysymystä ilmastosta", 18.5.2004*
- *Cubasch, et al., 2001. Projections of future climate change. In: Houghton J.T. et al. (eds.): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental*

Panel on Climate Change. Cambridge University Press, pp. 525-582. (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/338.htm)

- *Ruosteenoja et al., 2003: Future climate in world regions: an intercomparison of model-based projections for the new IPCC emission scenarios. The Finnish Environment 644, Finnish Environment Institute, 83 pp. (http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/asres/scatter_plots/scatterplots_home.html)*

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 19 19.1.2005, 14:13:36

2.1.2. Muutokset Suomessa

Suomessa ilmasto on leudompi kuin useimmilla samalla leveyspiirivyöhykkeellä (60–70 °N) sijaitsevilla manneralueilla. Suomen ilmaston peruspiirteisiin kuuluu myös vaihtelevuus niin vuorokaudesta, vuodesta kuin vuosikymmenestäkin toiseen. Luonto on sopeutunut tähän sään ja ilmaston vaihteluun. Moderni yhteiskunta pyrkii ennakoinnin ja suunnittelun avulla hallitsemaan sään ja ilmaston vaihtelun aiheuttamia riskejä. Nykyilmaston vaihtelevuuteen sopeutuminen ja ilmastonmuutokseen varautuminen ovatkin osittain samankaltaisia ongelmia.

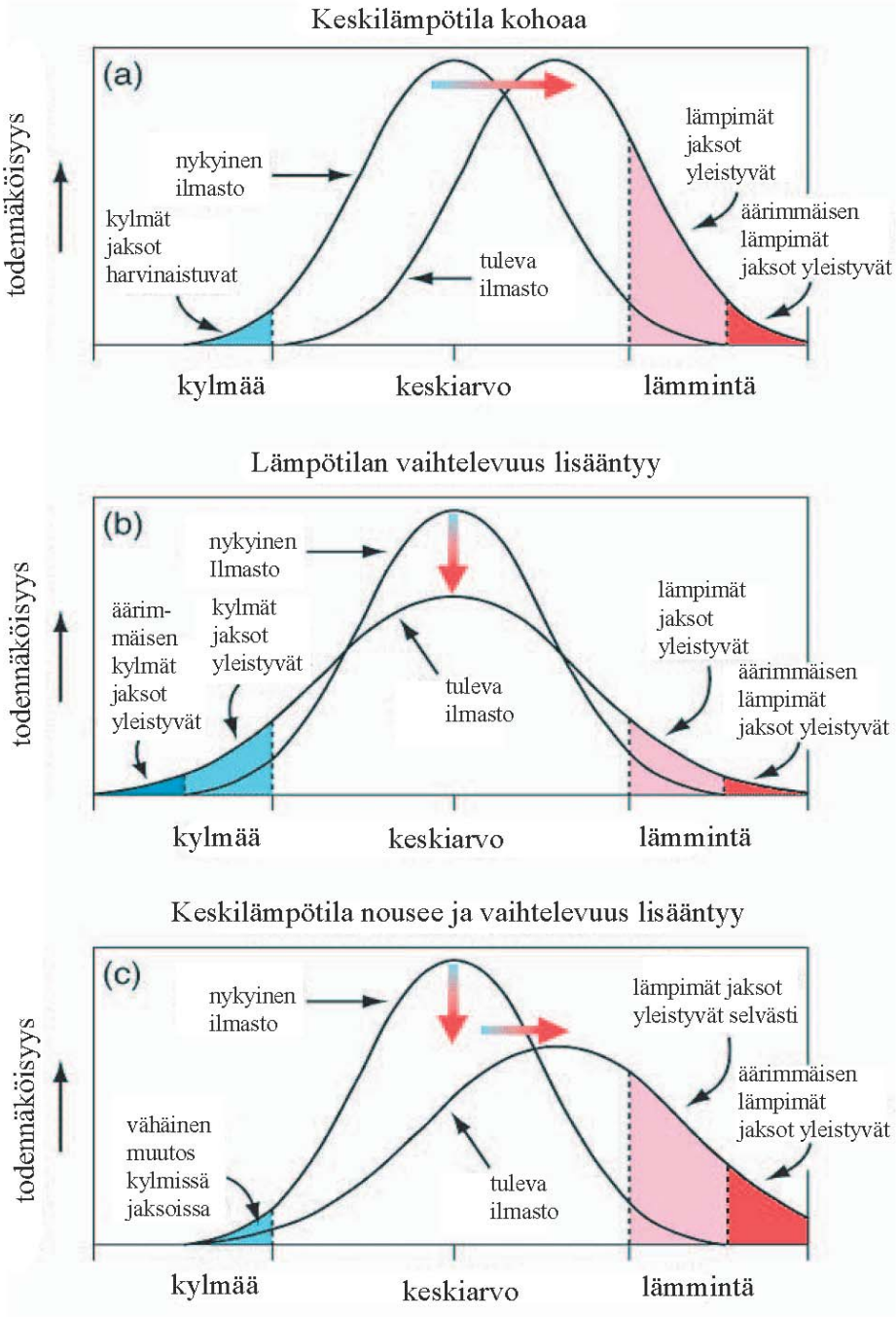
Vuosikeskilämpötila on Suomessa kohonnut 1800-luvun puolivälin jälkeen noin asteen. Kaikkein voimakkainta lämpeneminen on ollut keväisin. Maalis-, huhti- ja toukokuun keskilämpötila on nykyään noin kaksi astetta korkeampi kuin 1800-luvun puolivälissä. Lämpötilat ovat kohonneet nopeasti 1970-luvulta alkaen, erityisesti talvisin. Myös lämpötilan vuorokausivaihteluväli on kaventunut, mikä johtunee pilvisyyden lisäyksestä. Myös monissa muissa ilmastoa kuvaavissa suureissa (sademäärä, tuulen voimakkuus) on havaittu kehityssuuntia, mutta ne eivät tilastollisesti erotu ilmaston luontaisesta vaihtelusta.

Suomalaisessa ilmakehänmuutosten tutkimusohjelmassa (SILMU, 1990–1995) laadittiin skenaarioita ilmastonmuutokselle Suomessa (Carter et al. 1996). Näitä skenaarioita on paljon käytetty tutkittaessa ilmastonmuutoksen mahdollisia vaikutuksia (Kuusisto ym. 1996). Tuoreimmat Suomea koskevat ilmastoskenaariot on laadittu FINSKEN-hankeessa[6], jossa käytettiin uusimpia päästöskenaarioita ja mallikokeita (Jylhä et al. 2004).

Ilmastoskenaariot on useimmiten laadittu keskilämpötilan, keskimääräisen sademäärän, ym. muutoksille (Carter et al. 1996; Jylhä et al. 2004). Ilmastosuureiden hajonnan muutoksilla saattaa kuitenkin olla myös suuri vaikutus ääritilanteiden voimakkuuteen ja/tai esiintymistiheyteen (*Kuva 2.2)*, joskus jopa suurempi kuin keskiarvon muutoksilla. Monet yhteiskunnan toiminnot ja ympäristön tila saattavat olla haavoittuvia nimenomaan sään ja ilmaston ääritilanteiden muutoksille, kuten esimerkiksi rankkasateiden yleistymiselle.

---

[6] FINSKEN – Yhdenmukaisten globaalimuutosskenaarioiden kehittäminen Suomelle, 1999–2002. Ilmastoskenaariot on laadittu neljälle SRES-päästöskenaariolle (Liite 1) ja ne kattavat jaksot 2010–39, 2040–69 ja 2070–99. http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=90548&clan=FI



Kuva 2.2. *Kaaviokuva a) keskilämpötilan kohoamisen, b) hajonnan kasvun ja c) sekä keskilämpötilan kohoamisen että hajonnan kasvun yhteisestä vaikutuksesta korkeitten/alhaisten lämpötilojen esiintymiseen.*
Lähde: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/088.htm.

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 21 19.1.2005, 14:13:36

Osa ilmastonmuutoksen vaikutuksista ilmenee nopeasti, mutta osa vasta useiden vuosikymmenien jälkeen. Erilaisten aikajänteiden takia tarvitaan toisiaan täydentäviä menetelmiä ilmastoskenaarioiden ja -ennusteiden laatimiseen. Eri ajanjaksoille tarjolla olevan ilmastotiedon tarkkuus vaihtelee, samoin epätarkkuutta aiheuttavat tekijät.

Jakso 2005–2010

Näin lyhyessä ajassa kasvihuoneilmiö ehtii voimistua varsin vähän, eikä mahdollisia muutoksia Suomessa pystytä erottamaan ilmaston luontaisesta vaihtelusta. Sään ja ilmaston vuodesta toiseen tapahtuvalla vaihtelulla ei yleensä ole ennustettavuutta[7]. Tarkasteltavan ajanjakson ilmastoa voidaan parhaiten arvioida ilmastotilastojen avulla. Varautumisen ja riskien hallinnan tulee perustua havaintoaineistosta laskettuihin ilmastotilastoihin (toistuvuudet, alueelliset jakaumat). On syytä huomata, että monet nyky-yhteiskunnassa käytössä olevat laskelmat eri sovellusalueilla (esimerkiksi rakentamisen standardit) perustuvat yleisesti käytettyyn viralliseen ilmastotietoon normaalijaksolta 1961–1990, joka ei ilmeisesti vastaa esimerkiksi lämpöoloiltaan kovinkaan hyvin edes kuluvaa vuosikymmentä 2001–2010 (Räisänen and Alexandersson 2003). Suunnitteluun käytettävien nykyilmastoa kuvaavien tietojen tulisi perustua tarkoituksenmukaiseen normaalijaksoon[8] ja hyödyntää uusimpia havainto- ja analyysimenetelmiä.

Suomen ilmastossa on havaittavissa merkittäviä muutoksia, jotka ovat joiltakin osin samankaltaisia kuin mallien ennustavat muutokset (Tuomenvirta 2004). Jo toteutuneet ilmaston heilahtelut, kuten 1990-luvun talvien leutous, antavat kokemusperäistä tietoa siitä, miten hyvin tai huonosti ilmaston muutoksiin ja ääritilanteisiin on sopeuduttu. Tätä tietoa tulisi käyttää varauduttaessa odotettavissa oleviin suurempiin ilmaston muutoksiin.

Ilmastonmuutoksista riippumatta yhteiskunnan haavoittuvuus sää- ja ilmastotekijöille voi kasvaa. Esimerkiksi rakennetun maa-alan lisäys kohottaa lyhytkestoisten, voimakkaiden sateiden aiheuttamien vahinkojen riskiä. Myös liikenteen kasvu lisää haavoittuvuutta sään aiheuttamille katkoksille ja onnettomuuksille.

---

[7] Useamman viikon tai kuukausien päähän ulottuvia ilmastoennusteita laaditaan (esim. NOAA ja ECMWF), mutta niiden käyttökelpoisuus Suomen alueella on toistaiseksi vaatimaton. Useimmiten todennäköisyyksinä ilmaistut ennusteet on suunnattu viranomaisille tai yrityksille, mm. energia-alalle.

[8] Ilmatieteen laitos on tuottanut tilastoja myös jaksolle 1971–2000. http://www.fmi.fi/saa/tilastot_100.html

Jakso 2010–2030

Tällä ajanjaksolla ilmakehän kasvihuonekaasujen kohonneet pitoisuudet aiheuttavat yhä suurenevan lämmittävän ilmastopakotteen. Lämpötilan ja sademäärän skenaariot (*kuvissa 2.3 ja 2.4)* poikkeavat jakson 1961–1990 ilmastosta (Jylhä et al. 2004). Toisaalta ilmaston luontainen vaihtelu on vielä samaa suuruusluokkaa kuin ennustetut muutokset (vrt. skenaarioita kuvien 2.3 ja 2.4 luonnollista vaihtelua kuvaaviin pylväisiin). Jaksolla 2010–2030 ilmaston luonnollinen vaihtelu voi siis vielä Suomessa merkittävästi vaimentaa tai vahvistaa taustalla vaikuttavia kasvihuoneilmiön voimistumisesta aiheutuvia muutoksia.

Muutaman tulevan vuosikymmenen ilmastolle ei ole Suomessa laadittu skenaariota, koska tarvitaan menetelmäkehitystä ennen kuin monipuolisia (useita eri suureita ja myös ääriarvoja kuvaavia) ilmastoskenaarioita voidaan laatia. Ei ole itsestään selvää, miten nykyilmastoa kuvaavia ilmastosuureiden jakaumia tulisi muokata kuvaamaan tarkasteltavan ajanjakson ilmastoa. Ongelmaa yksinkertaistaa hieman se, että eri SRES-päästöskenaarioiden aiheuttamat ilmastonmuutokset ovat tällä jaksolla hyvin lähellä toisiaan. Todennäköisyyksien käyttö kuvattaessa jakson ilmastoa saattaisi olla mahdollinen ja vaikutusten arviointiin soveltuva menetelmä.

Mallit tuottavat eri päästöskenaarioilla 2030-luvulle mentäessä hyvin samankaltaisen keskilämpötilan kehityksen (*kuva 2.3*). Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että päästörajoituksia voitaisiin turvallisesti lykätä vuoteen 2030 asti, vaan että päästörajoitukset on aloitettava nyt, jos niillä halutaan hillitä vuosisadan jälkipuolella odotettavissa olevaa ilmastonmuutosta.

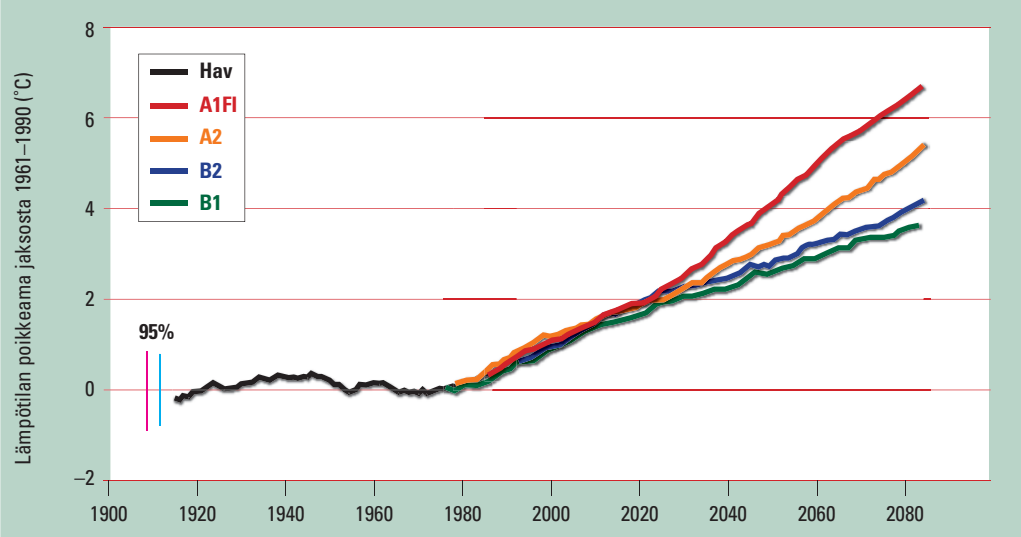
Jakso 2030–2100

Tämän ajanjakson kuluessa ilmakehän kohonneet kasvihuonekaasujen pitoisuudet muuttavat merkittävästi maapallon ilmastoa. Tällöin ilmastomallisimulaatiot[9] ovat paras työkalu arvioitaessa Suomen tulevaa ilmastoa. FINSKEN-hankkeessa laadittiin ilmastoskenaariota Suomelle käyttäen maapallonlaajuisten ilmastomallien tuloksia (Jylhä et al. 2004). Vuosisadan loppua kohden eri päästöskenaari-

[9] Ilmastomalleilla tehdyt simulaatiot antavat monipuolisen ja fysikaalisesti yhtenäisen kuvan ilmaston muutoksista (ilman lämpötila, ilmanpaine, sademäärä, pilvisyys, säteily, kosteus, tuuli, lumipeite). Viime vuosina yleistynyt alueellisten ilmastomallien käyttö on tuottanut lisää tuloksia sään ja ilmaston ääritilanteiden voimakkuuden ja esiintymistiheyden muutoksista (PRUDENCE 2004).

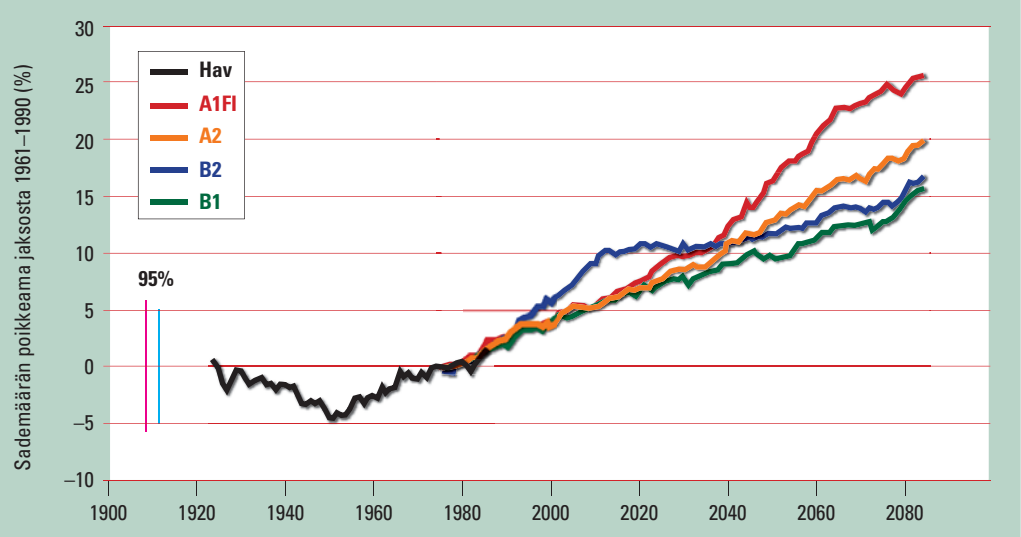
Sopeutumisstra_Luku_2.indd 23 19.1.2005, 14:13:37

oiden aiheuttamat keskimääräiset muutokset poikkeavat toisistaan (*Kuvat 2.3 ja 2.4*). Suurimmat päästöt aiheuttavat suurimmat lämpötilan ja sademäärän muutokset, niin Suomessa kuin maapallonlaajuisestikin. Jylhä et al. (2004) ovat laatineet skenaariot Suomen lämpötilan ja sademäärän muutoksille eri vuodenaikoina. Lämpötilat kohoavat kaikkina vuodenaikoina, eniten talvisin. Sademäärät lisääntyvät erityisesti talvisin. Kesäisin kokonaissademäärä muuttunee vain vähän ja voi joidenkin mallitulosten mukaan jopa vähetä.



Kuva 2.3. *Suomen keskilämpötilan muutokset poikkeamina jakson 1961–1990 keskiarvosta. Käyrät ovat 30-vuoden liukuvia keskiarvoja. Havaitut muutokset (paksu musta käyrä) ja eri FINSKEN-skenaariot (A1FI, A2, B2 ja B1) neljän ilmastomallin keskiarvona. Ilmaston luontaista vaihtelua 30-vuotisjaksosta toiseen kuvaavat pystypalkit (lila ja sininen), jotka osoittavat 95 % -vaihteluvälin kahdessa eri mallikokeessa. Huom. Eri skenaarioiden osittain päällekkäiset epävarmuushaarukat on esitetty taulukossa 2.1.*

Joidenkin ilmastosuureiden havaitut kehityssuunnat viime vuosikymmeninä saattavat olla jopa päinvastaisia kuin kuluvan vuosisadan jälkipuolen arvioidut kasvihuonekaasujen lisäyksen aiheuttamat muutokset. Erot havaittujen muutosten ja ilmastoskenaarioiden välillä voivat johtua siitä, että kasvihuoneilmiön voimistumisen aiheuttamat trendit ovat vielä aika heikkoja verrattuna ilmaston luonnolliseen vaihteluun. Kaikki vaikutukset eivät välttämättä tapahdu lineaarisesti ajan mukana. Esimerkiksi talven lämpötilojen kohoamisen arvioidaan aiheuttavan vesistöjen keväisten virtaamahuippujen pienenemistä kuluvan vuosisadan



Kuva 2.4. *Suomen keskimääräisen sademäärän muutokset suhteellisena poikkeamana jakson 1961–1990 keskiarvosta. Käyrät ovat 30-vuoden liukuvia keskiarvoja. Havaitut muutokset (paksu musta käyrä) ja eri FINSKEN-skenaariot (A1FI, A2, B2 ja B1) neljän ilmastomallin keskiarvona. Ilmaston luontaista vaihtelua 30-vuotisjaksosta toiseen kuvaavat pystypalkit (lila ja sininen), jotka osoittavat 95 % vaihteluvälin kahdessa eri mallikokeessa. Huom. Eri skenaarioiden osittain päällekkäiset epävarmuushaarukat on esitetty taulukossa 2.2.*

loppupuolella, vaikka sademäärät kasvavat (Kuusisto et al. 1996). On kuitenkin mahdollista, että Pohjois-Suomessa lisääntyvät talvisademäärät yhdistettynä aluksi vähäiseen lämpötilan nousuun johtavat mahdollisesti lähivuosikymmeninä kevättulvien riskin kasvuun (Tammelin et al. 2002).

Lisätietoa Suomessa odotettavissa olevasta ilmastonmuutoksesta löytyy mm. seuraavista julkaisuista:

- *Jylhä et al. 2004, Climate change projections for Finland during the 21st century. Boreal Env. Res., 9, 127-152. (http://www.borenv.net/BER/ber92.htm)*
- *Räisänen, J., 2001: Hiilidioksidin lisääntymisen vaikutus Pohjois-Euroopan ilmastoon globaaleissa ilmastomalleissa. Terra, 113, 139-151. (http://www.helsinki.fi/maantiede/geofi/terra/terra113_3.html)*
- *Carter, T. R., Fronzek, S. & Bärlund, I. 2004: FINSKEN: a framework for developing consistent global change scenarios for Finland in the 21st century. Boreal Env. Res. 9: 91–107. (http://www.borenv.net/BER/ber92.htm)*
- *PRUDENCE, 2004: http://prudence.dmi.dk/index.html*

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 25 19.1.2005, 14:13:38

2.1.3. Yksityiskohtaiset muutokset Suomessa

Tässä luvussa annetaan aiempaa yksityiskohtaisempaa tietoa ilmastonmuutoksesta Suomessa. Kuvaus perustuu useisiin eri tutkimuksiin, joissa esiintyvät arviot eivät ole kaikin osin keskenään vertailukelpoisia tai joissa tarkasteltavat ajanjaksot vaihtelevat. Myöskään epätarkkuuksien arviointi ei ole järjestelmällistä. Useimmat raportoitavista tutkimuksista pohjautuvat yhteen, korkeintaan muutamaan päästöskenaarioon tai malliin. Poikkeuksena ovat FINSKEN-skenaarioiden taulukot 2.1 ja 2.2, joiden taustalla on lukuisia ilmastomalleja ja laaja tulevaisuuden kasvihuonekaasu- ja hiukkaspäästöskenaarioiden kirjo.

Ilman lämpötila

Eräs kaikkein selvimmistä ilmastomallien ennakoimista muutoksista on lämpötilan kohoaminen. Tämä ilmenee myös Suomea varten laadituista FINSKEN-skenaarioista: kaikissa ilmastomallikokeissa ja päästöskenaarioissa ilmasto lämpenee (taulukko 2.1). Ilmaston luontaisesta vaihtelusta ja mallien erilaisuuksista johtuen vuosikeskilämpötilan muutosarvioissa on jaksolla 2010–39 vajaan kahden asteen epävarmuushaarukka. Epävarmuus kasvaa vuosisadan loppua kohden, kun eri päästöskenaarioiden antamat kasvihuonekaasupitoisuudet alkavat poiketa toisistaan.

Kasvukauden[10] pituuden muutoksia SILMU-skenaarioiden perusteella on laskenut Carter (1998). SILMU:n keskiskenaarion mukaan kasvukausi Suomessa pitenee vuosisadan puoliväliin mennessä etelässä noin neljä viikkoa, pohjoisessa hieman vähemmän. Førland et al. (2004) arvioivat kasvukauden pitenevän Suomessa noin 20 vrk jaksojen 1961–1990 ja 2021–2050 välillä. Samalla tehoisan lämpötilan summa kasvanee Suomessa lähes 25 %. Räisäsen et al. (2004) tutkimuksen mukaan kasvukausi pitenee maassamme A2-skenaarion toteutuessa vuosisadan loppupuolelle mennessä noin 40 vrk, eli noin 10 vuorokautta yhden asteen lämpenemistä kohden.[11]

---

[10] Kasvukausi alkaa, kun lumipeite katoaa aukeilta paikoilta, vuorokauden keskilämpötilan pysyy vähintään viisi vuorokautta peräkkäin +5 asteen yläpuolella ja sitä seuraavan 5 vrk:n jakson keskilämpötilojen summa on vähintään 20 vrk-astetta. Kasvukausi päättyy, kun vuorokauden keskilämpötila painuu alle +5 asteen tai sataa lumipeite tai esiintyy alle -10 asteen lämpötiloja. Ilmastomallitutkimuksissa kasvukausi määritellään yleensä vain +5 asteen rajan avulla.

[11] Rossby-keskuksen alueellisella ilmastomallilla (RCAO) tekemät kuvaukset nykyilmastosta (1961–90) ja tulevaisuuden ilmastosta (2070–99). Kuvaukset tehtiin HadCM3 ja ECHAM4 ilmastosimulaatioista, joissa ilmakehän kasvihuonekaasu- ja hiukkaspitoisuudet muuttuivat A2- ja B2-skenaarioiden mukaan. Viite: Räisänen et al. (2003)

Taulukko 2.1. *Keskilämpötilan muutokset (°C) Suomessa verrattuna normaalikauteen 1961–1990 neljässä FINSKEN-skenaarioissa (Jylhä et al. 2004). Mallitulosten keskiarvon lisäksi on suluissa annettu pienin ja suurin yksittäisen malliajon antama muutos. Oikeanpuoleinen sarake kertoo kaikkien neljän skenaarion yhdessä kattaman vaihteluvälin.*

JOULU-TAMMI-HELMI

Jakso	A1FI *	A2	B2	B1 *	Kaikki
2010–39	2,7 (1,6–5,0)	2,2 (1,2–4,5)	2,6 (1,8–4,4)	2,5 (1,8–3,8)	(1,2–5,0)
2040–69	6,2 (4,2–7,8)	4,6 (3,4–6,0)	3,2 (2,0–5,7)	3,3 (2,3–4,8)	(2,0–7,8)
2070–99	9,1 (7,6–10,9)	6,8 (5,9–8,7)	5,1 (3,8–7,4)	4,9 (3,7–6,0)	(3,7–10,9)

MAALIS-HUHTI-TOUKO

Jakso	A1FI *	A2	B2	B1 *	Kaikki
2010–39	2,4 (1,1–3,7)	2,1 (1,1–3,4)	2,2 (1,1–4,2)	2,2 (1,3–3,7)	(1,1–4,2)
2040–69	4,8 (2,9–7,8)	3,6 (2,3–6,2)	3,0 (1,7–5,9)	3,2 (1,5–5,9)	(1,5–7,8)
2070–99	7,4 (4,4–11,7)	5,6 (3,5–9,4)	4,4 (2,8–8,1)	4,1 (2,2–6,9)	(2,2–11,7)

KESÄ-HEINÄ-ELO

Jakso	A1FI *	A2	B2	B1 *	Kaikki
2010–39	1,2 (0,7–1,6)	1,2 (0,6–1,6)	1,3 (1,1–1,5)	1,2 (1,0–1,5)	(0,6–1,6)
2040–69	2,8 (2,0–3,9)	2,1 (1,6–2,5)	1,9 (1,3–2,2)	1,8 (1,1–2,2)	(1,1–3,9)
2070–99	4,1 (3,0–5,5)	3,4 (2,4–4,3)	2,5 (2,0–3,2)	2,4 (1,6–3,1)	(1,6–5,5)

SYYS-LOKA-MARRAS

Jakso	A1FI *	A2	B2	B1 *	Kaikki
2010–39	2,2 (1,5–2,8)	1,8 (1,1–2,6)	1,7 (0,9–2,9)	1,8 (1,3–2,5)	(0,9–2,9)
2040–69	4,1 (3,5–5,2)	2,9 (2,1–4,0)	2,4 (1,5–3,6)	2,4 (1,8–3,0)	(1,5–5,2)
2070–99	6,4 (6,0–7,1)	4,5 (2,9–5,6)	3,3 (2,1–4,4)	3,0 (2,2–3,6)	(2,1–7,1)

VUOSI

Jakso	A1FI *	A2	B2	B1 *	Kaikki
2010–39	2,1 (1,5–3,1)	1,8 (1,3–2,8)	2,0 (1,5–2,8)	1,9 (1,5–2,4)	(1,3–3,1)
2040–69	4,5 (3,8–5,2)	3,3 (2,9–4,0)	2,6 (2,1–3,7)	2,7 (1,8–3,5)	(1,8–5,2)
2070–99	6,8 (5,6–7,4)	5,1 (4,4–5,9)	3,8 (3,0–5,0)	3,6 (2,4–4,4)	(2,4–7,4)

* Arviot perustuvat pienempään määrään ilmastomallikokeita kuin A2- ja B2 -skenaariot.

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 27 19.1.2005, 14:13:39

Loppusyksyn ja alkukevään, sekä Etelä-Suomessa myös talvikauden, lämpötilamuutoksia voidaan havainnolistaa esimerkiksi pakkaspäivien lukumäärän muutoksella. Päivät, jolloin esiintyy alle 0 °C lämpötiloja (pakkaspäivät) vähenevät. PRUDENCE-hankkeen[12] A2- ja B2-mallikokeissa pakkaspäiviä oli Suomessa vuosisadan lopulla 40–80 päivää vähemmän kuin nykyisin.

Kjellström (2004) tutki lämpötilan esiintymisjakaumien muutoksia Pohjois-Euroopassa jaksosta 1961–1990 jaksoon 2071–2100. Kesäisin sekä keskilämpötila että sitä korkeammat ja alhaisemmat lämpötilat nousevat suunnilleen yhtä paljon (*kuten kuvassa 2.2a*). Talvisin sen sijaan lämpeneminen tapahtuu siten, että jakauman kylmin osa lämpenee enemmän kuin keskiarvo, eli esiintymisjakauma siirtyy oikealle ja samalla sen ”kylmä ääripää” lyhenee. Esimerkiksi kun talvilämpötilojen mediaani nousee Suomessa 6–8 °C, niin lämpötilat, jotka alittavat 5 % esiintymistodennäköisyyden, kohoavat vähintään 9–11 °C (siis jakauma kapenee, päinvastoin kuvassa 2.2c).[13]

Veden lämpötila

Ilmaston lämpeneminen vaikuttaa luonnollisesti myös sisävesien lämpötiloihin. Vaikutukset tuntuvat avovesikaudella niin vesistöjen pintakerroksissa, veden kerrostuneisuudessa kuin alusvedessä. SILMU-tutkimusohjelman tulosten mukaan pintaveden keskilämpötilat ja erityisesti korkeimmat lämpötilat kohoavat. Korkeimmat lämpötilat voivat nousta joissakin järvissä kuluvan vuosisadan aikana yli 5 °C. Päällysveden keskilämpötila nousee lähes yhtä paljon kuin ilman lämpötila.

Jäätilanne

Nykyisin kaikki Suomen satamat ovat normaaleina talvina ainakin osan aikaa jäässä. Jäätalvi kestää Kemissä keskimäärin 183 vuorokautta ja Kotkassa 120 vuorokautta (Meier et al. 2004). Erittäin ankarina talvina voi koko Itämeri saada jääpeitteen.

Itämeren jääpeitteen vuotuista suurinta laajuutta kuvaava aikasarja alkaa jo vuodesta 1720. Havaintojen mukaan jääpeitteen maksimilaajuus korreloi voi-

[12] PRUDENCE-hankeeessa simuloitiin useilla eri alueellisilla ilmastomalleilla jaksojen 1961–90 ja 2070–99 ilmasto-oloja skenaarioihin A2 ja B2 perustuen. Rossby-keskuksen mallikokeet ovat osa PRUDENCE-hanketta (Viite: http://prudence.dmi.dk/).
[13] Esimerkin lukuarvot ovat peräisin A2-skenaarion RCAO-ECHAM4 simulaatiosta (Kjellström 2004).

makkaasti ilman lämpötilan ja ilmakehän virtausolojen kanssa (esimerkiksi Omstedt and Chen 2001). Ensimmäiset arviot kasvihuonekaasujen lisääntymisen aiheuttamista Itämeren jääpeitteen odotettavissa olevista muutoksista on laadittu jääpeitteen ja ilman lämpötilan väliseen tilastolliseen riippuvuuteen perustuvan mallin avulla (Tinz 1996, Venäläinen ym. 1999). Tutkimusten mukaan jäätalvien ankaruus vähenee huomattavasti vuosisadan loppua kohden. Jään laajuuden muutosten perusteella arvioitiin, että jäänmurtajien toimintakausi lyhenee (Venäläinen ym. 1999). Räisänen et al. (2003) esittävät uusimmat arviot jääpeitteen laajuuden muutoksista.[11] Talven suurin jään laajuus pienenee mallista ja skenaariosta riippuen 54–80 % nykyisestä.

Pelkkä jääpeitteen laajuus ei kerro kaikkea jääolojen vaikutuksista merenkulkuun ja meren ekologiaan. Tarkemman arvion saamiseksi jääpeitteen muutoksista on kehitetty fysikaalisia meri-jäämalleja, jotka on kytketty ilmastomalliin (Haapala et al. 2001; Meier 2002). Tällaisten mallien avulla saadaan jään laajuuden lisäksi tietoa jäätalven kestosta, jään paksuudesta ja sen ominaisuuksista.

Vuosisadan loppua kuvaavien ilmastosimulaatioiden perusteella[14] arvioidaan (Tuomenvirta et al. 2000b), että jäätymisen ajankohta lykkääntyy Perämerellä vajaalla kuukaudella ja etelämpänä Suomen rannikoilla noin kuukaudella. Jään sulamisajankohta aikaistuu lounaassa lähes kuukaudella ja Perämerelläkin useita viikkoja. Vuosisadan loppupuolella jäätalven kesto on lyhentynyt Suomen lounais- ja eteläarannikoilla puoleen, ja Pohjanlahdella 70–80 %:in nykyisestä. Jään keskipaksuus pienenee simulointien mukaan Kotkan, Oulun ja Turun satamissa 10–20 cm ja vuotuinen suurin paksuus noin 30 cm. Meier et al. (2004) raportoivat samansuuntaisia tuloksia. Simuloinneissa11 jään enimmäispaksuus Pohjanlahden keskiosassa ohenee 50 % (60 %) skenaariossa B2 (A2). Tulevaisuudessakin jäätalvet vaihtelevat vuodesta toiseen, mutta nykymittapuun mukaan ankaria talvia esiintyy yhä harvemmin. Suomenlahden itäosissa ja Perämerellä jäätä esiintynee joka talvi myös tulevaisuudessa. Koska eri jäätyyppien mallittaminen riippuu mm. tuulioloista, mallikokeiden tulosten perusteella on vaikea arvioida merenkululle hankalien ahtautuneen tai röykkiöityneen jään esiintymisen muutoksia.

[14] Rossby-keskuksen alueellisen ilmastomallin (RCA) aikaisemmalla versiolla tehdyt 10-vuoden pituiset nykyja vuosisadan lopun ilmaston kuvaukset. Kuvaukset tehtiin HadCM2 (ja ECHAM4) ilmastosimulaatiosta jossa ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuudet muuttuivat IS92a-skenaarion mukaan. Viite: Räisänen et al. (2000)

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 29 19.1.2005, 14:13:39

Järvien jääpeiteaika lyhenee kaikkialla Suomessa. SILMU-tutkimusohjelman tulosten mukaan vuosisadan lopussa järvet jäätyvät syksyisin muutamaa viikkoa myöhemmin kuin nykyisin ja jäät lähtevät keväällä kuukautta paria aikaisemmin. Etelä-Suomen suurissa järvissä keskitalvenkin jääolot muuttuvat epävakaiksi. Järvien jään paksuus riippuu oleellisesti lumipeitteestä.

Sademäärä

Sademäärän odotetaan kasvavan ilmastonmuutoksen myötä. Taulukossa 2.2. on esitetty FINSKEN-hankkeessa lasketut eri vuodenaikojen sademäärän muutokset neljän SRES-skenaarion mukaan kolmelle 30-vuotisjaksolle. Sademäärät lisääntyvät keskimäärin eniten A1FI-skenaariossa, mutta ilmaston satunnainen vaihtelu on niin suurta, että se osin peittää alleen eri skenaarioiden väliset erot, erityisesti jaksolla 2010–2039. Sateet lisääntyvät arvioiden mukaan eniten talvisin. Kesän osalta muutamat mallit jopa ennustavat sademäärien hieman vähenevän.

Tulevaisuuden lämpimämpi ilmakehä voi sisältää suuremman määrän kosteutta kuin nykyinen, mikä mahdollistaa voimakkaiden sateiden lisääntymisen. Ilmastomallien mukaan laajoilla alueilla sateen intensiteetti kasvaa ja rankkasateet lisääntyvät. Laskelmia muutoksista on tehty useissa tutkimuksissa, joita esitellään seuraavaksi.

- Tuomenvirta et al. (2000a) selvittivät patojen mitoitusta varten suurten sademäärien muutoksia Suomessa. Vuosisadan loppuun mennessä 1-, 5- ja 14-vuorokauden mitoitussadannat[15] kasvavat ilmastomallikokeessa hilaruudun (180 x 280 km^2) kokoisilla alueilla 35–65 %, pienemmillä alueille jopa enemmän. Laskelmat perustuvat vain yhdellä ilmastomallilla 1990-luvun puolivälissä tehtyyn simulaatioon, jossa ei esimerkiksi huomioitu hiukkaspäästöjen vaikutuksia.
- Räisänen and Joelsson (2001) tutkivat suurten sademäärien muutoksia alueellisella ilmastomallilla[14], jonka hilaruudun koko oli 44 x 44 km^2. Vuotuinen suurin vuorokauden sademäärä kasvoi Pohjois-Euroopassa vuosisadan jälkipuolella keskimäärin vajaat 20 %. Kuuden tunnin suurimmat sadekertymät kasvoivat yli 20 %. Vastaavassa uusimpiin alueellisen mallin tuloksiin perus-

[15] Mitoitussadanta on laskennallinen suure, joka määritetään aineistosta, tässä tapauksessa kolmenkymmenen vuoden ilmastosimulaatiosta. Se kuvaa sademäärää, jonka paikallinen toistumisaika on 10000 vuotta. Mitoitussadantaa käytetään patoturvallisuuden arvioinnissa (Patoturvallisuus 1997).

Taulukko 2.2. Sademäärän muutokset (%) Suomessa verrattuna normaalikauteen 1961–1990 neljässä FINSKEN-skenaarioissa (Jylhä et al. 2004). Mallitulosten keskiarvon lisäksi on suluissa annettu pienin ja suurin yksittäisen malliajon antama muutos. Oikeanpuoleinen sarake kertoo kaikkien neljän skenaarion yhdessä kattaman vaihteluvälin.

JOULU-TAMMI-HELMI

Jakso	A1FI *	A2	B2	B1 *	Kaikki
2010–39	16 (5–36)	9 (-1…32)	11 (1–26)	11 (4–23)	(-1…36)
2040–69	31 (18–57)	20 (7–44)	13 (4–32)	13 (5–27)	(4–57)
2070–99	43 (23–76)	28 (14–60)	20 (7–49)	22 (12–40)	(7–76)

MAALIS-HUHTI-TOUKO

Jakso	A1FI *	A2	B2	B1 *	Kaikki
2010–39	4 (-1…16)	6 (-2…16)	12 (2–25)	10 (1–14)	(-2…25)
2040–69	18 (7–37)	14 (2–29)	12 (1–27)	13 (1–26)	(1–37)
2070–99	28 (11–56)	21 (8–44)	17 (5–31)	16 (4–34)	(4–56)

KESÄ-HEINÄ-ELO

Jakso	A1FI *	A2	B2	B1 *	Kaikki
2010–39	9 (4–13)	4 (-5…12)	4 (-7…17)	5 (2–9)	(-7…17)
2040–69	11 (41–9)	7 (31–4)	4 (-14…18)	7 (1–10)	(-14…19)
2070–99	11 (6–13)	3 (-8…12)	5 (-3…14)	12 (7–17)	(-8…17)

SYYS-LOKA-MARRAS

Jakso	A1FI *	A2	B2	B1 *	Kaikki
2010–39	7 (2–15)	6 (1–14)	7 (3–15)	5 (0–-13)	(0–15)
2040–69	16 (8–29)	12 (6–23)	8 (4–18)	8 (2–-16)	(2–29)
2070–99	26 (14–35)	15 (8–28)	15 (3–31)	15 (8–-25)	(3–35)

VUOSI

Jakso	A1FI *	A2	B2	B1 *	Kaikki
2010–39	9 (4–14)	6 (2–13)	8 (3–16)	7 (3–14)	(2–16)
2040–69	18 (9–28)	12 (7–21)	9 (1–20)	10 (4–17)	(1–28)
2070–99	26 (14–37)	15 (8–29)	14 (6–28)	16 (8–22)	(6–37)

* Arviot perustuvat pienempään määrään ilmastomallikokeita kuin A2- ja B2-skenaariot

tuvassa tutkimuksessa[11] vuotuinen sademäärä kasvoi 13–31 % erojen ollessa suuremmat eri mallien kuin eri päästöskenaarioiden välillä (Räisänen et al. 2003 ja 2004). Samalla sadepäivien (sademäärä >1 mm/vrk) määrä lisääntyi 5–18 %. Vuotuinen suurin vuorokauden sademäärä kasvoi 13–19 % ja se kasvoi kaikissa mallikokeissa ja kaikkina vuodenaikoina (J. Räisänen henkilökohtainen tiedonanto).

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 31 19.1.2005, 14:13:40

- PRUDENCE-hankkeessa[12] laskettiin useista A2-skenaarion ilmastosimulaatioista viiden vuorokauden sadesumman 5- ja 15-vuoden toistumisarvoja (Beniston et al. 2004). Pohjois-Euroopassa talven nykyiset 15-vuoden toistumisarvot vastasivat vuosisadan lopulla 5-vuoden toistumisarvoja. Myös kesäisin sateiden intensiteetti kasvaa. Esimerkiksi suurimmat vuorokautiset sadekertymät kasvavat 10–20 % ja joissakin kokeissa jopa yli 30 %.

PRUDENCE-hankkeessa tarkasteltiin myös muutoksia sateettomien jaksojen pituudessa. Suomessa sademäärän lisäykseen talvisin liittyy useissa kokeissa myös sadepäivien lisäys, mikä lyhentää sateettomien jaksojen pituutta. Keväällä ja kesällä tutkimustulokset ovat ristiriitaisia. Osassa mallikokeita kuivat jaksot lyhenevät, mutta suuremmassa osassa kokeita joko ei tapahdu merkittävää muutosta tai kuivat jaksot pitenevät. Kun otetaan huomioon, että lämpötilan kohoaminen lisää haihduntaa, niin on siis mahdollista, että maaperää voimakkaasti kuivattavat jaksot lisääntyvät.

Sadannan muutoksien arvioihin liittyy paljon epävarmuutta. Sateen syntyä ei voida malleissa kuvata yksityiskohtaisesti, ja sademäärien luontainen vaihtelu on suurta, mikä hämärtää ilmastonmuutoksesta johtuvaa signaalia. Suomen alueelle saadut tulokset ovat samansuuntaisia eri tutkimuksissa, mutta lukuarvot vaihtelevat mallikokeesta toiseen.

Lumipeite ja routa

Talvikauden lämpeneminen johtaa lumipeitteen vähenemiseen pohjoisella pallonpuoliskolla. PRUDENCE-hankkeen ilmastokokeissa[12] vuotuisten lumipeitepäivien lukumäärä vähenee vuosisadan loppupuolella koko Suomea tarkasteltaessa 20–40 %. Muutokset vaihtelevat alueellisesti riippuen lämpötilasta ja sademäärän muutoksista. Alueilla, joilla talvikuukausien keskilämpötila on nykyään vähemmän kuin viitisen astetta pakkasen puolella, kuten Etelä- ja Lounais-Suomessa, muutokset lumipeitteen kestossa ja paksuudessa ovat suuria. Pohjois-Suomen lumipeite taas reagoi keskitalvella herkemmin sademäärän kuin lämpötilan muutoksiin. Talvisadannan lisääntymisestä huolimatta Pohjois-Suomen lumipeiteaika lyhentyy syksyjen ja keväiden lämpenemisen takia Räisänen et al. (2003) mukaan reilulla kuukaudella ja keskitalven lumensyvyys pienenee vuosisadan lopulla noin 30 %.[11] Etelä-Suomessa muutokset ovat suurempia, koska myös talvikuukausina merkittävä osa sateesta tulee vetenä. Lumipeiteaika lyhenee noin kaksi kuukautta ja keskitalven lumensyvyys ohenee noin kolmannekseen nykyisestä. Venäläinen

et al. (2001b) saivat samankaltaisia tuloksia tarkastellessaan ilmastosimulaatioiden[14] lisäksi erillistä maaperää ja lumipeitettä kuvaavaa mallia.

Venäläinen et al. (2001a) tutkivat roudan paksuuden odotettavissa olevia muutoksia vuosisadan loppupuolella lumettomilla pinnoilla kuten teillä ja rakennetussa ympäristössä, joissa routaantuminen vähenee lämpötilan kohotessa. Tarkastelluissa kokeissa[14] Etelä- ja Keski-Suomessa lumettomien pintojen roudan vuotuinen maksimisyvyys pienenee 30–50 % ja Pohjois-Suomessa 50–70 % vuosisadan loppuun mennessä.

Lumipeite eristää tehokkaasti lämpöä ja hidastaa maan routaantumista. Venäläinen et al. (2001b) arvioivat roudan muutoksia metsissä vuosisadan lopussa.[14] Lumipeitteen vähenemisen ja lämpötilan kohoamisen yhteisvaikutus vaikuttaa eri tavoin routaan eri puolella Suomea. Pohjois-Suomessa lämpötilan nousu on talvisin niin suurta, että routaantuminen selvästi vähenee, vaikka myös lumipeite ohenee. Nykyisin Itä-Suomessa lumipeite rajoittaa merkittävästi maan routaantumista. Skenaariokokeessa tällä alueella lumipeitteen väheneminen lähes kumoaa lämpötilan kohoamisen vaikutuksen routaan. Tuloksena on roudan vain lievä oheneminen. Keskilämpötilan kohotessa Etelä- ja Länsi-Suomessa nykyilmaston yhtenäinen lumipeiteaika muuttuu toisiaan seuraaviksi lyhyiksi lumipeitejaksoiksi. Samalla kasvaa todennäköisyys sille, että pakkasjakso osuu ajankohtaan jolloin maassa ei ole eristävää lumipeitettä. Mallitulosten mukaan Etelä- ja Länsi-Suomessa keskimääräinen routakerros paksunee vain hiukan, mutta ankarina talvina routa voi edetä nykyistä syvemmälle.

Tuulisuus ja auringon säteily

Cubash et al. (2001) mainitsevat, että useissa tulevaisuuden mallisimulaatioissa syviä matalapaineita syntyy nykyistä enemmän. Toisaalta tulokset vaihtelevat melko paljon ilmastomallista toiseen. Keskimääräisen tuulennopeuden muutosarviot Suomessa riippuvat mallista ja muutosten suuntakin vaihtelee (Räisänen et al. 2003 ja Tammelin ym. 2002). Alueellisissa ilmastomalleissa tuovat Itämeren alueella talvisin tuulen nopeus kasvaa merijään vähetessä.

Maanpinnalle tulevan auringon säteilyn muutoksia arvioitaessa tarvitaan tietoa pilvisyyden muutoksista. Toistaiseksi pilvisyyden kuvaamiseen ilmastomalleissa liittyy suurta epävarmuutta (McAvaney et al. 2001).

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 33 19.1.2005, 14:13:41

2.2. Sosio-ekonomiset skenaariot Suomessa

2.2.1. Johdanto

Ilmastonmuutos vaikuttaa talouteen monin eri tavoin ja aiheuttaa erilaisia sopeutumistarpeita. Sopeutumisen kustannukset riippuvat keskeisesti talouskehityksestä ja talouden vauraudesta ja kyvystä sopeutua ilmastonmuutokseen sekä toisaalta ilmastonmuutoksen hillitsemisestä. Suomen talouden keskeisiä kysymyksiä lähivuosikymmeninä on väestörakenteen kehitys, joka vaikuttaa sekä tuottavuuteen ja talouskasvuun että niihin menoihin, joita väestön hyvinvoinnista huolehtimisesta aiheutuu. Ilmastonmuutos muuttaa niitä edellytyksiä, joilla talous ylipäätään voi toimia. Ilmastonmuutoksen suorat vaikutukset sen sijaan vaihtelevat toimialoittain. Eräiden toimialojen Suomessa on arvioitu hyötyvän ilmastonmuutoksesta ja toisien taas kohtaavan uusia kustannuksia. Joidenkin vaikutuksien osalta ilmastonmuutoksen aiheuttamia vaikutuksia on vaikea kohdentaa millekään toimialalle.

Maailmantalouden kautta ilmastonmuutos voi vaikuttaa Suomeen kahdella tavalla. Ilmastonmuutoksen voimakkuus riippuu sinänsä maailmantalouden kehityksestä, mutta mikäli ilmastonmuutos alkaa vaikuttaa maailmantalouteen, heijastuvat vaikutukset Suomeenkin. Ilmastonmuutoksen ehkäisemiseksi tehtävät toimet voivat puolestaan rajoittaa talouskasvua mutta myös luoda uusia mahdollisuuksia suomalaiselle teollisuudelle.

Ilmastonmuutokseen sopeutumisen taloudellisista vaikutuksista Suomeen ei toistaiseksi ole tehty kattavia arvioita. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia eräillä toimialoilla arvioitiin SILMU-ohjelmassa. Vielä ei ole arvioitu ilmastonmuutokseen sopeutumisen kustannuksia eikä sopeutumisen ja ilmastonmuutoksen torjumiseksi tehtävän päästöjen rajoittamisen yhteisvaikutuksia.

Valtion taloudellisen tutkimuslaitoksen laatimassa erillisessä tutkimuksessa tarkastellaan Suomen talouden pitkän aikavälin kehittymismahdollisuuksia keskeisistä rakenteellisista tekijöistä käsin.[12] Tutkimuksen tarkoitus ei niinkään ole tuottaa arvioita sopeutumisen kustannuksista kuin koota olemassa olevia arvioita ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja talouden rakenteellisista kehitystekijöistä yhtenäisiksi kokonaisuuksiksi, joita voidaan käyttää jatkotutkimuksissa vertailukohtana ilmastomuutokseen sopeutumisen ja sen torjunnan kustannuksien

arvioinnissa. Samalla annetaan taustatietoja, joiden avulla eri toimialoille suunnattuja sopeutumistoimenpidekokonaisuuksia voidaan arvioida. Laskelmissa ei siis oleteta toteutettavan aktiivista sopeutumista ilmastonmuutokseen eikä liioin tarkastella hillitsemistoimien merkitystä.

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 35 19.1.2005, 14:13:41

2.2.2. Tarkasteltavat vaihtoehdot

Talouden kehitystä arvioidaan ennen kaikkea maailmantalouden, Suomen väestökehityksen sekä työllisyys- ja tuottavuuskehityksen näkökulmista. Tarkastelun lähtökohtana on WM-skenaario (With Measures-skenaario), jossa arvioidaan talouden kehitystä vuoteen 2025 asti. WM-skenaariota on myös käytetty elokuussa 2004 tehdyn kansallisen kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien jakosuunnitelman pohjana. Tämän tarkastelun perusvaihtoehdossa oletetaan talouden seuraavan WM-skenaariota vuoteen 2025 asti. Tämän jälkeen vientikysynnän, työllisyyden ja tuottavuuden kehitys määräävät pitkälti talouskehitystä. Vuoden 2025 jälkeen tuottavuuserojen toimialojen välillä oletetaan alkavan tasaantua, mutta perusvaihtoehdossa oletetaan maailmanmarkkinoiden, työllisyyden ja tuottavuuskasvun säilyvän korkealla tasolla.

WM (With Measures) -skenaarion taloudellisia lähtökohtia

- WM-skenaariossa oletetaan, että kansantalouden kasvuvauhti on keskimäärin 2 %.
- Kasvu on nopeampaa tarkastelujakson alussa ja hidastuu jakson lopulla.
- Kansantalous palveluvaltaistuu edelleen.
- Myös teollisuuden rakenne kevenee prosessiteollisuuden kasvaessa muuta teollisuutta hitaammin.

Kahdessa vaihtoehtoisessa skenaariossa työllisyyden ja tuottavuuden annetaan vaihdella perusskenaarioon verrattuna. Skenaariot eroavat toisistaan myös maailmantalouden kehityksen ja ilmastonmuutoksen vauhdin ja vaikutusten osalta.

Tutkimuksen skenaarioita voidaan lyhyesti luonnehtia seuraavasti:

- Perusskenaario: maailmantalouden ja viennin kehitys jatkaa WM-skenaarion jatkumona, ikäryhmittäinen tuottavuuskehitys on nopeaa, työllisyysaste nousee vuoteen 2020 mennessä 75 %:in
- Taantuva Suomi: maailmantalouden ja viennin kehitys hidastuu WM-skenaarioon verrattuna vuoden 2025 jälkeen, ikäryhmittäiset työllisyysasteet jäävät 2020 mennessä nykytasolle, tuottavuuskehitys on keskinkertaista
- Vaihtoehtoinen Suomi: maailmantalous ja vienti kehittyvät suotuisasti, teknologia ja kulutus suuntautuvat vähemmän energiaintensiivisiin tuotteisiin ja palveluihin, työllisyysasteet palautuvat 2020 mennessä lamaa edeltävälle tasolle, tuottavuuden kasvu jää alemmaksi kuin perusskenaariossa mutta on nopeampaa kuin taantuma-skenaariossa

Skenaariot kokoavat siis yhteen arvioita maailmantalouden, ilmaston, ja Suomen talouden ja väestön kehityksestä. Seuraavassa kuvataan näitä taustatekijöitä hieman lähemmin.

Oletukset kansainvälisestä taloudesta

Maailmantalouden pitkän aikavälin kehityksestä on esitetty erilaisia arvioita useissakin tutkimuksissa. Näissä tutkimuksissa on arvioitu esimerkiksi energiankulutuksen, huoltovarmuuden tai energiajärjestelmän kehitystä (esimerkiksi Kansainvälisen energiajärjestön, IEA), mutta myös muita kestävän kehityksen kannalta keskeisiä kysymyksiä (esimerkiksi Maailman valuuttarahasto, IMF). Myös EU on esittänyt lähivuosikymmeniksi arvioita talouden ja energiankulutuksen kehityksestä. Lisäksi IPCC on koonnut yleisiä talousskenaarioita eri maaryhmille. Kirjallisuudessa esitettyjen skenaarioiden käyttökelpoisuus Suomea koskevaan tutkimukseen on jossain määrin rajallinen koska ne ovat osin hyvinkin laadullisia, mutta niitä voidaan kuitenkin käyttää vientikysynnän kehitysarvioiden tukena. Tässä tutkimuksessa oletukset maailmantalouden kehityksestä nojautuvat IPCC:n skenaarioperheisiin (Liite). Maailmantalouden kehitys heijastuu Suomeen ennen kaikkea vientikysynnän kehityksen kautta, joka on erilainen IPCC:n eri skenaarioperheissä. IPCC:n skenaarioperheet ovat myös hyödyllisiä talouskehityksen ja ilmastonmuutoksen välisen yhteyden arvioinnin kannalta. IPCC-skenaarioissa ilmastonmuutos toteutuu erilaisena eri talousskenaarioissa riippuen talouskasvusta ja teknologian kehityksestä.

IPCC:n skenaarioiden keskeiset erot syntyvät niistä oletuksista, joita tehdään maailmankaupan avoimuudesta ja teknologian siirtymisen mahdollisuuksista, vaurauden jakautumisesta maiden ja maaryhmien välillä ja lopulta myös maailmantaloudessa vallitsevan suuntauksen yhteensopivuudesta kestävän kehityksen kanssa. Näiden piirteiden erilaiset yhdistelmät ovat taustalla IPCC:n neljässä skenaarioperheessä, jotka ovat:

A1 – avoin maailmantalous, nopea teknologiakehitys
A2 – blokkeihin jakautunut, muutoksiin hitaasti sopeutuva maailmantalous
B1 – ekotehokas korkean teknologian maailma
B2 – paikallisten yhteisöjen ja valikoivan teknologiakehityksen maailma

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kolmea ensimmäistä skenaarioperhettä. Kussakin skenaariossa ilmastonmuutos toteutuu erilaisena, mutta erot syntyvät hitaasti

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 37 19.1.2005, 14:13:42

ja ovat selvempiä vasta 2050 jälkeen. Seuraavassa luonnehditaan skenaarioita hieman lähemmin.

A1 – An open global economy with rapid technological change

Skenaario vastaa lähinnä tämän tarkastelun perusskenaariota. Tässä skenaariossa kaikki maat osallistuvat taloudelliseen yhteistyöhön ja niinpä maailmantalous kehittyy nopeasti ja yhteistyön tuomat taloudellinen tehokkuus leviää myös kehitysmaihin. Vaurauden leviäminen johtaa väestönkasvun hidastumiseen koko maapallon mittakaavassa vuoden 2060 jälkeen. Teknologia kehittyy nopeasti, ja innovaatiot leviävät nykyistä nopeammin. Kestävän kehityksen vaatimuksiin vastataan ensi sijassa teknologian avulla. Kansantuotteen kasvu henkeä kohti on nopeinta tässä skenaariossa. Kasvihuonekaasujen kehitys vaihtelee skenaariovarianttien välillä voimakkaasti. Kasvihuonekaasujen päästöt voivat jäädä suhteellisen alhaisiksi, jos teknologian kehitys parantaa ekotehokkuutta. Tässä skenaarioperheessä ekotehokkuuden ei kuitenkaan oleteta olevan keskeinen politiikkatavoite, ja siksi on mahdollista, että päästöt ovat B1-skenaarioita korkeammat ja ilmastonmuutos nopeampaa.

A2 – A world of blocks with haphazard resistance to change

Skenaario vastaa lähinnä tämän tarkastelun Taantuva Suomi -skenaariota. Tässä skenaarioperheessä maailmantalouden kehitys ei ole yhtä suotuisaa kuin A1-skenaarioissa. Keskeinen syy tälle on maailman jakautuminen erityisetujaan ajaviin kauppablokkeihin, mikä hidastaa taloudellista kasvua ja kehitysmaiden vaurastumista. Myöskään teknologian leviäminen ei ole yhtä nopeaa kuin A1-skenaarioissa. Vaurauden hidas parantuminen johtaa korkeampaan väestönkasvuun kuin A1-skenaarioissa, mikä puolestaan näkyy B1-skenaarioita ja korkeampina päästöinä ja yleensäkin ympäristön kuormituksena.

B1 – A consciously eco-efficient high-tech world

Skenaario vastaa lähinnä tämän tarkastelun Vaihtoehtoinen Suomi -skenaariota. Tässä skenaarioperheessä taloudellinen yhteistyö on voimakasta, mikä luo edellytykset talouskasvulle ja teknologian leviämiselle, mutta teknologiselle kehitykselle asetetaan selkeitä ympäristötavoitteita. Talouskasvu jää A1-skenaarioita alemmaksi, kuten vaurastuminen ja kehitysmaiden ja teollisuusmaiden vaurauserojen kaventuminenkin, mutta toisaalta teknologia kehittyy ympäristöystävälliseen

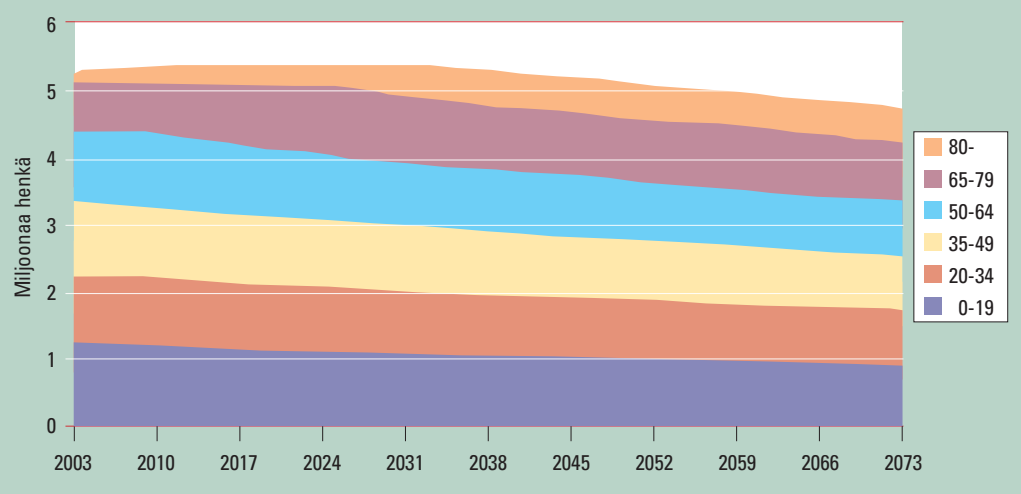
suuntaan. Talouskehitys on kuitenkin toiseksi nopeinta tässä skenaarioperheessä, ja niinpä maailman väestökehityskin on samankaltainen kuin A1-skenaarioissa. Kasvihuonekaasujen päästöt saadaan kuriin näissä skenaarioissa, eikä ilmastonmuutos ole yhtä nopeaa kuin muissa skenaarioissa.

Oletukset Suomen talouden rakenteellisista tekijöistä

Maailmanmarkkinoiden lisäksi Suomen talouskehityksen kannalta keskeistä on väestön, työllisyyden ja tuottavuuden sekä kulutuskysynnän kehitys. Väestö-, hoivameno-, ja työllisyyskehityksestä tehtävät arviot perustetaan tutkimuksessa VATT:n aiempaan tutkimukseen (Parkkinen 2004), jossa arvioidaan tuottavuuden ja ikäryhmittäisen työllisyysasteen ja hoivamenojen kehityksen avulla talouden kasvumahdollisuuksia.

Väestökehitys

Väestön kasvuennuste noudattaa Tilastokeskuksen väestöennustetta vuoteen 2030 ja sen jatkolaskelmaa vuoteen 2050. Vuoden 2050 jälkeen ennuste perustuu trendien jatkumisoletukseen. Väestö kasvaa 2000-luvun alkuvuosikymmeninä vuoteen 2030 saakka noin 200 000:lla mutta kääntyy sitten hitaaseen laskuun. Nykytasolle väestö on palannut vuoteen 2050 mennessä. Laskelmissa ei oleteta siirtolaisuuden voimakkaasti lisääntyvän nykyisestään.



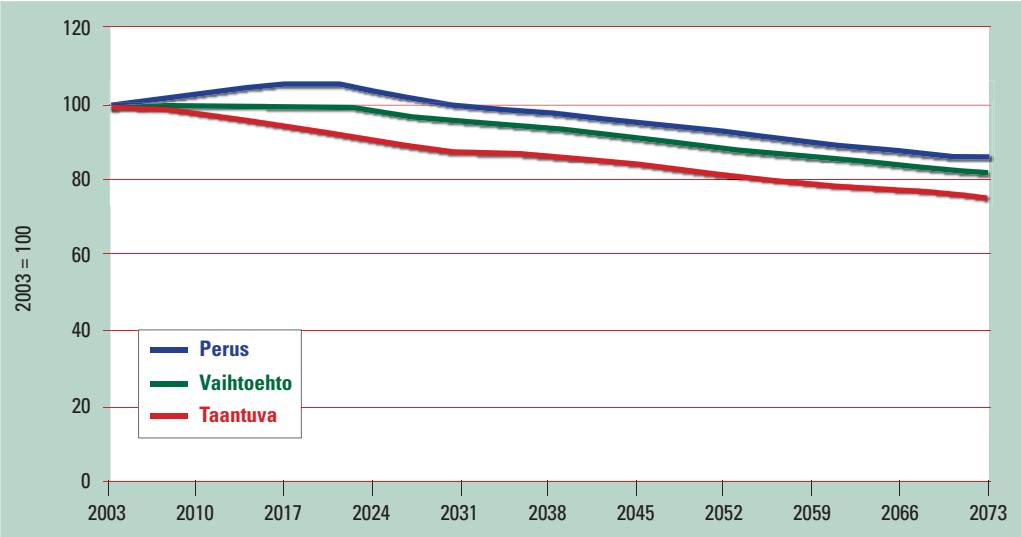
Kuva 2.5. *Väestöennuste ikäryhmittäin 2003–2080.*

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 39 19.1.2005, 14:13:42

Työllisyys

Työllisyyden kehitysskenaarioiden lähtökohtana on nykytilanne. Vuoden 2002 työllinen työvoima oli 2,37 miljoonaa henkeä. Työvoimatutkimuksen mukaan 35–45 -vuotiaiden työllisyysaste oli 85 prosenttia, kun taas kaikkien työikäisten, 15–64 -vuotiaiden, työllisyysaste oli 67,7 %. 1990-luvun alussa, ennen lamaa, työssä kävi 2,5 miljoonaa suomalaista, jolloin työllisyysaste oli 74 % ja parhaassa työiässä olevien osalta yli 90 %. Pahimman työttömyyden aikaan 1994 työllisyysaste oli toisaalta vain 60 %, jolloin työllistä työvoimaa oli 2,05 miljoonaa. Ikäryhmittäisessä työllisyydessä oli tällöinkin suuria eroja.

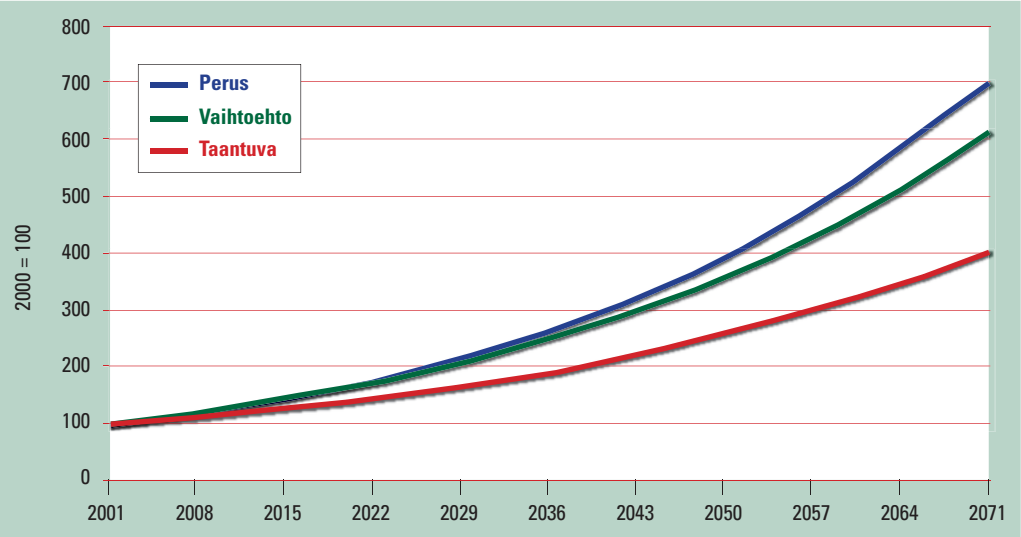
Työllisyysskenaariot tässä tutkimuksessa vertautuvat tähän historiaan. Heikoin työllisyysvaihtoehto olettaa, että ikäryhmittäiset työllisyysasteet säilyisivät 2002 tasolla (Taantuva Suomi). Tällöin työllisten lukumäärä laskisi lähes 150 000:lla 2020 mennessä ja jopa 500 000:lla vuoteen 2050 mennessä. Vaihtoehtoinen Suomi -skenaario olettaa, että ikäryhmittäiset työllisyysasteet palautuvat lamaa edeltävälle tasolle, jolloin myös työllisten lukumäärä säilyy ennallaan vuoteen 2020, mutta supistuu sitten 250 000:lla vuoteen 2050 mennessä. Parhaassa tapauksessa työllisyysaste nousee 75 %:iin vuoteen 2020 mennessä, jolloin työllisten lukumäärä nousee 2020 saakka, mutta supistuu 2,2 miljoonaan vuoteen 2050 mennessä (Perusskenaario), eli noin 150 000:lla nykyiseen verrattuna.



Kuva 2.6. *Työllisyysasteen suhteellinen kehitys 2003–2080.*

Parkkinen (2004) on myös esittänyt skenaarioita kokonaistuottavuuden kehityksestä. Heikon tuottavuuskehityksen tapauksessa työn tuottavuus kohoaisi 1,3 % vuodessa, mikä on hitaammin kuin koskaan sodanjälkeisenä aikana. Parkkisen perustapauksessa työn tuottavuus kohoaa 2 % vuodessa, tämäkin on historiallisesti katsottuna varsin hitaasti. Parhaassa vaihtoehdossa työn tuottavuuden oletetaan kohoavan 2,7 % vuodessa.

Tämän tarkastelun skenaarioissa kokonaistuottavuuden oletetaan kohoavan Taantuva Suomi vaihtoehdossa hieman nopeammin kuin Parkkisen tutkimuksessa, eli noin 1,6 % vuodessa vuosituhannen alkuvuosikymmeninä. Perusskenaariossa ja Vaihtoehtoinen Suomi-skenaariossa tuottavuuden kasvuksi oletetaan aluksi keskimäärin 2 %, mutta vuoden 2025 jälkeen tuottavuuskasvu oletetaan 2,7 %:ksi perusskenaariossa ja keskimäärin 2,4 % 2025 jälkeen.



Kuva 2.7. *Työn tuottavuuden suhteellinen kehitys 2000–2080.*

Parkkinen (2004) arvioi myös eläke- ja hoivamenojen kehitystä. Näiden menojen kasvu seuraa varsin tiiviisti väestön ikääntymistä. Tässä tarkastelussa otetaan huomioon väestön ikääntymisen vaikutus sekä hoivamenoihin että verotukseen. On kuitenkin mahdollista, että elintason kasvun myötä terveydentila paranee ja johtaa hoivamenojen myöhentymiseen – ihmiset tarvitsevat hoivapalveluja vasta jonkin verran vanhempana. Tämä vaihtoehto on tässä tarkastelussa yhdistetty Vaihtoehtoiseen Suomi -skenaarioon, jossa kansanterveyden ja suhteellisesti paremman ympäristön tilan välillä oletetaan olevan positiivinen yhteys.

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 41 19.1.2005, 14:13:43

Ilmastonmuutoksen vaikutukset

Tarkastelussa on myös käytetty arvioita ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Arviot perustuvat SILMU-tutkimusohjelmassa tehtyihin laskelmiin ilmaston lämpenemisen aiheuttamista muutoksista talouden ilmastonmuutokselle herkillä toimialoilla (Kinnunen 1992, Kuoppamäki 1996). Laskelmissa tarkastellaan vain niitä toimialoja, joiden osalta lämpenemisen vaikutuksia oli kvantifioitu. Niissä ei myöskään arvioida mahdollisia maailmantalouden muutoksia. SILMU:ssa tehdyt arviot sisältävät siis monia epävarmuuksia, mutta ne ovat edelleen kattavimmat taloudelliset arviot ilmastonmuutoksen vaikutuksista Suomessa. Tältä osin hiljan käynnistynyt FINADAPT-tutkimushanke tullee kuitenkin parantamana tietopohjaa.

SILMU:ssa arvioitiin, että ilmaston lämpeneminen Suomessa asettuisi 0,1 ja 0,6 asteen välille vuosikymmenessä. Ilmastonmuutoksen vaikutusarvioissa oletetaan, että ilmaston lämpeneminen Suomessa arvioiden keskivaiheille, 0,4 asteeseen vuosikymmenessä. Nyttemmin on esitetty arvioita nopeammastakin lämpenemisestä, ja niinpä käsillä olevassa tutkimuksessa oletetaan, että vaikutukset voivat olla Kuoppamäen arvioita suuremmat tai pienemmät riippuen siitä, millainen maailmantalouden kehitys ja sitä kautta taloudesta kumpuava ympäristöpaine on. Selvää kuitenkin lienee, että ilmastonmuutoksen vaikutukset eivät tule olemaan näin lineaarisia, vaan voivat vaihdella paljonkin lämpenemisen voimakkuudesta riippuen. On selvää, että vaikutusarviointi vaatii menetelmien lisäkehittämistä, jota tehdään osaltaan FINADAPT-tutkimushankkeessa.

Kuoppamäen arvioiden mukaan Suomi poikkeaa eräissä suhteissa merkittävästi muista teollisuusmaista ilmaston lämpenemisen vaikutusten suhteen. Taustalla on Suomen pohjoinen sijainti, josta johtuen lämpeneminen pidentää satokautta vaikuttaen positiivisesti maatalouteen ja siirtää metsärajaa pohjoisemmaksi hyödyttäen todennäköisesti metsätaloutta. Myös lämmitystarve jää vähäisemmäksi. Vastapainoksi on oletettavaa, että erilaiset tuholaiset lisääntyvät. Biodiversiteetti saattaa kuitenkin kärsiä, ja myös myrskyisyys saattaa lisääntyä lisäten puuston ja erilaisten rakenteiden vaurioalttiutta. Ilmastonmuutoksella on varsin ristiriitaisia vaikutuksia eräisiin muihinkin sektoreihin. Maatalouden osalta Kuoppamäki arvioi, että kasvukauden pitenemisen lisäksi lämpenemisestä johtuva viljelykelpoisen alan siirtyminen pohjoisemmaksi kasvattaa satopotentiaalia. Satopotentiaalin kasvu vaihtelee viljalajeittain, mutta olisi keskimäärin 40 %. Tämän lisäksi karjatalous hyötyisi lämpenemisestä laidunkauden pidentyessä (rehukustannus, eläinten terveys). Tuholaistuhojen arvioitiin kaksinkertaistuvan. Suomen maatalouden

saama nettohyöty olisi kuitenkin 1–3 miljardia vuoden 1993 markkaa vuosittain vuoden 2050 tasolla.

Metsätalouden osalta lämpeneminen johtaa kasvun paranemiseen ja toisaalta myös puuston rakenteen muutokseen. Puuston arvioidaan muuttuvan koivuvaltaisemmaksi. Lämpenemisen vaikutus kumpuaa kasvun hyvinkin selvästä lisääntymisestä, ja vuotuiseksi kokonaisarvioksi lämpenemisen vaikutuksista Kuoppamäki esittää 4,4 miljardia vuoden 1993 markkaa.

Energiasektorin hyödyt kumpuavat lämmitystarpeen vähenemisestä ja vesivoiman saatavuuden lisääntymisestä. Näistä ensimmäinen lienee merkittävämpi vesivoiman osuuden kokonaisenergiahuollossa ollessa suhteellisen pieni. Lämmitystarpeen lasku näkyy pienentyneenä sähkön ja polttoaineiden kulutuksena. Vuotuisen sähkönkulutuksen arvioitiin jäävän 1,5 % alemmaksi vuonna 2025 ja 4,6 % alemmaksi vuonna 2100 lämpenemisen ansiosta. Kokonaisuudessaan vuotuinen vaikutus energiasektorilla arvioidaan 700 miljoonaksi vuoden 1993 markaksi.

Muita toimialoja Kuoppamäen tutkimus ei käsittele. Esimerkiksi rakentamiseen lämpenemisellä voi olla hyvinkin ristiriitaisia vaikutuksia. Lämpeneminen helpottaa lämmöneristämistä, mutta toisaalta lisääntyvä sateisuus ja myrskyisyys asettavat rakentamiselle uusia vaatimuksia. Liikennesektoriin liittyy suuria teknologiaepävarmuuksia, eikä ole selvää, ovatko lämpenemisen vaikutukset talvikunnossapitoonkaan ennakoitavissa kovinkaan hyvin. Myös matkailuelinkeinolle lämpeneminen voi olla toisaalla hyödyksi, toisaalla haitaksi. Kaikkiaan matkailu saattaisi kuitenkin kärsiä lämpenemisestä.

Ilmastonmuutos voi myös aikaansaada siirtolaisuuden lisääntymisen, ja tutkimus arvioikin, että kasvaneesta ”ilmastopakolaisuudesta” voisi aiheutua kustannuksia Suomessakin. Käsillä olevassa tutkimuksessa ei tarkastella tätä vaihtoehtoa.

Tässä tarkastelussa Kinnusen ja Kuoppamäen arvioita on käytetty ilmastonmuutoksen vaikutuksen kuvaamisessa siten, että arvioitu vaikutus on tuotu mallikehikkoon tuottavuuden muutoksena. Muutoksen oletetaan toteutuvan vähittäin siten, että vuonna 2050 vuosittaiset vaikutukset ovat Kuoppamäen arvioimalla tasolla. Kaikkiaan ilmastonmuutoksen vaikutus jää laskelmissa kuitenkin pieneksi makrotaloudellisten tekijöiden merkityksen korostuessa pitkällä aikavälillä. Kansantuotteen vuotuiseen kasvuun vaikutus olisi positiivinen, mutta jäisi prosentin murto-osiin. Maa- ja metsätaloudessa ja metsäteollisuudessa vaikutus olisi hieman suurempi, muttei kuitenkaan 0–0,2 % suurempi.

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 43 19.1.2005, 14:13:45

2.2.3. Skenaariolaskelmat

Tässä luvussa tarkastellaan kansantalouden kehitystä eri skenaarioissa. Tarkastelu perustuu Suomen taloutta kuvaavalla tasapainomallilla tehtyihin laskelmiin. Tasapainomallit perustuvat tuotannon, kulutuksen ja julkisen sektorin yksityiskohtaisiin kuvauksiin ja tuottavat ratkaisunaan tietoa talouden reaktiosta erilaisiin reunaehtojen muutoksiin. Skenaariokäytössä mallien avulla voidaan tarkastella erilaisten rakenteellisten tekijöiden yli ajan tapahtuvan muutoksen aikaansaamaa kasvua ja tuotanto- ja kulutusrakenteen muutosta. Laskelmien taustaoletuksia kuvataan yksityiskohtaisemmin VATT:n erillisessä tutkimusraportissa.

Skenaariolaskelmien keskeiset piirteet on kuvattu edellä. Mallilaskentaan skenaarioita tuodaan mukaan seuraavasti:

- Väestön ja työvoiman kasvu sekä eläkemenot oletetaan väestöskenaarioiden mukaiseksi
- Työllisyyden ja tuottavuuden kasvun annetaan vaihdella skenaarioittain
- Maailmanmarkkinakysyntä vaihtelee skenaarioittain
- Hoivamenojen volyymi seuraa väestöskenaarioita.

Tämän lisäksi laskelmissa joudutaan tekemään eräitä oletuksia kustannusten määräytymisestä. Näistä tärkeimmät ovat:

- Hoivamenojen yksikkökustannukset määräytyvät mallista
- Työttömyyskorvaukset on sidottu ansiotasoindeksiin
- Muiden tulonsiirtojen yksikkömenot on sidottu ansiotasoindeksiin
- Muiden tulonsiirtojen volyymi on sidottu väestön määrään
- Koulutusmenojen volyymi on sidottu koulu-ikäisen väestön määrään
- Koulutusmenojen yksikkökustannukset määräytyvät mallista

Julkisesta sektorista oletetaan lisäksi:

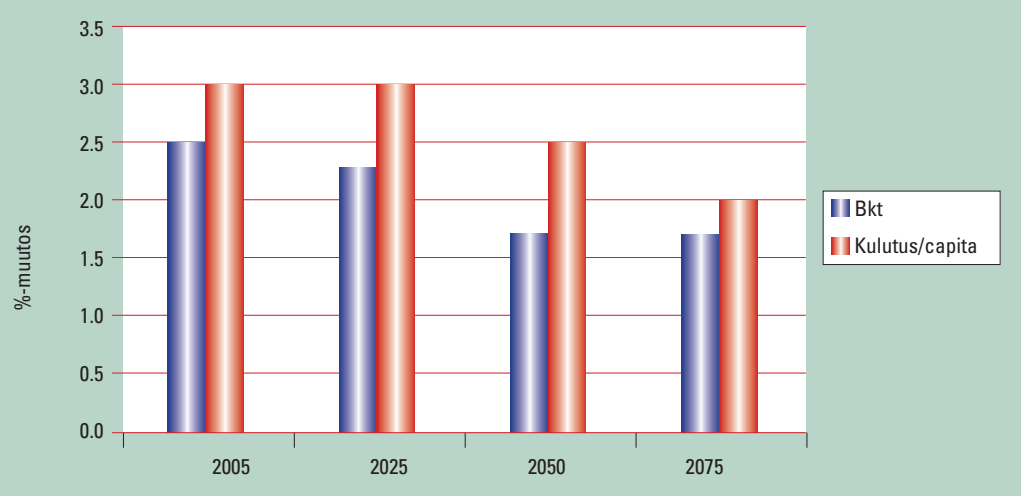
- Skenaarioista riippumattomat julkiset menot (muut kuin hoiva- ja koulutusmenot) kasvavat samaa vauhtia kuin WM-skenaariossa
- Julkisen velan suhde BKT:n pidetään kiinteänä sopeuttamalla liikevaihtoveroa

Malli määrää talouden kasvun skenaarioittain vaihtelevien tarjontatekijöiden (työllisyys, tuottavuus) ja kysyntätekijöiden (maailmanmarkkinat) rajoittamana. Pitkän aikavälin kasvuskenaarioiden tapaan tuottavuuskehitys on näissäkin

skenaarioissa keskeisellä sijalla. Korkea tuottavuuskasvu mahdollistaa voimakkaan talouskasvun. Työvoiman ikääntyessä ja työllisten määrän kääntyessä laskuun 2000-luvun edistyessä alkaa talouden rakenne kuitenkin muuttua palveluvaltaisemmaksi, jolloin korkea tuottavuuskehitys saattaa jouduttaa tätäkin kehitystä.

Talouden kehitys Perusskenaariossa

Kansantalouden kehitystä perusskenaariossa esitetään kuvassa 2.8. Perusskenaariossa kansantuotteen kasvu jatkuu suhteellisen nopeana 2000-luvun alkuvuosikymmenet alkaen hidastua vuotta 2050 kohden. Kansantuotteen kasvu on kuitenkin lähes kaksi prosenttia vuoden 2050 tasollakin. Kulutus henkeä kohden kasvaa nopeammin kuin kansantuote. Vientikysynnän oletetaan kasvavan 3–4 %:n verran koko tarkastelukauden ajan.

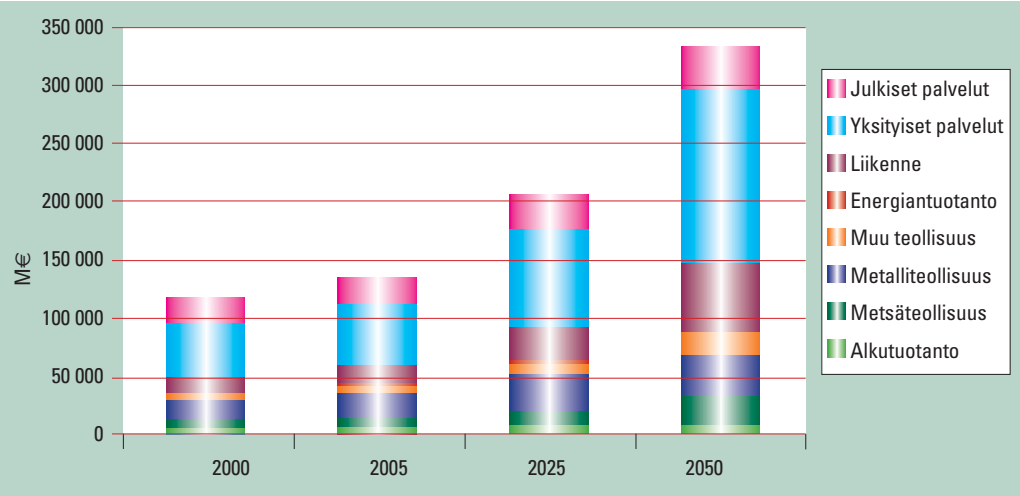


Kuvio 2.8. *Makrotalouden kehityksen tunnuslukuja Perusskenaariossa.*

Kansantalouden rakenteen kehitystä arvonlisän syntymisen kautta perusskenaariossa esitetään kuvassa 2.9. Tuottavuuden nopea kasvu teollisuudessa vapauttaa tuotannontekijöitä palveluihin, ja niinpä talous alkaa muuttua palveluvaltaisemmaksi 2030-luvulta alkaen. Teollisuuden toimialoista metsäteollisuuden kasvu säilyy parin prosentin tuntumassa, metalli- ja metallituoteteollisuuden kasvu on aluksi nopeampaakin, yli 3 % vuodessa, mutta hidastuu 2030-luvulta alkaen jääden keskimäärin kahteen prosenttiin. Muun teollisuuden kasvu jää selvästi tätä

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 45 19.1.2005, 14:13:45

hitaammaksi. Viennin ja tietoliikenteen kasvu pitää liikenteen kasvun kansantuotteen keskimääräistä kasvua korkeampana. Julkisten palvelujen osuus alkaa vähitellen pienentyä niiden kasvun jäädessä kansantuotteen kasvua hitaammaksi.



Kuva 2.9. *Arvonlisä Perusskenaariossa.*

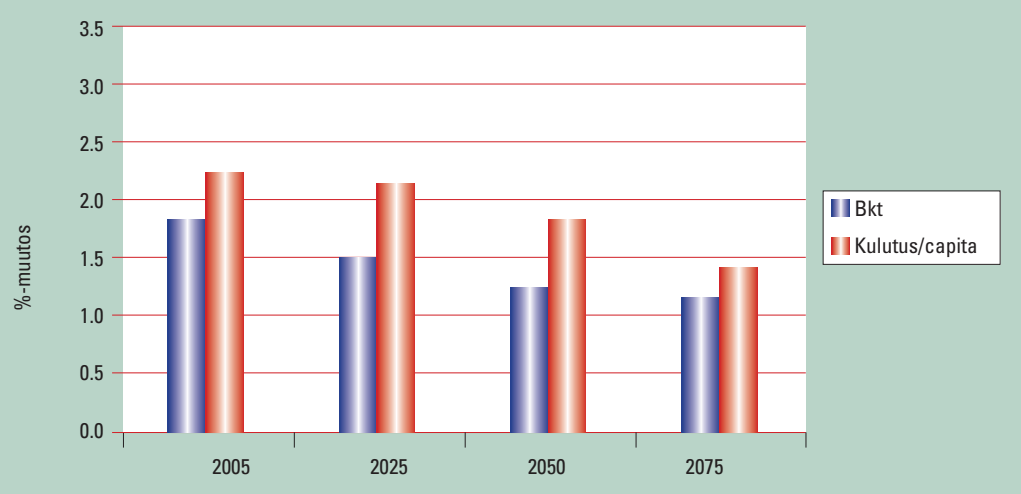
Talouden kehitys Taantuva Suomi -skenaariossa

Kansantalouden kehitystä Taantuva Suomi -skenaariossa esitetään kuvassa 2.10. Työllisyyden kehitys on tässä vaihtoehdossa heikointa, ja kun sekä vientikysynnän että tuottavuuden kasvunkin oletetaan jäävän tässä skenaariossa perusskenaariota heikommaksi, jää kansantuotteen kasvu perusskenaariota selvästi alemmaksi. Kulutuksen kasvu laskee sekin verrattain alhaiseksi.

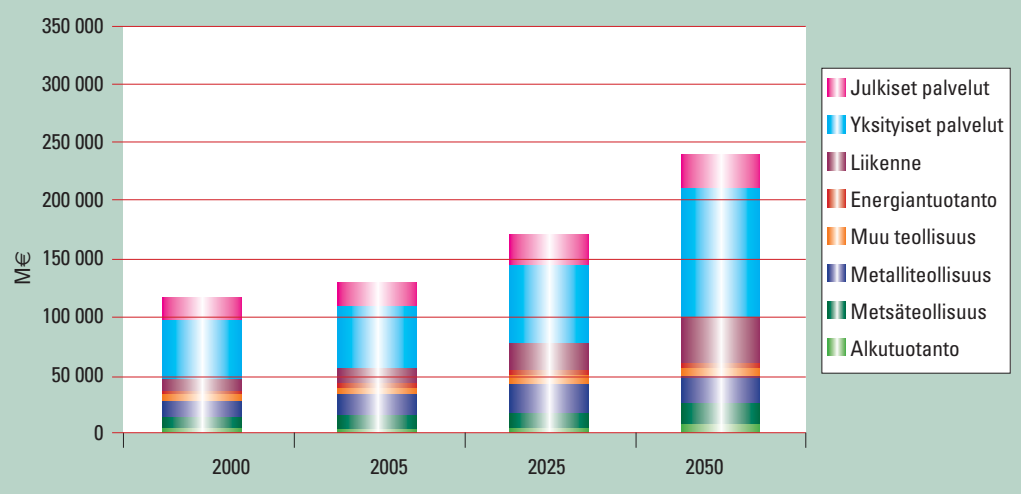
Kansantalouden rakenteen kehitystä Taantuva Suomi -skenaariossa esitetään kuvassa 2.11. Tuotannon arvo jää selvästi alemmaksi kuin perusskenaariossa. Tuotannon kasvun hidastuminen on selvää varsinkin 2025 alkaen. Teollisuuden kasvua hidastaa oletus hitaasta vientikysynnän ja tuottavuuden kasvusta. Lisäksi alempi tuottavuuskehitys johtaa siihen, että yksityiset palvelusektorit eivät nekään kasva yhtä nopeasti kuin perusskenaariossa.

Talouden kehitys Vaihtoehtoinen Suomi -skenaariossa

Kansantalouden kehitystä Vaihtoehtoinen Suomi -skenaariossa esitetään kuvassa 2.12. Tässä vaihtoehdossa oletetaan, että työllisyys ja tuottavuus kasvavat Taan-



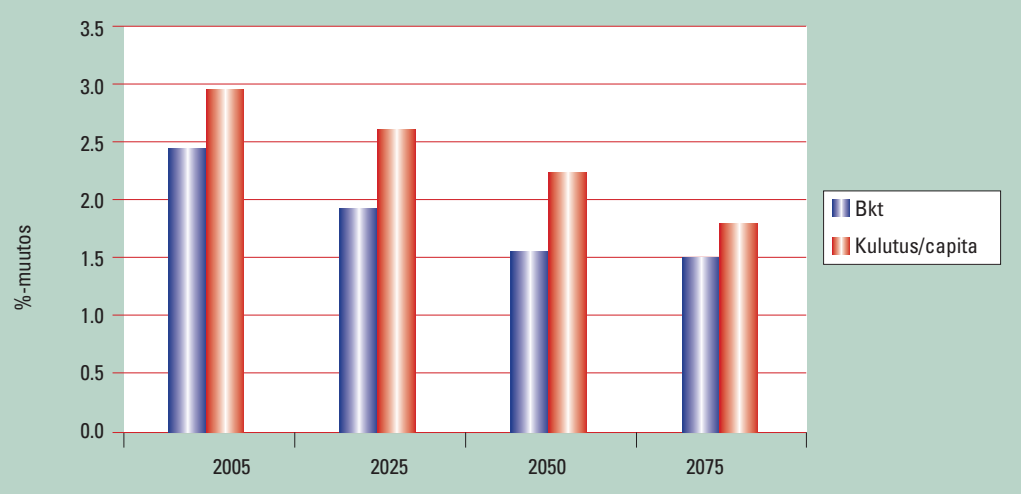
Kuva 2.10. *Makrotalouden kehityksen tunnuslukuja Taantuva Suomi -skenaariossa.*



Kuva 2.11. *Arvonlisä Taantuva Suomi -skenaariossa.*

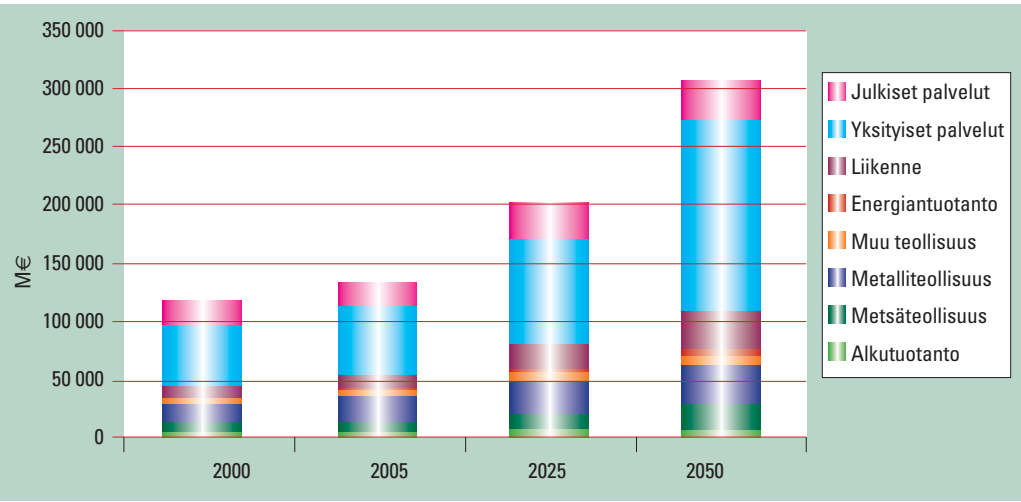
tuva Suomi -vaihtoehtoa nopeammin, mutta eivät aivan yhtä nopeasti kuin perusskenaariossa. Vientikysynnän kasvu oletetaan nopeaksi, keskimäärin kolmeksi prosentiksi vuodessa. Ennen kaikkea matalampi tuottavuuskasvu johtaa siihen, että tuotannon kasvu kuitenkin jää perusskenaariota alemmaksi. Kansantuotteen kasvu on lähellä perusskenaariota 2025 asti, sen jälkeen se jää alle kahden prosentin. Teollisuuden kasvu jää hieman alemmaksi kuin perusskenaariossa, mutta yksityiset palvelut kasvavat samaa vauhtia kuin perusskenaariossakin, keskimäärin 2,2–2,3 % vuodessa. Niinpä talous alkaa vähitellen palveluvaltaistua.

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 47 19.1.2005, 14:13:46



Kuva 2.12. *Makrotalouden kehityksen tunnuslukuja Vaihtoehtoinen Suomi -skenaariossa.*

Kansantalouden rakenteen kehitystä Vaihtoehtoinen Suomi -skenaariossa kuvaa kuva 2.13.



Kuva 2.13. *Arvonlisä Vaihtoehtoinen Suomi -skenaariossa.*

Yhteenveto skenaarioista

Edellä on tarkasteltu Suomen kansantalouden pitkän aikavälin talouskasvuskenaarioita keskeisten rakenteellisten tekijöiden kehitysarvioihin perustuen. Näitä

ovat väestönkasvu sekä työllisyyden ja tuottavuuden kehitys. Skenaariot ovat vertailukelpoisia IPCC:n kuvaamia maailmanmarkkinoiden kehitysvaihtoehtojen kanssa.

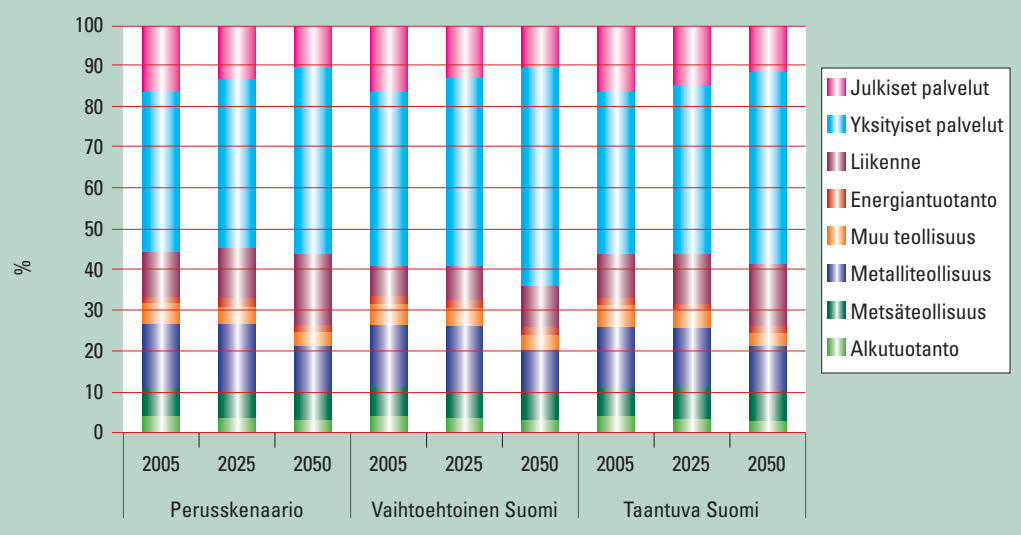
Skenaariot eroavat toisistaan varsin paljon. Perusskenaariota leimaa nopea maailmanmarkkinoiden kasvuvauhti ja korkea työllisyys- ja tuottavuuskehitys. Tässä skenaariossa teollisuuden kasvuvauhti on nopeaa 2030-luvulle asti, mutta sitten talous alkaa palveluvaltaistua. Kansantuote ja kulutus säilyvät korkealla tasolla. Taantuva Suomi -skenaariossa maailmanmarkkinoiden kasvu oletetaan hitaammaksi kuin perusskenaariossa. Tähän liittyy heikoin työllisyyskehitys ja tuottavuuskehitys. Kasvu jää tässä skenaariossa selvästi pienemmäksi kuin perusskenaariossa, mutta kansantuotteen ja kulutuksen kasvu ovat silti historiallisesti katsottuna kohtuullisen korkealla tasolla. Vaihtoehtoinen Suomi -skenaariossa oletetaan maailmanmarkkinoiden kasvu ripeäksi, mutta kasvun oletetaan suuntautuvan ei-perinteiseen toimintaan. Työllisyyden kasvu on kuitenkin Taantuma-vaihtoehtoa parempi. Kansantuote ja kulutus jäävät tässä vaihtoehdossa pitkällä aikavälillä alemmaksi kuin perusskenaariossa. Syynä tähän on ennen kaikkea alempi tuottavuuden kasvu.

Talouden tuottamaa arvonlisä esitetään kuvassa 2.14. Kaikissa skenaarioissa kasvu hidastuu 2030-luvulta alkaen. Talouden rakennemuutos palveluvaltaisemmaksi alkaa myös näkyä suhteellisen pian, mutta varsinaisesti se alkaa toteutua vasta muutaman vuosikymmenen kuluttua.

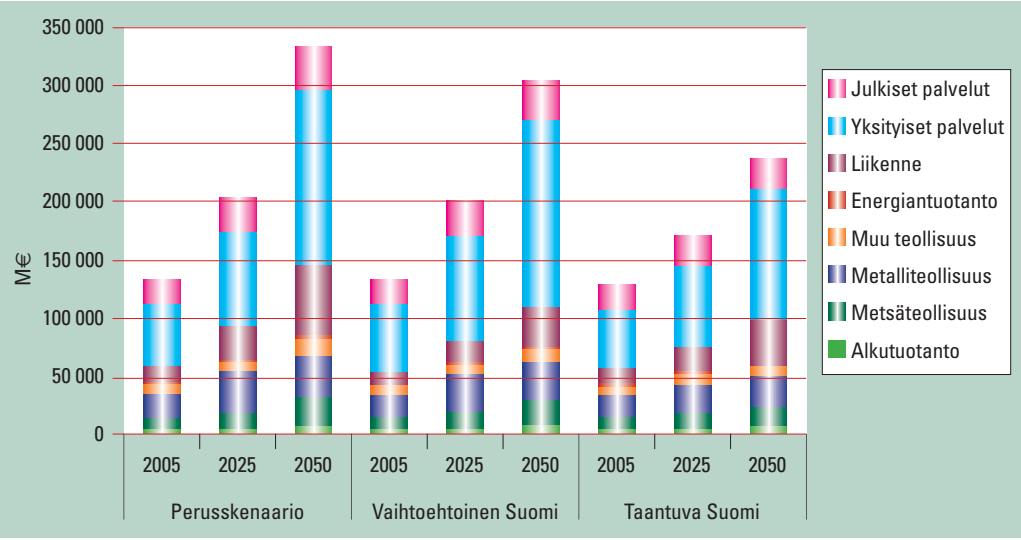
Talouden rakenteen muutos esitetään kuvassa 2.15, johon on koottu toimialoittainen arvonlisä vuosina 2005, 2025 ja 2050.

Laskelmissa on arvioitu ilmastonmuutoksen taloudellisia vaikutuksia SILMU-tutkimusohjelmassa tehtyjen toimialakohtaisten vaikutusarvioiden perusteella. Nämä arviot kattavat vain joitakin toimialoja. Käytettävissä olevien arvioiden perusteella lasketut vaikutukset jäävät kaikissa skenaarioissa pieniksi koko kansantalouden tasolla, vaikka ne etenkin maa- ja metsätaloudessa ovat jo selvempiä. Tässä esitetyissä laskelmissa ei ole kuitenkaan pohdittu rajuja ilmaston, maailmantalouden tai teknologian muutoksia. Ilmastonmuutos ei käytettävissä olevien arvioiden perusteella näyttäisi muodostuvan esteeksi hyvinvoinnin turvaamiselle Suomessa lähivuosikymmeninä, mutta on selvää, että lisätutkimus voi tuoda esiin merkittäviä vaikutuksia ja valaista epävarmuuksia, joita SILMU-ohjelmassa ei tarkasteltu.

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 49 19.1.2005, 14:13:47



Kuvio 2.14. *Arvonlisän kehitys eri skenaarioissa.*



Kuva 2.15. *Toimialoittaisten arvonlisäosuuksien kehitys eri skenaarioissa.*

2.3. Luonnonjärjestelmät

Ilmastonmuutoksen vaikutukset välittyvät yhteiskuntaan luonnonolojen kautta. Keskeisiä luonnonoloja ilmaston lisäksi ovat maaperän ominaisuudet, veden määrä ja laatu sekä ilman ominaisuudet. Ilmaston muuttuessa muuttuvat luonnonolot vaikuttavat myös kasvi- ja eläinkunnan luontaiseen kehitykseen.

2.3.1. Maaperä

Tärkeimmät maaperän ominaisuudet, joihin ilmastonmuutoksen ennustetaan vaikuttavan, ovat maaperän ravinteisuus, kosteus, rakenne ja routiminen. Muutokset Suomen eri osissa riippuvat pääasiassa ilmastonmuutoksen alueellisista eroista, mutta myös kullekin muutokselle alttiiden maaperien sijainnista.

Ravinteiden vapautuminen kuolleista kasvinosista uudelleen kasvien käyttöön kiihtyy, kun ilmaston lämpeneminen nopeuttaa hajotustoimintaa maaperässä. Tämä helpottaa kasvien ravinteiden saantia ja edesauttaa niiden kasvua. Toisaalta ravinteiden huuhtoutumisen riski voi kasvaa, jos kasvit eivät käytäkään kaikkia vapautuneita ravinteita. Nämä kasvien ravinnetalouteen ja ravinteiden huuhtoumariskiin liittyvät muutokset vaikuttavat maa- ja metsätalouteen sekä vesistöihin.

Maaperä muuttuu keskimäärin kosteammaksi vuosittaisten sateiden lisääntyessä. Tämä heikentää maan lujuutta rakennusten alustana ainakin jonkin verran, mikä voi olla syytä ottaa huomioon uusien rakennusten perustojen mitoituksessa. Nykyiset rakennukset eivät yleensä liene vaarassa, mikäli ne on rakennettu oikeaoppisesti ja vallitsevien normien mukaan. Vain hienolajitteisilla rantatörmillä ja jyrkänteillä sijaitsevat rakennukset, ja ehkä rautatielinjauksetkin, voivat joutua vaaraan, jos eroosio ja maanvyöryt lisääntyvät maaperän muuttuessa kosteammaksi.

Vuosittaisten sademäärien lisääntymisestä huolimatta on mahdollista, että pitkistä kuivista jaksoista tulee nykyistä yleisempiä. On mahdollista, että suurten kertasateiden yleistyessä myös pitkät sateettomat jaksot yleistyvät. Tämä voisi haitata puiden kasvua kuivuudelle herkimmillä, karuilla kasvupaikoilla. Metsämaiden kyky pidättää vettä kuitenkin parantuu ilmaston lämmetessä, kun niihin kertyy lisää eloperäistä ainetta. Tämä vähentää metsämaiden herkkyyttä kuivuudelle, eikä

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 51 19.1.2005, 14:13:50

kuivuuden uskotakaan vähentävän metsien kasvua merkittävästi. Eloperäisen aineen kertyminen metsämaihin on mahdollista hajotustoiminnan kiihtymisestä huolimatta, sillä metsäkasvillisuuden kasvun ja kariketuotannon ennustetaan kiihtyvän vieläkin enemmän.

Savimaiden rakenne muuttuu entistä tiiviimmäksi vuosittaisten sateiden lisääntyessä ja routakauden lyhentyessä, mikä vaikeuttaa niiden viljelyä.

Roudan vähentymisestä on haittaa muuallakin kuin maataloudessa. Metsissä se vaikeuttaa puunkorjuuta talvisin ja heikentää puiden ankkuroitumista maahan altistaen metsiä myrskytuhoille. Rakentamisessa roudan vähentyminen voisi periaatteessa pienentää routasuojauksen tarvetta, mutta nykyinen routasuojaus on tarpeen myös tulevaisuudessa, koska nykyisen kaltaiset routajaksot ovat edelleen mahdollisia keskimääräisen roudan vähentymisestä huolimatta. Kaiken kaikkiaan roudan esiintyminen riippuu useista eri tekijöistä, kuten talven lämpötiloista sekä lumipeitteen paksuudesta ja lumipeitteisen ajan kestosta. Ilmastonmuutos vaikuttaa routaan välillisesti, minkä vuoksi roudan esiintyminen muuttunee eri tavoin eri puolella Suomea.

2.3.2. Vesi

Ilmastonmuutoksen ennustetaan muuttavan vesimääriä, veden laatua ja merenpinnan korkeutta. Tulvien, rankkasateiden ja kuivuuden kaltaiset ääri-ilmiöt yleistyvät ilmastomuutoksen myötä. Vuotuinen sademäärä kasvaa, mutta sateet lisääntyvät etenkin talvisin ja kesät voivat muuttua nykyistä kuivemmiksi. Veden määrän muutokset vaikuttavat vedenhankintaan, energiantuotantoon, teollisuuteen, vesiliikenteeseen, rakentamiseen ja maatalouteen. Metsien kasvuun veden määrän muuttumisen ei uskota vaikuttavan merkittävästi.

Sadeolojen muutokset vaikuttavat myös veden laatuun. Tulvat ja nykyistä runsaammat sateet lisäävät veden valumista maalta vesistöihin ja pohjaveteen, mikä lisää ravinteiden ja haitallisten aineiden kuormitusta vesistöissä ja pohjavedessä. Kuivuus taas heikentää pohjaveden laatua mm. lisäämällä sen rauta- ja mangaanipitoisuuksia. Kuivuus voi myös johtaa happikatoon matalissa järvissä. Veden laadun muutokset vaikuttavat vedenhankintaan, kalastukseen ja vesistöjen virkistyskäyttöön.

Merenpinnan korkeuden muuttuminen suhteessa Suomen maankamaraan riippuu kahdesta asiasta: valtamerten pinnan noususta ilmastonmuutoksen seurauksena ja Suomen maankamaran kohoamisesta viimeisimmän jääkauden jäljiltä. Maa on tähän asti kohonnut Suomen rannikoilla nopeammin kuin meren pinta, ja meren alta on paljastunut uutta maata. Valtamerten pinnan ennustetaan nousevan seuraavan 50 vuoden kuluessa 5–30 senttimetriä ja tämän vuosisadan loppuun mennessä 10–90 senttimetriä jäätiköiden sulamisen ja veden lämpölaajenemisen seurauksena.

Pohjois-Atlantin Oskillaatio (NAO)[16] vaikuttaa merenpinnan korkeuteen Itämerellä. Sen ansiosta vedenkorkeuden suhteellinen lasku Suomenlahdella on jo 30 vuotta sitten pysähtynyt. Pitkällä aikavälillä NAO:n vaikutus loppuu, mutta valtamerten pinnan nousu nostaa Itämerenkin pintaa. Tämän vuoksi vedenkorkeus Suomenlahdella säilyy suurin piirtein nykytasolla vuosisadan loppuun asti. Ääriennusteiden mukaan keskivedenkorkeus voi joko nousta tai laskea vajaat

[16] North Atlantic Oscillation (NAO) on Pohjois-Atlantin ilmamassojen länsivirtauksen voimakkuutta kuvaava tilastollinen indeksi. NAO-indeksin arvo vaihtelee päivästä ja vuodesta toiseen, mutta se on ollut parin viime vuosikymmenen ajan voittopuolisesti positiivinen. Tälle jaksolle ovat olleet ominaisia länsivirtauksista johtuneet lauhat ja kosteat talvet. Näin on ollut esimerkiksi Suomessa 1990-luvulla.

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 53 19.1.2005, 14:13:50

puoli metriä. Pohjanlahden pinta jatkaa maankamaran suhteutettuna laskua nopeamman maan kohoamisen vuoksi, mutta sielläkin meren suhteellinen lasku todennäköisesti säilyy 30 vuotta sitten alkaneella hitaammalla tasolla. Äärien-nusteen mukaan varsinkin Selkämeren eteläosassa maata alkaa peittyä uudelleen mereen vuosisadan lopulla; mutta Perämerellä ei silloinkaan mainittavasti ylitetä nykytasoa.

2.3.3. Ilma

Ilmastoa muuttavien kasvihuonekaasujen lisäksi ilmakehää kuormittavat ilmansaasteet (kiinteät pienhiukkaset ja kaasumaiset kemialliset yhdisteet). Ilmastonmuutos-, kasvihuonekaasu- ja ilmansaastekysymykset liittyvät toisiinsa monin tavoin. Ilmastonmuutos muuttaa ekosysteemien kykyä sietää ilmansaasteita. Ilmastonmuutos vaikuttaa myös ilmansaasteiden muuntumiseen ilmassa ja niiden kulkeutumiseen. Jotkut ilmansaasteet vaikuttavat suoraan ilmastoon, esimerkiksi sulfaattiaerosoleilla ja pienhiukkasilla on suoria ja epäsuoria ilmastovaikutuksia. Ilmastonmuutoksen hillitsemiseen tähtäävät toimet kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi vähentävät myös ilmansaasteiden pitoisuuksia. Tärkeimmät ihmisen terveyteen ja ekosysteemien toimintaan vaikuttavat ilmansaasteet ovat alailmakehän otsoni, rikki- ja typpiyhdisteet sekä pienhiukkaset.

Hiilidioksidi

Hiilidioksidi on vesihöyryn[17] jälkeen tärkein kasvihuonekaasu ja sen lisääntyminen ilmassa kiihdyttää kasvien kasvua etenkin kuivissa oloissa. Tällä voi olla merkitystä maa- ja metsätaloudessa.

Hiilidioksidi sekoittuu ilmassa tehokkaasti niin, että sen pitoisuus on lähes sama eri puolilla maapalloa huolimatta päästölähteiden ja hiilidioksidin nielujen epätasaisesta sijainnista. Hiilidioksidin määrän lisääntyminen ihmisen toimintaan liittyen ilmassa riippuu tulevaisuudessa etenkin siitä, kuinka paljon fossiilisia polttoaineita, hiiltä, öljyä ja maakaasua, käytetään. Ilman hiilidioksidipitoisuus on kohonnut esiteollisen ajan 280 miljoonasosasta nykyiseen 367 miljoonasosaan, ja sen ennustetaan kohoavan edelleen 550–950 miljoonasosaan tämän vuosisadan loppuun mennessä fossiilisen hiilen käytöstä riippuen.

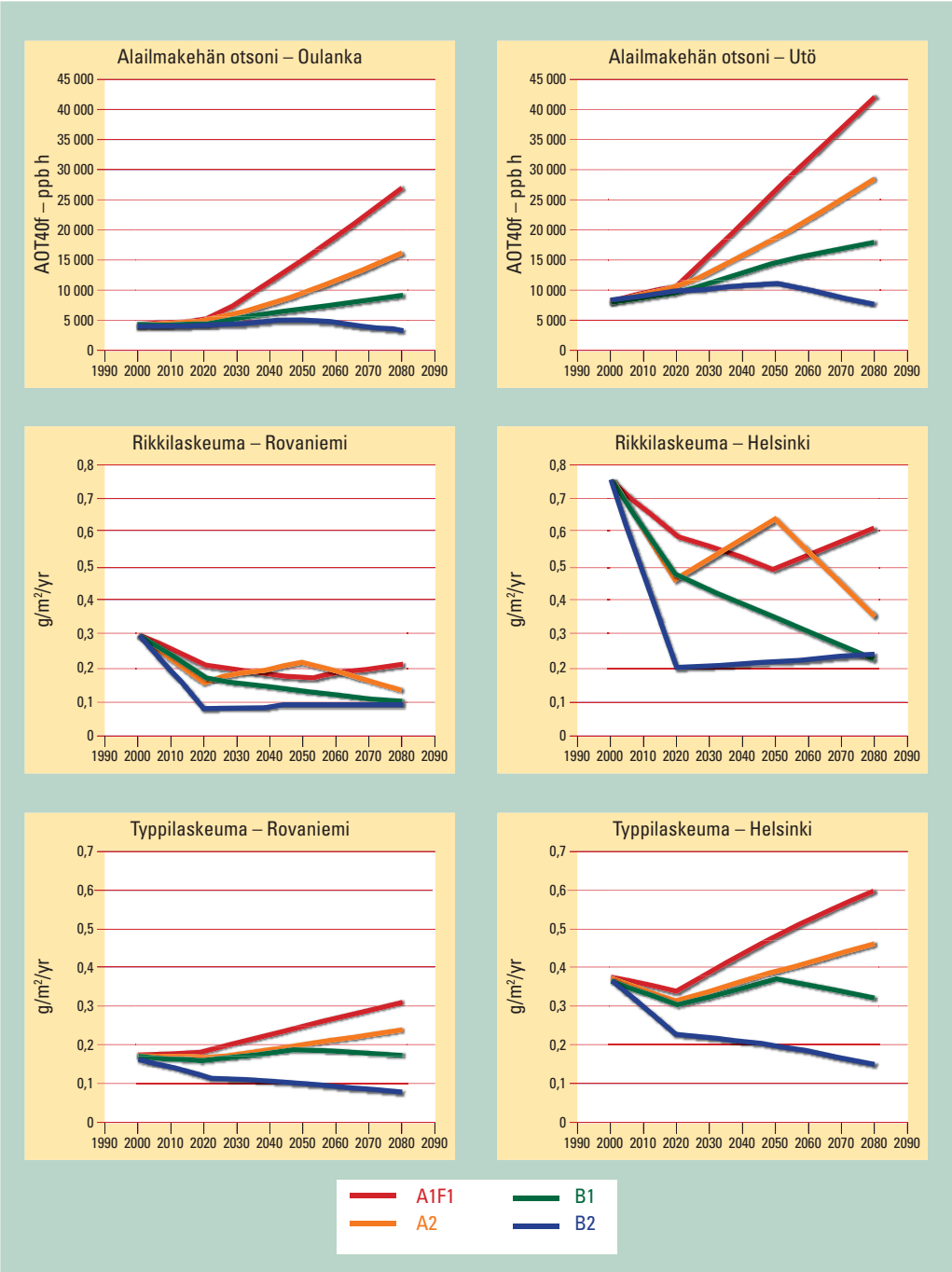
Otsoni

Alailmakehän otsonin korkeat pitoisuudet vahingoittavat kasveja ja ihmisen terveyttä. Otsonia muodostuu valokemiallisissa reaktioissa ilmassa, ja sen muodos-

---

[17] Luonnollista kasvihuonekaasuista tärkeimmät ovat vesihöyry (noin 60 % osuus luonnollisesta kasvihuoneilmiöstä), hiilidioksidi (noin 26 %) sekä otsoni. Vesihöyryn määrä ilmakehässä ei kuitenkaan suoraan riipu ihmiskunnan toiminnasta. Hiilidioksidin ja muiden kasvihuonekaasujen ihmistoiminnasta johtuvat päästöt kohottavat ilman lämpötilaa ja sen myötä veden haihtuminen mm. maaperästä, kasvillisuudesta ja meristä lisääntyy. Ihmistoiminnasta aiheutuneen kohonneen lämpötilan seurauksena siis ilmakehän vesihöyryn määrä kasvaa ja kasvihuoneilmiö voimistuu.

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 55 19.1.2005, 14:13:50



Kuva 2.16. *Ilmansaastumista kuvaavien suureiden tulevaisuuden suuntauksia Etelä- ja Pohjois-Suomessa IPCC:n ja FINSKEN-tutkimuksen eri skenaarioiden mukaan. Skenaariot on selitetty liitteessä.*

tumiseen tarvitaan typen oksideja ja edeltäjäainetta, vaikkapa metaania. Tietyn paikan otsonipitoisuus riippuu maapallonlaajuisesti ilmassa leviävien edeltäjäaineiden määristä, otsonin kaukokulkeumasta ja paikallisista typen oksidien päästöistä. Maapallon alailmakehän otsonimäärä on kaiken kaikkiaan kasvamassa, koska metaanin määrä ilmassa kasvaa ja typen oksidien päästöt kasvavat etenkin Aasiassa, latinalaisessa Amerikassa ja Afrikassa. Otsonin kohonneen taustapitoisuuden lisäksi edeltäjäaineiden ja typen oksidien paikalliset päästöt voivat saada aikaan paikallisesti korkeita otsonipitoisuuksia.

Alailmakehän otsonipitoisuuksien ennustetaan kohoavan Suomessa tällä vuosisadalla nykyisestä, elleivät ilmansaastepäästöt noudata tulevaisuudessa ympäristöä eniten säästävää IPCC:n kehityskulkua (*Kuva 2.16*). Etelä-Suomessa pitoisuudet ylittäisivät puille vahingollisena pidetyn rajan jo ennen vuotta 2020 ja jatkaisivat kasvuaan[18]. Sen jälkeen Pohjois-Suomessa raja ylittyisi vuosisadan puolivälissä, jos ilmansaastepäästöt kehittyvät kahden suurimman ennusteen mukaan.

Paitsi ilmansaaste, otsoni on myös kasvihuonekaasu, ja yläilmakehässä otsoni suojaa maapallon elämää haitalliselta ultraviolettisäteilyltä. Liiallinen ultraviolettisäteily mm. lisää riskiä sairastua ihosyöpään ja silmäsairauksiin. Merkittävin ihmisen saamaan UV-säteilyyn vaikuttava tekijä on kuitenkin ihmisen terveyskäyttäminen (suojautuminen). Erityisen selvästi yläilmakehän otsonikato on ollut havaittavissa Etelämantereen yläpuolella, missä otsonikerros on ohentunut enimmillään 60 %. Ilmastonmuutoksesta johtuva yläilmakehän kylmeneminen ja alailmakehän lämpeneminen voivat saada aikaan Etelämantereen kaltaisen otsonikadon myös pohjoisella pallonpuoliskolla. Otsonikadon suurimpina syinä pidetään klooria ja bromia sisältävien freonien ja halogeeniyhdisteiden päästöjä. Yläilmakehän otsonikerroksen muutoksia tarkasteltaessa on syytä muistaa, että kerroksen paksuus vaihtelee myös luontaisesti. Esimerkiksi Suomessa otsonikerros on syksyisin noin 30 % ohuempi kuin keväisin.

Rikki- ja typpilaskeuma

Rikkidioksidin ja typen oksidien laskeuma happamoittaa vesistöjä ja metsien maaperää. Typpilaskeuman rehevöittävän vaikutuksen alaisena arvioidaan olevan

[18] Puille vahingollinen raja perustuu korkeiden otsonipitoisuuksien yhteismäärään kasvukauden aikana touko-syyskuussa (AOT40f = 10 000 ppb h, AOT40f tarkoittaa summaa päiväaikaisista otsonipitoisuuksien tuntikeskiarvoista siltä osin, kun ne ylittävät 40 miljardisosaa touko-syyskuussa).

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 57 19.1.2005, 14:13:52

yli puolet Euroopan kaikista ekosysteemeistä. Rikkidioksidin ja typen oksidien päästöjä syntyy energiantuotannossa, teollisuudessa ja liikenteessä polttoaineita poltettaessa. Suomen rikki- ja typpilaskeuma on peräisin sekä omista päästöistä että kulkeumasta kauempaa.

Rikkidioksidia on opittu poistamaan polttopäästöistä varsin tehokkaasti viimeisen parin vuosikymmenen aikana. Tämän vuoksi rikkilaskeuma on vähentynyt merkittävästi polttoaineiden käytön lisääntymisestä huolimatta. Vähenevän suuntauksen ennustetaan jatkuvan tällä vuosisadalla päästöjen puhdistusteknologian kehittyessä edelleen (*Kuva 2.16*). Suomen ja lähialueiden kaikkein suurimman fossiilisen hiilen käyttöennusteen mukaan rikkidioksidilaskeuma ei kuitenkaan jatkaisi vähentymistään koko vuosisataa vaan ainoastaan vuoteen 2010 saakka ja tasaantuisi sitten tälle tasolle. Alhaisimman fossiilisen hiilen käyttöennusteen mukaan rikkipäästöt vähenisivät hyvin pieniksi jo vuoteen 2020 mennessä ja pysyisivät sen jälkeen tällä alhaisella tasolla.

Typen oksidien laskeuma on myös vähentynyt, mutta ei yhtä paljoa kuin rikkidioksidin. Tämä johtuu siitä, että typen poistaminen päästöistä on vaikeampaa kuin rikin. Typpilaskeuma on tyypillistä hajakuormitusta, kun taas rikkilaskeuma on pistekuormitusta. Typpilaskeuman ennustetaan jatkavan vähenemistään tällä vuosisadalla useimpien fossiilisten polttoaineiden käyttöennusteiden mukaan (*Kuva 2.16*). Typpilaskeuma vähenee kuitenkin hitaammin kuin rikkilaskeuma, ja kahden suurimman fossiilisten polttoaineiden käyttöennusteen mukaan typen oksidien laskeuma alkaisi uudelleen kasvaa.

Fossiilisen hiilen käytön rajoittaminen ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi vähentää myös rikkidioksidin ja typen oksidien päästöjä ilmakehään ja näiden yhdisteiden laskeumaa.

Pienhiukkaset

Ilman pienhiukkaset ovat haitallisia ihmisen terveydelle aiheuttaen sydän- ja verisuonitauteja sekä hengitystiesairauksia. Haittojen vaikutusmekanismeja ei kuitenkaan aivan tarkasti tunneta. Pienhiukkaspäästöjä ilmaan aiheutuu polttoaineiden polttamisesta ja luonnonprosesseista, lisäksi pienhiukkasia muodostuu ilmassa muista ilmansaasteista.

Koko tätä vuosisataa kattavia ennusteita Suomen pienhiukkasmääristä ei ole tehty. Vuoteen 2020 ulottuvien pienhiukkasten päästöennusteiden mukaan Suomen päästöt vähenevät nykyisestä kaikissa tutkituissa energiantuotantovaihtoehdoissa. Omien päästöjen lisäksi Suomen ilman pienhiukkaspitoisuus riippuu kaukokulkeumasta.

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 59 19.1.2005, 14:13:53

2.3.4. Kasvit ja eläimet

Ihmiskunnan toiminta muuttaa kasvi- ja eläinkunnan luontaista kehitystä. Luontaisesti kasvi- ja eläinkunta muuttuvat niiden elinympäristöjen ja elinolojen muuttuessa sekä sukkession myötä. Ilmastonmuutos, saastelaskeuma, maankäytön muutokset ja Suomessa etenkin metsien käsittely, ovat tekijöitä, joihin ihminen vaikuttaa ja jotka muuttavat kasvi- ja eläinkunnan luontaista kehitystä. Kasvillisuuden ja eläimistön kehitys riippuu luontaisten ja ihmiseen liittyvien tekijöiden yhteisvaikutuksesta, ja usein on vaikea ainakaan tarkasti erottaa yksittäisen tekijän vaikutusta.

Pohjoiset ekosysteemit ovat tyypillisesti luonnon monimuotoisuudeltaan niukkoja. Tällaisia ekosysteemejä pidetään yleensä herkkinä ympäristön muutoksille eikä niiden uskota pystyvän sopeutumaan muuttuviin olosuhteisiin erityisen hyvin. Ei ole kuitenkaan itsestään selvää, voidaanko tätä yleistystä käyttää ainakaan kaikista pohjoisista ekosysteemeistä. Pohjoiset eläimet ja kasvit joutuvat nimittäin jo nyt tulemaan toimeen sekä lämpö- että kosteusoloiltaan hyvin vaihtelevissa oloissa.

Kasvien ja eläinten kannalta oleellisempia muutoksia ovat ilmaston muuttuminen keskimäärin lämpimämmäksi, kasvukauden piteneminen erityisesti keväällä, tilapäisten kuivuuskausien yleistyminen sekä lumi- ja jääpeiteajan lyhentyminen ja sen muuttuminen epäsäännöllisemmäksi. Toisaalta lumipeite voi kasvaa nykyistä paksummaksi lisääntyneiden talvisateiden vuoksi alueilla, joilla talven lämpötila pysyy pakkasen puolella.

Lämpimämmän ilmaston turvin useiden kasvi- ja eläinlajien esiintymisalueet voivat olosuhteiden puolesta levitä useita satoja kilometrejä pohjoisemmaksi. Käytännössä leviäminen riippuu lajien leviämiskyvystä ja maankäytöstä, siis metsien, maatalousalueiden ja vesistöjen hoidosta. Ilmaston muuttuessa Pohjois-Suomessa aletaan tavata nykyisiä Etelä-Suomen lajeja, ja vastaavasti Etelä-Suomeen leviää uusia lajeja Suomen eteläpuolelta. Metsissä lehtipuut, etenkin koivu, yleistyvät ja metsänraja siirtyy korkeammalle. Samalla Pohjois-Suomen kylmimpiin oloihin sopeutuneet tunturilajit taantuvat ja niiden levinneisyysalue pienenee. Kuivuuskausien yleistyminen ja lumipeitteen vähentyminen voivat haitata kuivuudelle alttiilla paikoilla, kuten kallioilla ja harjunrinteillä, kasvavia kasveja. Suomen nykyiset metsäkasvillisuusvyöhykkeet on esitetty kuvassa 2.17.

Kasvi- ja eläinyhteisöt eivät siirry sellaisinaan vaan niiden lajisuhteet muuttuvat. Paikalle leviää uusia lajeja, toiset alkuperäisistä lajeista hyötyvät ilmastonmuutoksesta enemmän kuin toiset ja osa lajeista taas kärsii. Kaiken kaikkiaan Suomessa esiintyvien lajien määrän ennustetaan kasvavan. Haittaa ilmastonmuutoksesta arvioidaan olevan joillekin Suomelle ominaisille kylmien vesien lajeille, kuten lohikaloille, joiden olemassaoloa uusien lajien leviäminen ja uudet olosuhteet voivat alkaa uhata.

Ilmastonmuutos lisää pohjoisten ekosysteemien tuottokykyä. Tästä on hyötyä maataloustuotannolle ja metsätaloudelle. Monimuotoisuudelle tuottokyvyn lisääntymisestä on sekä hyötyä että haittaa. Alkuperäiset ekosysteemit muuttuvat ja useat lajit taantuvat. Epätavalliset sääolot sekä tuholaisten ja tautien elinolojen parantuminen lisäävät kasvi- ja metsätuhojen riskiä ja aiheuttavat epävarmuutta tuotosennusteisiin.

Kasvien ja eläinten sopeutumista ilmastonmuutokseen voidaan edesauttaa luonnonvarojen kestävällä hoidolla ja käytöllä, välttämällä ihmisten toiminnasta niille aiheutuvia muita haittoja ja pitämällä huolta siitä, että eliöiden, sopeutumismahdollisuuksien perustana oleva perinnöllinen muuntelu säilyy mahdollisimman laajana.

Sopeutumisstra_Luku_2.indd 61 19.1.2005, 14:13:53

Kuva 2.17. *Suomen nykyiset metsäkasvillisuusvyöhykkeet. Suomi ulottuu pohjois-etelä suunnassa läpi boreaalisen havumetsävyöhykkeen. Se jaetaan neljään alavyöhykkeeseen, joiden rajat määräytyvät lämpöilmastosta aiheutuvien kasvillisuuserojen perusteella. Lähde: SYKE ja MML.*

3. Ilmastonmuutoksen vaikutukset

3.1. Vaikutukset maailmanlaajuisesti ja Euroopassa

Ilmaston muuttuminen vaikuttaa maailmanlaajuisesti useisiin ihmiskunnan peruselinolosuhteisiin: mm. ruuan tuotantoon, veden saatavuuteen, terveyteen sekä olosuhteisiin, jotka säätelevät ihmisyhdyskuntien olemassaoloa ja sijoittumista. Satomäärien ennustetaan kasvavan pohjoisilla alueilla ilmaston lämmetessä, mutta pienenevän subtrooppisilla ja trooppisilla alueilla kuivuuden vuoksi. Kuivuuden ennustetaan vaikeuttavan myös juoma- ja kasteluveden saatavuutta näillä eteläisillä alueilla. Hyönteisvälitteisten tautien, kuten malarian, ja veden kautta leviävien tautien, kuten koleran, ennustetaan yleistyvän, mutta arvioihin liittyy huomattavia epävarmuuksia. Entistä yleisemmät, pidemmät ja kuumemmat helleaallot lisäävät kuumuuden aiheuttamia kuolemia. Rankkasateista ja meren pinnan noususta johtuvien tulvien ennustetaan vaurioittavan ihmisyhdyskuntia eri puolilla maapalloa.

Ilmaston muuttuminen vaikuttaa sekä ihmisten elinolosuhteisiin että luonnonjärjestelmiin. Ilmasto muuttuu voimakkaasti arktisilla alueilla, ja vaikutusten arvioidaan olevan suuria, koska monia arktisia luonnonjärjestelmiä ja eliöitä pidetään erityisen herkkinä ilmastonmuutoksille.

Ilmastonmuutoksia ja niiden vaikutuksia on arvioitu yksityiskohtaisesti maanosittain hallitustenvälisen ilmastopaneelin IPCC:n kolmannessa arviointiraportissa. Raportti on saatavissa IPCC:n verkkosivuilta[19] ja sen suomenkieliset yhteenvedot päätöksentekijöille Suomen ympäristökeskuksen verkkosivuilta[20].

Euroopassa ilmaston muutosten vaikutusten ennustetaan olevan samankaltaisia kuin maapallolla yleensäkin. Ilmasto lämpenee, äärisääilmiöt, kuten myrskyt, tulvat, kuivuus ja hellejaksot yleistyvät, ja kuivuus alkaa vaivata etenkin Etelä-Eurooppaa. Kuivuus ja hellejaksot vaikeuttavat maanviljelyä ja aiheuttavat satotappioita Etelä-Euroopassa, mutta Pohjois-Euroopassa muutaman asteen lämpeneminen voi parantaa kasvien kasvua ja lisätä satomääriä. Tällaiset muutokset

[19] www.ipcc.ch
[20] www.ymparisto.fi > Ympäristön tila > Ilmastonmuutos > Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) arviointiraportit

edesauttaisivat Euroopan ruuantuotannon painopisteen siirtymistä nykyistä pohjoisemmaksi. Entistä kuumemmat, pidemmät ja yleisemmät hellejaksot vähentävät kiinnostusta lomailla etelän lomakohteissa, ja entistä epävarmemmat lumiolot aiheuttavat vaikeuksia hiihtolomakohteille.

Euroopan uskotaan kykenevän sopeutumaan ilmaston muuttumiseen ja sen vaikutuksiin maapallon köyhempiä alueita paremmin. Tästä huolimatta etenkin eteläisintä Eurooppaa ja Euroopan arktisia alueita pidetään herkkinä vaurioitumaan.

Ilmastonmuutos kohtelee maapallon eri osia epätasapuolisesti. Vaikka ilmaston ennustetaan lämpenevän eniten pohjoisilla leveysasteilla, ilmastonmuutoksesta ennustetaan olevan eniten haittaa kehitysmaille trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla. Siellä ilmastonmuutoksen haittavaikutukset ovat voimakkaimpia eivätkä köyhät maat kykene sopeutumaan ilmastonmuutokseen. Vähiten kehittyneissä maissa köyhimmät ihmiset kärsivät ilmastonmuutoksesta eniten. Heillä ei ole varaa varautua yleistyvien äärevien sääilmiöiden, kuten tulvien, kuivuusjaksojen ja hirmumyrskyjen, vaikutuksiin eikä korjata niiden aiheuttamia vahinkoja. Ilmastonmuutoksen haittavaikutusten arvioidaan pahentavan köyhien maiden kehitysongelmia, muun muassa ravintopulaa ja tautien leviämistä.

Ilmastonmuutoksen arvioidaan lisäävän hyvinvointieroja kehittyneiden maiden ja kehitysmaiden välillä. Jo muutaman asteen lämpeneminen ja siihen liittyvät muut ilmastonmuutoksen vaikutukset johtavat taloudellisiin menetyksiin kehitysmaissa, mutta monelle pohjoisempana sijaitsevalle kehittyneelle maalle tällaisesta ilmastonmuutoksesta voi olla haittojen lisäksi hyötyjäkin. Tätä suuremmista ilmastonmuutoksista arvioidaan olevan haittaa kehittyneissäkin maissa. Nykyisiin taloudellisiin arvioihin ilmastonmuutoksen vaikutuksista on suhtauduttava kuitenkin varovasti. Niissä ei ole huomioitu säiden nopeita vaihteluita eikä sään ääri-ilmiöitä. Lisäksi niissä huomioidaan vain osittain sellaiset tuotteet ja palvelut, joilla ei ole maailmanmarkkinoita. Näiden syiden vuoksi IPCC arvioi, että nykyiset taloudelliset tarkastelut yleensä aliarvioivat ilmastonmuutoksen haittoja ja yliarvioivat sen hyötyjä.

Ilmastonmuutoksen paikalliset vaikutukset heijastuvat laajoille alueille. Elinolosuhteiden huononeminen aiheuttaa muuttopainetta muualle ja voi johtaa levottomuuksiin, kun ihmiset joutuvat kamppailemaan esimerkiksi niukoista ruoka- tai

vesivaroista. Tästä voi seurata maailmanlaajuisia turvallisuusriskejä. Taloudelliset vaikutukset heijastuvat kaikkialle nykyisen globaalin talouden vuoksi. Ilmastonmuutoksen haittavaikutusten heijastuminen varsinaisten vaikutusalueiden ulkopuolelle voi vähentää niitä hyötyjä, joita ilmaston pienestä muuttumisesta voisi muuten olla pohjoisissa kehittyneissä maissa, kuten Suomessa, lähivuosikymmeninä.

3.2. Vaikutukset Suomessa

3.2.1. Luonnonvarojen käyttö

3.2.1.1. Maatalous- ja elintarviketuotanto

Maatalous- ja elintarviketuotanto Suomessa

Suomi on maailman pohjoisin maatalousmaa. Kasvukausi – eli ajanjakso, jolloin vuorokausien keskilämpötila ylittää 5 astetta – vaihtelee pohjoisen alle 100 päivästä etelän 180 päivään. Keski-Euroopassa terminen kasvukausi kestää 280 päivää. Kasvukauden lämpösumma, eli kasvukauden keskilämpötilojen summa, Suomessa vaihtelee Sodankylän 760 asteesta 1 400 asteeseen.

Suomen maapinta-alasta 2,2 miljoonaa hehtaaria (6,5 %) on maatalousmaata, josta viljeltyä oli vuonna 2003 noin 1 982 000 hehtaaria ja kesannolla runsaat 220 000 hehtaaria. Yli yhden peltohehtaarin suuruisia maatiloja oli Suomessa vuonna 2003 kaikkiaan noin 72 000. Suomen maatalous perustuu perheviljelmiin. Maatiloista suurin osa harjoittaa maataloustukeen oikeutettua tuotantotoimintaa, ja niiden keskimääräinen peltoala on 31 hehtaaria. EU-jäsenyyden aikana tilojen keskipeltoala on kasvanut noin 45 prosenttia ja tilamäärä laskenut. Aktiivitilat ovat usein erikoistuneet tai kehittyneet osa-aikaisiksi ja monitoimisiksi.

Maatalouden tuotantorakenne tilamäärällä mitattuna on muuttunut huomattavasti EU-jäsenyysaikana. Kotieläintilojen osuus on vähentynyt vuodesta 1995 vuoteen 2003 52 %:sta 39 %:iin ja vastaavasti kasvinviljelytilojen osuus on kasvanut 39 %:sta 57 %:iin. Kotieläintalouden osuus maataloustuotannon markkinahintaisesta tuotosta on silti säilynyt lähes ennallaan, ollen 82 % vuonna 2003. Muihin Euroopan unionin maihin verrattuna suomalaisten kotieläintilojen keskimääräinen yksikkökoko on suhteellisen pieni.

Ilmasto-olosuhteet vaikuttavat tuotannon alueelliseen sijoittumiseen ja pellon käyttöön. Kasvinviljelytilat painottuvat eteläiseen Suomeen ja nautakarjatilat maan keski-, itä- ja pohjoisosiin. Maitoa tuotetaan koko maassa aina pohjoisinta Lappia myöten. Päätuotantoalueet ovat kuitenkin Pohjanmaalla, Pohjois-Savossa ja Pohjois-Karjalassa, joiden tuotanto kattaa yli puolet tuotannosta. Sika- ja siipikarjatalous on keskittynyt maan länsi- ja eteläosiin. Leipäviljaa viljellään lähinnä Etelä- ja Lounais-Suomessa. Rehuviljaa voidaan viljellä koko massa pohjoisinta

Suomea lukuun ottamatta. Nautakarjatilojen ja erityisesti lypsykarjatilojen sijoittuminen näkyy pellonkäytössä. Nurmirehun osuus viljelykasvien pinta-alasta on esimerkiksi Lapin läänissä yli 90 % ja Itä-Suomessa 60 %, kun se Etelä-Suomessa on vain reilu 20 %.

Maa- ja puutarhatalouden kokonaistuotto oli vuonna 2003 yhteensä neljä miljardia euroa. Vuonna 1999 maatalous työllisti 118 900 henkilöä. Jos lukuun lasketaan koko elintarviketeollisuus, työllisten määrä on noin 163 000 henkilöä.

Suomen maatalouspolitiikan tavoitteena on pitää maaseutu asuttuna ja elinvoimaisena ja maatalous omavaraisena. Maatalous on edelleen tärkein elinkeino maaseudulla sen kansantaloudellisen merkityksen pienentymisestä huolimatta. Euroopan unionin yhteinen maatalouspolitiikka ohjaa Suomen maatalouspolitiikkaa. Tukijärjestelmät uudistuvat lähivuosina. Uudistuksella pyritään vastaamaan unionin laajenemisen aiheuttamiin haasteisiin ja kansainvälisen kaupan muutoksiin.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset maatalous- ja elintarviketuotantoon

Muuttuvat ilmasto- ja maaperäolosuhteet

Maataloustuotannon potentiaalia Suomessa rajoittaa pääsääntöisesti lämpötila. Tuotantoa rajoittavia muita tekijöitä ovat lämpötila, auringon säteily ja sademäärä joko suoraan tai ravinteiden ja veden saatavuuden kautta. Lisäksi tuotantoon vaikuttavat maaperätekijät. Kasvukauden arvioidaan pidentyvän 3–5 viikkoa nykyisestä vuoteen 2050 mennessä. Pohjois-Suomea lukuun ottamatta kasvukausi pidentyisi erityisesti syksystä.

Kohonneen lämpötilan ja sademäärän vaikutukset maaperään ilmenevät ravinnetalouden ja rakenteen muutoksina. Lämpötilan ja kosteuden kasvaessa orgaanisen aineksen hajoaminen kiihtyy. Eroosion sekä ravinteiden vapautumisen ja huuhtoutumisen riski kasvaa. Varsinkin Etelä-Suomessa yleisten savimaiden tiivistyminen voi lisääntyä ja viljely vaikeutua, mikäli routakausi lyhenee. Kasteluveden tarve kasvaa, ja se voi olla entistä vaikeammin saatavilla. Ilmaston lämpeneminen voi lisätä kasvukauden aikaista kuivuus- ja kuumuusstressiä.

Kasvihuonekaasujen määrän kasvaminen vaikuttaa kasvien fysiologisiin toimintoihin. Hiilidioksidipitoisuuden kohoaminen edistää yhteyttämistä, tehostaa kas-

vin vedenkäyttöä ja aiheuttaa muutoksia yhteyttämistuotteiden jakautumisessa kasvin eri osiin sekä kasvisolukon tiheydessä ja laadussa. Ilmansaasteiden (otsoni) ja UV säteilyn yhteisvaikutukset ekosysteemeihin voivat vahvistua.

2004 sääoloiltaan poikkeuksellisen kesän vaikutus sadon laatuun

Tällä hetkellä tapahtuvat ääri-ilmiöt eivät välttämättä johdu ilmastonmuutoksesta, mutta ilmastonmuutoksen tulevia vaikutuksia voidaan kuitenkin arvioida nykyisen ilmaston ääritilanteiden perusteella. Keväällä 2004 kasvukauden alun kuivat jaksot kuivattivat pellot keväällä nopeasti, ja kylvöt voitiin tehdä aikaisin. Märkä kevät kellastutti vasta oraalla ollutta viljaa, ja osa mallasohrasta menetettiin jo silloin. Kuitenkin vielä heinäkuun loppupuolella 2004 ennustettiin huippusatoa. Sato-odotukset romahtivat elokuun rankkasateiden myötä. Kovimmin kärsivät ohrakasvustot. Ruis lakoontui monin paikoin, ja rypsi kärsi peltojen vesipeitosta. Runsaat sademäärät tekivät pahaa jälkeä myös perunaviljelmillä. Viljan lakoontumisriskiä kasvatti vielä kevään ja alkukesän kostea sää, joka teki kasvustosta poikkeuksellisen rehevää. Tämän lisäksi kasvustojen uhkana olivat kasvitaudit ja rikkaruohot, koska torjunta-ainetta ei pystytty monin paikoin levittämään peltojen kantamattomuuden vuoksi.

Kasvien talvehtiminen Etelä-Suomessa voi heikentyä, kun lumen syvyys pienenee. Leutojen talvien aiheuttama sulamisen ja jäätymisen vuorottelu on kaikkein haitallisinta kasvien talvehtimiselle, jolloin kasvit voivat tukehtua jääpeitteen alle. Monivuotisten kasvien talvehtiminen voi toisaalta myös parantua, kun lumi- ja jääkausi lyhenee. Myös keväthallariski saattaa kasvaa.

Tuhoeläimet, kasvitaudit ja rikkakasvit

Tuhohyönteiset hyötyvät lämpimämmästä ilmastosta ja pidemmästä kasvukaudesta. Niiden talvehtiminen ja lisääntyminen onnistuvat useammin, ja ne ehtivät tuottaa useamman sukupolven isäntäkasvin altistusvaihetta kohti. Sienitautien leviämisen kannalta olennaista on riittävä lämpötila ja kosteus. Kasvitautiepidemioiden, erityisesti erilaisten sienien ja homeiden sekä perunaruton riski voi kasvaa. Lisäksi niiden esiintyminen voi aikaistua. Virustautien leviämiseen ilmastonmuutos ei vaikuta suoraan, mutta niitä levittävien vektorien, kuten kirvojen, elinolosuhteet paranevat.

Muita esimerkkejä mahdollisista uusista tuholaisista ovat koloradonkuoriaisen leviäminen ja porkkanakempin mahdollinen leviäminen Pohjois-Suomeen. Uudet tuholaisyhdistelmät sekä tuholaisten ja luontaisten vihollisten yhdistelmät saattavat johtaa lyhyellä tähtäyksellä vaikeisiin ongelmiin, koska eliöyhteisöt eivät ehdi sopeutua. Tuhoeläinten ja -tautien lisäksi rikkakasveja esiintynee enemmän.

Peltoviljely

Viljan viljelyyn soveltuvan alueen raja siirtyy pohjoisemmaksi. Suomen maataloutta harjoitettaisiin siis edullisimmillaan ilmastossa, joka nykyisin vallitsee Ruotsissa Tukholman eteläpuolella tai Baltian eteläosissa. Maataloustuotanto Suomessa tuskin kehittyy samanlaiseksi kuin näillä alueilla, sillä siihen vaikuttavat kotimaiset kulutustarpeet, viljelyn taloudellisuus ja maaperä. Etelä-Suomessa keskityttänee siis edelleen viljanviljelyyn ja pohjoisempana pääsääntöisesti nurmituotantoon.

Vilja- ja nurmikasvien tuottoa rajoittavat nykyään kasvukauden lyhyys, ajoittaiset hallat ja alkukesän kuivuus. Satopotentiaalin arvioidaan kasvavan, mutta satomäärien muutoksia on vaikea arvioida tuntematta tulevaisuudessa käytettäviä lajikkeita. Mikäli uusien lajikkeiden viljely pohjoiseen laajenee, päivän pituus on haaste kasvinjalostukselle.

Etelä-Suomessa mahdollinen alkukesän kuivuus voi haitata tulevaisuudessa kevätviljojen kasvua. Tärkein vilja-, nurmi- ja juurikasvien sadon laatua heikentävä tekijä on kuitenkin korjuuajan märkyys. Se aiheuttaa viljoilla tähkäidäntää ja lakoutumista. Pelloilla seisova vesi voi lisäksi vaikeuttaa puintia. Ääri-ilmiöiden lisääntyminen voi heikentää viljojen laatua tulevaisuudessa. Tutkimusten mukaan jyvien proteiinipitoisuus laskee kun hiilidioksidipitoisuus kasvaa, mutta proteiinipitoisuuteen vaikuttavat myös monet muut tekijät kuten lannoitus, maan kosteus ja lämpötila.

Monivuotiset nurmikasvit hyötyvät lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden nousta. Esimerkiksi nurminatan sadon arvioidaan parantuvan. Erityisesti Pohjois-Suomessa sadot voivat kasvaa. Myös peruna ja sokerijuurikas hyötyvät pidentyneestä kasvukaudesta.

Perunasato

Potentiaalinen perunasato kasvaa vuoteen 2050 mennessä 20–50 %:lla, mutta perunaruton aiheuttama satotappio on samaa luokkaa ilman lisätorjuntaa. Perunan nykyisen pahimman tuholaisen peruna-ankeroisen esiintyminen rajoittuu nykyisin Etelä- ja Keski-Suomeen, mutta ilmastonmuutoksen myötä vuoteen 2050 mennessä sen esiintymisen pohjoisrajan arvioidaan siirtyvän Lappiin. Juuren äkämäankeroinen on vakava haitta esimerkiksi Yhdysvalloissa, mutta sen leviäminen Suomeen on saatu toistaiseksi estettyä. Mikäli se leviää Suomeen, se pystyisi muuttuneissa olosuhteissa mahdollisesti tuottamaan teoreettisesti 2 sukupolvea Etelä- ja Keski-Suomessa ja esiintyminen olisi koko maassa.

Puutarhatuotanto

Puutarhatuotannon odotetaan hyötyvän merkittävästi ilmastonmuutoksesta. Omenanviljelyä on mahdollisuus laajentaa ja muun muassa päärynä, luumu ja kirsikka voivat tulla merkittävimmiksi viljelykasveiksi. Lasinalaistuotannossa sadot kasvavat ja kustannukset alenevat. Tauti- ja tuholaisriski tulee kuitenkin kasvamaan. Avomaavihannesten sadot todennäköisesti kasvavat. Marjakasveista etenkin vadelman ja mansikan talvehtiminen voi varmentua, mikä lisännee keskimääräistä satoa. Viherrakentamisen ennustetaan hyötyvän merkittävästi ilmastonmuutoksesta.

Kotieläintalous

Kotieläinten sisäruokintakauden lyhenemisen takia laidunkautta on mahdollisuus pidentää. Eläinten hyvinvointi paranee, mikäli ulkolaidunnusta lisätään, mutta lisääntynyt laidunnus saattaa lisätä vesistökuormitusta. Rehujen varastointitarve pienenee. Eläintautien riski voi kasvaa, vaikka riskin uskotaan olevan hyvin pieni. Veden ja rehun laatuun liittyvät taudit voivat yleistyä. Lypsykarjan maidontuotanto sekä liha- ja siipikarjan kasvu vähenevät, mikäli lämpötilat eläinsuojissa nousevat hyvin korkeiksi.

Maailmanlaajuiset vaikutukset ruuantuotantoon

Maailmanlaajuisista maatalouteen vaikuttavista tekijöistä ilmastonmuutosta pidetään tärkeänä tekijänä ympäristön pilaantumisen ja kaupan ja kilpailun vapautumisen lisäksi. Ilmastonmuutos voi aiheuttaa maailmanlaajuisesti kuivuuden lisääntymistä perinteisillä ruuantuotantoalueilla sekä äkillisiä rajuja sään vaihteluita ja suuria katovuosia. Globaalit tuotanto-ongelmat saattavat silloin aiheuttaa laajaa elintarvikepulaa sekä konflikteja ruoan saatavuudesta. Suurimpia ongelmia ruuantuotannossa ennustetaan tulevan kehitysmaissa erityisesti Afrikassa. Maataloustuotekaupassa voi siten esiintyä maailmanlaajuisia häiriöitä, jotka voivat heijastua Suomeen.

Taulukko 3.1. *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista maatalous- ja elintarviketuotantoon Suomessa. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä.*

Haitta	Etu
– Eroosio ja ravinteiden huuhtoutumisriski kasvaa – Savimaiden tiivistyminen voi haitata viljelyä, mikäli routaantuminen vähenee – Ilmansaasteiden (otsoni) ja UV säteilyn yhteisvaikutukset ekosysteemeihin vahvistuvat – Hyönteistuho- ja kasvitautiriski kasvaa – Kasvien talvehtiminen voi vaikeutua – Kasteluveden tarve voi kasvaa – Ääri-ilmiöiden lisääntymisen vaikutukset peltotuotannon sadon määrään ja laatuun	+ Kasvien tuotantopotentiaali kasvaa + Kasvien viljelyrajat siirtyvät pohjoisemmaksi + Puutarhatuotanto hyötyy + Ulkolaidunnusta voidaan lisätä + Talvehtiminen helpottunee monivuotisilla kasveilla

3.2.1.2. Metsätalous

Metsätalous Suomessa

Metsätalous vaikuttaa suureen osaan maamme pinta-alasta. Suomen 31 miljoonan hehtaarin maapinta-alasta metsätalousmaata on 26 miljoonaa hehtaaria (86 %), josta varsinaista metsämaata on 20 miljoonaa hehtaaria. Suomessa on maailman metsävaroista 0,5 %, ja maailman metsien hakkuista tapahtuu Suomessa 1,5 %. Suomessa tavataan noin 20 puulajia, mutta metsätalouden kannalta niistä ovat merkittäviä mänty, kuusi ja koivu. Puhtaita männiköitä kasvaa kuivahkoilla kasvupaikoilla, kuusta viljavammilla paikoilla ja koivua yleensä sekapuustona. Reilut puolet metsästä on sekametsää.

Suomessa metsäteollisuus on pääasiassa vientiteollisuutta: viennin osuus tuotannosta on vuosittain keskimäärin yli 70 prosenttia. Metsäteollisuuden osuus maamme nettovientituloista on noin kolmannes. Maailman metsäteollisuuden tuotannosta 5 % tapahtuu Suomessa ja viennin osuus on 10 % maailman viennistä. Metsätalous ja metsäteollisuus työllistävät nykyisin yhdessä suoraan noin 95 000 henkilöä, josta jälkimmäisen osuus on kolme neljännestä.

Kansallinen Metsäohjelma 2010:ssä on linjattu lähivuosien metsäpoliittiset tavoitteet. Ohjelmalla halutaan turvata metsiin pohjautuva työ ja toimeentulo, metsien monimuotoisuus ja elinvoimaisuus sekä metsien kaikille kansalaisille antama virkistys. Aikaisempiin metsäohjelmiin verrattuna ekologinen, sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys sekä metsäosaaminen on otettu mukaan entistä laajemmin. Kansallisten tarpeiden lisäksi se vastaa kansainvälisen metsäpolitiikan keskeisiin tarpeisiin.

Metsätalouden hallinto on jaettu usealle eri taholle. Maa- ja metsätalousministeriö johtaa ja kehittää maan metsäpolitiikkaa. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio on metsätalouden kehittämis- ja asiantuntijaorganisaatio, joka edistää kestävää metsätaloutta tarjoamalla palveluita metsätalouden käytännön ongelmiin. Kolmetoista alueellista metsäkeskusta muodostavat alueellisen metsähallinnon, joka valvoo metsälakien toteutumista ja edistää metsien kestävää hoitoa ja käyttöä sekä niiden monimuotoisuuden säilymistä ja metsätalouden ympäristönsuojelua.

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen tutkimuslaitos. Metsiin liittyvää tutkimusta tehdään myös mm. yliopistoissa ja Suomen ympäristökeskuksessa. Metsähallitus on valtion liikelaitos, jonka tehtävänä on hoitaa valtion metsäomaisuutta. Metsien ympäristönsuojeluun ja monimuotoisuuteen liittyviä tehtäviä on myös alueellisilla ympäristökeskuksilla. Muita metsätalouden keskeisiä toimijoita ovat metsänomistajat ja metsäteollisuusyritykset. Yksityiset omistavat lähes 60 % puustoisesta alasta ja 68 % puustosta. Metsänhoitoyhdistykset ovat yksityisten metsänomistajien etujärjestöjä, ja lisäksi ne toimivat metsänomistajien neuvontaorganisaationa.

Suomen metsänkäsittelyn perusta on vuonna 1997 uudistunut metsä- ja luonnonsuojelulainsäädäntö. Metsälailla pyritään turvaamaan metsätalouden taloudellinen, sosiaalinen ja ekologinen kestävyys. Metsälakiin on säädetty erityisen tärkeiden elinympäristöjen säilyttämisestä ja luonnonsuojelulaissa on suojeltujen luontotyyppien säilyttämisvelvoite sekä säännöksiä eliölajien, myös erityisesti suojeltavien, suojelusta. Yksityinen metsänomistaja voi saada valtion rahoitustukea metsänhoito- ja parannustöihin sekä nuoren metsän hoidossa energiakäyttöön myydyn puun korjuusta ja metsäkuljetuksesta kestävän metsätalouden rahoituslain perusteella.

Yksityismetsiä varten Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio on antanut metsänhoidon suosituksia. Niiden keskeisimmät lähtökohdat ovat lainsäädännön lisäksi Kansallinen Metsäohjelma 2010, tutkimustulokset, metsätalouden kannattavuus ja käytännön kokemukset. Suositusten tavoitteena on tehostaa puuntuotantoa sopusoinnussa luonnonhoidon tavoitteiden kanssa. Ohjeita annetaan keskeisistä toimenpiteistä, metsän uudistamisesta, taimikonhoidosta, harvennushakkuista ja turvemaiden kunnostusojituksista. Metsähallituksella on oma metsätalouden ympäristöoppaansa, jonka uudistettu versio valmistui keväällä 2004. Kummatkin oppaat ylittävät lakisääteisen metsänhoidon minimitason. Lisäksi muilla metsätalouden organisaatioilla on omia metsänkäsittelyohjeet sekä laatu- ja ympäristöjärjestelmät.

Suomen metsätalousmaasta 21,9 miljoonaa hehtaaria on sertifioitu FFCS (Finnish Forest Certification System) -sertifiontijärjestelmällä, joka kuuluu yleiseurooppalaiseen (PEFC, Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes) -järjestelmään. FFCS-järjestelmä täyttää sekä lakien että kansainvälisten sopimusten mukaiset vaatimukset metsien hoidolle ja käytölle sekä puun alkuperän todentamiselle ja ulkoisen tarkastuksen toteutukselle.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsätalouteen

Muuttuvat ilmasto- ja maaperäolosuhteet

Ilmastonmuutoksen aiheuttaman lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden nousun sekä sadannan lisääntymisen seurauksena boreaalisen metsävyöhykkeen puuston kasvu lisääntyy, ja puurajan odotetaan siirtyvän pohjoisemmaksi. Samalla ilmastonmuutoksen odotetaan aiheuttavan muutoksia maaperään ja kasvillisuuteen. Boreaaliselle kasvillisuudelle sopivan ilmastovyöhykkeen odotetaan siirtyvän 150–550 km pohjoisemmaksi tällä vuosisadalla. Boreaalinen kasvillisuus ei voi kuitenkaan siirtyä näin nopeasti ainakaan luontaisesti, koska puiden luontainen siirtymisnopeus on vain 20–200 km vuosisadassa.

Typen mineralisaatio kiihtyy, koska karikkeen määrä lisääntyy ja se maatuu nopeammin korkeammassa lämpötilassa edellyttäen, että karike on riittävän kosteaa. Kasveille käytettävissä oleva vesi voi vähentyä, jos sadanta lisääntyy vain ilmastoennusteiden vähimmäismäärien osoittamalla tavalla. Toisaalta lisääntynyt sadanta kompensoi jonkin verran lämpenemisestä johtuvaa haihdunnan kasvua, mutta alueilla, joilla lumipeite vähenee, maaperän vesivarastot eivät täydenny keväällä entisellä tavalla. Kuivuuden ei kuitenkaan uskota rajoittavan metsien kasvua. Toisaalta kohoava hiilidioksidipitoisuus kompensoi mahdollisen kuivuuden vaikutuksia. Lumiolojen muutokset heijastuvat routaisuuden muutoksiin, joka puolestaan vaikuttaa erityisesti puiden juurikerroksen lämpötilaan kevätkaudella.

Ilmaston lämpeneminen johtanee suokasvillisuusvyöhykkeiden siirtymiseen metsävyöhykkeiden tapaan. Tällöin keidassuokasvillisuus valtaa osan nykyisestä aapasuovyöhykkeestä. Tämä kehitys on jo alkanut viime vuosikymmenien ojitusten seurauksena. Tunturi-Lapissa maaston topografia suhteessa sademäärään rajoittaa soiden syntyä ja kokoa. Maaperän vesiolosuhteiden muutos voi muuttaa soiden kuivatustarvetta, mutta ilmastonmuutoksen vaikutusta turvemaihin ja soihin on hyvin vaikea ennustaa. Arvioidaan, että varsinkin kesäaikaan suot voivat olla nykyistä kuivempia. Kuivemmat olosuhteet johtaisivat joidenkin soiden karuuntumiseen ja rahkoittumiseen. Vedenpinnan aleneminen mahdollistaa puuston kasvun lisääntymisen.

Kasvukauden pidentyminen saattaa merkitä puiden karaistumisen viivästymistä. Toisaalta lämpeneminen voi myös aiheuttaa pakkaskestävyyden ennenaikaista purkautumista. Kokeellisesti on kuitenkin osoitettu, että esimerkiksi poikkeuk-

sellisen lämpimänä syksynä 2004 männyn pakkaskestävyys oli marraskuun alussa -25-30 astetta. Kevät- ja syyshallojen aiheuttamat riskit ovat kuitenkin lajikohtaisia. Ilmastonmuutosta kuvaavat skenaariot viittaavat siihen, että metsäpaloriskit voivat lisääntyä Suomessa muun muassa kesien pidentymisen, ilmaston lämpenemisen ja haihdunnan lisääntymisen seurauksena. Vaikka kertasademäärien lisääntyminen vähentää metsäpalon riskiä, on mahdollista, että kuivien jaksojen esiintyminen kasvaa ja lisää metsäpalojen riskiä.

Ilmaston lämpeneminen voi lisätä syysmyrskyjen aiheuttamia puustovaurioita kahdella tavalla. Routa lisää puiden ankkuroitumista maahan, joka vähentää tuulituhojen riskiä. Lämpenevän ilmaston myötä puustolle riskialtis roudaton aika pitenee, ja talvien leudontuminen lisää myrskytuhoja aiheuttavan säätyypin esiintymisen todennäköisyyttä. Lämpötilan kohoaminen voi toisaalta lisätä paikallisten ukkosmyrskyjen määrää ja lisätä siten tuulituhojen riskiä.

Otsonin, ultraviolettisäteilyn ja hiilidioksidin yhteisvaikutusta ei täysin tunneta. Alailmakehän otsonipitoisuuden nousu vähentää puiden kasvua. Se altistaa metsäpuut hapettavalle stressille, mikä oletettavasti tulee vähentämään puiden kasvua jonkin verran, koska kroonisena jatkuvan, matalankin otsonipitoisuuden vaikutukset kumuloituvat vuosien myötä. Tämä tulee näkymään todennäköisesti kasvutappioina, joka voi heikentää puiden kuntoa ja edelleen altistaa niitä muille tuhoille (taudit ja tuhohyönteiset). Lajien välillä ja lajien sisällä perimältään erilaisilla yksilöillä on eroja otsonikestävyydessä. Lisäksi ultraviolettisäteilyllä ja otsonilla on yhteisvaikutuksia. Hiilidioksidipitoisuuden kasvu kompensoi kuitenkin otsonista johtuvia kasvutappioita.

Puuston kasvu ja puulajisuhteet

Metsien kasvun parantuminen on merkittävä ilmastonmuutoksen aiheuttama suotuisa vaikutus. Metsien uudistumista rajoittavat pohjoisilla esiintymisalueilla eniten alhaiset kesälämpötilat. Ilmastonmuutoksen seurauksena puiden siemensadot voivat parantua ja sitä myötä uudistuminen Pohjois-Suomessa helpottuu ja on siten mahdollista entistä pohjoisemmassa. Puiden luontaista uudistamista rehevillä kasvupaikoilla rajoittaa kuitenkin pintakasvillisuus.

Viimeisimmät kansalliset metsien kasvua ja puulajien osuuksien muutoksia koskevat arviot on tehty SILMU-tutkimuksessa. Silloisiin tutkimusmenetelmiin liittyy

tiettyjä epävarmuuksia, mutta uudempia koko maan kattavia ennusteita ei vielä ole. Seuraavassa on esitetty SILMU-tutkimuksen tuloksia puuston kasvuun ja puulajisuhteiden muutoksiin.

Arvioiden mukaan kaikkien puulajien kasvu todennäköisesti paranee ilmastonmuutoksen seurauksena koko maassa, enemmän Pohjois- kuin Etelä-Suomessa. Puuston kasvun ennustetaan nousevan 40 % ja vuotuisten hakkuumahdollisuuksien lisääntyvän kivennäismailla 22 % tällä vuosisadalla. Ennusteissa on otettu huomioon noussut lämpötila, hiilidioksidipitoisuus ja sadanta. Kasvun lisääntyminen on kuitenkin riippuvainen maaperästä. Kuivahkoilla kasvupaikoilla runkotilavuus kasvaa suhteellisesti vähemmän kuin tuoreilla kankailla. Uudemmat metsikkötason arviot antavat kuitenkin viitteitä, että kasvu kiihtyisi vähemmän, noin 10–15 % Etelä-Suomessa ia 25–35 % Pohjois-Suomessa.

Vaikka ilmastonmuutos aiheuttaa muutoksia puulajisuhteeseen, tulevaan puulajisuhteeseen vaikuttavat sitä enemmän metsänkäsittelytavat. SILMU-tutkimuksen mukaan koivu olisi ilmastonmuutoksen hyötyjä ja havupuiden osuus vähenisi merkittävästi varsinkin Etelä-Suomessa, ellei puulajisuhteita ohjata metsänhoidon avulla. Jos puulajisuhteiden kehitystä ohjataan metsänhoidolla, mänty ja kuusi menestyvät myös Etelä-Suomessa. Uusimpien arvioiden mukaan kuusen kasvu ei todennäköisesti taannu, sillä hiilidioksidipitoisuuden kohoaminen kompensoi mahdollisen kuivuuden vaikutuksia.

Metsätuhohyönteiset ja -eläimet sekä sienitaudit

Metsien tuhohyönteiskantojen ennustetaan kasvavan tällä vuosisadalla, mutta on vaikea sanoa missä määrin luontaiset viholliset kykenevät kontrolloimaan niitä. Nykyään satunnaisia metsätuhoja aiheuttavista lajeista voi tulla suurtuholaisia. Hyönteiset hyötyvät lämpötilan noususta ja kesän pitenemisestä. Erityisesti ruskoja pilkkumäntypistiäinen hyötyvät kuivista kesistä ja niiden aiheuttamien tuhojen arvellaan lisääntyvän, mikäli kesät muodostuvat kuiviksi.

Havunnunnan esiintymisalue voi siirtyä nykyistä 60 leveysastetta pohjoisemmaksi. Muita potentiaalisia lajeja, joiden aiheuttamien tuhojen riski voi lisääntyä ovat punalatikka, ytimennävertäjä, mäntymittari, hallamittari ja mänty-yökkönen. Muita lajeja, jotka voivat yleistyä ovat jalavan mantokuoriainen, kirjava kudospistiäinen ja lehtinunna.

Ilmaston lämpeneminen ja sen myötä maamme rajojen ulkopuolelta mahdollisesti leviävät tulokaslajit voivat tuoda mukanaan uudenlaisia riskejä. Tulokaslajien (esimerkiksi mäntyankeroinen) leviämistä edistää kansainvälinen puukauppa ja puutuotteiden ja -pakkausten kuljetus sekä ihmisten liikkuminen. Riskinä ovat myös usean lajin yhteisesiintymät. Lisäksi tuholaiset voivat iskeä mahdollisesti lisääntyvien myrskyjen heikentämiin metsiin helpommin.

Tärkeimmät tuholaisemme pystyvät nykyisin tuottamaan yhden jälkeläissukupolven kesän aikana. Kasvukauden piteneminen ja lämpötilan nousu voivat johtaa siihen, että jälkeläisiä syntyykin kaksi tai jopa useampia sukupolvia vuodessa. Tämä lisäisi hyönteisten lisääntymismahdollisuutta ja siten metsätuhojen riskiä huomattavasti. Kuusen pahin tuholainen, kirjanpainaja, on esimerkki tällaisesta lajista.

Sienitautien kannalta on keskeistä lämpötilan sijaan sadanta ja kosteus. Laajat, vakavia tuhoja aiheuttavat sienitautiepidemiat ovat toistaiseksi olleet Suomessa melko harvinaisia. Metsätaloudellisesti tärkeiden puulajien osalta riski ilmaston muuttuessa ei näytä kovin suurelta. Suurin riski lienee juurikääpätuhojen leviäminen pohjoisemmaksi ja juurikäävän lisääntyminen Etelä-Suomessa. Lämpimämmät talvet lisäävät myös versosurman riskiä. Lisäksi harmaakaristeen, männynkaristeen, syyshaavakan ja männynmesisienen aiheuttamien tuhojen riski voi lisääntyä ja jalavatauti voi levitä alueellemme. Jos sadanta lisääntyy, on mahdollista, että myös lehtipuiden laikkusieni lisääntyy.

Hirvikanta hyötyy lumipeitteen vähenemisestä Etelä-Suomessa. Talvilaidunalueilla tuhot vähenevät, mutta helpottuneen liikkumisen takia hirvituhot kohdistuvat laajemmalle alueelle. Metsäkauriskanta on kasvanut viime vuosina nopeasti Etelä-Suomessa, ja sen maa- ja metsätaloudelle aiheuttaminen vahinkojen ennustetaan lisääntyvän tulevaisuudessa. Ilmastonmuutos parantaa metsäkauriiden talvehtimismenestystä ja nopeuttaa kannan kasvua.

Metsäluonnon monimuotoisuus

Ilmastonmuutoksen aiheuttamat muutokset merkitsevät heinien ja ruohojen runsastumista sekä varpu-, sammal- ja jäkäläkasvustojen taantumista. Kasvillisuus monipuolistuu, kun eteläisen lajiston osuus lisääntyy. Toisaalta pohjoinen kasvilajisto voi taantua ja osittain hävitä. Toisenvaraisten eliölajien menestyminen riippuu kasvillisuuden muutoksista. Lisääntyvä lehtipuukarike pystyy ylläpitämään

monipuolisempaa maaperäeliöstöä. Lehtipuuvaltaisten metsien lisääntyminen monipuolistaa myös kasveja syövää hyönteislajistoa. Etenkin tammella on monipuolinen hyönteislajisto. Nisäkkäiden, kuten metsämyyrän, hirven ja poron, esiintymiseen tulee vaikuttamaan eniten muutokset lumisuudessa. Linnustossa itäiset taigalajit ja pohjoiset lajit taantuvat lehtipuuvaltaisten sekametsälajien kustannuksella.

Puunkorjuu ja -käyttö

Vähentyvä routa vaikeuttaa metsätöitä ja puunkorjuuta talvella. Toisaalta roudan paksuus voi kasvaa, jos lumipeite jää selvästi ohuemmaksi, vaikka pakkaset eivät olisi aivan äärevimpiä. Oheneva lumipeite helpottaa puunkorjuuta talvella. Kelirikkoaika kasvaa keväällä, mistä seuraa konekapasiteetin ja varastoinnin lisäystarvetta ja lisäkustannuksia. Kesäleimikot voivat vähentyä, jos sateisuus kasvaa syksyllä. Kasvatettavalle puustolle aiheutuvat korjuuvauriot voivat lisääntyä harvennushakkuissa, jos roudaton aika pitenee ja sademäärät kasvavat. Myös metsäteiden rakennetta voidaan joutua parantamaan.

Jos männyn sädekasvu lisääntyy, voi mäntytukkien käytettävyys sahauksessa ja puusepän teollisuudessa heiketä. Männyn oksien syntyminen voi lisääntyä, mutta se lisääntyy samassa suhteessa rungon kasvun kanssa, ja suhteellinen oksikkuus ei siis lisäänny. Kuusikuidun hyödyntämismahdollisuuksia uhkaavat kuivien ajanjaksojen aiheuttamat tuhoriskit kuusikoissa, alttius korjuuvaurioille lyhyen roudan ja vähäisen lumen vuosina sekä mekaanisen massan prosessin suuri energiantarve. Muutosten globaalissa puuntuotannossa ja metsäteollisuudessa ennustetaan kuitenkin olevan nopeampia taloudellisesta ja teknologisesta kehityksestä johtuen kuin ilmastonmuutoksen seurauksena.

Tietoa ilmastonmuutoksen pitkäaikaisvaikutuksista puuaineksen ominaisuuksiin on vielä vähän. Arvioiden mukaan kasvuprosessit käynnistyvät tulevaisuudessa keväällä aikaisemmin, ja myös puun paksuuskasvu voi alkaa jopa pari viikkoa aiemmin kuin nykyilmastossa. Toisaalta puiden kasvujakso ei kuitenkaan pitene samassa suhteessa kuin terminen kasvukausi. Nykyisten puiden kasvujaksojen pituus onkin voimakkaasti geneettisten tekijöiden määräämä sopeutuma nykyilmastoon. Koetulokset osoittavatkin, että kohonneessa lämpötilassa myös kasvu päättyy selvästi aikaisemmin kuin nykyilmastossa.

Hiilidioksidin vaikutukset puun kemialliseen koostumukseen vaihtelevat eri puulajien välillä. Lehtipuiden osalta hiilidioksidipitoisuuden nosto on vähentänyt ligniinin ja selluloosan pitoisuuksia puussa. Nämä seikat tulee erityisesti ottaa huomioon tulevaisuudessa, jotta puuraaka-aineen käsittelyn aikaisilta laatuvirheiltä, mm. puun sinistymiseltä ja homesienten aiheuttamilta vaurioilta, vältyttäisiin. Toisaalta männyllä on havaittu muuttunutta ilmastoa vastaavissa olosuhteissa ligniinin lisääntymistä ja selluloosan vähentymistä, samalla kun puuaineen tiheys ja kuitujen pituus kasvaa.

Metsien muut tuotteet

Ilmastonmuutoksen vaikutusta metsien muihin kuin puutuotteisiin on tutkittu vielä vähän. Vuosien väliset erot metsämarjojen kuten mustikan kukinnan ajoittumisessa voivat olla suuriakin, ja kukinta voi olla useamman vuoden peräkkäin harvinaisen aikaista. Mustikan kukinta-ajan pitkien aikasarjojen (100 vuotta) perusteella mustikan kukinnan systemaattista aikaistumista ei ole havaittavissa. Kukinnan aikaistuminen lisäisi hallatuhojen todennäköisyyttä, koska hallaa voi säätilanteesta riippuen satunnaisesti esiintyä yhtä myöhään kuin nykyään. Sienisatojen odotetaan lisääntyvän ilmastonmuutoksen seurauksena.

Taulukko 3.2. *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista metsätalouteen Suomessa. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä. Jotkut vaikutuksista ovat selkeitä etuja tai haittoja, mutta toisten vaikutusten suunta on vielä epäselvä tai vaikutuksen suunta riippuu ilmastonmuutoksen voimakkuudesta.*

Haitta	Vaikutuksen suunta epäselvä tai samanaikaisesti haitta ja etu	Etu
– Ravinteiden huuhtoutumisriski kasvaa – Tuulituhoriski kasvaa, ja puiden ankkuroituminen maahan heikkenee roudan vähetessä – Ilmansaasteiden (otsoni) ja UV-säteilyn yhdysvaikutukset ekosysteemeihin vahvistuvat ilmastonmuutoksen myötä – Tuhoeläin- ja metsäpatogeeniriski kasvavat – Mahdollinen vähentynyt routa vaikeuttaa puunkorjuuta – Kelirikkoajan piteneminen lisää konekapasiteetin ja puun varastoinnin tarvetta – Havupuun laatu voi kärsiä	• Metsien puulajikoostumus muuttuu • Puuraja siirtyy pohjoisemmaksi	+ Hiilidioksidin, lämpötilan ja sadannan kasvu lisää boreaalisen vyöhykkeen tuottavuutta + Hakkuumahdollisuudet kasvavat + Kasvien käytössä on enemmän ravinteita + Puiden siemensadot paranevat, ja luontainen uudistuminen helpottuu Pohjois-Suomessa karuhkoilla paikoilla.

3.2.1.3. Kalatalous

Kalatalous Suomessa

Suomessa on hyvät edellytykset kalastuksen harjoittamiseen, koska kalavesiä on paljon. Suomessa on tavattu 98 kalalajia. Maamme kaloista on sisävesi- ja vaelluskaloja 45 ja merikaloja 23. Ulkomaisia istutettuja on 17 lajia ja satunnaisesti merialueella tavattavia 20 lajia. Luontaisesti lisääntyviä rapulajeja on kolme.

Kalatalous voidaan jakaa kahteen osaan: elinkeino- ja vapaa-ajankalatalouteen. Elinkeinokalatalouteen sisältyvät ammattikalastus, kalanviljely, kalanjalostus ja kalakauppa. Niiden tuotannon arvo on yhteensä runsaat 336 miljoonaa euroa vuodessa. Kalatalouden työllistävän vaikutuksen arvioidaan kaikkine kerrannaisvaikutuksineen olevan noin 20 000 henkilötyövuotta. Merialueen ammattikalastuksen kokonaissaalis on yli 100 000 tonnia ja saaliin arvo lähes 20 miljoonaa kalastajahintojen mukaan laskettuna. Nykyisin Itämeren silakan, kilohailin ja turskan ohella merialueen ammattikalastajille tärkeitä lajeja ovat siika, kuha, ahven ja lohi. Sisävesien ammattikalastuksen saalis on noin 4 500 tonnia ja arvo lähes 6 miljoonaa euroa. Vuodesta 1980 vuoteen 2000 ammattikalastuksen kokonaissaaliin määrä on kasvanut lähes puolitoistakertaiseksi, mutta siitä saatu kalastustulo on alentunut puoleen, kuten ammattikalastajien lukumääräkin. Merialueella toimivien ammattikalastajien kokonaismäärä on vähentynyt alle 1 000 päätoimiseen ammattikalastajaan. Sisävesien ammattikalastajia on noin 1 000 ja heistä alle kolmasosa saa kalastuksesta vähintään 30 prosenttia tuloistaan.

Viimeaikaisen kehityksen aikana on kalastusyritysten määrä vähentynyt, yritysten yksikkökoko kasvanut ja ammattikalastajien keski-ikä noussut. Uusien kalastajien rekrytoituminen alalle on vähäistä. On todennäköistä, että ammattikalastajien lukumäärä vähenee edelleen jonkin verran, jos nykyisiä kalastusrajoituksia jatketaan. Myös kalastusalusten kokonaismäärän oletetaan pienentyvän, koska kalastajien määrä vähenee.

Maassamme oli vuonna 2003 toiminnassa yhteensä 568 kalaviljelylaitosta, joista vajaa 300 oli luonnonravintolammikkoyrityksiä. Poikastuotantoa harjoitettiin vähän yli 100 laitoksella. Kalanviljely tuottaa kulutukseen ja jatkokasvatukseen sekä istutuksiin kalaa ja rapuja. Suomessa kasvatetaan noin 15 miljoonaa kiloa

ruokakalaa vuosittain, mikä on lähes yksinomaan kirjolohta. Siian, taimenen ja nieriän tuotanto on vähäistä. Tuotannon arvo oli vuonna 2003 noin 36 miljoonaa euroa.

Vapaa-ajankalastusta harjoittaa vajaat kaksi miljoonaa suomalaista. Vapaa-ajankalastuksen saaliin määrä oli vuonna 2002 noin 39 000 tonnia ja arvo on kalastajahintojen perusteella laskettuna lähes 50 miljoonaa euroa. Pääosa siitä eli vajaa 80 prosenttia pyydettiin sisävesiltä. Vapaa-ajankalastajien saaliissa merkittävimpiä lajeja ovat ahven, hauki, särki ja monet muut sisävesi- ja vaelluskalalajit.

Vapaa-ajan kalastuksen luonne on muuttunut kotitarvekalastuksesta virkistyskalastuksen suuntaan. Tämä näkyy muun muassa verkkokalastuksen vähentymisenä ja vastaavasti vapakalastusvälineiden käytön lisääntymisenä. Vapaa-ajankalastuksen kokonaissaaliin arvo on vähentynyt viime vuosina. Vapaa-ajankalastuksen pääasiallinen taloudellinen merkitys muodostuu kuitenkin pääasiassa kalastukseen liittyvien palvelujen kysynnästä. Kalastusmatkailun synnyttämä matkailutulo kerrannaisvaikutukset huomioon ottaen on arviolta 300 miljoonaa euroa. Tällä hetkellä Suomessa on kaikkiaan yli 1 000 matkailuyrittäjää, jotka saavat ainakin osittain tuloa kalastusmatkailusta ja noin 70–90 yrittäjää, joiden tärkein tulonlähde muodostuu kalastusmatkailijoille myydyistä palveluista.

Kalastuksen sääntely perustuu kalastuslakiin. Lain yleinen täytäntöönpano kuuluu maa- ja metsätalousministeriölle. Valtion aluehallintoviranomaisena toimivat työvoima- ja elinkeinokeskukset (TE-keskukset). TE-keskuksessa sijaitsee kalatalousyksikkö, joka on puolestaan maa- ja metsätalousministeriön alainen kalatalousha llinnon piiriorganisaatio.

Suomen merialueilla kalatalous kuuluu EU:n yhteisen kalastuspolitiikan piiriin. Laissa Euroopan yhteisön yhteisen kalastuspolitiikan täytäntöönpanosta (1139/1994) säädetään kyseisen politiikan täytäntöönpanosta Suomessa. Kalastusta rajoitetaan myös valtioneuvoston asetuksella (258/96) ja kansainvälisen Itämeren kalastuskomission (IBSFC) kalastussäännöillä, jotka on sisällytetty neuvoston asetukseen (EY) N:o 88/99 tietyistä Itämeren, Belttien ja Juutinrauman vesialueiden kalavarojen teknisistä säilyttämistoimenpiteistä sekä Suomen ja Ruotsin välisellä rajajokisopimuksella ja siihen sisältyvällä kalastussäännöllä. Itämeren kalastuskomissio antaa suositukset kalastuskiintiöistä, joiden perusteella so-

pimuspuolet vahvistavat kiintiönsä tai mahdollisesti ilmoittavat vastustavansa jotakin suositusta. EU vahvistaa suositukset kalastusneuvoston kokouksessa erityisellä kiintiöasetuksella. Suomen aluevesillä ja kalastusvyöhykkeellä harjoitettavaa lohenkalastusta verkoilla ja rysillä on keväästä 1996 lähtien rajoitettu valtioneuvoston asetuksella (258/96), jossa on esitetty lohenkalastusta koskevat rajoitukset varsinaisella Itämerellä ja Pohjanlahdella sekä Simojoessa (lohiasetus). Yhteisen EU:n kalastuspolitiikan uusimisen jälkeen jäsenmaille on myös määrätty laivastojen suurin sallittu koko. Saaliskiintiöt ja pyyntirajoitukset koskevat lohen, silakan, kilohailin, turskan, ja kampelalajien pyyntiä.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset kalakantoihin ja kalatalouteen

Ilmastotekijät, kuten ilman ja veden lämpötila, sateisuus, tuuliolosuhteet vaikuttavat maailmanlaajuisesti voimakkaasti joko suoraan tai välillisesti kalojen terveyteen, tuottavuuteen ja levinneisyyteen. Kalalajien muuttuvat levinneisyysalueet, lisääntynyt tai vähentynyt kasvu, kasvanut tautien tartuntaherkkyys, uudet taudit ja loiset sekä muuttuvat ekosysteemit vaikuttavat kalatalouteen. Joillakin alueilla kalatalous on saattanut jo kärsiä ilmastonmuutoksesta. Esimerkiksi ilmastonmuutos on tunnistettu yhdeksi mahdollisista vaikuttajista Tyynenmeren rannikon lohikantojen vähentymiseen. Myös vesistöjen ja jokien virtaamissa tapahtuvilla muutoksilla on havaittu olevan vaikutuksia kalapopulaatioihin ja sitä kautta kalatalouteen.

Suomessa ilmastonmuutoksen vaikutukset ammatti- ja vapaa-ajankalastukseen sekä koko kalatalouteen välittyvät kalakantoihin kohdistuvien vaikutusten kautta. Pitkällä tähtäimellä ilmaston lämpiäminen saattaa vaikuttaa merkittävästikin vesien tilaan, kalastoon, kalastukseen ja kalanviljelyyn, mutta lyhyellä tähtäimellä muut syyt kuten markkinatilanne, kalastusrajoitukset, harmaahyljekannan kasvu, kalastuskapasiteetin väheneminen, kalakantojen luontainen vaihtelu vaikuttavat ammatti- ja vapaa-ajankalastukseen huomattavasti enemmän kuin ilmastonmuutos.

Suomen kalaston koostumus saattaa muuttua joko suoranaisesti tai välillisesti elinympäristön lämmetessä, mutta myös luonnollisten leviämisteiden kautta sekä ihmistoimin aktiivisten kalanistutusten kautta. Kylmän veden lajisto voi vähentyä varsinkin eteläisen Suomen pienehköissä ja matalissa vesissä, lämpimän veden lajit puolestaan hyötyvät ja levittäytyvät pohjoisemmaksi.

Lämpötilan nousun vaikutukset kaloihin

Ilmastonmuutoksen vaikutukset kalantuotantoon riippuvat vesialueen kalalajikoostumuksesta ja lajien reaktioista muutokseen sekä muutoksista vesien yleisessä tuottavuudessa. Lämpötilan nousun on oletettu lisäävän kalojen kasvua ja siten kalantuotantoa. Tämä tosin edellyttää, että nykyisin kasvua tai kuolleisuutta rajoittavia tekijöitä ei esiinny.

Pienten jokien ja järvien kalakannat ovat alttiimpia lämpötilan ja sateisuuden muutoksille kuin kannat suurissa joissa ja järvissä. Ilmastonmuutoksesta aiheutuvat sateisuuden ja lämpötilan muutokset vaikuttanevat kalakantojen runsauteen, levinneisyyteen ja keskinäisiin suhteisiin sekä suoraan että ekosysteemin muiden muutosten välityksellä.

Veden korkea lämpötila nopeuttaa kalojen aineenvaihduntaa ja kasvattaa kalojen ravinnontarvetta, mutta vastaavasti ravinteiden kierto nopeutuu muuallakin ekosysteemissä. Ekosysteemin muutokset voivat näkyä lajien välisissä kilpailutilanteissa sekä petokalojen ja saalislajien suhteissa.

Mahdollinen perustuotannon kasvu ja sen aiheuttama eloperäisen aineksen vajoaminen alusveteen pienentää kylmän alusveden happipitoisuutta loppukesällä ja syksyllä. Tämä heikentää kylmää ja happipitoista vettä vaativien lajien elämisen edellytyksiä. Vaikutusten laajuus on kuitenkin riippuvainen muun muassa järven tilavuudesta ja pinta-alasta sekä ravinteisuudesta.

Useimmissa tapauksissa kalojen nuoruusvaiheet hyötyvät vesistöjen lämpiämisestä, mikä saattaa usealla lajilla lisätä runsaiden vuosiluokkien määrää ja edelleen petokalojen käytettävissä olevien ravintokalojen määrää. Toisaalta vesistöjen lämpenemisen seurauksena ravintolajit saattavat kuoriutua eri aikaan kuin ennen ja näin aiheuttaa ongelmia kalanpoikasten ravinnonsaannille. On kuitenkin todennäköistä, että petomaiset lohikalat nuoruusvaiheessaan sekä ruskeavetisissä jokiympäristöissä (erityisesti taimenet, myös lohi ja järvilohi) joutuvat elämään lämpötilaoloissa, jotka ovat selvästi lajien lämpötilaoptimin yläpuolella, ja joissa luontainen poikastuotanto kärsii.

Levinneisyysalueiden muutokset

Jokaisen kalalajin nykyinen levinneisyys on määräytynyt ilmastollisten ja hydrologisten tekijöiden (lämpötila, tuulisuus, virtaamat, veden pinnan taso, sateisuus), sopivan ravinnon saatavuuden, saalistajien, kilpailevien lajien tai leviämisesteiden perusteella. Tärkeimmät pohjoisten alueiden kalakantojen levinneisyyteen vaikuttavista tekijöistä ovat kuitenkin lämpötila, meressä lämpötila ja suolaisuus sekä leviämisesteet. Ilmaston lämpiäminen tulee siirtämään sekä levinneisyyden etelä- että pohjoisrajoja pohjoisemmaksi. Paikoin levinneisyyden siirtymistä Suomen sisävesissä hankaloittaa luontaisten leviämismahdollisuuksien puuttuminen. Kalojen leviäminen sisävesialueella pohjoiseen edellyttää myös, että elinympäristö on lämpötilan lisäksi lajille sopiva. Esimerkiksi Etelä-Suomen rehevien järvien särkikalat eivät menestyisi lämpimässäkään Lapissa, koska vedet siellä ovat joka tapauksessa aivan liian karuja.

Hydrologisista muutoksista merenpinnan nousun on arvioitu olevan niin pieni, ettei sillä ole suurtakaan merkitystä useimpien kalojen kudun onnistumiseen tai kutupaikkoihin, sillä maanpinnan nousu osaltaan tasoittaa vaikutusta. Sen sijaan merenpinnan kohoamisen aiheuttama mahdollinen Itämeren suolapitoisuuden muutos voi aiheuttaa huomattavia muutoksia. Nykyinen suolapitoisuus ei rajoita kuin muutaman sisävesilajin levinneisyyttä rannikkovesissämme, mutta merikaloille se on tärkein tekijä. Suolapitoisuuden nousulla, vaikka se olisi hyvinkin pieni, voisi olla suuret vaikutukset Itämeren kalayhteisöihin ja merilajien elinolosuhteiden parantumiseen. Merialueella kalat voivat levitä uusille alueille, mikäli ympäristöolosuhteet sen sallivat. On mahdollista, että suolapitoisuuden noustessa etelämpää Itämereltä vaeltaa vesiimme aivan uusia kalalajeja. Toisaalta on kuitenkin epävarmaa, nouseeko Itämeren suolaisuus, vaikka merenpinta nousisikin, koska suolaisuus riippuu sademäärien ja sisäänvirtaamien suhteesta. Havainnot ovat osoittaneet, että jo 10 prosentin vaihtelu Itämereen tulevien jokivesien määrässä vaikuttaa merkittävästi suolaisuuteen. Sademäärien kasvu voi myös johtaa harvempiin suolaisen veden sisäänvirtaamiin Tanskan salmista Itämereen, jonka seurauksena syvien pohjien hapettomuusjaksot pitenevät, ravinteita vapautuu, ja Itämeren rehevöityminen saattaa kiihtyä. Sekä hapettomuus että rehevöityminen osaltaan vaikuttavat taloudellisesti arvokkaaseen kalalajistoon epäedullisesti.

Taulukko 3.3. Esimerkkejä ilmastonmuutoksen vaikutuksista yksittäisiin kalalajeihin.

Kalalaji	Vaikutus
Kylmän veden kalat	
Nieriä	• Saattaa menettää asemiaan lämmintä vettä suosiville kilpailijoilleen • Uhanalaisen Saimaan nieriän poikastuotanto saattaa kärsiä
Made	• Tulee vähenemään tai elinpiiri supistuu
Siika Taimen	• Menestyminen Etelä- ja Keski-Suomen järvissä saattaa heiketä
Harjus	• Eteläiset niin joki- kuin järvikutuisetkin kannat voivat taantua
Muikku	• Saattaa taantua Etelä-Suomen järvissä
Lämpimän veden kalat	
Särkikalat (särki, lahna, säynävä) Kuha Ahven	• Voi levittäytyä pohjoiseen päin
Ravut	
Jokirapu Täplärapu	• Voi levittäytyä pohjoiseen päin

Vaikutukset ammattikalastukseen

Kasvava kalantuotanto, uusien saalislajien ilmaantuminen, kalakantojen taantuminen tai häviäminen edellyttää kalastajien ja kalavesien hoitajien sopeutumista muutoksiin. Ammattikalastuksessa joudutaan myös sopeutumaan vaikutuksiltaan huomattavasti selvempiin ilmastonmuutoksesta riippumattomiin ongelmiin kuten esimerkiksi kalastuksen kannattavuusongelmiin, kalastuksen säätelyyn ja dioksiiniongelmiin. Ilmastonmuutoksen vaikutus kalatalouteen riippuu kalakannoissa ja niiden keskinäisissä runsaussuhteissa tapahtuvista muutoksista. Merkittävin vaikutus kalastukseen tapahtuneekin lajistomuutosten kautta.

Vaikka on arveltu, että lohikalojen luontainen poikastuotanto kärsisi vesien lämpenemisestä, tulee tässä yhteydessä muistaa, että merkittävä osa lohikalasaaliista on tälläkin hetkellä istutusten varassa, etenkin merialueella. Siten mahdollinen lohikalojen poikastuotannon heikkeneminen luonnonvesissä ei automaattisesti johda lohikalojen merkityksen vähenemiseen saaliissa.

Ammattikalastus saattaa hyötyä kuhan levinneisyysalueen muutoksista ja sen menestymisestä lämpöisemmissä vesissä. Kuhalle on jo nykyisellään kovasti kysyntää. Virosta tuodaan Suomeen vuosittain suunnilleen Suomen ammattikalastuksen saaliin verran kuhaa. Kuha kuuluu myös lajeihin, joista kalastajat saavat parhaan

kilohinnan. Lämpötilan nousu saattaa hyödyttää kuhaa esimerkiksi rehevissä rannikkovesissä, mutta mahdollinen hyöty voidaan osittain tai kokonaan menettää, jos kalastusta ei toteuteta järkevästi säänneltynä. Suomukalojen merkityksen ammattikalastukselle on muutenkin ennustettu tulevaisuudessa kasvavan.

Vähäiselläkin suolapitoisuuden nousulla olisi todennäköisesti suuret vaikutukset Itämeren kalayhteisöihin ja sitä kautta etenkin ammattikalastukseen merilajien (silakka, kilohaili, turska, kampela) elinolosuhteiden parantumisen seurauksena. Esimerkiksi jo pelkästään silakan kasvun parantumisella voisi olla merkittäviä vaikutuksia sekä kalojen käyttökelpoisuuteen elintarvikkeena että niiden dioksiinipitoisuuksiin, joiden aleneminen nopeutuvan kasvun myötä voi olla ratkaisevaa ammattikalastukselle.

Jääpeitteen arvioidaan muuttuvan Itämeressä 20–30 senttimetriä ohuemmaksi ja vuotuisen suurimman ulottuvuuden arvioidaan pienentyvän 30–40 prosenttia nykyiseen verrattuna seuraavan sadan vuoden kuluessa. Jäätalven lyhentyminen ja jään ohentuminen suosisi tärkeintä pyyntimuotoamme, troolikalastusta, mutta haittaisi muikun talvinuottapyyntiä. Jäätalvien leudontumista on pidetty merenkulkua helpottavana ilmastonmuutoksen vaikutuksena, mutta siinäkin epävarmuus liittyy tuulisuuden ja myrskyisyyden muutoksiin. Tulevaisuuden leuto, mutta tuulinen jäätalvi ei välttämättä olekaan merenkululle helppo jäätalvi, koska tuulisuuden myötä merijäät liikkuvat herkemmin ja ahtautuvat täten haitaten merenkulkua. Tuulisuuteen ja myrskyihin liittyy myös voimistunut aallokko. Kosteus ja sateet lisäävät sumunmuodostusta sekä huonontavat merinäkyvyyttä ja lisäävät alusten rakenteiden jäätymisriskiä.

Vaikutukset vapaa-ajankalastukseen

Levinneisyysalueensa pohjoisrajaa lähellä elävät populaatiot tulevat lisääntymään ja kasvattamaan osuuttaan kalastajien saaliissa. Tällaisia lajeja ovat muun muassa kuha, lahna, toutain ja kiiski. Vesien tuottavuuden kasvu voi mahdollistaa myös saaliiden kasvun. Toisaalta särkikalojen runsastuminen voi lisätä vähäarvoisen kalaston osuutta. Kalastajien kannalta monet korkean lämpötilaoptimin omaavat kalat ovat yleensä vähemmän haluttuja lajeja. Koska lämpötilan nousu tulee olemaan haitallisin virtakutuisille lohikaloille, kalastajien kannalta näiden merkitys saaliina tulee vähenemään. Vähenemisen todennäköisyys tosin riippuu pitkälti istutuksista, sillä suuri osa lohikalasaaliista on nykyisellään istutusten varassa.

Vapaa-ajankalastuksessa jäätalven lyhentyminen parantaisi uistinkalastuksen mahdollisuuksia ja vähentäisi jäältä tapahtuvaa pilkkimistä.

On kuitenkin luultavaa, että vapaa-ajankalastuksen muutokset kalayhteisössä vaikuttaisivat kohtalaisen vähän. Muutokset olisivat kuitenkin ihmisikäänkin suhteutettuna hitaita, ja kun kysymys on harrastuksesta, niin odotukset voivat olla varsin joustavia. Vapaa-ajankalastus on itsessäänkin melko nopeasti kehittyvää ja muuttuvaa. Jatkuvasti tulee muotiin uusia pyyntimuotoja (esimerkiksi vetouistelu nykyisin), ja toisaalta tulevaisuudessa harrastuksen kaupallistuminen ja jopa esimerkiksi eläinsuojelunäkökohdat voivat vaikuttaa huomattavasti vapaa-ajankalastuksen luonteeseen.

Vaikutukset kalanviljelyyn

Ilmastonmuutoksen mahdolliset vaikutukset kalanviljelyn edellytyksiin riippuvat oleellisesti viljeltävien kalalajien lämpötilan siedosta. Tärkein viljelykalamme on kirjolohi, jolle lämpenemisestä saattaa olla enemmän haittaa kuin hyötyä. Vesien lämpiäminen voi lisätä kalanviljelylaitosten tuotantoa, jos lämpeneminen tapahtuu kasvun kannalta suotuisaan aikaan. Tuotannon vuosittainen lisäkasvu tosin on lupaehdoilla rajattu. Siten yksilökasvun paraneminen ei juuri voi lisätä kokonaistuotantoa, ellei kasvatuskierto lyhene kokonaisilla kasvukausilla. Pidempien hellejaksojen puolestaan on havaittu heikentävän kasvutulosta.

Teoriassa tosin esimerkiksi lohen vaelluspoikasia tuottavan kalanviljelylaitoksen tuotanto voisi kasvaa jopa kaksinkertaiseksi. Tämä edellyttäisi kuitenkin mahdollisuutta lisätä käytettäviä vesimääriä. Toisaalta liian lämmin kesä voi aiheuttaa esimerkiksi lohenpoikasten kuolemia, ellei laitoksella ole saatavissa kylmää pohjavettä.

Vesiviljelyssä lämpimät kesät ovat aiheuttaneet viljelyssä ongelmia, tuotantokatkoksia, kalojen kasvun hidastumista ja tuotteiden laadun alenemista. Ilmaston lämpeneminen saattaa lisätä kalanviljelyn ongelmia. Ruokahalun aleneminen, tautien ja loisten lisääntyminen ja samalla viljeltävien kalojen hoidon vaikeutuminen (lämpimissä olosuhteissa muun muassa kylvetykset vaikeutuvat) ovat odotettavissa olevia näkymiä. Vaikutukset ovat samantyyppisiä niin sisämaassa kuin merialueellakin ja koskevat sekä ruokakalan viljelyä että istukastuotantoa.

Emokalanviljelyssä ja mädintuotannossa on viitteitä, että tämä välttämätön alkutuotanto on kylmän veden kaloilla varsin herkkää ja vaikeasti ennustettavaa lämpimien kasvukausien jälkeen.

Epävarmuudet

Vaikka ilmastonmuutoksen vaikutuksia kalataloudelle on tutkittu kohtalaisesti, kalakantojen tilan arviointiin sisältyy puutteita. Keskeinen ongelma on se, että kalakannat vaihtelevat luontaisesti hyvinkin voimakkaasti. Lisäksi Suomen vesistöjen valtava lukumäärä asettaa omat rajoituksensa tutkimukselle. Saaliiden määrään vaikuttavat myös monet muutkin tekijät kuin vain ilmastonmuutos. Mikäli kalansaaliit kasvavat, syynä voidaan pitää myös onnistunutta kalavesien hoitoa, pyyntiponnistuksien kasvua ja toisaalta rehevöitymistä. Onkin vaikeaa erottaa ilmastonmuutoksen vaikutuksia muista ihmisen aiheuttamista vaikutuksista, kun niitä tarkastellaan tavanomaisilla ekologisilla kriteereillä kalalajien runsaudesta, kasvusta ja saalismääristä.

Taulukko 3.4. *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista kalatalouteen Suomessa. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä. Jotkut vaikutuksista ovat selkeitä etuja tai haittoja, mutta toisten vaikutusten suunta on vielä epäselvä tai vaikutuksen suunta riippuu ilmastonmuutoksen voimakkuudesta.*

Haitta	Vaikutuksen suunta epäselvä tai samanaikaisesti haitta ja etu	Etu
– Kylmän veden lajisto vähentyy eteläisen Suomen vesissä – Happipitoisuus vesissä pienenee – Lohikalojen poikastuotanto kärsii – Lohikalojen merkitys saaliina vähenee (riippuvainen istutusten määrästä) – Kalanviljelyssä lämpimät kesät voivat aiheuttaa tuotanto-katkoksia, kasvun hidastumista ja laadun huononemista – Kalojen hoito viljelyssä vaikeutuu	• Vesistöjen ja jokien virtaama muuttuu • Kalaston koostumus muuttuu • Ravinteiden kierto nopeutuu • Vesiimme vaeltaa uusia kalalajeja etelämpää Itämereltä • Jäältä kalastamisen aika lyhenee	+ Lämpimän veden lajit levittäytyvät pohjoiseen päin + Kalojen kasvu lisääntyy + Kalojen nuoruusvaiheet hyötyvät vesien lämpenemisestä + Saaliit kasvavat + Vesien lämpeneminen lisää kalanviljelylaitosten tuotantoa

3.2.1.4. Porotalous

Porotalous Suomessa

Lapin alueen ankarat luonnonolosuhteet rajoittavat perinteisen maatalouden harjoittamista Suomen pohjoisilla alueilla, mutta perinteisesti elanto on hankittu poronhoidosta. Poronhoito on merkittävä elinkeino pohjoisten alueiden syrjäseudulla, sillä se sitoo ihmisiä asuinsijoilleen ja luo samalla perustaa toimeentulolle, vaikka merkittävä osa toimeentulosta tuleekin poronhoidon ohella muista luontaiselinkeinoista ja näihin perustuvasta tai muusta yritystoiminnasta. Porotalouden aluetaloudellista ja yhteiskunnallista merkitystä lisäävät alan kytkennät muihin maatalouselinkeinoihin, maaseudun kehittämiseen ja saamelaiskulttuuriin.

Poronhoito Suomessa poikkeaa Ruotsin ja Norjan poronhoidosta siten, että se on sallittua kaikille poronhoitoalueella asuville ETA -maiden kansalaisille. Ruotsissa ja Norjassa poronhoito on eräin poikkeuksin vain saamelaisten yksinoikeus. Porotalous on kuitenkin suhteellisesti merkittävin elinkeino saamelaisille ja asukasmäärään nähden poroja onkin eniten saamelaisten kotiseutualueella. Taloudellisten arvojen ohella poronhoidolla on saamelaisille myös suuri kulttuurinen, etnistä identiteettiä vahvistava merkitys.

Porotalouden keskeiset säädökset perustuvat poronhoitolakiin (848/1990). Poronhoitolaki rajoittaa alueen, jolla saa harjoittaa porotaloutta. Lain mukaan poronomistajan tulee olla poronhoitoalueella vakinaisesti asuva tai paliskunta. Poronhoitoalueen pohjoisimmat osat ovat erityisesti poronhoitoa varten tarkoitettuja alueita, jossa valtion maata ei saa käyttää tavalla, josta aiheutuisi huomattavaa haittaa poronhoidolle. Muita poronhoitoa koskevia keskeisiä säädöksiä ovat porotalouden ja luontaiselinkeinojen rahoituslaki (45/2000), kolttalaki (253/1995), luonnonsuojelulaki (1096/1996) ja saamelaiskäräjälaki (974/1995).

Porotaloutta tuetaan kolttalain sekä porotalouden ja luontaiselinkeinojen rahoituslain (POLURA) perusteella. Eläinkohtainen tuki perustuu lakiin maa- ja puutarhatalouden kansallisista tuista (1559/2001). Tukisäännöksistä päättää vuosittain valtioneuvosto ja maa- ja metsätalousministeriö. Myös maatilatalouden kehittämisrahaston (MAKERA) sekä EU -rahoituskanavien kautta tuetaan porotalouden monipuolistamiseen tähtääviä hankkeita. Porotalouden harjoittajille maksetaan korvauksia petoeläinvahinkojen korvaamista koskevan valtioneuvoston asetuk-

sen (277/2000) perusteella. Maakotkan poroille aiheuttamat vahingot korvataan ympäristöministeriön varoista.

Poronhoitoalueen maapinta-ala on 114 000 km² eli 36 prosenttia koko Suomen maapinta-alasta. Poronhoitoalueesta neljä viidesosaa sijaitsee Lapin läänissä. Vain teollistunein ja tiheimmin asuttu lounaisosa Lappia jää poronhoitoalueen ulkopuolelle. Oulun läänistä poronhoitoalueeseen kuuluu kaksi viidesosaa eli läänin pohjoisimmat ja itäisimmät osat. Poronhoitoalueen ulkopuolella porojen pito katsotaan normaaliksi kotieläinten pidoksi ilman vapaata laidunnusoikeutta ja porotaloutta koskevia tuki- tai korvausjärjestelmiä.

Poronhoitoa voidaan harjoittaa poronhoitoalueella maan omistus- ja hallintasuhteista riippumatta, mikä toisinaan saattaa aiheuttaa ristiriitoja maanomistajien kanssa. Myös monien muiden elinkeinojen kuten metsätalouden, maatalouden ja matkailun voidaan katsoa kilpailevan samoista maa-alueista kuin poronhoito.

Poronhoitoalueen eri osat eroavat maantieteellisesti toisistaan. Alueiden eroavaisuudet heijastuvat myös poronhoitotapoihin ja -kulttuuriin. Alueiden eroavat myös siinä, että ne ovat kasvillisuudesta riippuen eri tavalla alttiita ilmastonmuutoksen haitallisille vaikutuksille.

Poronomistajien määrä on vähentynyt vajaassa kymmenessä vuodessa 7 500:sta noin 5 300:een ja määrän odotetaan edelleen vähenevän. Kaikki poronomistajat eivät ole päätoimisia, sillä luvut sisältävät myös ruokakuntien jäseniä. Loput hakevat lisäansioita maa- ja metsätaloudesta, kalastuksesta sekä matkailusta. Poronomistajat ovat muodostaneet alueellisia yhteenliittymiä, paliskuntia, jotka on tarkoitettu hoitamaan muun muassa eräitä poronhoitolaissa niille määrättyjä tehtäviä. Poronomistajan tulee kuulua aina paliskuntaan ja uudeksi poronomistajaksi tullakseen tarvitaan paliskunnan hyväksyminen, joten kenen tahansa pääseminen tai alkaminen poronhoitajaksi ei ole käytännössä mahdollista. Paliskuntien yhteiselimenä toimii Paliskuntain yhdistys. Poronlihaa laitosmaisesti jalostavia yrityksiä on noin 35, minkä lisäksi alkutuotantotasolla leikattuna ja pakattuna poronlihaa markkinoi satoja poronomistajia. Poromatkailua harjoittavia yrityksiä puolestaan on noin 200.

Kaikkien paliskuntien yhteenlaskettu bruttoporomäärä on ollut viime vuosina noin 300 000 poroa. Näistä eloporoja on ollut vajaa 200 000 yksilöä. Määrä on

laskenut melkoisesti 1980 -luvun huippuvuosista, jolloin poroja oli noin 400 000 ja lihaa tuotettiin yli miljoona kiloa enemmän kuin nykyään.

Vaikka porotalouden kansantaloudellinen merkitys Suomessa on pieni, se on Lapissa merkittävä alkutuotantoelinkeino. Alkutuotantoon ja matkailuun ja muihin palveluihin liittyvänä toiminta tapahtuu pääasiassa maaseudulla ja harvaanasutuilla alueilla. Porotalouden työllistävä vaikutus on uusimpien laskelmien ja kannattavuuskirjanpitotilojen merkintöjen mukaan noin 2 800 henkilötyövuotta. Taloudellisesti merkittävintä tuotetta poronlihaa tuotetaan noin 2 miljoonaa kiloa vuodessa. Tuotannon arvo teurastulona on ollut noin 11–14 miljoonaa euroa vuodessa. Jalostuksessa poronlihan arvo noin kolminkertaistuu 37 miljoonaan euroon. Poromatkailun arvo on noin 15 miljoonaa euroa vuodessa ja muita porotuotteita kulutetaan vuosittain noin 3,4 miljoonan euron arvosta. Näin laskettuna porotalouden liikevaihto on 50–60 miljoonaa euroa vuodessa ja kattaa noin kaksi prosenttia Lapin läänin bruttokansantuotteesta. Jalostukseen, kauppaan, matkailuun ja liikenteeseen liittyvien kerrannaisvaikutusten kautta poroelinkeinon aluetaloudellinen merkitys kasvaa 2–3 -kertaiseksi alkutuotantoon verrattuna.

Viimeisen vuosikymmenen kuluessa porotalous on muuttunut nykyaikaiseksi erikoistuneeksi ammatinharjoittamiseksi, mikä on johtanut tuotantoyksikkökokojen suurenemiseen. Rakenteelliseen muutokseen ovat vaikuttaneet muun muassa porotaloudelle maksettava eläinkohtainen tuki ja rahoituslain mukaiset investointituet. Oletettavissa on, että suuria rakenteellisia muutoksia ei ole enää tulossa. Porotalous voi olla myös liiketaloudellisesti kannattava elinkeino, mutta volyymien pienuus aiheuttaa ongelmia riittävän toimeentulon hankkimisessa.

Maa- ja metsätalousministeriö määrää, kuinka monta eloporoa (teurastusten jälkeen kasvatettavaksi jätetyt porot) paliskunta saa alueellaan pitää ja kuinka monta eloporoa paliskunnan osakas saa enintään omistaa. Eloporojen lukumäärästä päättäessään ministeriö kiinnittää huomiota muun muassa siihen, että talvikautena kunkin paliskunnan alueella laiduntavien porojen määrä ei ylitä arvioitua talvilaidunten kestävää tuottokykyä.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset porotalouteen

Vuoden keskilämpötilan odotetaan nousevan muutamilla asteilla lähimmän sadan vuoden aikana. Tämä merkitsee Pohjois-Suomessa leudompia talvia, metsien kas-

vun lisääntymistä, lumen sulamisen aikaistumista. Lyhyellä aikavälillä lumimäärät saattavat paksuuntua sademäärien kasvun johdosta ja lumen kovettumisriski kasvaa lämpötilan nousun johdosta. Pitkällä aikavälillä sammalet ja varvut saattavat syrjäyttää jäkälän ja metsänraja voi nousta tunturissa. Ilmastonmuutoksella tulee olemaan merkittäviä ekologisia seurauksia erityisesti porojen populaatiodynamiikkaan. Yksi ilmastonmuutoksen riskitekijöistä on yleisen lämpenemisen ohella ilmaston ja säiden muuttuminen entistä epävakaammiksi.

Ravinnon laatuun ja saatavuuteen samoin kuin eläinten liikkumiseen vaikuttavat prosessit ovat usein yhteydessä talven lämpötiloihin ja lumen määrään. Näitä säätelevät pohjoisen Atlantin säämassojen liikkeet, joista parhaiten tunnettuja ovat Pohjois-Atlantin säävaihtelu NAO (the North Atlantic Oscillation) ja arktisen alueen säävaihtelu AO (Arctic Oscillation).

Porojen lukumäärän muutoksilla on todettu olevan yhteys näihin säävaihteluihin, joskin yksityiskohtaista tietoa on toistaiseksi vain Käsivarren paliskunnasta. Viimeisten 30 vuoden aikana NAO-indeksit ovat olleet poikkeuksellisesti positiivisia, mitä on pidetty merkkinä ilmastonmuutoksesta. Kun NAO-indeksi on positiivinen, tarkoittaa se, että talvella länsituulet tuovat mukanaan lämpöä ja kosteutta, joka pakkaskautena ilmenee lumisateena. Runsassateisuus merkitsee yleensä paksua lumipeitettä, jolloin liikkuminen sekä ravinnon hankinta vaikeutuvat.

Ilmastomuuttujien ja porojen tiheyden on myös todettu olevan keskinäisessä riippuvuussuhteessa. Toisin sanoen ilmaston vaikutus on sitä suurempi mitä tiheämmässä poroja on. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että korkeammilla eläintiheyksillä laitumet heikentyvät ja kilpailu ravinnosta kiihtyy.

Lumipeitteen paksuuden ja kovuuden vaikutuksia porojen ravinnon käyttöön alettiin tutkia Suomessa jo kolmekymmentä vuotta sitten. Tutkimusten perusteella talven lumiolot vaikuttavat seuraavan kesän vasaprosenttiin[21] ja vasojen syyspainoihin emän kunnon välityksellä. Vasaprosentin ja vasojen painojen seuraaminen on merkityksellistä sen vuoksi, että porotalouden kannattavuuteen vaikuttaa voimakkaasti vasomisen onnistuminen, sillä valtaosa teuraista on vasoja.

[21] Vasaprosentilla tarkoitetaan vasojen lukumäärää 100 vaadinta kohti erotuksissa luetuissa poroissa.

Luonnonlaitumien määrällä ja kunnolla on poronhoidon kannalta ratkaiseva merkitys. Tutkimusten mukaan porojen laidunten valintaan vaikuttaa keskeisesti lumen syvyys, kovuus ja tiheys. Poro pyrkii hakeutumaan alueille, joissa ravinnon saanti saatavuuden ja laadun suhteen on edullisin vuodenaikaan nähden. Talviaikana poron kunnon kannalta on tärkeintä, että ravinnon saatavuus on riittävää ja sen hankkimiseen käytetty energia on pienempi kuin siitä saatu energiamäärä. Jos kaivettavia ravintokohteita on saatavilla runsaasti, poro pitäytyy niiden käytössä, mutta jos kaivaminen niukoilla jäkälälaitumilla ei enää ole poron energiatalouden kannalta kannattavaa, poro laiduntaa mieluummin luppoa ja naavaa, mikäli sitä on saatavilla. Poron siirtyminen lupon syöntiin lopettaa usein ravinnon kaivamisen lumen alta kokonaan. Syynä saattaa olla se, että lumiolosuhteet ovat muodostuneet kevättalvilla liian hankaliksi.

Ilmaston ja säiden muuttuminen entistä epävakaammiksi on riskialtista poronhoidon kannalta erityisesti alkutalvella, jolloin pysyvä lumipeite muodostuu. Jos maaperä ei esimerkiksi jäädy kunnolla, lunta tulee paljon ja lumen tulon jälkeen sattuu usein myös lämpimiä jaksoja vesisateineen, jääkerrosten, hyvin kovien lumikerrosten (sevä) ja homeen muodostumisen todennäköisyys kasvaa.

Poronhoidolle haitallisia voivat olla myös talviaikaiset ukkosmyrskyt, joiden jäljiltä vesilammikot ja jää voivat nostaa maanpinnan lämpötilaa, jolloin kasvien sienitaudit yleistyvät ja sen seurauksena porot pysyvät poissa pilaantuneilta alueilta. Maanpinnan lämpiämisestä on esimerkki Norjasta vuodelta 1996, jolloin kaksi ukkosmyrskyä nosti maaperän keskilämpötilaa miinus seitsemästä asteesta nollaan asteeseen suurimmaksi osaksi talvea.

Ukkosmyrskyjä suurempi haitallinen vaikutus saattaa olla talviaikaisilla vesisateilla, jotka satavat lumipeitteeseen. Lumipeitteeseen muodostuu pakastumisen jälkeen kovia kerroksia tai vesi voi läpäistä ohuehkon lumikerroksen ja jäätyä maanpintaan, jolloin jäkälä ja muu kasvillisuus jäävät jääkuoren alle tai kokonaan jään sisään. Tämä estää poron pääsyn käsiksi ravintoon. Jäätymisen jälkeen porojen on turvauduttava luonnon oloissa puiden jäkäliin eli luppoon ja sen puuttuessa ihmisen tarjoamaan lisäruokintaan tai etsittävä alueita, jotka eivät ole jäässä. Vaikka eläimet eivät varsinaisesti kuolisikaan nälkään, niin ne kuitenkin kuluttavat huomattavan paljon enemmän energiaa ravinnonhankintaan. Se saattaa myös pakottaa porot siirtymään entistä pohjoisemmaksi. Tällaiset niin sanotut jäätikkötalvet saattavat aiheuttaa poroille ravinnonsaantivaikeuksia ja alentaa

vasatuottoa. Kanadassa tehdyt mallinnukset näyttävät tällaisten vaikutusten lisääntyvän merkittävästi vuosisadan loppuun mennessä.

Toisaalta varhainen kevään tulo on poroille eduksi, sillä vihreän ravinnon saatavuudella on ratkaiseva merkitys eläinten kunnolle ja kasvulle. Lämpimät sateet keväällä sulattavat lumen nopeasti ja helpottavat ravinnonsaantia sekä lisäävät kasvibiomassan tuotantoa (myös sienten). Kasvien ravintosisältökin saattaa parantua kasvuajan pidentyessä. Tämä puolestaan parantaa porojen kuntoa ja johtaa parempiin teuras- ja talvehtimiskuntoihin.

Kesälämpötilojen nousu 2–4 asteella saattaa lisätä räkän eli hyönteiskiusan määrää. Hyönteisten määrän on todettu olevan riippuvuussuhteessa kesäajan lämpötilaan sekä tuulisuuteen. Hyönteisten aiheuttama stressi vaikuttaa porojen painoihin sekä kuolevuuteen, koska hyönteisten häirintä vähentää laiduntamiseen käytettyä aikaa ja lisää energiankulutusta. Toisaalta mahdollisesti lisääntyvät kuivat kesät voivat olla toisaalta vähäräkkäisiä, mutta ravinnon laatu tai koostumus voi olla silloin poroille epäedullisempi, koska esimerkiksi sieniä ei tällöin kasva. Myös märkä kevät (runsaasti lumesta sulaneita tulvalätäköitä) sekä runsassateiset ja kuumat kesät saattavat lisätä räkän määrää merkittävästi. Myös uusien ja tunnettujen loisten ja tautien esiintymiseen muuttuneet säätekijät voivat vaikuttaa. Tutkimustietoa näistä asioista on kuitenkin vähän.

Tutkimukset osoittavat, että metsienkäsittely vaikuttaa porolaitumiin sekä kielteisesti että myönteisesti. Kielteiset vaikutukset painottuvat kriittisiin talvilaitumiin, jäkälä- ja luppoalueisiin. Ilmastonmuutos voi lisätä tällä vuosisadalla metsien kasvua ja lisäyksen on arvioitu painottuvan Pohjois-Suomeen. Metsien kasvun myötä mahdollisesti lisääntyvä metsätaloustoiminta voi myös hankaloittaa laidunten käyttöä. Toisaalta lisääntynyt metsänkasvu tarjoaa myös mahdollisuuden kehittää metsänkäsittelymenetelmiä entistä haitattomammiksi poronhoidolle.

Ilmastonmuutos voi muuttaa myös kasvilajien osalta kilpailutekijöitä. Lämpimästä ja sateisesta ilmastosta hyötyvät todennäköisesti varvut, sammalet ja heinät, jotka voivat alkaa syrjäyttää poronjäkäliä niiden kasvua tukahduttamalla. Myös metsien kasvun lisääntyminen voi muuttaa pohjakerroksen kasvuolosuhteita jäkälille epäedullisemmaksi.

Tietyt petolajit saattavat levitä pohjoisemmaksi. Esimerkiksi ilves saattaa runsastua Lapissa, kun sen pääravinnon jäniksen elinolosuhteet paranevat. Tästä saattaa

seurata myös ongelmia poronhoidolle. Jos lumipeitteinen aika vielä lyhenee Lapissa, voi se vaikuttaa poronomistajien saamiin petovahinkokorvauksiin, koska käytännössä petojen tappamat porot löytyvät vain lumipeitteen aikana.

Leudommat talvet saattavat vaikuttaa myös poronhoitokäytäntöihin. Syksyisten poroerotusten pitäminen saattaa vaikeutua, kun poroja ei pystytä syyspakkasten puuttuessa kuljettamaan normaaliin tapaan jokien ja järvien yli.

Ilmastonmuutosta kuvaavat skenaariot ennustavat, että maasto- ja metsäpaloriskit lisääntyvät Suomessa mm. kesien pidentymisen, kuivuuskausien lisääntymisen ja haihdunnan lisääntymisen seurauksena. Myös tuulisuuden lisääntyminen lisäisi metsäpalojen vaikutuksia jäkälälaitumilla, koska jäkälä ja varvut syttyvät kuivana aikana helposti pienestäkin kipinästä. Nykyisin metsäpalot syttyvät yleensä luonnossa vapaa-aikanaan liikkuvien ihmisten huolimattomasta tulenkäsittelystä tai salamasta. Suurpalojen todennäköisyyden odotetaan kasvavan.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksiin porotalouteen liittyy edelleen epävarmuuksia, vaikka porotaloutta koskevaa tietoa on runsaasti saatavilla. Epävarmuuksia ovat muun muassa seuraavat:

- Suurin osa tutkimustuloksista on lyhyeltä ajanjaksolta.
- Käytössä ei ole tarpeeksi pitkiä aikasarjoja lumipeitteen paksuudesta ja kovuudesta, jotta lumisuuden ja vasaprosentin vaihteluita voitaisiin verrata täysin luotettavasti sekä keskenään että tapahtuneisiin ilmastonmuutoksiin.
- Varmuudella ei tiedetä, miten kasvit ennättävät sopeutua ilmasto-olosuhteisiin.
- Varmuutta ei myöskään ole siitä, että NAO-indeksin kuvaama länsi–itä -virtauksen voimistuminen Pohjois-Atlantilla on yhteydessä ihmisen aiheuttamaan ilmastonmuutokseen
- Poronhoitoalueen pinta-alan laajuus ja olosuhteiden vaihtelu alueen eri osissa tekevät aluetta koskevien yleistyksien tekemisen vaikeaksi.
- Myös saman paliskunnan eri osat voivat poiketa toisistaan eri laiduntyyppien runsauden, lumiolosuhteiden ja poronhoitotapojen suhteen

Taulukko 3.5. *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista porotalouteen Suomessa. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä. Jotkut vaikutuksista ovat selkeitä etuja tai haittoja, mutta toisten vaikutusten suunta on vielä epäselvä tai vaikutuksen suunta riippuu ilmastonmuutoksen voimakkuudesta.*

Haitta	Vaikutuksen suunta epäselvä tai samanaikaisesti haitta ja etu	Etu
– Lumiolosuhteet vaikeutuvat – Laitumet heikentyvät – Porojen kilpailu ravinnosta kiihtyy – Porojen ravinnon laatu ja saatavuus heikkenee – Alkutalven säävaihtelut ja talviset vesisateet lisäävät riskiä homeen muodostumiseen kasvipeitteeseen – Lämpötilan nousu lisää hyönteisten määrää, joka aiheuttaa poroille stressiä – Ilmaston lämpeneminen lisää loisten ja taudinaiheuttajien esiintymistä – Metsäpaloriskit lisääntyvät ja suurpalojen todennäköisyys kasvaa	• Pohjois-Suomen metsien kasvu lisääntyy	+ Varhainen kevään tulo helpottaa ravinnonsaantia ja parantaa porojen kuntoa ja lisää tuottavuutta + Kesän kuivuusjaksot vähentävät hyönteisten määrää ja siten niiden poroille aiheuttamaa stressiä + Luppo- ja jäkälälaidunten kunto paranee, ne uusiutuvat nopeammin ja uusia laitumia tulee lisää + Kasvukauden piteneminen ja lämpeneminen lisäävät kasvibiomassan tuotantoa (myös sienten), mikä johtaa parempiin teuras- ja talvehtimiskuntoihin

3.2.1.5. Riistatalous

Riistatalous Suomessa

Suomalainen riistalajisto on runsas. Nisäkkäistä riistaeläimiä on 34, joista osa ei esiinny luonnonvaraisena Suomessa. Lintulajeista 26 puolestaan kuuluu metsästettäviin lajeihin.

Riistanhoitomaksun vuosittain maksavien metsästäjien määrä on säilynyt noin 300 000 henkilössä viimeiset parikymmentä vuotta. Maaseudun väestön vähentyminen on vaikuttanut myös riistatalouteen. Nykyään merkittävä osa metsästäjistä asuu kaupungeissa, mikä näkyy pidentyneinä matkoina riistamaille sekä vähentyneinä metsästyspäivinä. Tosin metsästysmahdollisuudet vaikuttavat positiivisesti maaseudun asuttamiseen ja elinkelpoisuuteen. Metsästystä harjoitetaan pääasiallisesti kotitarvemetsästyksenä eli riistasaalista ei nykyisin juuri myydä, vaan metsästäjät käyttävät sen itse omassa taloudessaan. Vuoden 2002 riistasaaliin arvo oli 73 miljoonaa euroa. Saaliin arvo on kasvanut useamman vuoden ajan peräkkäin. Suurin taloudellinen merkitys on hirvenlihalla, minkä kokonaismäärä on viimeisten vuosien aikana lisääntynyt. Muiden riistalajien merkitys on pysynyt suhteellisen vakaana. Useimmat alan harrastajista ovat valmiita panostamaan metsästykseen moninkertaisesti sen taloudelliseen tuottoon suhteutettuna.

Metsästysoikeus on Suomessa sidottu maanomistukseen. Maanomistaja voi halutessaan vuokrata metsästysoikeuden esimerkiksi metsästysseuroille tai yksityishenkilöille. Maassamme on lähes 5000 metsästysseuraa, joihin kuuluu noin 80 % riistanhoitomaksun maksaneista metsästäjistä.

Maa- ja metsätalousministeriö turvaa riistatalouden edellytyksiä ohjaamalla sen perustana olevien riistavarojen käyttöä ja hoitoa ja vastaa metsästystä koskevien lakien valmistelusta, päättää eräiden riistaeläinten pyyntilupakiintiöistä sekä antaa ohjeita ja määräyksiä. Metsähallitus vastaa valtion mailla metsästysoikeuden käytöstä ja riistanhoidosta. Metsästyksen ja riistanhoidon lakisääteisiä organisaatioita ovat Metsästäjäin Keskusjärjestö (MKJ), riistanhoitopiirit ja riistanhoitoyhdistykset. Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalaan kuuluva Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL) puolestaan tuottaa tieteellistä tietoa riistakantojen kehityksestä ja elinolosuhteista.

Metsästystä säädellään metsästyslailla, asetuksilla, valtioneuvoston päätöksillä, ministeriön antamilla päätöksillä, määräyksillä ja ohjeilla. Lisäksi mm. luonnonsuojelu-, eläinsuojelu- ja rikoslaissa sekä ampuma-aseita koskevassa lainsäädännössä on kohtia, jotka myös koskevat metsästystä.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset riistatalouteen

Ilmaston, kasvien ja eläinten suhde on monimutkainen. Jokaisella lajilla ja lajin elinympäristöllä on oma ilmastonsietokykynsä. Kun ilmasto muuttuu, jokainen laji reagoi muutokseen eri tavalla. Joku laji menestyy, osa vähentyy tai siirtyy muualle. Koko ekosysteemi reagoi ja sopeutuu uusiin olosuhteisiin.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset pienriista- ja pikkunisäkäskantoihin

Yksi Fennoskandian eläimistön ominaispiirteistä on pienriista- ja pikkunisäkäskantojen syklisyys eli säännölliset voimakkaat kannanvaihtelut. Huolimatta valtaisasta tutkimusmäärästä kannanvaihteluun ei ole pystytty löytämään yhtä suoraa ratkaisua. Kannanvaihtelu riippuu lajien tietyistä populaatiobiologisista ominaisuuksista, kuten esimerkiksi syntyvyydestä, kuolevuudesta ja ikärakenteesta.

Tutkimukset ja mallit ovat osoittaneet, että esimerkiksi myyräravintoon erikoistuneilla pienpedoilla on ratkaiseva merkitys myyräkantojen romahdukseen ja sitä kautta mahdollisesti myös pienriistan kannanvaihteluihin vaihtoehtoisen saaliin kautta. Runsaiden myyrävuosien turvin petokannat kasvavat, mikä vuorostaan myyräkantojen romahdettua voi vaikuttaa pienentävästi muihin pienriistakantoihin. Petokannat eivät kuitenkaan tule pitempään toimeen tällä vaihtoehtoisella saaliilla vaan vähenevät, kunnes uusi myyrähuippu taas aloittaa kehityskulun uudelleen. Pohjoisessa myyrien runsaudenvaihtelun luonteenomainen piirre on ollut, että kaikilla myyrälajeilla on romahdus tapahtunut samanaikaisesti ja että romahdus jatkuu vielä kesälläkin. Etelässä puolestaan myyräkannat ovat perinteisesti olleet vakaammat, mitä on selitetty yleispetojen (kettu, mäyrä, monet petolinnut) runsaudella. Tämän on mahdollistanut lumen puute, koska yleispetojen saalistus lumettomassa maastossa on helpompaa, ja siihen liittyen vaihtoehtoisen saaliin, kuten metsäkanalintujen runsaus.

Lumisuuden voimakas väheneminen ilmaston lämpenemisen vuoksi maan etelä- ja keskiosissa voi vaikuttaa eliöyhteisöihin usealla tavalla. Vähentyvän lumipeit-

teen on arvioitu suosivan kettukantoja, mutta kettukannan yleiseen nousuun vaikuttaa myös Pohjois-Suomen myyräkantojen vaihteluiden tasaantuminen. Ketun ohella talviunta nukkuvien yleispetojen kuten supikoiran ja mäyrän levinneisyys siirtyy pohjoiseen kasvukauden pidentymisen ja talven lyhentymisen seurauksena. Näiden lajien levinneisyyden pohjoisraja määräytyy karkeasti sen mukaan, kuinka pitkää talviunta varten ne pystyvät varastoimaan rasvaa kehoonsa. Tämän fysiologisen ominaisuuden pysyessä nykyisenlaisena lajit pystyvät levittäytymään ilmaston lämmetessä nykyistä pohjoisemmaksi. Ketun, supikoiran ja mäyrän runsastuminen ja levittäytyminen pohjoiseen nostavat pienten riistanisäkäspetojen yhteistiheyden oleellisesti nykyistä suuremmaksi suuressa osassa Suomea.

Yleispetojen runsastuminen ja niiden kantojen vakaus voivat haitata aiemmin vain ajoittaiseen petopaineeseen sopeutuneiden pienriistalajien lisääntymistä. Toisaalta, jos kannanvaihteluiden esiintyminen ja voimakkuus riippuvat olennaisesti lumisuudesta, niin ilmastonmuutoksen myötä eteläinen vakaa pienriistan runsaustyyppi saattaa siirtyä pohjoiseen päin ja pohjoisen jyrkkä vaihtelu rajoittuu enää äärialueille tai häviää kokonaan. Tässä on kyse kokonaisten eliöyhteisöjen ja niiden muodostamien runsaudenvaihtelutyyppien alueellisista siirtymisistä. Tämä vakauttaisi kantoja ja monivuotiset runsaudenvaihtelut tasoittuisivat. Syklisyyden tilalle tulisi etupäässä vuodenaikainen vaihtelu. Siten esimerkiksi myyrien populaatiodynamiikan syvien aallonpohjien häviäminen tai tasoittuminen vähentäisi petojen painetta vaihtoehtoiseen ravintoon, kuten riistalintuihin. Toisaalta petokantojen kasvu ja saalistamista helpottava lumisuuden väheneminen puolestaan lisäävät petopainetta.

Ketun runsastuminen saattaa myös verottaa piisamikantoja, koska kettu on piisamin luontainen vihollinen. Ketun runsastumisella voi olla myös vaikutuksia äärimmäisen harvinaisen naalin kantoihin, sillä kilpailutilanteessa kettu voittaa pienempikokoisen naalin.

Ilmastonmuutoksen aiheuttamat suurimmat muutokset kohdistuisivat riistalintuihin, jotka talvehtivat Suomessa. Kaikki metsäkanalintulajimme ovat vähentyneet viimeisten 40 vuoden aikana. Lisäksi aikaisemmin luonteenomainen kantojen jaksottainen vaihtelu on hävinnyt tai häiriintynyt viimeisten 10–15 vuoden aikana.

Vaikka syklisyyden syntyä ei täysin tunneta, kuitenkin tiedetään, että syklisyyteen nivoutuu monia tekijöitä, jotka osin syventävät ja muovaavat kannanvaihteluita.

Säätekijät, pedot ja loiset voivat kaikki olla syynä tällaisiin ulkoisiin häiriöihin. Pahin mahdollinen säätyyppi poikasille on kylmä sade, joka kastelee niin poikaset kuin sen ravinnonhakuympäristönkin. Märkien poikasten lämmöntuotto kiihtyy ja kuluttaa nopeasti poikasen elimistön niukat energiavarat. Märkä ympäristö puolestaan estää ravinnonhaun, sillä tutkimuksissa on havaittu poikasten välttelevän märkää, sateen kastelemaa kasvillisuutta. Säätekijät voivat toimia tällaisen ulkoisen häiriön syinä, mutta ne eivät sinänsä aiheuta kannanvaihteluja. Ajoittain lisääntymistulokseen vaikuttava häiriö saa syklisyyden pysymään käynnissä. Häiriötekijä voi olla joka kerta erilainen.

Riistakantojen syklisyys

Metso-, teeri- ja pyykannat vaihtelivat jaksoittain kuuden seitsemän vuoden välein aina 1980 -luvun puoliväliin saakka. Tämän jälkeen seuraava sykliväli oli selvästi pidempi, lähes yhdeksän vuotta. Sittemmin kannanvaihtelut muuttuivat satunnaisiksi vuotuisvaihteluiksi. Metsäkanalintusyklit hävisivät kaikkialta maastamme lähes samanaikaisesti. Näin tapahtui myös monilla muilla lajeilla: esimerkiksi Pallasjärven pitkäaikaiset myyräpyynnit Lapissa alkoivat näyttää likimain tasaisia tiheyksiä. Myös Pohjois-Ruotsissa rajusti vaihtelevat myyräsyklit katosivat. Epäselvää on, onko ilmastonmuutos jo nyt vaikuttanut sykleihin ja muuttanut Lapin alkuperäiset metsäkanalintukantojen 6-7 -vuotissyklit vaikeasti tulkittaviksi 3-4 -vuotissykleiksi. Toisaalta syklien häviäminen saattaa olla näennäistä, sillä paikalliskannat saattavat vieläkin vaihdella paljon ja syklisesti.

On arvioitu, että pohjoisen havumetsälajisto saattaisi taantua ilmastonmuutoksen johdosta. Esimerkiksi riekon levinneisyys siirtyisi entistä pohjoisemmaksi, samoin viimeaikoina runsastunut metso saattaisi kärsiä. Eräs ongelma voi olla mustikan peittävyyden väheneminen, sillä yhtenäiset mustikkakasvustot ovat tärkeä ravintolähde kaikille metsäkanalinnuille, niin aikuisille kuin poikasillekin.

Lumen määrällinen väheneminen ja hankien kovettuminen voivat huonontaa metsäkanalintujen talvehtimismenestystä. Toisaalta ilmaston leudontumisesta ja vähäisemmästä lumipeitteestä hyötyvinä lajeja tulevat olemaan ainakin rusakko, villikani, fasaani ja peltopyy, koska niiden levinneisyyden pohjoisrajan määrää paljolti lumisuus. Nykyistä pohjoisemmaksi saattaa levitä myös villisika.

Talvehtivat vesilinnut puolestaan kuulunevat ilmastonmuutoksesta hyötyviin lajeihin, sillä ne tulisivat menestymään leutojen talvien johdosta, jolloin jäätön kausi pitenee. Monet lintulajit pystyvät tutkimusten mukaan mukautumaan nopeisiinkin ilmastonmuutoksiin. Jos leudot talvet yleistyvät, valtaosa muuttolinnuista saapuu keväällä Suomeen aikaisemmin. Kaikkein todennäköisintä aikaistuminen on lähimpänä Suomea talvehtivilla lajeilla, joiden talvehtimisalueilla tapahtuu

samanaikaista lämpenemistä Suomen kanssa. Linnut saattavat olla myös paremmassa fyysisessä kunnossa kuin kovien talvien jälkeen ja aikaisemmin pesivinä tuottavat siten enemmän jälkeläisiä kuin myöhempään pesivät. Aikaisin saapuvat muuttolinnut, kuten telkkä ja sinisorsa, todennäköisesti hyötyisivät maa- ja vesialueiden aikaisemmasta vapautumisesta lumen alta sekä kasvillisuuden ja hyönteisten aikaisemmasta kehittymisestä.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset hirvieläinkantoihin

Mikäli Etelä-Skandinavian–Pohjois-Saksan nykyilmasto siirtyy vallitsevaksi Eteläja Keski-Suomeen, niin eteläiset runsaassa lumessa huonommin menestyvät lajit, kuten metsäkauris ja uusi tulokas saksanhirvi menestyisivät. Myös muut suuret, kasveja syövät nisäkkäät kuten hirvi, ja valkohäntäpeura hyötyisivät vähentyvästä lumipeitteestä; ravintokasvit ovat pitempään ja paremmin tarjolla ja liikkuminen on helpompaa. Lumisuuden voimakas väheneminen saattaa vähentää metsätuhoja, jos kannat muuten pysyvät lähes entisellään, koska lumipeitteen paksuudella on todettu olevan yhteys hirvien liikkumiseen. Paksulumisina ja ankarina talvina hirvet keskittyvät pienemmille alueille, jolloin hirvien aiheuttamat tuhot ovat myös tällöin suuremmat. Vähälumisina talvina puolestaan metsätuhojen riski pienenee talvilaidunalueilla, koska hirvet pystyvät paremmin valikoimaan ravintoaan ja hankkimaan sitä laajemmalta alueelta. Tämä tosin voi muuttaa kehittyvän metsikön puulajisuhdetta. Mikäli eteläisemmässä Suomessa hirvien määrä kasvaa runsaasti sille edullisempien olosuhteiden myötä, se voi vähentää lehtipuiden, erityisesti haavan, pihlajan ja raidan, kykyä kasvaa aikuisiksi puiksi.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset suurpetoihin

Petojen osalta levinneisyyteen vaikuttaa ilmastoa ehkä enemmän pääravintoeläinten esiintymisen muutokset. Siten esimerkiksi ilves saattaa levitä pohjoisemmaksi, kun sen pääravinnon eli jäniksen elinolosuhteet Lapissa paranevat. Myös talviunta nukkuvat eläimet kuten karhu hyötyvät ilmaston lämpenemisestä. Karhun pohjoinen levinneisyysraja määräytyy sen mukaan, kuinka pitkäksi aikaa se voi varastoida energiaa itseensä.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset riistalajien suojautumiseen

Lumi ja lumikiepissä nukkuminen suojaavat metsäkanalintuja pienpedoilta ja pakkaselta. Suojaavan lumen vähentyminen rajusti talvilämpötilojen lauhtuessa

saattaa aiheuttaa joillakin lajeilla levinneisyyden siirtymistä pohjoisemmaksi. Näillä alueilla taas lumen laatu voi muuttua hankiseksi, jääkerrosten tiivistämäksi ja vaikeasti kaivettavaksi, mistä koituu ongelmia niin metsäkanalinnuille kuin porollekin.

Eläinten talvisen valkoisen suojavärin aikaisuus ja myöhäisyys voivat lyhenevässä talvessa aiheuttaa saalistuksen välttämiseen liittyviä ongelmia riekolla, kiirunalla, metsäjäniksellä, naalilla ja kärpällä. Talvivärin muuttumista säätelee ennen kaikkea valoisuuden muutos. Vaikka talven pituus ilmastonmuutoksen vuoksi lyhentyisi, valoisuus ei muutu. Riistaeläimet, jotka hohtavat valkoisina pimeässä metsässä, ovat otollista saalista pedoille. Pidemmällä aikavälillä pedot karsivat uusiin olosuhteisiin sopeutumattomat yksilöt ja niiden edustaman perintöaineksen, mutta tämä ei välttämättä tapahdu edes sadan vuoden kuluessa. Vaarana kuitenkin on, että niiden riistalajien kannat, jotka altistuvat pitkiksi ajoiksi edellä kuvatun kaltaiselle ylimääräiselle petopaineelle, kärsivät huomattavasti.

Ilmaston lämpeneminen lyhentää Itämeren jääpeitteen kestoa ja supistaa sen laajuutta. Tästä koituu suoraan vahinkoa Jäämeressä elävästä kannasta polveutuvalle norpalle, joka on sopeutunut niin hyvin elämään kiintojäässä ja pesimään jäällä oleviin lumikinoksiin, että se vaatii niitä menestyäkseen. Norpan joutuessa synnyttämään paljaalle jäälle tai maalle kuutit altistuvat nisäkäs- ja lintupetojen saalistukselle sekä ankarille säille. Lisäksi norppa voi joutua kilpailuun ja hävitä siinä suurikokoisemmalle hallille, joka pystyy levittäytymään rikkonaisen ja heikon jään alueelle.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset loisiin

Pienpetoyhteisön – kettu, supikoira (ja vähäisemmässä määrin mäyrä) – vahvistuminen saattaa muuttaa oleellisesti näiden lajien välittämien tautien ja loisten esiintymiskuvaa maassamme. Monet petojen välittämät loiset ja taudinaiheuttajat ovat toistaiseksi puuttuneet tai olleet harvinaisia sen vuoksi, että levittäjälajien tiheys ei ole ollut riittävä epidemioiden syntymiseen ja leviämiseen. Kysymyksen vakavuutta lisää se, että tautien/loisten joukossa on useita, jotka voivat tarttua ihmiseen ja olla jopa hengenvaarallisia. Kettukannan – ja uusimpien alustavien tietojen mukaan myös supikoiran – runsastuminen ja kannanvaihteluiden tasaantuminen saattavat mahdollistaa ihmisen vaarallisimman loisen, myyräekinokokki-heisimadon (*Echinococcus multilocularis*) leviämisen Keski-Euroopasta tai Vienanmeren

itäpuolelta. Tällä olisi romahduttavat vaikutukset metsämarjojen vientiin Keski-Eurooppaan, ja suomalaisille tärkeä luonnontuotteiden keräily ja käyttö kokisivat merkittäviä muutoksia. Harmiton ei ole myöskään hirviekinokokki (*E. granulosus*), jota levittänevät suden ja koiran lisäksi myös muut koiraeläimet. Näiden takia myös kotieläinten loistorjuntaa jouduttaisiin uudistamaan.

Pienpetotiheyden kohoaminen yli kynnysarvon lisää myös raivotaudin eli rabieksen leviämisen riskiä maahamme. Jo tuoreimmassa epidemiassamme 1980-luvun lopulla supikoira oli selvästi yleisempi raivotaudin levittäjä kuin kettu. Supikoiran osuus lienee ollut keskeinen myös trikiinin yleistymisessä maassamme.

Ilmaston lämpeneminen edistäisi myös jäniksillä, kanalinnuilla ja vesilinnuilla esiintyviä monia kuolleisuutta kohottavia sairauksia.

Epävarmuudet

Ilmastonmuutosten vaikutuksista riista- ja petokantoihin liittyy useita epävarmuustekijöitä. Nisäkkäiden syntyvyyden ja kuolleisuuden luontainen vuosittainen vaihtelu on niin suurta, että ilmastonmuutoksen aiheuttamia muutoksia on mahdollista havaita luotettavasti vasta pidemmän aikavälin tarkastelussa. Suomalaiset metsäkanalintusyklit ovat ehkä maailman parhaiten tutkitut ja aikasarjat ainutlaatuisen pitkät, mutta tiedot riittävät vasta vain alustaviin aikasarja-analyyseihin. Lisäksi kannanvaihteluiden ennustaminen sisältää edelleen useita teoreettisia ongelmia kantojen vakaudesta ja häiriöalttiudesta. Lisäksi säännöllisen kannanvaihtelun häviämisen takana voi olla säätekijöiden lisäksi useita, osin jopa tuntemattomia tekijöitä. Esimerkiksi matemaattisten mallien mukaan syklisyys voi kadota myös elinympäristöjen pirstoutumisen myötä.

Taulukko 3.6. *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista riistatalouteen Suomessa. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä. Jotkut vaikutuksista ovat selkeitä etuja tai haittoja, mutta toisten vaikutusten suunta on vielä epäselvä tai vaikutuksen suunta riippuu ilmastonmuutoksen voimakkuudesta.*

Haitta	Vaikutuksen suunta epäselvä tai samanaikaisesti haitta ja etu	Etu
– Lumisuuden väheneminen Keski- ja Etelä-Suomessa helpottaa yleispetojen saalistusta – Pienpetokannat kasvavat lisäten petopainetta sekä loisten ja taudinaiheuttajien esiintymistä – Lumisuuden väheneminen ja hankien laadullinen heikentyminen huonontavat metsäkanalintujen talvehtimismenestystä – Talven pituuden muutos altistaa talvivärin omaavat riistaeläimet ylimääräiselle petopaineelle – Vähenevät jää- ja lumipeite ovat uhka itämerennorpalle	• Hirvien aiheuttamat vahingot voivat lisääntyä tai vähentyä riippuen lumisuudesta • Maahamme levittäytyy uusia riistalajeja etelän suunnasta ja nykyisin levinneisyydeltään eteläisten lajien kannat vahvistuvat	+ Pienriista- ja pikkunisäkäskannat vakaantuvat ja runsauden-vaihtelut tasaantuvat + Petojen paine vaihtoehtoiseen ravintoon, kuten riistalintuihin, vähenee + Talvehtivat vesilinnut hyötyvät leudoista talvista + Aikaisin saapuvat muuttolinnut hyötyvät maa- ja vesialueiden aikaisemmasta vapautumisesta umen alta + Hirvieläimet hyötyvät vähenevästä lumipeitteestä + Kasvu- ja lisääntymiskauden piteneminen edistävät poikasten kehittymistä ja talviaikaista elossa säilymistä parantuvan syyskunnon myötä

3.2.1.6. Vesivarat

Vesivarat Suomessa

Vesi on elintärkeä uusiutuva luonnonvara. Sadanta, valunta ja haihtuminen pitävät vettä jatkuvassa kierrossa. Suomen vesivarat ovat kansainvälisesti verrattuna runsaat ja korkealaatuiset. Meri reunustaa meitä kahdelta ilmansuunnalta. Suomen aluevesien laajuus Itämerellä on noin 36 000 neliökilometriä. Suomessa on valtavasti vesipintaa: 187 888 yli viiden aarin kokoista järveä ja lampea sekä yhteensä 25 000 kilometriä jokia. Sisävesien kokonaispinta-ala on noin 10 % maan kokonaispinta-alasta. Suomen järvet sisältävät yhteensä vain noin 235 kuutiokilometriä vettä. Järvet ovat matalia, mutta joissa virtaavan veden määrä on kuitenkin suuri, noin 300 miljoonaa kuutiometriä vuorokaudessa. Myös pohjavesiä on runsaasti. Suomessa on noin 7 000 luokiteltua pohjavesialuetta ja ne täydentyvät keskimäärin noin 6 miljoonalla kuutiometrillä vuorokaudessa. Suomessa pohjavettä käytetään runsaasti talousvetenä ja vesilaitosten raakaveden lähteenä, koska se on usein laadultaan parempaa ja paremmin suojassa likaantumiselta kuin pintavesi. Vesilaitosten jakamasta talousvedestä noin 60 % on pohjavettä. Yleisesti ottaen vesilaitosten jakama talousveden laatu on hyvää.

Vedenhankinnan ohella vettä ja vesistöjä käytetään vesivoimatuotantoon, kalastukseen, virkistykseen ja vesiliikenteeseen sekä myös jätevesien johtamiseen. Vesistöissä ja niiden valuma-alueilla tehdään rakennustöitä vesien käytön tai suojelun edistämiseksi, tulvien ehkäisemiseksi ja viljely- tai metsämaan kuivattamiseksi. Vesistöjä ja rantoja hoidetaan ja kunnostetaan maisemanhoidon ja virkistyskäytön takia. Vesistön säännöstelyllä säädellään vedenkorkeuksia ja muutetaan virtaamia pato- tai vesivoimalaitosrakenteiden avulla tulvasuojelun, vesivoimatuotannon, vesiliikenteen ja vedenhankinnan tarpeisiin. Vesihuollossa tavoitteena on, että palvelujen saatavuus ja laatu on varmistettu kaikissa oloissa. Jotta vesijohto- ja viemäriverkostojen laajuus vastaisi asutuksen sekä elinkeino- ja vapaa-ajantoimintojen tarpeita, verkostoja pyritään laajentamaan kaikille sellaisille alueille, joilla vesihuolto on parhaiten järjestettävissä liittämällä kiinteistöt vesihuoltolaitosten verkostoihin. Vesihuollon tarpeet muuttuvat alueellisesti muuttoliikkeen ja rakentamistoiminnan seurauksena.

Veden laatuun ja vesiluontoon vaikuttavat päästöt erilaisista piste- ja hajakuormituslähteistä sekä luonnonhuuhtouma. Luonnonhuuhtoumalla tarkoitetaan sitä

ainevirtaa, joka kulkeutuu vesiin valuma-alueelta luontaisesti ilman ihmistoiminnan vaikutusta. Pistelähteitä ovat muun muassa teollisuuden ja yhdyskuntien aiheuttama kuormitus. Hajakuormitus on peräisin maa- ja metsätaloudesta sekä haja-asutusalueen talouksista. Myös vesistöhankkeista saattaa tavoiteltujen vaikutusten lisäksi koitua haittoja veden laatuun, eliöstöön, maisemaan ja virkistyskäyttöön.

Maamme vesivarojen käyttöä palvelevien investointien, joita ovat muun muassa vesistöihin kulkuyhteyksien parantamiseksi ja tulvahaittojen pienentämiseksi tehdyt rakenteet sekä vesihuollon järjestämiseksi tehdyt rakenteet, varallisuusarvoksi on arvioitu runsaat 25 miljardia euroa.

Vastuu vesihuollosta maassamme on kunnilla, vesihuoltolaitoksilla ja kiinteistön omistajilla ja haltijoilla. Kunnat kehittävät vesihuoltoa alueellaan yhdyskuntakehitystä vastaavasti ja osallistuvat vesihuollon alueelliseen yleissuunnitteluun. Kunnat myös laativat ja pitävät ajan tasalla yhdessä alueen vesihuoltolaitosten kanssa alueensa vesihuollon kehittämissuunnitelmia.

Maa- ja metsätalousministeriö luo toiminnalle vesihuollon lainsäädännölliset puitteet, tukee kuntien, vesihuoltolaitosten ja osuuskuntien vesihuoltohankkeita sekä edistää ja tukee alan tutkimus- ja kehittämistoimintaa. Pohjavesien turvaamisesta ja suojelusuunnitelmien laatimisesta vastaavat pääasiassa kunnat yhdessä vesihuoltolaitosten kanssa.

Maa- ja metsätalousministeriö ohjaa alueellisia ympäristökeskuksia ja Suomen ympäristökeskusta patoturvallisuusasioissa lukuun ottamatta pelastustoimia, jotka ovat sisäasiainministeriön ja sen alaisen hallinnon vastuulla. Keskeisenä tavoitteena on tulva- ja patovahinkojen ennalta ehkäisy. Patoturvallisuusasioihin kuuluu patoturvallisuuslain (413/1984) ja sen nojalla annettujen säännösten ja määräysten noudattamisen valvonta sekä valtion hallinnassa olevien patojen turvallisuudesta huolehtiminen. Patoturvallisuuslain piiriin kuuluu noin 450 patoa, joista noin 380 on vesistöpatoja ja loput jätepatoja.

Säännöstelyjä hoitavat tavallisesti voimayhtiöt tai alueelliset ympäristökeskukset. Alueellinen ympäristökeskus voi olla valtion puolesta säännöstelyluvan haltijana silloin, kun hankkeella on laajalle ulottuvia vaikutuksia. Säännöstelyyn on haettava ympäristölupaviraston lupa vesilain mukaisesti.

Alueelliset ympäristökeskukset antavat asiantuntija-apua vesistöjen kunnostuksessa sekä osallistuvat hankkeiden suunnitteluun ja toteuttamiseen yhdessä kuntien, muiden viranomaisten ja kunnostajien kanssa. Suomen ympäristökeskus (SYKE) on mukana alan koulutuksessa ja kehittämisessä.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesivaroihin

Ilmastonmuutoksen odotetaan aiheuttavan muutoksia vuotuisessa sadannassa, valunnassa haihdunnassa ja lämpötiloissa sekä niiden jakaumassa. On arvioitu, että ääri-ilmiöt kuten kuivuus, rankkasateet ja tulvat yleistyvät tulevaisuudessa. Syksyn 2001 myrskyt herättivät laajan keskustelun yhteiskunnan tarpeesta varautua nykyistä paremmin myrskyjen varalta.

Ilmaston mahdollinen lämpeneminen ja sateisuuden lisääntyminen vaikuttavat vesistöjen maksimivirtaamiin ja virtaaman ajalliseen vaihteluun. Arvioiden mukaan on odotettavissa jopa 50-80 prosentin kasvua kaikkein suurimpien ja harvinaisimpien sateiden osalta seuraavan sadan vuoden aikana. Samoin erot vuosien välillä tulvien esiintymisessä voivat kasvaa.

Keski-Euroopan tulvat

1998 ja 2002 välisenä aikana Euroopassa oli noin 100 suurta tulvaa mukaan lukien Tonava ja Elbe jokien katastrofiset tulvat vuonna 2002. Vuodesta 1998 lähtien tulvat ovat aiheuttaneet Euroopassa noin 700 kuolemantapausta, puolen miljoonan ihmisen evakuoinnin kodeistaan ja vähintään 25 miljardin euron vakuutetut taloudelliset menetykset. Keski-Euroopan tulvia ei voida kuitenkaan pitää ilmastonmuutoksen aiheuttamina, mutta tulvien todennäköisyyden odotetaan nousevan ilmastonmuutoksen myötä. Sääolosuhteissa näkyy ilmiöitä, joita ilmastonmuutos nykyisen käsityksen mukaan tulisi aiheuttamaan.

Lähde: European Environment Agency, Environmental issue report no. 35, 2003.

Talvitulvien on arvioitu yleistyvän Etelä- ja Keski-Suomessa, kun taas kevättulvat vähenisivät Etelä-Suomessa. Etelä-Suomessa suurimmat tulvat aiheutuvat tulevaisuudessa kesän tai syksyn rankkasateista ja ne voivat kasvaa merkittävästi suurten sateiden kasvun myötä. Pohjois-Suomessa suurimmat tulvat ovat tulevaisuudessa edelleen lumen sulamistulvia. Niiden suuruus pysyy ennallaan tai pienenee hieman, kun lumen sulamistulvan pienenemisen korvaa sadannan ja sadetulvan kasvu. Ilmastonmuutoksen alkuvaiheessa lumisuus ja kevättulvat voivat kuitenkin kasvaa Pohjois-Suomessa väliaikaisesti, mutta myöhemmässä vaiheessa ne vähentyvät. Periaatteessa lumipeitteen vähenemisellä ja talvella sulana pysyvän alueen laajene-

misella voi olla myönteisiä vaikutuksia, koska ne helpottavat kevättulvia ja tasaavat vesistöjen vuodenaikaisvaihtelua. Samalla pohjavesien imeytymisaika pitenee ja pohjavesivarat kasvavat. Muutokset tulvien ajoittumisessa vaikuttavat vesivoimatuotantoon ja vesistöjen säännöstelykäytäntöihin. Talvivalunnan kasvun ja kevättulvien pienenemisen aikaansaama ohijuoksutustarpeen väheneminen johtaisi vesivoimalla tuotetun energian määrän kasvuun. Alustavien tulosten perusteella patojen, joiden yläpuolinen valuma-alue on pieni tai jotka sijaitsevat vesistöjen suurten keskusjärvien (Saimaa, Päijänne, Näsijärvi) alapuolella, mitoitustulovirtaamat kasvavat eniten. Näillä alueilla sadannan ja sulannan kasvun vaikutus on voimakkaimmillaan. Järvivesistöissä mitoitustulvan ajankohta siirtyy keväästä kesään ja suurimpien vesistöjen keskusjärvien osalta talveen. Tulvantorjunnan ja patojen kestävyyden varmistamiseksi näihin järviin on jätettävä varastotilaa syksyn ja jopa talven tulvien varalta. Jos patojen mitoitustulvat suurenevat, padoilla voidaan joutua tekemään kalliita investointeja muun muassa luukkurakenteisiin, ylisyöksykynnyksiin tai ohijuoksutuskanaviin.

Suomeenkin voi langeta hyvin poikkeuksellisessa tilanteessa Keski-Euroopan kaltaisia rankkasateita, jolloin suurtulva on mahdollinen myös Suomessa. Jos sateet vielä sattuvat samaan aikaan kevätlumien sulamisen kanssa, jokien ja järvialueiden rannoilla voidaan kohdata ongelmia. Suurten järvireittivesistöjen keskusjärvissä uhkana ovat talvitulvat. Saimaa, Päijänne, Näsijärvi-Ruovesi keräävät lisääntyneet syys- ja talvisateet sekä talven sulamisvedet talvitulvaksi. Haihdunta ei auta talvella tulvan helpottamisessa. Suomessa vahingot kuitenkin jäisivät Keski-Eurooppaan verrattuna vähäisiksi, koska suo- ja järvialueet tasoittavat virtaamahuippuja. Suomesta puuttuvat myös vuoristot, jotka lisäävät sateiden rankkuutta ja kokonaismäärää. Vesi valuu vuorilta myös nopeammin jokiin ja järviin aiheuttaen nopeasti nousevia tulvia ja maanvyöryjä. Vesistöjen ranta-alueilla ei myöskään asu niin paljon väkeä kuin Keski-Euroopassa ja siten vahinkopotentiaali on pienempi.

Suomessa on paikallistettu 65 aluetta, joilla tulva voi aiheuttaa merkittäviä vahinkoja. Suurimmat taloudelliset vahingot aiheutuisivat vesistöjen varrelle rakennetulle teollisuudelle ja rakennuksille. Esimerkiksi paperitehtaiden paperikoneet pysähtyisivät tietyn vedenkorkeuden ylittyessä. Suurimmat aineelliset vahingot syntyisivät Vuoksen vesistöalueella, lähinnä Imatralla ja Lappeenrannassa, joissa on suuria teollisuuslaitoksia veden äärellä. Myös Porin kaupunki joutuisi ongelmiin, jos merivesi lähtisi myrskyn sekä ilmanpaineen vaihtelun seurauksena tila-

päisesti nousemaan samanaikaisesti jokitulvan kanssa ja nostaisi Kokemäenjoen vedet teollisuusalueille. Seuraavaksi suurimmat vahingot kohdistuisivat Tornion, Ivalon ja Kuopion kaupunkien rakennuksille. Veden tulviminen rakennuksiin aiheuttaa yleensä suuria taloudellisia vahinkoja. Vaikka vauriot eivät olisikaan pysyviä, kuivatustyö on usein pitkällistä, työlästä ja kallista.

Kesän 2004 tulvat Suomessa

Nyt tapahtuvat ääri-ilmiöt eivät välttämättä johdu ilmastonmuutoksesta, mutta ilmastonmuutoksen vaikutuksia voidaan kuitenkin arvioida nykyisen ilmaston ääritilanteiden perusteella. Esimerkiksi heinä-elokuun vaihteessa 2004 poikkeuksellisen suuret sademäärät aiheuttivat Suomessa tulvia, joiden seurauksena mm. kaivoihin ja sitä kautta talousvesiverkostoihin pääsi suolistoperäisiä bakteereita, hule- ja jätevesiä jouduttiin pumppaamaan käsittelemättä vesistöihin, pelloilta ja muilta ranta-alueilta kulkeutui vesiin runsaasti ravinteita ja hajoavia orgaanisia aineita, kalasto kuoli eräillä jokiosuuksilla, rakennuksia jäi veden saartamaksi, kerrostalojen kellarit täyttyivät vedellä useissa kaupungeissa, useita talouksia oli ilman sähköä, rautatieliikenne katkeili ja teitä jouduttiin sulkemaan, viljasato vaurioitui ympäri maata.

Tulvat voivat aiheuttaa vesihuollolle monenlaisia haittoja. Vedenpinnan nousu voi aiheuttaa sekaviemärien ja pumppaamojen kapasiteetin ylittymisen, minkä seurauksena puhdistamatonta jätevettä voi päästä vesistöön ja raakavedenottamoille. Tämä voi johtua suoranaisesti veden korkeustasosta tai välillisesti esimerkiksi sähköjen katkeamisesta. Myös tulvaveden mukana kulkevat jäät, puutavara tai muu aines voi johtaa laitosten pysähtymiseen. Tulvaveden pääsy talousvesijärjestelmään voi aiheuttaa vedenlaatuongelmia ja pahimmillaan epidemioita. Jätevesijärjestelmien toimimattomuus voi pahimmillaan johtaa laajoihin epidemioihin.

Haja-asutuksen vesihuolto on tulville yleensä herkempi kuin taajamien vesi- ja viemärilaitokset. Yksittäisiin kaivoihin päätyy helposti pintavettä sekä keväällä lumen sulaessa että rankkojen sateiden aikana. Saostuskaivoissa voi sattua ylivuotoja. Toisaalta haja-asutusalueilla on yleensä helpommin järjestettävissä tilapäinen vesi- ja käymäläjätehuolto.

Vesistöt ovat pilaantumiselle erityisen herkkä ympäristö. Ilmastonmuutoksen vaikutukset veden laatuun aiheutuvat ennen kaikkea virtaamien äärevöitymisen seurauksena yleistyvistä tulva- ja kuivuuskausista. Näiden vaikutuksia veden laatuun voidaan arvioida aikaisemmin sattuneiden tapausten perusteella. Tulva lisää erittäin merkittävästi ravinteiden ja haitallisten aineiden kuormitusta vesistöön. Kesätulvan aikana veden mukanaan tuoma kuormitus on satakertainen verrattuna kesän normaaliin virtaamaan. Osa kuormituksesta on peräisin luonnosta,

osa johtuu ihmisen toiminnasta. Erityisen haitallisia ovat esimerkiksi teollisuudesta, huoltoasemilta ja vanhoilta kaatopaikoilta tulevat tulvavedet, jotka voivat sisältää suoranaisia myrkkyjä tai hitaasti hajoavia aineita. Nämä aineet voivat päätyä pintavedenottamoon, jonka toimintaa tulvan aikana häiritsee myös veden kiintoainepitoisuuden kasvu. Myös tekopohjavesilaitoksilla pohjaveden laatu voi tulvan takia heiketä. Ravinteita ja kiintoaineita huuhtoutuu veteen myös pelloilta ja metsistä. Talven lauhtuminen lisää hajakuormitusta ainakin maa- ja metsätalousvaltaisilta valuma-alueilta, vaikka vuositasolla keskimääräinen valunta ei lisääntyisi. Kuormituksen lisääntyminen johtuu siitä, että ravinteita pidättävät kasvillisuusvyöhykkeet puuttuvat ja pintavalunnan suhteellinen osuus kasvaa maan ollessa roudassa. Ilmastonmuutos saattaa myös johtaa metsämaahan vuosituhansien aikana kertyneen orgaanisen aineen nettomineralisaatioon ja sen seurauksena metsämaiden typpihuuhtoutumat voivat kasvaa merkittävästi. Ilmastonmuutoksen suoran vaikutuksen erottaminen muista metsämaiden huuhtoutumien taustatekijöistä on vaikeaa, mutta metsämaiden runsaan typpivaraston liikkeellelähtö on riskitekijä.

Vesistötulvien lisäksi on ilmeistä, että ilmastonmuutos aiheuttaa sateiden intensiteetin muutoksia. Tämä voi johtaa rankkasadetulvien yleistymiseen. Poikkeuksellisen voimakkaita paikallisia myrskyjä voi Suomen olosuhteissa syntyä erityisesti rannikon läheisyydessä. Rankkasateet, jotka sattuvat taajama- tai kaupunkialueelle voivat helposti aiheuttaa suuret taloudelliset vahingot. Hulevesijärjestelmiä ei ole mitoitettu tulvan valunnoille, joten rankkasateet johtavat helposti katujen tulvimiseen kellareihin. Jo pienialainen, rankan sateen synnyttämä kaupunkitulva huuhtoo monia epäpuhtauksia kaduilta, katoilta ja parkkipaikoilta viemäriverkostoon. Esikaupunkialueella nämä hulevedet valuvat yleensä suoraan vesistöön heikentäen veden laatua. Sekaviemäröityjen alueiden hulevedet päätyvät jätevedenpuhdistamolle, jolloin kapasiteetti voi ylittyä ja on turvauduttava ohijuoksutuksiin puhdistusprosessin toimivuuden turvaamiseksi. Rankkasateet aiheuttavat vahinkoja infrastruktuurille ja eroosion kautta esimerkiksi sähköjohtojen ja puhelinkaapeleiden suojauksille.

On arvioitu, että ilmastonmuutos aiheuttaisi pohjaveden pinnan laskua nykyistä useammin toistuvina ja pidempinä kuivina kesinä. Skenaarioiden mukaan kesäkausi pitenee tulevaisuudessa. Pitkäaikainen kuivuus aiheuttaa ongelmia vedenhankinnalle, vesiliikenteelle, energiantuotannolle ja teollisuudelle. Etenkin kesäkuukausina pienenevistä virtaamamääristä johtuen kesän energiantuotanto

saattaa laskea. Lisäksi kesäajan vesiliikenne vaikeutuu vedenpinnan ollessa alhaalla.

Kuivuus haittaa myös maataloutta. Suomessa on nykyisillä kastelulaitteilla kasteltavissa 88 000 ha peltoa ja puutarhamaata. Kuivuuden yleistyminen voisi johtaa kastellun pinta-alan kasvuun. Kasteluveden saannille voisi paikoitellen tulla ongelmia vesivarojen riittämättömyyden vuoksi. Kuivuus voi haitata puiden kasvua ja lisätä metsäpalojen riskiä.

Vuosien 2002–2003 kuivuus

Ilmastonmuutoksen aiheuttaman kuivuuden vaikutuksia voidaan arvioida nykyilmaston ääritilanteiden kautta. Esimerkiksi vuosien 2002–2003 pitkäaikainen kuivuus aiheutti arviolta 100 miljoonan euron menetykset normaaleihin vesioloihin verrattuna. Vesivoiman tuottajille ei menetyksiä tullut sähkön korkean hinnan takia, mutta haittoja ja vahinkoja aiheutui rakennuksille, maataloudelle sekä vedenhankinnalle. Lehdistössä eniten huomiota saivat vedenhankinnan vaikeudet. Kuivuudesta kärsi ainakin 10 000 kotitaloutta ja yli 1 400 maatilaa. Vettä jouduttiin kuljettamaan yli 7 000 kotitaloudelle ja 1 100 maatilalle. Vedenkuljetukset olivat kalliita yksittäisille talouksille ja kunnille, ja aiheuttivat myös riskin palonsammutustoiminnalle, koska vedenkuljetuksissa käytettiin pääasiassa palokuntien säiliöautokalustoa.

Riittävyysongelmien lisäksi veden vähyys aiheuttaa haittoja myös veden laadussa. Riittävän ja hyvälaatuisen talousveden saanti on välttämätöntä etenkin ihmisille, karjatiloille ja elintarviketeollisuudelle. Pohjavedenpintojen laskiessa esiintymien olosuhteet voivat muuttua ja muun muassa rauta- ja mangaanipitoisuudet voivat nousta veden happitilanteen muuttuessa.

Sää-ilmiöiden äärevöitymisellä on vesiensuojeluvaikutuksia myös sisävesissä. Kuivuus vähentää virtaamia, jolloin latvavesissä sisäisen kuormituksen vaikutuksesta veden laatu huononee ja happi vähenee. Tulvat puolestaan huuhtovat haitallisia aineita vesistöihin. Lämpötilan nousu lisää vesien rehevöitymistä.

Ravinnekuormituksen seurauksena rehevöityneissä vesissä planktonlevästön perustuotanto kasvaa, vesi samenee ja valon tunkeutuminen veteen vähenee ja hapenkulutus kasvaa. Rehevöitymisen myötä pohjaan vajoavan orgaanisen aineksen määrä lisääntyy ja pohjan happitila huononee. Kasvillisuus ja myöhemmin myös pohjaeläimistö muuttuvat. Rehevöitymisen edetessä lajisto yksipuolistuu. Pitkäaikainen kuivuus aiheuttaa ongelmia talvella Suomen matalissa järvissä, kun vähäinen tulovirtaama ei tuo riittävästi hapekasta vettä järveen. Esimerkiksi vuosien 2002–2003 kuivuus lisäsi järvissä happikatoja, jotka paljastuivat keväällä kalakuolemina. Talvella sateiden ja sulannan myötä kasvava valunta tuo

puolestaan vesistöihin hapekasta vettä. Toisaalta kesän 2004 tulvat aiheuttivat laajoja kalakuolemia Vantaanjoella, jotka johtuivat runsaasta happea kuluttavan kiintoaineksen ja jätevesien pääsystä vesistöön sekä tulvan alle jääneen maaperän voimakkaasta hapenkulutuksesta.

Valtamerten pinnan ennustetaan nousevan vuoteen 2100 mennessä 0,1–0,9 metriä. Valtamerten pinnan nousu yhdessä kasvaneen sateisuuden, mahdollisten tuulisuuden ja myrskyjen lisääntymisen seurauksena tulee nostamaan myös Itämeren merenpinnan korkeutta ja voimistamaan vedenkorkeuden lyhytaikaisia vaihteluita. Mahdollinen merien pinnan nousu ja voimakkaiden tuulien lisääntyminen voivat lisätä veden vaihtoa Itämereen. Suolaisuuden nousu ja lämpeneminen saattavat muuttaa Itämeren lajistoa. Esimerkiksi turskan lisääntyminen on hyvin herkkä suolaisuuden ja lämpötilan vaikutuksille. Myös meriarkeologisten hylkyjen ja esineiden hajoaminen saattaa kiihtyä. On kuitenkin epävarmaa, nouseeko Itämeren suolaisuus, vaikka meren pinta nousisikin. Lisääntyvät sateet nimittäin saattavat vaikuttaa suolaisuutta vähentävästi, sillä jokivesien valunta laimentaa Itämeren suolaisuutta ja kasvattaa pinnan ja syvänveden suolaisuuseroa sekä kerrostuneisuutta. Kasvanut makean veden valunta myös vaikeuttaa Tanskan salmista tulevaa suolaisen veden sisään virtausta. Koska veden uusiutuminen on välttämätöntä syvänteiden happitalouden ja suolapitoisuuden säilymisen sekä murtoveden eliölajien elinolosuhteiden vuoksi, harvoin tapahtuvat suolaisen veden sisään virtaukset saattavat olla haitallisia Itämerelle. Pitkään jatkuvat vähähappiset jaksot aiheuttavat pohjalla kemiallisia pelkistysreaktioita, jotka vapauttavat ravinteita. Voimakas suolaisen veden sisään virtaus saa ravinteet liikkumaan ja altistaa meren rehevöitymiselle ja leväkukinnoille.

Taulukko 3.7. *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista vesivaroihin. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä.*

Haitta	Etu
– Ääri-ilmiöt lisääntyvät – Talvitulvat lisääntyvät – Suurtulvien mahdollisuus kasvaa (vahinkoja teollisuudelle ja rakennuksille, haittoja vesihuollolle, epidemioita) – Tulvat heikentävät veden laatua – Kuivuuden yleistyminen haittaa maa- ja metsätaloutta, vedenottoa, vesivoiman tuotantoa, vesiliikennettä ja vesien virkistyskäyttöä – Kuivuus aiheuttaa vesistöissä happikatoja sekä kalaston elinolosuhteiden heikentymistä – Talven lauhtuminen lisää hajakuormitusta maa- ja metsätalousvaltaisilla alueilla	+ Kokonaissademäärän kasvu ja kevättulvien väheneminen kasvattavat vesivoimalla tuotetun + energian määrää + Lisääntyneet sateet tuovat vesistöihin hapekasta vettä

3.2.2. Luonnon monimuotoisuus

Luonnon monimuotoisuus Suomessa

Luonnon monimuotoisuus on keskeinen edellytys maapallon elämän jatkuvuudelle ja vakaudelle. Luonnon monimuotoisuudella tarkoitetaan eliölajien – eläinten, kasvien sienten ja mikro-organismien – runsautta ja niiden perintötekijöiden vaihtelua. Sillä tarkoitetaan myös eliöiden elinympäristöjen monimuotoisuutta. Monimuotoisuuden kaventumista pidetään ilmastonmuutoksen ohella yhtenä huomattavimmista maailmanlaajuisista ympäristöongelmista. Erilaiset ihmistoimintojen aiheuttamat ympäristöpäästöt ja haitat ympäristölle ilmenevät elollisen luonnon köyhtymisenä ja luonnon yksipuolistumisena. Myös maankäytön muutokset ovat aiheuttaneet huomattavia luonnon monimuotoisuuden muutoksia. Esimerkiksi osa maataloudesta hyötyvistä luonnonvaraisista eliölajeista ei ole sopeutunut maataloudessa viime vuosikymmeninä tapahtuneisiin muutoksiin. Maatalouden toimet vaikuttavat toisaalta myös myönteisesti luonnon monimuotoisuuteen. Peltojen raivaus on laajentanut monen lajin elintilaa ja luonut elinympäristöjä uusillekin lajeille. Kotieläimet ovat laiduntamisellaan synnyttäneet niittyjä, joissa on aivan oma kasvillisuutensa ja eläimistönsä. Metsien talouskäyttö on suurin metsän rakenteen muuttaja.

Vuoden 2000 uhanalaisuustarkastelun mukaan Suomen eläin- ja kasvilajeista noin 10 % on uhanalaisia. Selvityksen mukaan uhanalaisista lajista 28 % elää ensisijaisesti perinneympäristöissä. Metsissä vastaavasti elää 37,5 % uhanalaisista lajeista. Suurimmat syyt lajien uhanalaistumiseen tai häviämiseen ovat avoimien perinne- ja muiden kulttuurialueiden sulkeutuminen hoidon ja käytön loputtua sekä metsien käytön ja käsittelyn aiheuttamat muutokset siitäkin huolimatta, että luonnon monimuotoisuuden ylläpito ja kehittäminen ovat olleet keskeisiä elementtejä maatalouden ympäristöohjelmissa ja metsätaloutta koskevissa ohjelmissa. Vertailtaessa vuosien 1990 ja 2000 uhanalaisuustarkasteluja on voitu havaita, että Suomen elinympäristöistä erilaisten perinneympäristöjen lajit ovat nopeimmin uhanalaistumassa. Myös rannoilla ja soilla elävät lajit ovat yhä useammin muuttumassa uhanalaisiksi. Sen sijaan metsien lajien uhanalaistuminen näyttäisi hidastuneen 1990-luvulla.

Suomen luonnonsuojelualueverkon hallinta ja hoito ovat valtion omistamilla alueilla pääosin Metsähallituksen vastuulla. Luonnonsuojelualueiden ekologista

kestävyyttä ja luonnon monimuotoisuutta on voitu edistää entistä tehokkaammin esimerkiksi ennallistamalla ja hoitotoimin sekä luontotyyppi- ja eliölaji-inventoinnein. Yksityisten hallinnassa olevia luonnonsuojelualueita on lukumääräisesti varsin paljon, mutta niiden kokonaispinta-ala on selvästi pienempi kuin valtion alueilla. Alueelliset ympäristökeskukset ohjaavat yksityisten luonnonsuojelualueiden hoitoa ja käyttöä. Eliölajiston ja luontotyyppien suojelun sekä hoidon ja käytön keskeinen toimija valtakunnallisella tasolla on Suomen ympäristökeskus.

Luonnonsuojelulain kokonaisuudistus tuli voimaan vuonna 1997. Lähivuosina toteutetaan suojeluohjelmiin ja Natura 2000 -verkostoon kuuluvien alueiden lakisääteinen suojelu erillisten lakien ja asetusten nojalla. Eliölajiston osalta erityisesti suojeltavien lajien asetus tarkistetaan uusimman uhanalaistarkastelun tulosten pohjalta.

Käynnissä olevat suunnittelu- ja kehittämishankkeet luonnon monimuotoisuuden edistämiseksi.

Lyhyellä aikavälillä (vuoteen 2010) on käynnissä useita keskeisiä suunnittelu- ja kehittämishankkeita.

- Biologista monimuotoisuutta koskevan kansallisen toimintaohjelman uudistaminen vuonna 2005 vuosiksi 2006–2010 nykyistä ohjelmaa koskevan laajan vaikuttavuusarvioinnin perusteella. Arvioinnin tavoitteena on saada käsitys maamme biologisen monimuotoisuuden nykytilasta ja kehityssuunnasta sekä toimintaohjelman vaikuttavuudesta ja riittävyydestä monimuotoisuuden turvaamisessa. Euroopan unioni on asettanut itselleen tavoitteen pysäyttää monimuotoisuuden köyhtyminen vuoteen 2010 mennessä. Monimuotoisuusvaikutusten arvioinnissa tarkastellaan myös tämän tavoitteen toteutumisen mahdollisuuksia ja keinoja.
- Etelä-Suomen metsien monimuotoisuusohjelman (METSO) toteuttaminen ja vaikuttavuuden arviointi vuoteen 2007 mennessä ja ohjelman jatkosta päättäminen sen jälkeen. Toimintaohjelman tavoitteena on uusien suojelukeinojen kehittämisen ohella lisätä lyhyellä aikavälillä tietoa nykyisen luonnonsuojelualueverkon luontoarvoista sekä tehostaa luonnonsuojelualueiden suojelun tehokkuutta sekä lisätä ennallistamalla ja hoitamalla metsäelinöstölle tärkeitä elinympäristöjä. Vuoden 2007 jälkeen arvioidaan myös erityisen luonnonsuojeluohjelman tarve suojelutavoitteiden saavuttamiseksi.
- Luonnonsuojeluohjelmien rahoitusohjelman mukaisesti suojeluohjelmat toteutetaan vuoteen 2007 mennessä. Rahoitusohjelman ja Natura 2000-verkoston toteuttamiseen tähtäävän rahoitusohjelman toteutuma ja riittävä taso tarkistetaan vuoden 2005 alussa. Natura 2000 -alueiden hoidon ja käytön tehostaminen 2004 lähtien edistää lähivuosina suojelutavoitteiden toteutumista ja alueiden kestävää käyttöä.
- Luontotyyppien uhanalaisuutta selvittävä tutkimus Suomen ympäristökeskuksessa valmistuu vuonna 2006 ja ympäristöministeriön rahoittamat huonosti tunnettujen eliölajien tutkimukset antavat merkittävää lisätietoa vuoteen 2007 mennessä.
- Tulokaslajien rajoittamista koskevan strategian laatiminen vuoteen 2007 mennessä.
- Maatalouden ympäristötukijärjestelmän 2000–2006 avulla vähennetään ympäristöön ja erityisesti pinta- ja pohjavesiin sekä ilmaan kohdistuvaa kuormitusta. Lisäksi ympäristötuen avulla huolehditaan maatalousalueiden luonnon monimuotoisuudesta ja hoidetaan maatalousmaisemia. Erityistukien avulla pyritään turvataan arvokkaiden perinnebiotooppien, niiden luontotyyppien ja eliölajiston säilymistä.
- Uusi, käytännön tietotarpeita korostava monimuotoisuuden tutkimusohjelma (MOSSE) vuosille 2003–2006, pyrkii perustutkimuksen rinnalla tuottamaan uutta tutkimustietoa metsien, maatalousympäristöjen ja vesiluonnon monimuotoisuuden suojelukeinoista sekä niiden ekologisista, taloudellisista ja sosiaalisista vaikutuksista.
- Metsätalouden alueelliset tavoiteohjelmat on tarkoitus tarkistaa jälleen vuosina 2004–2005.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen

Luonnon monimuotoisuus on jatkuvasti muutoksen vallassa ja se riippuu muun muassa aikakauden ilmasto-oloista. Laajan kansainvälisen tutkimusaineiston perusteella viimeaikaisilla lämpötilan alueellisilla muutoksilla on ollut havaittavia vaikutuksia moniin fysikaalisiin ja biologisiin systeemeihin ja ilmiöihin maapallolla. On jo näyttöä jäätiköiden vetäytymisestä, ikiroudan sulamisesta, jokien ja järvien jääpeitekauden lyhenemisestä sekä kasvukauden pitenemisestä. Talven sademäärän ja äärevien sateiden esiintymisen ennustetaan lisääntyvän erityisesti pohjoisilla alueilla. Ilmastonmuutos on myös merkittävä lisästressitekijä luonnossa muiden ihmisen aiheuttamien vaikutusten ohella.

Joidenkin elinympäristöjen (kosteikot, tundra, eristyneet elinympäristöt) vähenemisen tai häviämisen riski kasvaa. Arktisilla ja pohjoisilla alueilla myös ilman ja maaperän saastuminen heikentää pysyvämmin luonnon palautumis- ja vastustuskykyä. Toisaalta pohjoisten ekosysteemien tuottokyky lisääntyy ilmaston lämmetessä, millä voi olla biodiversiteetin kannalta sekä myönteisiä että haitallisia vaikutuksia.

Ilmastonmuutos ja erityisesti korkeammat alueelliset lämpötilat vaikuttavat eläinten ja kasvien lisääntymisen ajoittumiseen, kasvukauden pituuteen ja/tai eläinten vaelluksiin/liikkumiseen, lajien levinneisyyteen ja populaatiokokoon sekä tuholaisten ja sairauksien esiintymiseen. Usealla sadalla eliölajilla on lukuisten tutkimusten mukaan havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia suhteessa odotettuun lämpötilan nousuun sekä lajien biologisiin ominaisuuksiin. Vaarana on, että ilmastonmuutos vaikuttaa suuresti moniin ekologisiin, taloudellisiin ja sosiaalisiin hyötyihin, joita biodiversiteetti tuottaa ihmiskunnalle.

Ilmastonmuutos yhdessä ihmistoiminnan vaikutusten ja vierasperäisten tulokaslajien leviämisen kanssa todennäköisesti rajoittaa monien alkuperäisten eliölajien kykyä vaeltaa ja säilyä pirstoutuneissa elinympäristöissä. Lajit, joilla on huono ilmastonmuutoksen sietokyky, rajoitetut maantieteelliset leviämismahdollisuudet (kuten vuoristojen lakiosien lajit sekä saarten ja niemien lajit tai muiden elämää rajoittavien fyysisten tekijöiden vaikutuksen piirissä olevat lajit) tai pienet populaatiot, ovat uhanalaisimpia. Uusimmissa, eri puolilla maapalloa tehdyissä tutkimuksissa on arvioitu, että enimmillään noin kolmannes tutkittujen alueiden (20 % maapallon maapinta-alasta) eliölajistosta on vaarassa

hävitä sukupuuttoon vuoteen 2050 mennessä. Syynä, että suuri osa maapallon nykyisistä eliölajeista etenkin trooppisilla alueilla uhkaa kuolla sukupuuttoon ei kuitenkaan liene yksinomaan ilmastonmuutos vaan se, että ihminen tuhoaa niiden elinympäristöjä.

Suomessa ilmastonmuutoksen vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen on tehty vasta alustavia arvioita. Niistä voidaan nostaa esille seuraavia monimuotoisuuden suhteen vaikuttavia näkökohtia:

- Ilmaston lämmetessä järvien veden lämpötila nousee kesällä ja lämpötilan kerrostuneisuuskausi pitenee, jolloin vesistöjen biologinen tuottavuus kasvaa. Äärevien sääilmiöiden yleistyminen (sateet, kuivuus) johtaa muutoksiin vuotuisessa vesien valunnassa ja sen ajoittumisessa sekä edelleen tulvien esiintymisessä. Nämä tekijät vaikuttavat myös ravinteiden huuhtoutumiseen vesistöihin. On ilmeistä, että erot em. ilmiöiden esiintymisessä vuosittain kasvavat. Niin ikään Itämeren ja järvien jääpeite heikkenee ja jääpeitekausi lyhenee.
- Muutokset Euroopan arktisilla alueilla ja Suomen pohjoisosissa vaikuttavat esimerkiksi palsasoiden ikijään esiintymiseen. Suomessa tehdyssä tutkimuksessa on havaittu, että palsojen levinneisyys on supistunut voimakkaasti viime vuosikymmeninä. Palsojen sulaminen ja vesipainanteiden vähentyminen samalla lisää kasvillisuuden peitteisyyttä, mutta vähentää niiden lintujen ja hyönteislajiryhmien kantoja, jotka hyötyvät palsasoiden olosuhteista ja elinympäristöistä.
- Ilmaston muuttumisen myötä boreaaliselle kasvillisuudelle soveltuvan ilmastovyöhykkeen odotetaan tällä vuosisadalla siirtyvän useita satoja kilometrejä pohjoiseen, joten metsissä monet eteläiset lajit (mm. lehtolajisto) voivat siirtyä vastaavasti myös pohjoisemmaksi. Myös monien pohjoisen havumetsävyöhykkeen lajien levinneisyys muuttuisi ja metsänraja saattaisi nousta vuosisadan kuluessa 20–200 m korkeammalle vuosisadassa riippuen muun muassa puiden luontaisesta siirtymisnopeudesta. Myös lehtipuut yleistyvät ja metsien puulajisuhteet muuttuvat. Kasvukausi pitenee ja puiden kasvu lisääntyy sekä siemensadot paranevat, mutta puiden pakkaskestävyys voi heikentyä. Myös tuholaisten ja tautien riski sekä myrskytuhojen todennäköisyys kasvavat. Hemi- ja eteläboreaalisella vyöhykkeellä rehevä kasvillisuus laajennee rehevillä mailla, mutta esimerkiksi havupuusta riippuvainen eliölajisto vähenee. Äärevillä paikoilla, kuten kallioilla kuivuuden lisääntyminen aiheuttanee lisästressiä nykyiselle lajistolle.

Edellä mainitut muutokset todennäköisesti vaikuttaisivat kokonaisuutena monien lajien levinneisyyteen ja runsauteen. Suomen eliölajiston määrä ilmeisesti kasvaisi, mutta Suomelle ominaiset lajit kuten esimerkiksi kylmien vesien reliktilajit ja pohjoiset lajit joutuisivat väistymään eteläisimpien lajien tieltä. Lisäksi esimerkiksi meren ja järvien jääpeitteen sekä metsien lumipeitteen ohentuminen ja esiintymisen muuttuminen epäsäännöllisemmäksi saattaa vaikuttaa haitallisesti monien boreaaliselle vyöhykkeelle tyypillisten eliölajien elinmahdollisuuksiin etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa. Hirvien ja eräiden muiden kasveja syövien nisäkkäiden elinolosuhteet paranevat vähentyneen lumipeitteen ja kevään aikaistumisen ansiosta. Liikkuminen on helpompaa ja muutokset kasvukaudessa tarjoavat energiapitoisempaa ravintoa aikaisemmin ja pidempään. Lumipeitteen väheneminen saattaa lisätä yleispetojen (kettu, mäyrä, monet petolinnut) määrää maan keski- ja pohjoisosissa, koska saalistus on vähälumisessa maassa helpompaa. Myös joidenkin nisäkäs- ja lintulajien valkoisen suojavärin aikaisuus ja myöhäisyys lyhenevässä talvessa saattaa altistaa ne ylimääräiselle petopaineelle. Toisaalta joidenkin talvehtivien lintulajien elinolosuhteet parantuvat leudompien talvien johdosta. Lisäksi lämpeneminen saattaa aikaistaa joidenkin lähellä talvehtivien lintujen kevätmuuttoa ja pesintää. Lintupopulaatiot saattavat siirtyä elinolosuhteiden parantuessa entistä pohjoisempaan. Perhoslajien odotetaan runsastuvan, mutta pohjoiset perhoslajit saattavat taantua elinympäristöjen hävitessä.

Taulukko 3.8. *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen Suomessa. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia, eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä. Jotkut vaikutuksista ovat selkeitä etuja tai haittoja, mutta toisten vaikutusten suunta on vielä epäselvä tai vaikutuksen suunta riippuu ilmastonmuutoksen voimakkuudesta.*

Haitat	Vaikutuksen suunta epäselvä tai samanaikaisesti haitta ja etu	Edut
– Etelä-Suomelle ominaiset lajit joutuvat väistymään eteläisimpien lajien tieltä. Joidenkin kylmien olosuhteiden lajien uhanalaisuus saattaa lisääntyä – Nykyiset Pohjois-Suomen lajit kärsivät – Etelästä tulevat tuhohyönteiset ja rikkakasvit saattavat aiheuttaa haittoja maataloudelle ja metsille	• Metsissä monet eteläiset lajit voivat siirtyä useita satoja kilometrejä pohjoisemmaksi. • Myös monien pohjoisen havumetsävyöhykkeen lajien levinneisyys muuttuu • Metsänraja saattaa nousta nykyistä korkeammalle. • Metsien puulajisuhteet muuttuvat ja lehtipuut yleistyvät. • Palsasoiden sulaminen muuttaa eliöyhteisöjen rakennetta • Vesistöjen biologinen tuottavuus kasvaa ja leväkukintojen esiintyminen sekä määrä muuttuvat. • Suomen eliölajien määrä kasvaa • Tuholaisten ja tautien riski sekä myrskytuhojen todennäköisyys kasvavat.	+ Lahopuun määrä metsissä lisääntyy + Joidenkin talvehtivien lintulajien elinolosuhteet parantuvat ja eräät kasveja syövät nisäkkäät hyötyvät. + Lähialueilla talvehtivien lintujen muutto aikaistuu parantaen niiden pesimismahdollisuuksia

3.2.3. Teollisuus

Teollisuus Suomessa

Seuraavassa on lyhyesti tarkasteltu teollisuuden ja muiden toimialojen nykytilaa ja arvioitua kehitystä vuoteen 2020. Katsaus perustuu laajempaan skenaariotarkasteluun, joka perusoletuksineen on julkaistu valtioneuvoston 19.8.2004 hyväksymän kansallisen kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien jakosuunnitelman (NAP, National Allocation Plan) liitteenä 1. Tarkastelun runkona on ns. WM- (With Measures) skenaario.

WM (With Measures) -skenaarion taloudellisia lähtökohtia

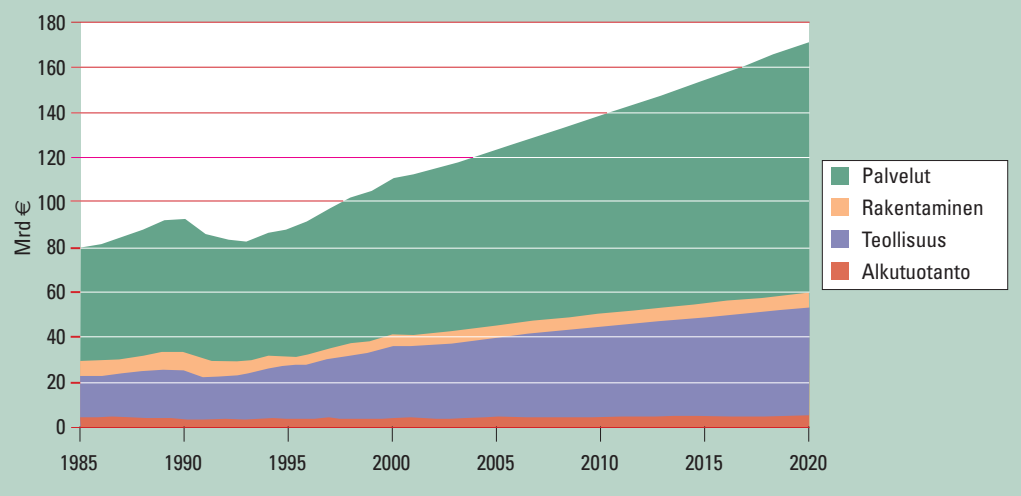
- WM-skenaariossa oletetaan, että kansantalouden kasvuvauhti on keskimäärin 2 %.
- Kasvu on nopeampaa tarkastelujakson alussa ja hidastuu jakson lopulla.
- Kansantalous palveluvaltaistuu edelleen.
- Myös teollisuuden rakenne kevenee prosessiteollisuuden kasvaessa muuta teollisuutta hitaammin.

Taulukko 3.9. *Bruttokansantuotteen volyymin kehitys toimialoittain 1990–2020, %/v*

Toimiala	1990→2002	2002→2005	2005→2010	2010→2020	2002→2020
Maa- ja metsätalous	1,2	2,4	1,1	0,9	1,2
Kaivannaistoiminta	1,6	–3,1	–0,3	0,9	–0,1
Tehdasteollisuus	4,1	2,7	2,6	2,0	2,3
Metsäteollisuus	3,2	3,2	2,3	1,5	2,0
Kemianteollisuus	2,7	2,5	1,6	1,2	1,5
Metallien valmistus	4,4	5,9	1,5	1,0	1,9
Sähkötekniset tuotteet	16,8	2,9	4,2	3,0	3,5
Muu teollisuus	1,2	2,1	1,9	1,6	1,8
Sähkö-, kaasu- ja vesihuolto	2,4	2,3	1,8	1,3	1,6
Rakennustoiminta	–2,2	1,8	1,3	0,8	1,1
Palvelut	1,8	2,2	2,5	2,4	2,4
Bruttokansantuote	2,0	2,2	2,4	2,1	2,2

Bruttokansantuotteen volyymin kehitys toimialoittain tarkastelujaksolla on esitetty lukuarvoina (%/v) taulukossa 3.9. Palveluiden kasvun arvioidaan koko tarkastelujaksolla vuoteen 2020 olevan hieman nopeampaa kuin bruttokansan-

tuotteen kasvu, jonka seurauksena palveluiden osuus kansantaloudessa nousee. Bruttokansantuotteen volyymin kehitys ja jakautuminen elinkeinoittain on esitetty kaaviokuvana kuvassa 3.1.

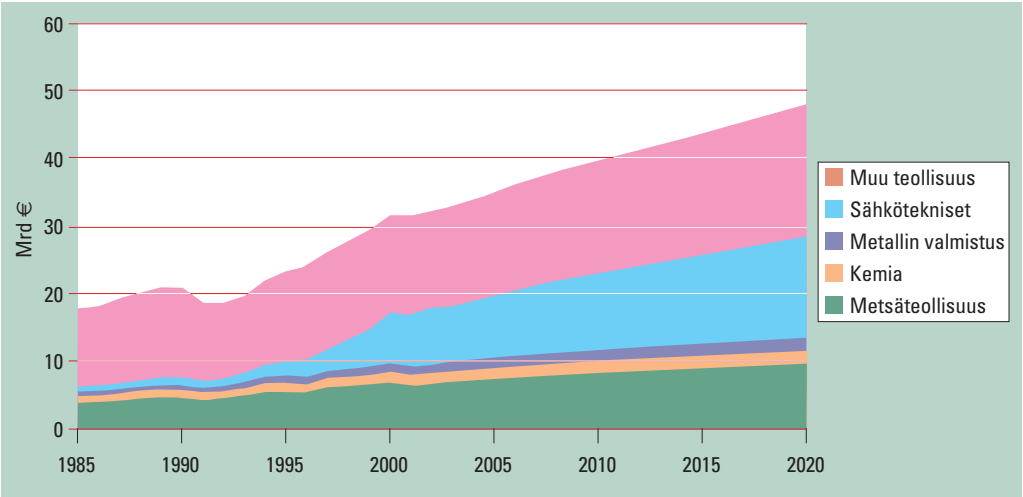


Kuva 3.1. *Bruttokansantuote elinkeinoittain, mrd. € vuoden 2000 hintaan*

Teollisuuden tuotantorakenne kehittyy vähemmän energia- ja pääomaintensiiviseksi. Nopeimmin kasvava toimiala on edelleen sähkötekninen teollisuus, jonka keskimääräiseksi kasvuksi tarkastelujaksolla vuoteen 2020 arvioidaan 3,5 prosenttia vuodessa. Energiaintensiivisten toimialojen, metsäteollisuuden, kemianteollisuuden ja metallien valmistuksen tuotannon keskimääräisen kasvun arvioidaan jäävän selvästi alle teollisuuden keskimääräisen kasvun, jonka seurauksena niiden osuus teollisuuden tuotannosta supistuu selvästi. Metallien valmistuksessa tuotantokapasiteetti kuitenkin kasvaa merkittävästi tarkasteluajanjakson alussa. Teollisuuden tuotannon kehittyminen toimialoittain on esitetty kuvassa 3.2.

Sopeutumisstrategian luvussa 2.2 on tarkasteltu Suomen talouden kehitystä myös vuoden 2020 jälkeen ns. sosio-ekonomisten skenaarioiden avulla. Laaditut kolme skenaariota on tarkemmin määritelty ko. luvussa ja eri toimialojen sekä teollisuuden rakenteen kehittyminen niiden pohjalta käy selville esimerkiksi ko. luvun kuvista 2.14 ja 2.15.

Perusvaihtoehtona on skenaario, joka noudattelee edellä esitettyä WM-skenaariota vuoteen 2025 asti ja on sen jatkumo pidemmälle tulevaisuuteen. Muut ske-



Kuva 3.2. *Teollisuuden tuotanto toimialoittain, mrd. € vuoden 2000 hintaan*

naariot, Vaihtoehtoinen Suomi ja Taantuva Suomi, on laadittu perustuen erilaisiin olettamuksiin maailmantalouden, Suomen väestön, työllisyyden ja tuottavuuden kehityksestä. Kytkentä ilmastonmuutokseen tulee maailmantalouden (Suomen kannalta viennin) kehityksen kautta. Maailmantalouden kehitysvaihtoehdot perustuvat IPCC:n skenaarioihin. Kotimaisen ilmastonmuutoksen vaikutusten arviointi perustuu SILMU:n puitteissa tehtyihin laskelmiin, jotka kattavat vain joitakin toimialoja.

Skenaariot tuottavat varsin erilaisia tuloksia Suomen kehityksestä. Yhteistä skenaarioille on, että talouden kasvu hidastuu 2030 jälkeen ja talous muuttuu palveluvaltaisemmaksi kiihtyvällä tahdilla. Vastaavasti teollisuuden osuus arvonlisäyksestä laskee poikkeuksena kuitenkin metsäteollisuus, jonka osuus näyttäisi pysyvän nykyisellä tasolla aina 2050 asti skenaariosta riippumatta. Skenaariotarkastelu osoittaa, että maailmanlaajuisilla muutoksilla on hallitseva vaikutus Suomen talouden ja teollisuuden kehitykseen. Paikallisen ilmastonmuutoksen suorat vaikutukset näyttäisivät jäävän pieniksi skenaariotarkasteluissa. Selvimmät vaikutukset ilmastonmuutoksella on maa- ja metsätalouteen.

Skenaariotarkasteluissa ei kuitenkaan ole otettu huomioon mitään rajuja ilmaston, maailmantalouden tai teknologioiden muutoksia. Myös kotoisen ilmastonmuutoksen vaikutusarvioihin liittyy merkittäviä epävarmuuksia, joita tulisi jatkossa täsmentää.

Ilmastonmuutoksen suorat vaikutukset teollisuuteen

Osa teollisuus- ja yritystoiminnasta on sellaista, että ilmastonmuutoksen vaikutukset, kuten ilmaston lämpeneminen, aiheuttanevat pidemmällä aikavälillä muutoksia ko. alan raaka-ainelähteisiin. Tällaisia ovat mm. metsäteollisuus ja elintarviketeollisuus. Joidenkin muiden teollisuusalojen, kuten kaivosteollisuuden raaka-ainelähteisiin ilmastonmuutoksella ei näyttäisi olevan suoranaista vaikutusta.

Ilmastonmuutoksen vaikutus näkyy teollisuustoiminnassa myös mm. siten, että tarvittavien raaka-aineiden ja valmiiden tuotteiden kuljetuksissa tapahtuvilla keskeytyksillä, häiriöillä ja epäjärjestyksellä on vaikutusta teollisuustoimintaan ja sen kannattavuuteen. Rautatiekuljetukset lienevät varmin kuljetusmuoto epäsuotuisissa sääolosuhteissa, lentoliikenne puolestaan herkin. Toisaalta mahdollisilla tieliikenteen häiriöillä on suuresta volyymistaan johtuen suurin vaikutus.

Metsäteollisuus

Näköpiirissä on, että ilmastonmuutoksesta aiheutuva keskilämpötilan nousu lisää metsien kasvua ja saatavan puuraaka-aineen määrää Suomessa. Toisaalta puuraaka-aine ja sen laatu muuttunee. Myös puulajivalikoimassa tapahtunee aikaa myöten muutoksia alueellisesti. Tällä saattaa pitkällä aikavälillä olla vaikutusta tehtaiden sijoittumiseen ja niiden prosessivalintoihin (mekaaninen/kemiallinen) ja paperilaatuihin, joita niissä tuotetaan. Puuston kasvun ja raaka-aineen saatavuuden lisäyksen jakautumista eri puulajeihin ja laatuluokkiin on kuitenkin arvioitava tarkemmin ennen kuin voidaan tehdä pidemmälle meneviä johtopäätöksiä.

Puun tarjonta saattaa jatkossa vaihdella nykyistä enemmän johtuen korjuuolosuhteiden muuttumisesta ja sateisuuden lisääntymisestä aiheutuvasta tiestön heikentymisestä. Jos kelirikkoaika kasvaa, hankaloituvat kuljetukset sekä metsässä että metsä- ja maanteillä. Myös lisääntyvät myrskytuhot aiheuttanevat lisääntyvässä määrin äkillisiä puun tarjontapiikkejä.

Kansainvälisesti tarkasteltuna pohjoisen havumetsävyöhykkeen raaka-ainepotentiaalin ilmastonmuutoksesta johtuva kasvu ja esimerkiksi Välimeren alueen ja maapallon keskivyöhykkeiden metsien haavoittuvuuden lisääntyminen saattaisi entisestään lisätä Suomen kiinnostavuutta metsäteollisuuden asemapaikkana.

Elintarviketeollisuus

Todennäköisesti elintarviketeollisuuden raaka-aineisiin aiheutuu ilmastonmuutoksesta johtuvia laadullisia muutoksia, kun eri kasvien viljelyvyöhykkeet siirtyvät ja alkutuotannon edellytykset muuttuvat. Myös teollisuuslaitosten sijaintiin muutoksilla voi olla vaikutusta pitkällä aikavälillä.

Raaka-aineen kuten maidon kuljetukset saattavat vaikeutua tiestön kunnon huonontumisesta ja häiriöalttiudesta johtuen ja toimitusvarmuus näin heikentyä.

Kansainvälisistä muutoksista johtuen elintarvikkeiden vientikysyntä saattaa Suomessakin pidemmällä aikavälillä kasvaa kuivuudesta kärsivien alueiden elintarviketuotannon edelleen heikentyessä. Elintarvikkeiden kysyntä voi myös kasvaa monien alueiden väestön vaurastumisen sekä muuttuvien elin- ja ruokailutottumusten seurauksena, ei niinkään ilmastonmuutoksen takia.

Rakennusaineteollisuus ja rakentaminen

Ilmastonmuutos saattaa vaikuttaa rakennusten suunnitteluun ja materiaalivalintoihin johtuen sääolosuhteiden muuttumisesta ajan mittaan (routa, sade, kosteus, myrskyt, lumikuormat). Myös lisääntyvä tuulisuus vaikuttanee työturvallisuuteen ja rakenteiden kestävyyteen.

Muut toimialat

Suoria ilmastonmuutosvaikutuksia näillä toimialoilla ei näyttäisi olevan. Vaikutukset tulevat pääasiassa globaalista taloudesta globaalimarkkinoiden muutosten seurauksena. Ilmastonmuutos voi myös tuoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia palvelualalle ja teollisuuteen.

Taulukko 3.10. *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista teollisuudelle Suomessa. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä. Jotkut vaikutuksista ovat selkeitä etuja tai haittoja, mutta toisten vaikutusten suunta on vielä epäselvä tai vaikutuksen suunta riippuu ilmastonmuutoksen voimakkuudesta.*

Haitta	Vaikutuksen suunta epävarma tai sekä haitta että etu	Etu
– Teollisuuden logistiikka voi vaikeutua liikenneolosuhteiden hankaloitumisen seurauksena – Puuraaka-aineen saatavuudessa voi esiintyä entistä suurempia ajallisia vaihteluja	• Ilmastonmuutoksen vaikutus maailmantalouteen määräävä tekijä teollisuudelle • Puulajien osuuksien ja puun laadun muuttuminen	+ Kotimaisten raaka-aineiden, puun ja maataloustuotteiden saatavuus voi lisääntyä

3.2.4. Energia

Energiasektori Suomessa

Suomen energiapolitiikalla on kolme lähtökohtaa: energian saatavuuden turvaaminen, energian kilpailukykyinen hinta ja syntyvien päästöjen pitäminen sitoumusten rajoissa. Erityisesti kasvihuonekaasupäästöjen saattaminen Kioton pöytäkirjan velvoitteiden tasolle on korostunut viime vuosien energiapolitiikassa. Muita energiapolitiikkaan vaikuttavia tavoitteita ovat ympäristöhaittojen vähentäminen ja kestävän kehityksen periaatteisiin sopeutuminen. Lisäksi tuontienergian hinta- ja saatavuusnäkymät sekä lisääntynyt kansainvälinen päätöksenteko vaikuttavat energiapolitiikkaan. EU:n jäsenyyden aikana energiasektorille on myös ollut tunnusomaista energiamarkkinoiden avaaminen.

Noudatettava energiapolitiikka on perustunut erikseen laadittuihin asiakirjoihin, erityisohjelmiin ja kansainvälisiin sopimuksiin. Energiapolitiikan ajankohtaiset painopisteet on kirjattu hallitusohjelmiin.

Suomessa energia-alan toimijoita ovat perinteisesti olleet valtion omistamat erilliset voimantuotantoyhtiöt, kuntien omistamat jakelusähkölaitokset ja energiayhtiöt sekä teollisuuden omistamat voima- ja lämpölaitokset. Viimeisen kymmenen vuoden aikana erityyppisten yhtiöiden omistussuhteet ja myös roolit energiakentässä ovat muuttuneet ja osin sekoittuneet. Myös useita ulkomaisia energiayhtiöitä on tullut Suomen energiamarkkinoille.

Toiminnallisesti energiasektori voidaan jakaa ainakin seuraaviin lohkoihin: sähköntuotanto; tuonti, -jakelu ja -siirto, maakaasun tuonti, siirto ja jakelu, teollisuuden oma lämmön ja höyryn tuotanto, taajamien lämmöntuotanto ja kaukolämmitys, hiilen, öljyn ja liikennepolttoaineiden tuonti, öljynjalostus sekä turpeen ja puupolttoaineiden tuotanto ja kuljetus.

Energiasektorin erityislainsäädäntöä ovat sähkömarkkinalaki, maakaasumarkkinalaki, ydinvoimalaitoksia koskeva lainsäädäntö, energiaverolainsäädäntö sekä energiatehokkuuteen liittyvä lainsäädäntö. Uusin tulokas on tänä vuonna voimaan tullut EU:n sisäiseen päästökauppaan liittyvä päästökauppalainsäädäntö, joka koskee erityisesti energia-alaa, mutta myös erinäisiä muita toimialoja. Huoltovarmuuden osalta energia-alaa säätelevät lait huoltovarmuuden turvaami-

sesta ja tuontipolttoaineiden velvoitevarastoinnista sekä kansainväliset sopimusjärjestelyt kuten öljyn varastointia ja toimintaa saatavuuskriiseissä koskeva IEP-sopimus (International Energy Program). Energia-alan toimintaa säätelevät lisäksi lukuisat muut lait, kuten ympäristölainsäädäntö (muun muassa ympäristölupa ja päästöt ilmaan, veteen ja maahan; maankäyttö- ja rakennuslaki), kilpailulait ja paineastialainsäädäntö.

Energia-alalla keskeinen toimivaltainen operatiivinen viranomainen on energiamarkkinavirasto. Säteilyturvakeskus valvoo ydinvoimalaitosten käytön turvallisuutta. Energia-alan erityislainsäädännön valmistelee yleensä kauppa- ja teollisuusministeriö. Huoltovarmuuskeskuksen toimialueena on mm. energiahuollon varautuminen poikkeusoloihin ja erilaisiin häiriötilanteisiin.

Energiasektorin kehitysnäkymiä

Suomessa energia kulutetaan pääasiassa lämpönä, sähkönä ja liikenteen polttoaineina. Seuraavista kuvista ja taulukoista käy ilmi Suomen energian kulutuksen ja tuotannon rakenne ja trendit vuoteen 2020. Katsaus perustuu laajempaan skenaariotarkasteluun, joka perusoletuksineen on julkaistu valtioneuvoston 19.8.2004 hyväksymän kansallisen kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien jakosuunnitelman (NAP, National Allocation Plan) liitteenä 1. Tarkastelun runkona on ns. WM -skenaario (With Measures). Skenaario ei sisällä mitään oletuksia ilmastonmuutoksen vaikutuksista lämmitystarpeeseen tai energian tuotantoon.

WM (With Measures) -skenaarion energiataloudellisia perusoletuksia

- Tarkastelu on suoritettu ilman kasvihuonekaasujen päästökaupan mahdollisia vaikutuksia.
- Nykyisiä toimenpiteitä energian säästämiseksi ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi jatkettaisiin likimain nykyisellä intensiteetillä. Lisäksi oletetaan että näissä toimenpiteissä onnistutaan.
- Energian hankinnan osalta merkittävimmät oletukset ja lähtökohdat ovat seuraavat:
  - vesivoiman tuotanto ei kasvaisi
  - uusi ydinvoimalaitos valmistuisi vuonna 2009
  - sähkön tuonti vähenisi nykyisestä
  - maakaasuverkosto laajenee vuosikymmenen vaihteeseen mennessä Turun seudulle
  - puun kilpailukyky paranee hiljakseen
  - sähkön ja lämmön yhteistuotanto kasvaa hiljakseen kaukolämpökuorman ja teollisuuden lämmöntarpeen kasvun mukana ja laitoskannan uusiutuessa
  - yhteistuotannossa kaasu on luonnollinen polttoaine uusissa laitoksissa maakaasun jakelualueella, muualla puu voittaa alaa turpeelta.
  - uusissa lauhdutusvoimalaitoksissa, jotka korvaavat nykyistä kapasiteettia, polttoaineena on sekä kaasua että hiiltä
  - lämmitysvalinnoissa energialähteiden osuudet pysyvät suurin piirtein nykyisinä
  - polttoaineiden maailmanmarkkinahintojen on oletettu pikkuhiljaa nousevan reaalisesti, öljyn ja kaasun hinnan eniten, hiilen hinnan hitaammin.

Taulukko 3.11. Sähkön kulutus sektoreittain WM-skenaariossa, TWh.

Kulutussektori	1990	2002	2010	2020
Metsäteollisuus	19,1	26,1	30,6	34,7
Muu teollisuus	13,5	18,2	21,1	22,7
Lämmitys	6,3	8,8	9,0	9,6
Kotitalous	8,9	12,1	13,4	14,7
Palvelut	9,8	13,7	15,4	16,8
Muut sektorit [1]	1,9	1,7	1,6	1,6
Kulutus yhteensä	59,4	80,6	91,2	100,3
Häviöt	2,9	2,9	3,0	3,0
Kokonaiskulutus	**62,3**	**83,6**	**94,2**	**103,3**

[1] Sisältää maatalouden, talonrakennuksen ja liikenteen sähkön kulutuksen

Sähkön kokonaiskulutus, sisältäen sähkön siirron ja jakelun häviöt, kasvaa vuoden 2002 83,6 TWh:sta noin 94 TWh:iin vuoteen 2010 mennessä ja noin 103 TWh:iin vuoteen 2020 mennessä. Keskimääräinen vuotuinen kasvu on noin 1,2 prosenttia, eli hieman enemmän kuin primäärienergian kulutuksen kasvu.

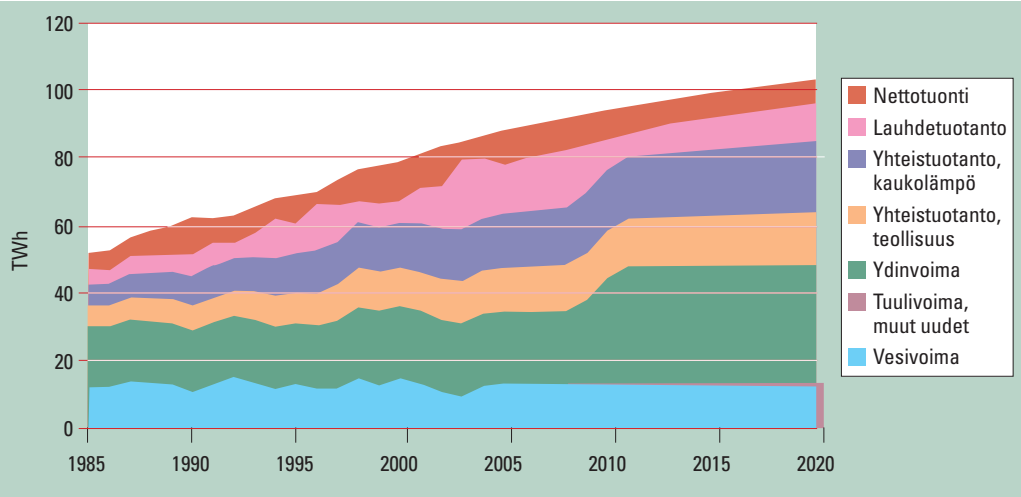
Vuosien 2002–2010 välillä sähkön kokonaiskulutus kasvaa WM-skenaarion oletuksilla noin 10 TWh ja vuosina 2010–2020 vajaa 10 TWh. Koko tarkasteluperiodin aikana sähkönkulutus kasvaisi siten noin neljänneksellä nykytasosta.

Teollisuuden osuus sähkön kokonaiskulutuksen kasvusta on runsas puolet, mikä vastaa teollisuuden nykyistä osuutta sähkönkulutuksesta. Metsäteollisuuden sähkönkulutus kasvaisi reilu 4 TWh vuoteen 2010 mennessä ja noin 4 TWh vuosina 2010–2020. Metallien valmistuksessa sähkönkulutuksen kasvu olisi nopeaa vuosina 2000–2010 tuotantokapasiteetin kasvun vuoksi, mutta kasvu hidastuisi selvästi tarkastelujakson toisella osuudella. Vähän energiaa käyttävillä teollisuuden toimialoilla sähkön käyttö lisääntyisi myös selvästi, koska tuotannon kasvu on keskimääräistä nopeampaa.

Palvelutoimialojen tuotanto kasvaa suhteellisen voimakkaasti, mikä näkyy myös sähkönkulutuksen huomattavana kasvuna WM-skenaariossa. Lämmitykseen käytetyn sähkön määrä kasvaa koko tarkastelukaudella noin 0,8 TWh.

Kuvassa 3.3 on esitetty sähkön hankinnan rakenne. Uuden ydinvoimayksikön oletetaan aloittavan toimintansa vuonna 2009, mikä näkyy ydinvoimatuotannon

merkittävänä kasvuna vuosikymmenen vaihteessa. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto lisääntyy sekä yhdyskunnissa että teollisuudessa. Konventionaalisen lauhdutusvoiman tuotanto kasvaa, ollen vuonna 2020 jo noin 11 TWh, kun se 1990-luvulla on keskimäärin ollut alle 5 TWh. Sähkön nettotuonti laskee 7 TWh:iin. Vesivoiman tuotanto säilyy likimain nykytasolla. Tuulivoiman ja muiden uusien sähköntuotantomuotojen määrä lisääntyy ja ylittää 0,5 TWh vuonna 2020.



Kuva 3.3. *Sähkön hankinta tuotantotavoittain WM-skenaariossa, TWh.*

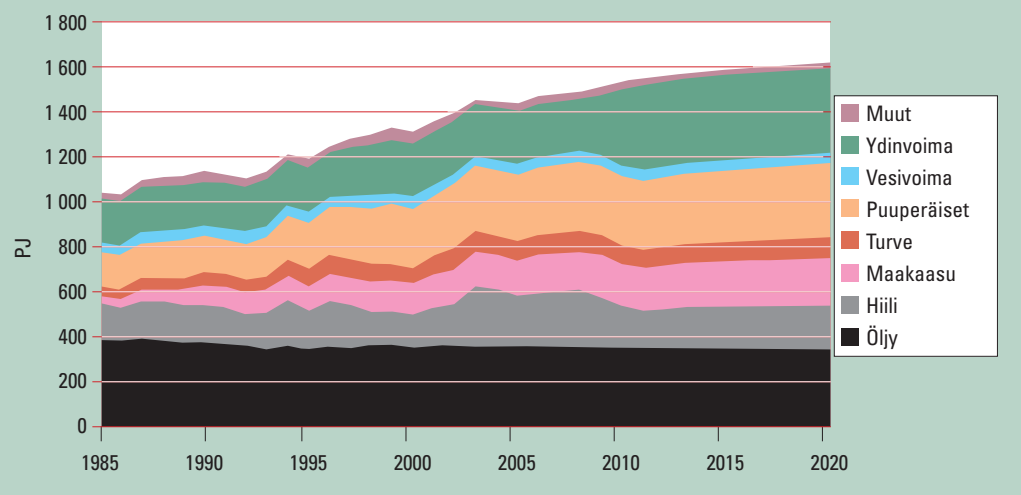
Taulukko 3.12. *Sähkön hankinta tuotantotavoittain WM-skenaariossa, TWh*

Tuotantotapa	1990	2002	2010	2020
Vesivoima	10,8	10,6	12,8	12,8
Tuulivoima, muut uudet	0,00	0,06	0,38	0,69
Ydinvoima	18,1	21,4	31,1	34,6
Yhteistuotanto, teollisuus	7,7	12,3	14,3	15,9
Yhteistuotanto, kaukolämpö	8,5	14,9	18,0	20,9
Lauhdutusvoima [1]	6,6	12,4	9,1	11,3
Nettotuonti	10,7	11,9	8,5	7,0
Yhteensä	**62,3**	**83,6**	**94,2**	**103,3**

[1] Sisältää kaasuturpiinit

Primäärienergian kokonaiskulutus kasvaa vuoden 2002 noin 1 400 PJ:sta noin 1 540 PJ:een vuoteen 2010 mennessä ja edelleen noin 1 630 PJ:een vuoteen 2020 mennessä. Kulutuksen kasvuvauhti aikaisempiin vuosiin nähden hidastuu selväs-

ti. Keskimääräinen vuosikasvu välillä 2002–2020 on yksi prosentti vuodessa, kun se vuosina 1985–2001 oli runsaat kaksi prosenttia vuodessa.



Kuva 3.4. *Energian kulutus primäärienergialähteittäin WM-skenaariossa, PJ.*

Energiankulutus primäärienergialähteittäin on esitetty kuvassa 3.4 ja taulukossa 3.13. Öljyn, vesivoiman ja ydinvoiman käyttö energialähteenä pysyy määrältään lähes nykyisen suuruisena. Merkittävimmin kasvavat WM-skenaariossa maakaasun ja puuperäisten polttoaineiden käyttö. Turpeen kulutus ja sähkön tuonti alenevat määrällisesti. Eri energialähteiden suhteelliset osuudet energiataseessa näkyvät taulukossa 3.14.

Taulukko 3.13. *Energian kulutus primäärienergialähteittäin WM-skenaariossa, PJ.*

Energialähde	**1990**	**2002**	**2010**	**2020**
Öljy yhteensä	376	360	354	351
Hiili, koksi, masuuni- ja koksaamokaasut	167	187	179	191
Maakaasu	91	155	194	215
Ydinvoima	198	233	339	378
Sähkön nettotuonti	39	43	31	25
Vesi- ja tuulivoima	49	38	46	46
Turve	56	88	81	87
Puunjalostusteollisuuden jäteliemet	86	145	155	164
Muu puunkäyttö	81	151	156	169
Yhteensä	**1 141**	**1 401**	**1 535**	**1 626**

Taulukko 3.14. Eri energialähteiden osuudet primäärienergiasta WM-skenaariossa, %.

Energialähde	2002	2010	2020
Öljy	25,7	23,1	21,6
Hiili, koksi, masuuni- ja koksaamokaasut	13,4	11,7	11,7
Maakaasu	11,0	12,6	13,2
Ydinvoima	16,7	22,1	23,2
Sähkön nettotuonti	3,1	2,0	1,6
Vesivoima	2,7	3,0	2,8
Turve	6,3	5,3	5,4
Puuperäiset polttoaineet	10,4	10,1	10,1
Muut	10,7	10,1	10,4
Yhteensä	**100**	**100**	**100**

Fossiilisista polttoaineista öljyn osuus kokonaisenergiasta laskee WM-skenaariossa voimakkaasti. Sen sijaan maakaasun osuus kasvaa 2 prosenttiyksiköllä. Kivihiilen ja jätekaasujen osuus säilyy jotakuinkin nykyisellä tasollaan. Ydinvoiman osuus nousee nykyisestä vajaasta viidenneksestä reiluun viidennekseen. Puuperäisten polttoaineiden osuus kokonaisenergiasta noudattelee metsäteollisuuden kehitystä. Metsähakkeen osuus kuitenkin kasvaa.

Energian maailmanmarkkinoiden yleisnäkymät

Kansainvälinen energiajärjestö IEA arvioi julkaisussaan World Energy Outlook 2004 maailman energian tarjonnan ja kysynnän kehitysnäkymiä vuoteen 2030 asti. IEA:n näkemyksen mukaan nykyisen energiapolitiikan jatkuminen (Reference Scenario) eri maissa johtaa energian kysynnän kasvuun lähes 60 %:lla vuoteen 2030 mennessä ja kasvava kysyntä tyydytettäisiin pääosin fossiilisilla energialähteillä. Tällöin myös hiilidioksidipäästöt kasvaisivat vastaavasti. Energiavarat eivät aseta rajoituksia tälle kasvulle. Sen sijaan epävarmuutta liittyy kustannuksiin, joilla tämä energia on tuotettavissa. IEA:n arvion mukaan ainoastaan merkittävillä teknologisilla läpimurroilla maailman energiatalous voidaan saattaa kestävälle uralle.

Energian maailmankaupan arvioidaan kasvavan huomattavasti. Esimerkiksi energian vienti OECD:n ulkopuolisista maista OECD-maihin kasvaisi 80 % vuoteen 2030. Myös kauppa eri maaryhmien sisällä kasvaa, IEA näkee kaupan kasvun

johtavan entistä suurempiin huoltovarmuusriskeihin. Maailma olisi entistä haavoittuvampi eri syistä johtuville toimitushäiriöille.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset energiasektoriin

Ilmastonmuutoksella tulee olemaan monia vaikutuksia energiasektorilla, mutta energiasektorin kannalta paljon oleellisemmat vaikutukset tulevat ilmastonmuutoksen hillintään tähtäävistä toimista. Energiasektori on suurin kasvihuonekaasupäästöjen lähde.

Yleisiä vaikutuksia mm. lämmitystarpeeseen

Ilmastonmuutoksen seurauksena energian kysynnän kausivaihtelut näyttäisivät jossain määrin pienenevän: lämmitysenergian tarve vähenee yleisesti talvella ja jäähdytysenergiantarve tarve kasvanee kesällä. Vastapainesähkön tuotanto saattaa talviaikaan edellä mainituista syystä hieman pienentyä yhteistuotantolaitoksissa. Toisaalta myös tulevaisuudessa esiintynee pitkiäkin kylmiä kausia sisältäviä talvia ja kesäaikana on kuumia jaksoja, joten myös kysyntähuippuihin on edelleen varauduttava. Vesistöjen keskilämpötilan nousu aiheuttanee Suomen lauhdutusvoimalaitoksille pienen hyötysuhteen alenemisen ja vähentää hieman näissä laitoksissa tuotetun sähkön määrää.

Sähkön siirto ja jakelu

Yhteiskunta on nykyisin erittäin riippuvainen sähkönjakelujärjestelmän toimivuudesta ja riippuvuus tuskin ainakaan vähenee tulevaisuudessa. Häiriöt sähkönjakelussa aiheuttavat katkoksia myös muissa teknisissä järjestelmissä kuten veden- ja lämmönjakelussa, jätevesihuollossa sekä tietoliikenteessä.

Ilmastonmuutoksen aiheuttamien ääri-ilmiöiden lisääntyminen on ilmeinen uhka sähkönjakelujärjestelmän toimivuudelle. Ilmajohtojen alttius vahingoittumiselle voi myrskyjen ja ehkä myös johtolinjoihin kertyvän jään vuoksi lisääntyä. Toisaalta jo nykyinen suuntaus etenkin jakelujohtojen osalta on ilmajohdoista maakaapeleihin ainakin taajamissa. Lisäksi energiainfrastruktuuria saattaa jossain määrin uhata nopeampi kuluminen tai heikentyminen vaihtelevien sääolosuhteiden takia (esimerkiksi lämpötila ja sadanta).

Vesivoima

Sähkön tuotanto vesivoimalla perustuu jokien keskivirtaamiin, koskien putouskorkeuksiin, vesivoimaloiden patoallasten tilavuuksiin ja luvanvaraisiin vedenkorkeuden säännöstelyrajoihin.

Teoreettinen vesivoimapotentiaali kasvaa Suomessa sademäärien lisääntyessä, mutta toisaalta ilmaston äärevöityminen voi kuivien jaksojen myötä aiheuttaa tuotannon alentumisjaksoja. Myös runsaiden sateiden aikana voidaan ohijuoksutusta joutua lisäämään ja sekin vähentää sähkön saantoa.

Vuoden valuntasummat ja valunnan vuotuinen jakauma muuttuvat ja tulvien ennustaminen vaikeutuu, mikä asettaa uusia vaatimuksia sekä tulvantorjunnalle että vesivoimalaitosten optimaaliselle käytölle. Yleisesti talvivalunta kasvaa lisääntyneen sadannan ja lumen talviaikaisen sulamisen takia, mutta paikallisia eroja tulee olemaan merkittävästi. Myös veden ohijuoksutustarve saattaa lisääntyä ja sademäärän kasvu ei välttämättä vastaavalla tavalla lisää vesivoimalaitosten tuottaman energian määrää. Kevätvalunta puolestaan vähenee lumimäärän vähenemisen takia, mikä myös vaikuttaa vesivoiman tuotantoon ja käytettävyyteen. Kesävalunta voi vähentyä tai kasvaa riippuen haihdunta-sadannan suhteesta. Yleisesti ottaen vesivoimatuotannon ennakoitavuus siis näyttäisi heikkenevän.

Pohjoismaiden yhteisistä energiamarkkinoista ja Nordpool-sähköpörssistä johtuen myös mahdolliset muutokset muiden pohjoismaiden, etenkin vesivoimavaltaisten Norjan ja Ruotsin tilanteessa, saattavat vaikuttaa merkittävästi myös Suomen energiamarkkinoihin.

Turve

Suomessa energiaturvetta, joko jyrsin- tai palaturvetta tuotetaan kesäkuukausien poutapäivinä traktorikalustoa käyttäen soilta, joiden turvekerroksen paksuus tyypillisesti on noin 2–4 metriä ennen suon ojittamista. Turvetuotantomenetelmissä kerralla tuotantokentän pintaan irrotettu ohut turvekerros kuivataan sopivaan kosteuteen auringon lämmön avulla 2–3 poutapäivän aikana, ja siirretään sitten suon syrjään varastoaumaan. Suomen turvetuotantomenetelmät ovat varsin sääherkkiä ja niinpä sateisina kesinä turvetuotanto laskee ja kuivina kesinä kasvaa. Koska arviot ilmastonmuutoksen vaikutuksista kesien sateisuuden lisääntymiseen

ja kuivien kausien pituuteen ovat hyvin epävarmoja, ei kokonaisvaikutuksia turvetuotantoonkaan ole selkeästi pääteltävissä. Osaltaan turvetuotantoon vaikuttaa positiivisesti myös mahdollinen lämpenemisestä seuraava turvetuotantokauden piteneminen. Tuotettavan turpeen kokonaismäärää voidaan säädellä myös mm. edellisenä syksynä tuotantovalmiuteen kunnostettujen suohehtaarien määrällä, mutta tämä on turvetuottajille kustannuskysymys.

Bioenergia

Metsien ja myös peltobiomassan kasvu lisääntyy lisääntyneen hiilidioksidin, sadannan ja kohonneen lämpötilan takia, ja näin myös energiakäyttöön mahdollisesti tulevan biopolttoaineen määrä kasvaa. Toisaalta esimerkiksi kuljetusolosuhteet saattavat heikentyä ja vaikuttaa negatiivisesti biomassan saatavuuteen.

Tuulivoima

Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomen tuulioloihin ovat varsin epävarmoja ja arviot osin erisuuntaisiakin, joten kokonaisvaikutuksia tuulivoiman tuotantoon on vaikea arvioida. Myrskytuulien ja heikkotuulisten jaksojen lisääntyminen voivat jopa heikentää tuotantoedellytyksiä. Tuulivoimalat rakennetaan yleensä aivan meren rannikolle, saaristoon tai tuntureille. Jatkossa tultaneen kuitenkin suosimaan erityisesti meren matalikoille suuntautuvaa offshore-tuulivoimalapuistojen rakentamista.

Aurinkoenergia

Ilmastonmuutoksen vaikutuksista suoran aurinkoenergian hyödyntämiseen ei toistaiseksi ole täyttä varmuutta. Aurinkosähkön ja aurinkolämmön lisäämisen keskeinen este on toistaiseksi ko. teknologioiden yksikkökustannusten kalleus (sentti / kehitetty kWh sähköä) verrattuna muihin energiantuotantotapoihin. Passiivisen aurinkoenergian hyödyntämistä voidaan lisätä jo nyt mm. kiinnittämällä huomiota rakennusten sijoittamiseen suhteessa ilmansuuntiin ja maastomuotoihin.

Hiili- ja ydinvoima sekä maakaasu

Hiilivoima-, ydinvoima- ja maakaasusektoreilla ei ilmastonmuutoksella näyttäisi olevan suoria vaikutuksia, lukuun ottamatta aiemmin mainittua lauhdutusvoima-

loiden pientä hyötysuhdeheikentymistä. Toisaalta juuri ilmastonmuutoksesta johtuen on pohdittu, miten sähköntuotantoa hiilivoimalla voitaisiin rajoittaa taikka saada merkittävästi vähäpäästöisemmäksi. Ydinvoimalla ei kasvihuonekaasupäästöjä ole rasitteenaan ja maakaasulla ne ovat merkittävästi hiiltä pienemmät.

Taulukko 3.15. *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista energia-alalla Suomessa. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä. Jotkut vaikutuksista ovat selkeitä etuja tai haittoja, mutta toisten vaikutusten suunta on vielä epäselvä tai vaikutuksen suunta riippuu ilmastonmuutoksen voimakkuudesta.*

Haitta	Vaikutuksen suunta epävarma tai sekä haitta että etu	Etu
– Vesivoimatuotannon ennakoitavuus heikkenee jossain määrin. – Turvetuotanto hankaloituu sateisina kesinä. Turvetuotannon ennustettavuus saattaa heikentyä entisestään. Tiestön kunto saattaa heikentyä. – Heikkenevä tiestön kunto saattaa haitata myös puu- ja peltobiomassojen energiakäyttöä. – Vastapainesähkön osuus voi pienentyä hieman. Jäähdytyksen ja ilmastoinnin energiankäyttö kesäaikaan saattaa lisääntyä.	• Keskilämpötilan nousu ja lämmitystarpeen pieneneminen	+ Vesivoimalla tuotetun energian määrä kasvaa. + Turvetuotanto voi nousta kuivina kesinä ja tuotantokauden pidentyessä. + Energiakäyttöön tulevien puu- ja peltobiomassojen kasvu lisääntynee. + Energian kulutus lämmityksessä vähenee. Kysynnän kausivaihtelut voivat hieman tasaantua. + Jäähdytystarpeen kasvu voitaneen osin hyödyntää vastapainesähkön tuotannossa.

3.2.5. Liikenne ja tietoliikenne

Liikenne ja tietoliikenne Suomessa

Liikennejärjestelmän muodostavat liikenneväylät, terminaalit, liikenteen ohjausjärjestelmät ja liikenteen palvelut. Niitä suunniteltaessa, rakennettaessa ja ylläpidettäessä pyritään turvaamaan liikennöitävyys, kunto, turvallisuus ja häiriöttömyys sekä palvelujen laatu ja ympäristönäkökohtien huomioon otto siten, että ne vastaavat yhteiskunnan tarpeita. Tavoitteena on pitkäjänteinen liikenneväylien ylläpito ja kehittäminen. Lisäksi liikennepolitiikan tavoitteita ovat joukkoliikenteen toimintaedellytysten ja palvelujen parantaminen, liikenneturvallisuuden edistäminen, kauppamerenkulun palvelutason turvaaminen sekä pyrkimys alustonniston kilpailukyvyn turvaamiseen suhteessa tärkeimpiin kilpailijamaihin.

Suomen kaikkien liikenneväylien ja -terminaalien arvo on noin 30 miljardia euroa, josta valtion osuus on noin 19 miljardia euroa. Liikenneväylien yhteispituus on kaikkiaan 470 000 km. Liikenneväyliin lasketaan yleiset tiet, kadut, kaavatiet, yksityiset tiet, rautatiet, vesitiet, metro sekä raitiotiet. Lentoasemia on Suomessa 27 kappaletta (Taulukko 3.16)

Taulukko 3.16. *Liikenneverkkojen pituudet Suomessa. Lähteet: [1]Yleiset tiet 1.1.2004. Tiehallinnon tilastoja 2/2004. [2]LVM:n julkaisuja 8/2004 Liikenneväylapolitiikan linjauksia vuosille 2004–2013. Taustaselvitys. [3]Finland's third report under the framework convention on climate change. 2001.*

Liikenneväylät	Määrät (km tai kpl)
Yleiset tiet[1] Valtatiet Kantatiet Muut maantiet Paikallistiet Sillat Yksityiset tiet[2] Pyörätiet[3] Kadut	78 137 8 574 4 686 28 437 36 441 13 979 kpl 350 000 11 000 (yleisten teiden yhteydessä 4 508) 26 000
Rautatiet[3]	5 836
Vesireitit[3]	16 000 (Merenkulkulaitoksen ylläpitämät väylät)
Lentoasemien lukumäärä[3]	27 kpl

Suomessa on 78 137 km **yleisiä teitä** ja 350 000 km **yksityisiä teitä**. Vuonna 1989 yksityisistä teistä hyväkuntoisia arvioitiin olevan 73 %, mutta vuonna 1999 enää

27 %. Yleisen tieverkoston silloista 50 % on lähivuosina peruskorjausiässä. Yksityisteiden valtionavustukset vähenivät merkittävästi vuonna 1994, ja teiden kunto on tämän jälkeen ollut laskussa. Teiden rakenteellisen kunnon kannalta tärkeitä töitä, mm. ojien ja rumpujen kunnostuksia on jätetty vähemmälle.

Suomen yleisten teiden liikenteen ennustetaan kasvavan 24 % vuosina 2002–2030. Koska väestömäärä Tilastokeskuksen ennusteen mukaan jatkaa kasvuaan tämänkin jälkeen, arvellaan myös liikennemäärän kasvun jatkuvan vuoteen 2050 saakka. Väestön keskittyminen asutuskeskuksiin tulee lisäämään pääteiden liikennettä muiden teiden kustannuksella. Paikallistiet ja yksityistiet säilyvät kuitenkin keskeisinä liikenneväylinä harvaanasutuilla seuduilla. Alueellisesti liikennemäärien kehityksessä on suuria eroja. Ylivoimaisesti suosituin matkustusmuoto Suomessa on henkilöauto. Matkoista noin 54 prosenttia (henkilökilometreistä 74 prosenttia) tehdään yksityisautolla. Julkisen liikenteen osuus matkoista on yhdeksän prosenttia ja henkilökilometreistä noin 16 prosenttia. Maantieliikenteen kuljetussuorite on vuodesta 1958 lähtien ollut suurin. Vuonna 2002 kotimaan tavaraliikenteen kuljetussuorite oli 41,9 mrd. tonnikilometriä, josta maantieliikenteen osuus oli 29,0 mrd. tkm (69 %), rautatieliikenteen 9,7 mrd. tkm (23 %), laivaliikenteen 2,9 mrd. tkm (7 %) ja uiton 0,3 mrd. tkm (1 %). Maantieliikenteen kuljetuksista merkittävän osan muodostaa puutavarankuljetus.

Rautatieverkosto on Suomessa Euroopan laajin asukasta kohti laskettuna. Ratahallintokeskuksen vastuulla on huolehtia, että maakuntakeskusten välillä on mahdollisimman toimivat henkilöliikenneyhteydet ja että rataverkon kunto mahdollistaa kustannustehokkaat ja täsmälliset tavarakuljetukset. Tulevaisuuden rataverkko tukee maan eri osien kehittämistä sekä henkilö- että tavaraliikenteen välittäjänä. Rataverkkoa on tarkoitus kehittää niin, että se mahdollistaa junaliikenteen lisäämisen ja matka-aikojen lyhenemisen sekä raskaat teollisuuden edellyttämät tehokkaat kuljetukset.

Suomessa tavaraliikenteen kehitys rataverkolla nähdään valoisana, samoin henkilöliikenteen kehitys erityisesti pääkaupunkiseudulla. Kotimaisen kaukoliikenteen kasvupotentiaali on junaliikenteen nopeutumisessa, mikä lisää junaliikenteen osuutta kulkumuotona. Ympäristökysymyksistä johtuvat mahdolliset henkilöauto- tai lentoliikennettä koskevat hinnoittelu- tai muut toimet lisäisivät toteutuessaan merkittävästi junaliikenteen kysyntää. Matkakeskusten syntyminen eri

puolelle Suomea luo liikennejärjestelmään solmukohtia, jotka edistävät eri liikennemuotojen kytkentää.

Tavaraliikenteen näköpiirissä olevia muutoksia ovat Helsingin satamien siirtyminen Vuosaareen sekä logistiikkakeskusten kehittäminen. Näiden muutosten odotetaan lisäävän erityisesti ulkomaan kuljetuksia rautateillä. Kansainvälisten yhteyksien merkitys korostuu erityisesti Viron EU-jäsenyyden ja Pietarin alueen talouskehityksen myötä. Helsingin ja Pietarin välisen junaliikenteen matkustajamäärän arvioidaan kasvavan moninkertaiseksi nykyisestä.

Meriliikenne on Suomen ulkomaankaupan tärkein kuljetusmuoto. Suomen viennistä noin 90 prosenttia ja tuonnista noin 70 prosenttia kuljetetaan meriteitse. Satamaverkosto on tiheä, mutta satamat ovat pieniä ja tavaravirrat ovat jakautuneet moniin satamiin. Ympärivuotisesti avoinna pidettäviä satamia on 23 kappaletta. Pohjanlahden satamat tarvitsevat jäänmurtajia puolen vuoden ajan ja Suomenlahden satamat kolmen kuukauden ajan. Muun muassa kilpailijamaita pitempien kuljetusetäisyyksien vuoksi Suomen meriliikenteen kehittäminen ja kilpailukyvyn takaaminen on tärkeää. Tällä hetkellä noin 800 km kauppamerenkulun väylästöä on huonokuntoista. Merenkulkulaitos vastaa kauppamerenkulun ja muun vesiliikenteen toimintaedellytyksistä.

Lentoliikenteellä on maamme syrjäisen sijainnin takia suuri merkitys kansainvälisille yhteyksille. Vuonna 2003 Suomen lentoasemien kautta kulki yli 13 miljoonaa lentomatkustajaa. Reittiliikenteen matkustajamäärät ovat koti- ja ulkomaan liikenteen osalta samaa suuruusluokkaa. Viennin arvosta noin 14 prosenttia kuljetetaan lentoteitse. Kansainvälisestä lentoliikenteestä 95 % tapahtuu Helsinki-Vantaan lentokentän kautta. Lentoliikenteen kysyntä tulee kasvamaan väestön tulotason ja vapaa-ajan lisääntymisen myötä. Pidemmällä tulevaisuudessa matkustajamäärän ennakoidaan kasvavan jopa 20 miljoonaan matkustajaan vuodessa. Kysyntä seuraa voimakkaasti kansantalouden kasvun vaihteluita. Lentojen määrän arvioidaan kaksinkertaistuvan Suomessa parissa kymmenessä vuodessa.

Tietoliikenneverkot voidaan jakaa laajakaista-, matkapuhelin- ja televisioverkkoihin sekä viranomaisverkkoon (VIRVE) ja teletoimintaan. Nopeat, välityskykyiset ja turvalliset verkot ovat tuottavan ja kilpailukykyisen sekä sosiaalisesti ja alueellisesti tasa-arvoisen tietoyhteiskunnan välttämätön edellytys. Suomessa oli

vuonna 2002 4,1 miljoonaa matkapuhelinta ja 2,4 miljoonaa internetin käyttäjää. Liikennetelematiikka tarkoittaa tieto- ja viestintätekniikan soveltamista henkilö- ja tavaraliikenteessä. Keskeisenä tavoitteena on huolehtia kansalaisten ja elinkeinoelämän matkustus- ja kuljetustarpeista sujuvasti, turvallisesti ja tehokkaasti. Vuoteen 2010 mennessä on tarkoitus kehittää verkostoa niin, että käytettävissä on sähköisessä muodossa tietoa, joka auttaa esimerkiksi kiertämään ruuhkat, löytämään parhaat joukkoliikenneyhteydet ja nopeuttamaan tavarankuljetusta.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset liikenteeseen

Muutokset liikennekäyttäytymisessä

Ilmastomuutoksen vaikutukset kohdistuvat koko liikennejärjestelmään, mutta niiden merkittävyys vaihtelee liikennemuodoittain. Ilmastonmuutos vaikuttaa eri liikennemuotojen toimintaedellytyksiin ja houkuttelevuuteen. Tämän lisäksi vaikutukset muilla sektoreilla välittyvät liikennepalveluiden kysyntään. Pyöräilyn ja jalankulun olosuhteiden voidaan arvioida lämpötilan kohotessa keskimäärin parantuvan, mutta ajoittain olosuhteet voivat muuttua hyvinkin vaikeiksi tuulisuudesta, rankkasateista ja liukkaudesta johtuen. Jääpeitteisen kauden lyhentyminen lisää aallokon ankaruutta kaikilla merialueilla ja erityisesti Perämerellä, koska tuulisimpana vuodenaikana meri tulee olemaan nykyistä enemmän avoimena. Sekä lentoliikenteessä että meriliikenteessä matkustajien kokema turvallisuuden tunne on merkittävin tekijä, johon ilmaston ääri-ilmiöt (tuulisuus, lisääntyvät myrskyt, pyörremyrskyt) voivat yleistyessään vaikuttaa.

Infrastruktuuri

Liikenneinfrastruktuurin suunnitteluratkaisut ja mitoitus perustuvat tiettyihin raja-arvoihin ja kuormituksiin, joiden suuruus ja toistuvuus on määritetty tai kestävyys on muutoin tarkistettu. Sekä tie- että rautatieverkoston suunnittelunormit eivät välttämättä päde tulevaisuudessa. Runsastuvien sateiden seurauksena pohjaveden pinta nousee. Lisäksi sateet aiheuttavat lisääntyvää eroosiota tieluiskissa ja siltojen keiloissa. Eritasoliittymien ja kuivatusjärjestelyjen toimivuus vaarantuu pohjaveden pinnan noustessa. Pienempien teiden ojat sekä silta- ja rumpurakenteet eivät ole mitoitetut suurille sademäärille. Ratapenkereiden ja teiden sortumisriski kasvaa sateiden ja tulvien aiheuttaman eroosion seurauksena. Myrskyjen mahdollinen lisääntyminen voi aiheuttaa myös uusia vaatimuksia satama- ja len-

tokenttärakenteille sekä ilmajohdoille perustetuille tietoliikenneverkoille. Sama saattaa koskea myös merenkulun turvalaitteita (voimakkaat tuulet, lisääntyvät ahtojäät). Ääri-ilmasto-olosuhteet tulevat joka tapauksessa lisäämään verkostojen huolto- ja korjaustarvetta.

Liikenneväyliä sivuavat tai niitä ympäröivät vesistöt ovat liikenteen aiheuttamien päästöjen takia herkkiä pilaantumiselle. Tulvat saattavat pahentaa ravinteiden sekä haitallisten aineiden kuormittavaa vaikutusta vesistössä. Tulvavesien mukana ravinteet yms. kulkeutuvat uusille alueille ja saattavat joutua käyttöveden piiriin. Lisähaittaa voivat aiheuttaa esimerkiksi vanhoja tukikohta-alueita, suolavarastoja tai muuten pilaantuneita maa-aineksia sisältäviä alueita huuhtovat tulvavedet.

Kunnossapito ja liikennöitävyys

Etelä- ja Lounais-Suomessa muutokset lumipeitteen kestossa ja paksuudessa vaikuttavat tie- ja raideliikenteen sekä lentokenttien talviajan kunnossapitoon. Jos lumipeitteen aika on noin kaksi kuukautta lyhempi, ja lumen syvyys keskitalvellakin noin kolmannes nykyisestä, näyttäisi seurauksena olevan kustannussäästöjä väylien ja kenttien talvihoitoon. Toisaalta siitä, että talvikuukausien sademäärästä merkittävä osa tulee vetenä, joka pakkasella jäätyy, aiheutuu lisää hankalia keliolosuhteita tieliikenteessä ja lentokentillä sekä mahdollisesti myös häiriöalttiutta raideliikenteen ohjauslaitteissa. Muuallakin Suomessa lumipeiteaika ja samalla talvihoidon kausi lyhenee nykyisestä syksyjen ja keväiden lämpenemisen takia.

Ilmaston odotettavissa oleva keskilämpötilan nousu, sateisuuden lisääntyminen ja äärisääolosuhteiden lisääntyminen voivat aiheuttaa vaikeuksia maantiekuljetuksiin ja väylien päivittäiselle liikennöitävyydelle. Keskimääräisen muutoksen lisäksi liikenteeseen vaikuttavat ilmaston ajallinen ja paikallinen vaihtelu ja ääri-ilmiöt. Nämä voivat aiheuttaa viivästyksiä sekä henkilöliikenteen että rahtiliikenteen aikatauluissa tieliikenteessä, rautatieliikenteessä, meriliikenteessä sekä lentoliikenteessä. Mahdollinen myrskyjen voimistuminen ja tuulisuuden lisääntyminen aiheuttavat erilaisia turvallisuusriskejä ja toimivuushäiriöitä. Kaatuneet puut ja vaurioituneet sähkölinjat sekä kinostuva lumi vaikeuttavat merkittävästi liikenneyhteyksiä, mikä voi olla kohtalokasta esimerkiksi tarvittavan avun perille saamisessa.

Lämpimien talvien on todettu lisäävän liukkaudentorjunnan tarvetta tieverkolla ja lentokentillä erityisesti rannikon tuntumassa. Ilmastomuutoksen myötä lämpenevä ilmasto säävaihteluineen siirtää tätä tarvetta sisämaahan ja pohjoiseen päin, joten kemikaalien avulla tapahtuva liukkaudentorjunta näyttäisi lisääntyvän koko valtakunnassa.

Arvion mukaan lämpenemisen seurauksena teiden ja lentokenttien kunnossapidon kustannukset tulisivat tammi-helmikuussa kohoamaan lisääntyvän lumenpoiston ja liukkauden torjunnan kustannusten vaikutuksesta. Sen sijaan marras-, joulu- ja maaliskuussa lauhtumisen seurauksena kustannukset pienenisivät, sillä etenkin marraskuussa sateet tulisivat vetenä, eikä lumenpoistosta aiheutuisi kustannuksia. Tarkasteltaessa koko talvikauden kustannuksia muutos tulisi olemaan pieni, koska alku- ja lopputalven alenevat kustannukset kompensoivat keskitalven kohoavat kustannukset. Roudan muutokset ovat erilaisia eri puolella maata, eikä routa välttämättä vähene joka puolella. Roudan talvisia puutavarakuljetuksia helpottava vaikutus saattaa jossain määrin vähentyä. Rankkasateet voivat aiheuttaa tulvia ja rikkoa tierakenteita. Erityisiä vaikeuksia tulee olemaan sorateiden kunnossapidossa.

Heinäkuun 2004 rankkasateiden vaikutus tieverkkoon

Sateet olivat Ilmatieteen laitoksen mukaan 27–28.7.2004 erityisen runsaita Uudellamaalla, Hämeessä, Keski-Suomessa, Savon maakunnissa sekä myös Oulun läänissä, jossa kahden vuorokauden yhteenlasketut sademäärät olivat monin paikoin yli 100 millimetriä. Tällaiset sadekertymät ovat jopa kaksinkertaisia heinäkuun keskimääräisiin kuukausisademääriin nähden. Rajut rankkasateet aiheuttivat vakavia vahinkoja kymmenille teille Keski-Suomessa ja Pohjois-Savossa. Keski-Suomen alueella melkein kaikilla sorateillä esiintyi sortumia ja 3–4 tietä oli poikki. Vantaanjoen pinta nousi sateiden myötä 177 cm, jonka vuoksi useita teitä jouduttiin sulkemaan liikenteeltä. Tievaurioiden korjauksista arvioidaan Tiehallinnon mukaan aiheutuvan jopa parin miljoonan euron kustannukset.

Uusilla ja peruskunnostetuilla pääradoilla ei nähdä välittömiä ongelmia ilmastonmuutoksen seurausvaikutuksena. Sen sijaan ongelmat saattavat nousta esille sivuradoilla, joissa lämpötilan kohoaminen saattaa lisätä onnettomuusriskiä helleaikoina. Rankkasateiden lisääntyminen saattaa paikoitellen aiheuttaa ratapenkan sortumia. Erityisesti rautatielinjojen vakaus pehmeiköillä ja niiden liepeillä heikkenee kosteuden lisääntyessä. Roudan paksuus vaihtelee tälläkin hetkellä eri vuosina, ja tulevaisuudessakin routasuojaustarvetta on olemassa, koska routajaksoja edelleenkin esiintyy.

Hirvieläinten aiheuttamat vahingot liikenteessä ovat sidoksissa hirvien liikkumiseen. Hirvi, metsäkauris ja valkohäntäpeura hyötyisivät ohenevasta lumipeitteestä, sillä ravintokasvit olisivat pitempään ja paremmin tarjolla ja eläinten liikkuminen helpottuisi. Edullisempien olosuhteiden myötä hirvieläinten määrä saattaa kasvaa runsaasti, mistä seuraa lisääntyvä määrä hirvieläinonnettomuuksia tieliikenteessä.

Jäätalvien ankaruus vähenee huomattavasti 21. vuosisadan loppua kohden. Jääpeitteen laajuudella ja jäätalven lyhenemisellä voi olla suurtakin vaikutusta merenkulkuun ja meriväyläreitteihin. Jääolot voivat vaihdella vuosittain merkittävästi, mikä vaikuttaa mm. jäänmurtajien toimintakauden pituuteen, satamien toimintaan ja välillisesti meritse kuljetettaviin tavaraliikennevirtoihin. Arvioiden mukaan Itämerellä jäänpeittävyys tulee pienenemään, jäätalvi lyhenemään ja jääpeite ohenemaan. Jääpeitteen pieneneminen Itämerellä puolestaan saattaa lisätä tuulisuutta ja merenkäyntiä, mikä hankaloittaa meriliikennettä. Vuosisadan lopussa jäätalven keston arvellaan lyhentyvän Suomen etelä- ja lounaisrannikolla puoleen ja Pohjanlahdella 70–80 %:in nykyisestä. Lounaisilla rannikoilla jäätyminen tulee siirtymään melkein puolitoista kuukautta myöhäisemmäksi, ja sulaminen tapahtuu melkein kuukautta aikaisemmin. Perämerellä ja Suomenlahden itäosissa jäätalvi lyhenee vähemmän kuin lounaassa, ja jäätyminen myöhästyy suunnilleen yhtä paljon kuin sulaminen aikaistuu. Nykyilmaston jäätalvesta vuosisadan lopun jäätalveen pienenee jään keskipaksuus Kotkan, Oulun ja Turun satamissa 10–20 cm ja vuotuinen suurin paksuus noin 30 cm. Voimakkaat lännen- ja lounaanpuoleiset tuulet lisäävät merijään ahtautumista ja paksujen sohjovöiden muodostumista talvisatamien edustoille Suomenlahdella ja Pohjanlahden itäosissa. Mikäli tällaiset tuuliolot vallitsevat lämmenneessä ilmastossa, talvimerenkululle on odotettavissa ajoittain vaikeita olosuhteita, vaikka jääpeitteen paksuus ei olisikaan suuri.

Mahdollisesti voimistuvat tuulet ja myrskyt aiheuttavat häiriöitä ilmajohtoverkkotoiminnassa. Viime vuosina esiintyneiden talvimyrskyjen yhteydessä myös matkapuhelinten tukiasemien akut ovat tyhjentyneet pidempien sähkökatkosten aikana. Rankkasateet voivat myös saada aikaan katkoksia maakaapeleissa. Tietoliikenneverkkojen ylläpitäjänä Viestintävirasto antaa määräyksiä vikojen korjausajoista. Viestintäviraston tehtävänä on taata kansalaisille häiriöttömät ja turvalliset viestintäyhteydet. Ääri-ilmasto-olosuhteiden lisääntyminen tulee kasvattamaan korjaustarpeita, mikä puolestaan lisää tietoliikenneyhteyksien ylläpidon kustannuksia.

Taulukko 3.17 *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista liikenteeseen Suomessa. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä. Jotkut vaikutuksista ovat selkeitä etuja tai haittoja, mutta toisten vaikutusten suunta on vielä epäselvä tai vaikutuksen suunta riippuu ilmastonmuutoksen voimakkuudesta.*

Haitta	Vaikutuksen suunta epäselvä tai samanaikaisesti haitta ja etu	Etu
– Ratapenkereiden ja teiden sortumisriski kasvaa – Tulvat ja rankkasateet vaurioittavat tie- ja rataverkon rakenteita, erityisesti soratiestöllä on odotettavissa kunnossapitoongelmia – Nykymitoitukselle perustuva kuivatusjärjestelyjen toimivuusvaarantuu – Silta- ja rumpurakenteet on mitoitettu välittämään nykyisiä virtaamia – Rataverkon ja merenkulun turvalaitteille saattaa koitua ongelmia – Hankalat keliolosuhteet lisääntyvät kaikilla liikennemuodoilla (tie, raide, meri, ilma) – Liikenteen häiriöalttius kasvaa – Toimivuushäiriöiden korjaaminen tuottaa lisäkustannuksia, samoin varautuminen häiriöihin – Lisääntyvä liukkauden torjunnan tarve valtakunnallisesti, esimerkiksi tiesuolaustarve siirtyy pohjoisemmaksi – Mahdollisesti lisääntyvä ahtojään ja paksujen sohjovöiden muodostuminen vaikeuttaa meriliikennettä – Tuulisuus, myrskyt ja rankkasateet aikaansaavat vaurioita ilmajohtoverkkoon ja aiheuttavat katkoksia maakaapeleihin	• Vaikutukset saattavat muuttaa eri liikennemuotojen käytön houkuttelevuutta • Tiesuolauksen tarve toisaalla lisääntyy, toisaalla vähenee, joten kokonaiskustannus epäselvä • Jääolot ja lumisuus voivat vaihdella eri vuosina merkittävästi	+ Jääpeitteisen kauden lyheneminen säästää merenkulun ja satamien ylläpidon kustannuksia + Lumipeitteen oheneminen ja lumitalven lyheneminen tuovat kustannussäästöjä talviajan kunnossapitoon tie- ja rataverkolla sekä lentokentillä

3.2.6. Alueidenkäyttö ja yhdyskunnat

Alueidenkäyttö ja yhdyskunnat Suomessa

Nykytilanne

Laajan pinta-alansa, vähäisen väestömääränsä sekä maa- ja metsätalouteen perustuneiden elinkeinojensa vuoksi Suomi on ollut harvaanasuttu maa. Etäisyydet ovat olleet pitkiä, taajamat, kylät ja kaupungit pinta-alaltaan suuria, mutta kansainvälisesti katsoen väestöltään pieniä. Viime vuosikymmeninä tapahtunut kaupungistuminen on ollut Euroopan nopeinta ja tällä hetkellä taajamaväestön osuus on yli 80 % koko väestön määrästä. Maaltamuutto ja asutuksen keskittyminen suurempiin taajamiin jatkuvat edelleen voimakkaina.

Luonnonolosuhteet ovat vanhastaan säädelleet suomalaisten yhdyskuntien sijoittumista. Kylät ja kaupungit syntyivät pääsääntöisesti vesistöjen varrelle kauppapaikkojen yhteyteen ja niiden kulkureittien varrelle. Luonnonolosuhteet, kylmä ilmasto ja niukat rakennusmateriaalit ovat ohjanneet järkiperäiseen ja kestävään rakennustapaan. Rakennuspaikkaa valittaessa otettiin huomioon maasto, kasvillisuus, maaperän laatu, veden ja energian saatavuus, maisema, kulkuyhteydet, vallitsevat tuulensuunnat ja auringon kiertokulku. Vuodenaikojen vaihteluun, säätilojen muutoksiin, kevättulviin, rankkoihin sateisiin tai kuivuuteen varauduttiin.

Yhteiskunnallisen kehityksen myötä rakentaminen on vapautunut luontoriippuvuudesta. Rakennukset ovat sijoittuneet myös alueille, joissa aiemmin käytössä olleet kriteerit eivät aina ole täyttyneet. Kehittynyt teknologia on mahdollistanut mm. alavien ja soistuvien maiden käytön, huonosti kantavien maiden paaluttamisen rakennuskelpoiseksi ja teollisuuden likaaman maan puhdistamisen asuinalueiksi. Tielinjaukset ovat lisänneet kulkumahdollisuuksia ja autoistuminen on lyhentänyt etäisyyksiä ja lisännyt liikkuvuutta. Kaupunkikeskustojen tuntumassa olevien meren, järvien ja jokien rantoja on voitu rakentaa tehokkaammin kuin koskaan aikaisemmin. Kaavoituksen ja rakentamisen tiukka ohjaus on kuitenkin taannut, että myös luonnonolosuhteiltaan vaikeisiin paikkoihin suunnitellut toiminnat ja rakennetut rakennukset täyttävät sekä kaavan vaatimukset että rakentamiselle asetetut vähimmäisvaatimukset.

Alue- ja yhdyskuntarakenteelle on ominaista jatkuva muutos. Suomi on kokenut viime vuosikymmenien kuluessa lähihistoriansa merkittävimmän yhteiskunnalli-

sen ja alueellisen rakennemuutoksen. Sen näkyvimpiä ilmentymiä ovat voimakas muuttoliike pohjoisesta etelään, maaseudulta kasvukeskuksiin ja elinkeinorakenteen muutos alkutuotannosta teollistumisvaiheen kautta palveluelinkeinoihin ja edelleen osaamis- ja tietointensiivisiin ammatteihin.

Tulevaisuuden trendit

Pitkään jatkunut voimakas muuttovirta suurimpiin kaupunkeihin on hiipumassa. Muuttoliike kohdistuu suurten kaupunkien kehyskuntiin. Etenkin nuoret lapsiperheet hakeutuvat kasvukeskusten läheiselle maaseudulle. Syinä ovat sekä kaupunkeja edullisemmat asumiskustannukset että ajatus maaseudusta turvallisena ja terveellisenä kasvuympäristönä lapsille. Myös liikenneyhteyksien parantuminen on osaltaan vaikuttanut tähän kehitykseen.

Vuoteen 2020 mennessä suuri muutos Suomessa on suuriin ikäluokkiin kuuluvien henkilöiden jääminen eläkkeelle. Elämäntapavalinnoilla, esimerkiksi sillä, kuinka suuri osa lähes 400 000 eläkeläisestä vaihtaa asuinpaikkaa, on merkitystä alueiden käytölle, asuntotuotannolle, palveluiden kysynnälle, muulle taloudelle ja ympäristölle.

Vaikka kuluneiden vuosikymmenien muuttoliike on voimakkaasti keskittänyt asutusta, muutoksen intensiteetti pitkällä aikavälillä on kuitenkin epävarma. Pidemmän ajan skenaarioina vuoden 2020 jälkeistä aikaa alueidenkäytön ja yhdyskuntien kannalta on toistaiseksi tarkasteltu erittäin vähän. Alueiden ja yhdyskuntien arviointi on yleensä ulottunut vuoteen 2020 asti. Kehityssuunta vuoden 2020 jälkeisinä vuosikymmeninä, jolloin Tilastokeskuksen vuoden 2001 väestöennusteen mukaan Suomen väkiluku kääntyy pysyvään laskuun kasvettuaan vuoteen 2023 asti 5,32 miljoonaan, on epävarma. Väestön ikärakenteen muutokset, niin nuorten ja työikäisten määrän väheneminen, vanhojen ikäluokkien kasvu kuin muuttoliike, vaikuttavat voimakkaasti alueiden käyttöön asumiseen, tuotantoon ja palveluihin.

Kun väestön alueellinen jakautuma muuttuu, osalla alueista huomattava määrä rakennettua kansallisvarallisuutta jää tyhjien asuntojen, koulujen ja muiden rakennusten ja infrastruktuurin muodossa käyttämättömäksi. Samaan aikaan kasvualueilla rakennetaan uutta.

Yhdyskuntien, yksittäisten kaupunkien ja kaupunkiseutujen muotoon vaikuttaa samanaikaisesti kahden suuntaisia voimia: yhtäältä yhdyskuntien hajautumista

edistäviä voimia ja toisaalta kaupunkitoimintojen keskittymistä ja tiivistyvää yhdyskuntarakennetta edistäviä voimia. Uudet telekommunikaatiojärjestelmät, joustavat logistiset järjestelmät, tiettyjen palvelutoimintojen ”esikaupungistuminen”, kansallisen kaupunkikulttuurin suosimat väljyyden ja alemman tiheyden toimintaympäristöt sekä sisäkaupungeissa koetut liikkumisen infrastruktuuriin ja rakennetun ympäristön osittaiseen rappeutumiseen liittyvät ongelmat lasketaan niihin, jotka edistävät hajautumista. Tiivistymistä edistäviä ovat taas tarve henkilökohtaisiin kontakteihin, energiakustannusten kasvu, kaavatekniset kustannukset, tiukkeneva ympäristölainsäädäntö, tiettyjen toimintojen keskustahakuisuus sekä kaupunkikeskustojen parantamiseen suunnatut uudistushankkeet ja ohjelmat.

Yhdyskunnat saavat uusia muotoja taloudellisten, teknologisten ja sosiaalisten tekijöiden vaikutuksesta. Esimerkiksi liikenneväylien varrelle syntyneet taajamanauhat saattavat tulevaisuudessa vastata toiminnoiltaan ja maankäytöltään sekoittuneen kaupunkiyksiköiden ihannetta. Kaupunkien keskustat tulevat säilyttämään ainutlaatuisen roolinsa vetovoimaisina asuin- ja toimintaympäristöinä. Yleisesti ollaan sitä mieltä, että tulevaisuuden yhdyskunnat ovat pirstaloituneempi muodoltaan, kaoottisempia rakenteeltaan ja syntymähistorialtaan yhä moninaisempia kuin aikaisemmin.

Yhdyskuntien kehittymisessä sosiaalipoliittiset, talouspoliittiset ja ympäristöpoliittiset keskustelut kulkevat valtaosin omia teitään. Paine korvata talouden kasvusta lähtevän sektoriajattelu kestävän kehityksen ajattelulla on kuitenkin koko ajan kasvanut. Mahdollinen ekologinen verouudistus, jossa luonnonvarojen kulutusta, jätteitä ja päästöjä verotettaisiin nykyistä ankarammin, saattaa toteutuessaan kytkeä sosiaaliset, ekologiset ja taloudelliset näkökohdat toisiinsa ja vaikuttaa suuresti yhdyskuntasuunnitteluun.

Myös teknologisten riskien mahdollisuuksien kasvu vaikuttaa yhdyskuntien muotoutumiseen, kun yhdyskunnat yhä enemmän ovat riippuvaisia teknologiasta. Riskit saattavat liittyä niin ilmastonmuutokseen kuin uhkaan moderniin tekniikkaan liittyvistä suurriskeistä ja -onnettomuuksista. Vaikka ei olisi kyse maata kohtaavista kriiseistä, mielikuvat saattavat vaikuttaa epäsuorasti alueiden käyttöön ja asumismieltymyksiin väestön mielipiteiden ja tunteiden kautta. Vaikka syrjäiset alueet menettävät tällä hetkellä väestöään, ei ole poissuljettua että näiden alueiden merkitys eräänlaisina reservialueina tulisi kohoamaan.

Nykyiset vallitsevat elämäntavat ja niiden mukainen yhdyskuntarakenne perustuvat yhä voimakkaammin henkilöautoliikenteeseen. Jos henkilöautolla liikkuminen tulee huomattavasti kalliimmaksi, paine kaupunkien tiiviimpään ja tehokkaampaan rakentamiseen kasvaa. Toisaalta väljä asutusrakenne, tila ja luonto saattavat myös tulla vetovoimatekijöiksi ja sen vuoksi entistä tavoiteltavammiksi.

Alueidenkäytön ja yhdyskuntien kehityksen kannalta keskeisimpiä haasteita on löytää lähivuosikymmeninä keinot väestön keskittymisen sellaiseen ohjaamiseen, joilla kehitykseen liittyvät taloudelliset ja sosiaaliset kustannukset minimoidaan. Samalla pidemmän aikavälin väestöennusteet huomioon ottaen pitäisi kyetä ennakoimaan jo vajaan kahden vuosikymmenen kuluttua käynnistyvä väestömäärän väheneminen.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset alueidenkäyttöön ja yhdyskuntiin sekä jätehuoltoon

Alueidenkäyttö ja yhdyskunnat

Ilmastonmuutos tuo alueidenkäyttöön taloudellisten ja sosiaalisten näkökulmien oheen uuden näkökohdan, jonka tarkemmasta luonteesta ei ole vielä tietoa. Luonnonolojen tarkempi selvittäminen ja voimakkaampi huomioon ottaminen edellyttävät uutta tutkimusta. Tarkempi tieto esimerkiksi ilmastonmuutoksen alueellisista ja paikallisista vaikutuksista ja sopeutumiskeinoista on välttämätöntä.

Yhdyskunnat, ovat yhä riippuvaisempia teknisistä järjestelmistä ja entistä haavoittuvampia järjestelmien tai niiden ulkoisten tekijöiden häiriöiden suhteen. Maankäytön suunnittelulla voidaan pitkällä aikavälillä osaltaan varmistaa yhdyskuntien toimivuutta. Teknisiin järjestelmiin kuten vesihuoltoon ja niihin liittyviin riskeihin varautumiseen tulisi kiinnittää enemmän huomiota.

Ilmastonmuutoksen seurauksena säävaihteluiden äärevyyden arvioidaan yleistyvän. Mm. myrskyt, tulvat, kosteammat talvet, kuivemmat kesät ja merenpinnan nousu koskettavat niin laajoja alueita kuin yksittäisiä rakennuksia ja ihmisiä. VTT:n Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön -selvityksen mukaan voimakkaat, mereltä puhaltavat myrskytuulet, myrskyyn liittyvä matalapaine ja veden virtaus rannikolle voivat nostaa vedenpintaa huomattavasti ja aiheuttaa tulvimista alavilla alueilla. Sadannan lisääntyminen myös aiheuttaa vedenpinnan

nousua, mikä nostaa myös pohjaveden pintaa. Maaperän märkyyden kasvaessa kuormitus kasvaa ja huokosvedenpaine nousee, jolloin maan lujuus alenee. Sadannan kasvu lisää myös virtaamaa vesistössä, jolloin riski eroosiolle kasvaa.

Jätehuolto

Jätehuolto on osa yhdyskuntien ja tuotantotoiminnan teknistä huoltoa. Toiminta perustuu kasvavassa määrin monipuoliseen teolliseen jätteen esikäsittelyyn ja hyödyntämiseen. Tähän ilmastonmuutoksella ei liene vaikutuksia. Jätteen synnyn ehkäisy on jätepolitiikan keskeinen toimintalinja.

Tuotantotoiminnassa ja energiantuotannossa syntyvää jätettä hyödynnetään osin rakentamisessa. Jätteeltä edellytetään tällöin mm. sitä, että maanrakentamisessa ei vapaudu terveyttä tai ympäristöä haittaavia päästöjä tai vaikutuksia. Osa jätteestä päätyy kaatopaikalle ja tällöinkin tulee varmistaa, että kertynyt haitallinen aine ei purkaudu kaatopaikalta ympäristöön toiminnan loputtua niin, että terveys tai ympäristö vaarantuisi. Jätehuollon ja esimerkiksi kaatopaikkojen suunnittelun taustalla tehtävissä riskinarvioinneissa ovat myös säähän liittyvät riskit mukana, ja nykyilmaston vaihtelua, esimerkiksi sade- ja valumatilanteita arvioidaan.

Biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoitus on vuodesta 2016 lähtien vähäistä, mikä vähentää vastedes ravinne- ja muitakin vesilevinteisiä päästöjä.

Taulukko 3.18 *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista alueidenkäyttöön ja yhdyskuntasuunnitteluun sekä jätehuoltoon Suomessa. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia, eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä.*

Haitat	Edut
– Myrskyt, tulvat, kosteammat talvet, kuivemmat kesät lisääntyvät – Merenpinta nousee – Maan vesipitoisuuden kasvaessa maan lujuus alenee ja eroosioriski kasvaa – Sadevesien imeytyminen hidastuu – Pohjaveden pinnan korkeuden vaihtelut aiheuttavat haja-asutusalueilla vedensaatavuuden ongelmia ja kaupungeissa vanhojen rakennusten puuperustusten kuivumisvaaraa	+ Viher- ja virkistysalueiden kasvien lajisto monipuolistuu ja kasvu nopeutuu

3.2.7. Rakentaminen ja rakennukset

Rakentaminen Suomessa

Rakennuskantaa ja sen ominaisuuksia muuttavat uudistuotanto ja laajennukset, vanhojen rakennusten poistuma ja rakennusten korjaustoiminta sekä rakennusten käyttötarkoitusmuutokset. Uudistuotannon määrä muodostuu poistuman ja lisätilantarpeen summasta. Rakennuskanta jakaantuu hyvin monenlaisiin yhdistelmiin mm. rakennuksen iän, rakennustyypin, rakennustekniikan, lämmitystavan mukaan. Rakennukset suunnitellaan nykyisin 50–100 vuoden käyttöikää varten. Esitetyissä arvioissa ei ole mukana rakennustuotteisiin tai niiden valmistukseen tai itse rakennustyöhön liittyviä seikkoja. Esitetyt tarkastelut koskevat rakennuksia, niiden rakenteita ja käyttövaihetta tai suunnittelun lähtökohtia.

Vuonna 2050 Suomessa on ennakoitu olevan vajaa 5,2 miljoonaa asukasta. Väkiluku on alkanut vähentyä vuoden 2020–2030 huipusta hitaasti. Asuntoja on vuonna 2050 Suomessa arviolta 2,9 milj. kappaletta ja asuntokunnan keskikoko on jäänyt tasolle 1,8–1,9 henkeä. Asuntojen keskikoko on kasvanut jonkin verran 2000-luvun alusta, mutta edelleen olemme jäljessä muihin Pohjoismaihin verrattuna. Vuonna 2050 asuntojen uudistuotantomäärä Suomessa on tasolla 15 000–20 000 asuntoa vuosittain kun vuonna 2004 uudistuotannon määrä on tasolla 30 000 asuntoa vuosittain. Vuonna 2050 asuntovarauma on kasvanut Suomessa yli 300 000 asunnon ja on suuruusluokkaa 11 % asuntokannasta. Asumisväljyys on kasvanut noin 10 neliöllä nykyisestä ja on tasolla 45 neliömetriä henkilöä kohden. Poistuman arvioidaan edelleen tasaisesti lisääntyvän vuodesta 2025.

Rakentamiseen ja rakennuskantaan liittyvä vuoteen 2025 ulotettu tarkastelu koskee asuin- ja palvelurakennuksia ja vuoden 2050 tarkastelu kohdentuu tässä vain asuinrakennuksiin. Uudisrakentamisen määrän on ennustettu jäävän alemmalle tasolle vuoteen 2025 saakka kuin kuin mitä se oli 1900-luvun loppupuolella (1970- ja 1980-luvut). Pidemmälläkään aikavälillä kasvua ei ole näkyvissä, koska väestön kasvun on ennustettu pysähtyvän 2020-luvulla. Uudistuotannon määrä suhteessa korjaustoiminnan määrään on vähentynyt ja sama trendi näyttää jatkuvan. Asuinkerrostalokannassa korjaustoiminnan määrä tulee huomattavasti kasvamaan kun 1960- ja 1970-luvulla rakennettu asuinkerrostalokanta tulee peruskorjausikään (35–45 vuodessa rakennusten valmistumisesta) ja mahdollisuudet energiansäästöön korjaustoiminnassa tulevat kasvamaan. Rakennuskannan ener-

giankulutus tulee tehdyn arvion perusteella kasvamaan, koska rakennuskannan kasvun lisäävä vaikutus on suurempi kuin poistumaa korvaavan keskimääräistä vähemmän energiaa kuluttavan uudistuotannon vähentävä vaikutus.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset

Alue- ja yhdyskuntarakennetta sekä rakennuksia ja rakentamista koskevat hyvin paljon samat ilmastonmuutokseen vaikuttavat tekijät ja näitä sektoreita on syytä tarkastella rinnakkain. Rakentamista ja yhdyskuntasuunnittelua koskevia keskeisiä ilmastonmuutoksen vaikutuksia ovat tulvariskin suuri kasvu monilla asutuilla alueilla rankkasateiden lisääntymisen takia. Toisena seikkana on ilmastointiin kuluvan energian kasvu (jäähdytystarpeen lisääntyminen) johtuen kesäajan lämpötilojen kohoamisesta johtuen. Vastaavasti myönteisinä vaikutuksina rakentamiseen on esitetty energian tarpeen väheneminen rakennusten käytössä.

Ennusteiden mukaan sateiden määrä etenkin talviaikana lisääntyy. Lämpötilan nousun vaikutuksesta sade tulee useammin vetenä kuin lumena. Maan vesipitoisuuden kasvaessa maan lujuus pienenee ja kantavuus alenee. Sadannan lisääntyminen voi nostaa pohjaveden pintaa, mikä myös alentaa maan lujuutta. Myös eroosioriski voi kasvaa sateisuuden myötä, mikäli veden virtausmäärät luonnossa kasvavat. Tämä voi vaikuttaa mm. luiskien vakauteen. Tulvimisen lisääntyminen saattaa johtaa kellaritilojen ja alikulkukäytävien tulvimiseen sekä tierakenteiden ja alitusrakenteiden vaurioitumiseen. Pohjaveden pinnan nousu voi joissain tapauksissa vaikuttaa perustusten kuivatusrakenteiden toimintaan ja aiheuttaa rakenteiden vaurioitumista mm. puurakenteiden homehtumista. Kuivina ja lämpiminä kesinä pohjavedenpinta voi myös merkittävästi alentua. Tällöin savipohjien painuessa saattaa aiheutua perustus- ja seinävaurioita rakennuksille, jotka on perustettu maanvaraisesti.

Arviot tuulisuuden muutoksista ovat hyvin epävarmoja ja riippuvaisia käytetyistä ilmastomalleista. Johtuen jääpeitteen vähenemisestä Itämerellä, merenpinta voi nousta joissakin tapauksissa enemmän kuin nykyään.

Sateiden lisääntyminen lisää ulkopintojen kosteuskuormaa. Myös rakennuksen osiin kohdistuva korroosio saattaa lisääntyä. Materiaalit joutuvat erityisesti koetukselle, mikäli jäätymis-sulamissykli tihentyy eli lämpötila vaihtelee jatkuvasti 0 °C:n molemmin puolin. Tämä vaikuttaa erityisesti rakennusten julkisivun ja

katteiden pintarakenteiden rasitustenkertojen lisääntymiseen, mikä on haitallista mm. huokoisissa materiaaleissa, kuten tiilissä, rappauspinnoissa. Tämän johdosta voidaan olettaa huollon ja ylläpidon tarpeen korostuvan. Rakenteet pysyisivät ilmaston lämmetessä kuitenkin kuivempina, kun lämpötila pysyttelee useammin 0 °C:n yläpuolella.

Rakentamisen kokonaisuudessa vaikutukset saattavat ulottua myös yksittäisten taloteknisten laitteiden ja järjestelmien kehitykseen, jolloin myös joitakin rakenteellisia ratkaisuja tulisi kehittää (muun muassa kanavat ja hormit).

Ilmaston lämpenemisen seurauksena joillain alueilla tarve rakenteiden routasuojaukseen saattaa periaatteessa pienentyä. Mahdollisesta ilmastonmuutoksesta johtuen pitkienkin alhaisten lämpötilojen esiintyminen on todennäköistä ja nykyisen kaltainen routasuojaustarve on edelleen perusteltua.

Ilmastonmuutos vaikuttanee merkittävästi lisäksi rakennusten energiahuoltoon. Rakennusten lämmitysenergian tarve voisi alentua noin 10 %, mutta toisaalta jäähdytystarve voi lisääntyä. Viime vuosien helteiset kesät ovat kohottaneet lämpötiloja asuinkerrostaloissa sekä myös muissa tiloissa. Liiketiloihin on esimerkiksi asennettu jälkeenpäin jäähdytyslaitteita. Tuulisuuden mahdollinen lisääntyminen saattaa vaikuttaa yksittäisten rakennusten energiankulutukseen.

Taulukko 3.19. *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista rakennuksiin ja rakentamiseen Suomessa. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä. Jotkut vaikutuksista ovat selkeitä etuja tai haittoja, mutta toisten vaikutusten suunta on vielä epäselvä tai vaikutuksen suunta riippuu ilmastonmuutoksen voimakkuudesta.*

Haitat	Vaikutuksen suunta epäselvä tai samanaikaisesti haitta ja etu	Edut
– Sadanta lisääntyy, mikä puolestaan mm. nostaa pohjaveden pintaa, alentaa maan lujuutta, lisää eroosioriskiä ja ulkopintojen kosteuskuormaa, johtaa kellaritilojen tulvimiseen – Kosteushaitat sekä huollon tarve lisääntyvät – Korroosio lisääntyy – Pohjavedenpinnan nousu voi estää perustusten kuivatusrakenteiden toiminnan ja aiheuttaa rakenteiden vaurioitumista – Ääri-ilmiöiden vaikutukset, mm. tuulisuuden ja tuulen voimakkuuksien mahdollinen lisääntyminen – Viistosade aiheuttaa lisärasitusta ulkoverhoilulle	• Rakenteiden routasuojaustarve pienentyy; pitkienkin alhaiset lämpötilojen esiintyminen olisi edelleen mahdollista jolloin nykyisen kaltainen routasuojaustarve on edelleen perusteltua. • Rannikkoalueilla tulvariskiä lisää merenpinnan arvioitu kohoaminen yhdistettynä tuulisuuden lisääntymiseen; maan kohoaminen kuitenkin kompensoi osan ennustetusta haitoista.	+ Rakennusten lämmitysenergian tarve voi alentua + Rakenteet pysyvät ulkoverhouksia ja katteita lukuun ottamatta kuivempina

3.2.8. Terveys

Sosiaali- ja terveydenhuolto Suomessa

Suomessa on 5,2 miljoonaa asukasta, joiden terveydenhuollosta huolehtii vajaa 200 000 terveydenhuollon ammattilaista. Sosiaalihuollon piirissä työskentelee samanaikaisesti vajaa 120 000 ammattilaista. Suomessa sekä terveys- että sosiaalipalvelut tuotetaan pääasiassa julkisesti kunnille asetettujen velvoitteiden perusteella, joskin erityisesti sosiaalisektorilla ja vanhusten huollossa yksityisten palveluiden määrä kasvaa. Suomessa terveydenhuollon peruspalveluiden perusyksikkö on terveyskeskus. Suomessa on terveyskeskuksia 275 (vuonna 2004) ja kuntia 444, eli monet kunnat yhdistävät voimiaan järjestäessään terveyspalveluitaan.

Ilmaston ääri-ilmiöiden ja etenkin helle- ja kylmyysjaksojen mahdollinen lisääntyminen voi aiheuttaa haasteen terveyssektorille, sillä väestö on nopeassa tahdissa ikääntymässä. Ennusteen mukaan vuonna 2020 on nykyisen 15 % sijasta 20 % yli 65-vuotiaita ja yli 80 vuotta täyttäneiden henkilöiden määrä lisääntyy 50 %. Sosiaali- ja terveydenhuollon keskeisenä vanhuspoliittisena tavoitteena on avohuollon kehittäminen ja vanhusten kotona asumisen tukeminen eri muodoin.

Ilmastollisten ääri-ilmiöiden aiheuttamien äkillisten terveyshaittojen torjunta kuuluu ensisijaisesti terveydensuojelulain toimeenpanon, eli ympäristöterveydenhuollon piiriin. Terveydensuojelulain 8 § edellyttää, että ”kunnan terveydensuojeluviranomaisen on yhteistoiminnassa muiden viranomaisten ja laitosten kanssa ennakolta varauduttava onnettomuuksien tai vastaavien tilanteiden (erityistilanteet) aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi, selvittämiseksi ja poistamiseksi tarvittaviin valmius- ja varotoimenpiteisiin”. Ympäristöterveydenhuolto on järjestetty useimmiten terveys- tai ympäristölautakunnan alaisuuteen, mutta voi joissain pienemmissä kunnissa olla osa kunnan teknistä lautakuntaa.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset terveyssektoriin

Ilmastonmuutoksen suorat terveysvaikutukset

Mahdollinen keskilämpötilan nousu ei sinänsä aiheuta suoria terveyshaittoja, vaan keskilämpötilan noustessa Suomen kaltaisissa maissa kuolevuus todennäköisesti alenee. Tämä johtuu siitä, että Suomessa kuolleisuusminimi saavutetaan noin 14

celsiusasteessa ja että hyvin alhaisissa lämpötiloissa, joiden ennustetaan harvinaistuvan, ylikuolevuus on huomattavasti suurempaa kuin hellejaksojen aikana. Aikasarja-analyyseistä tiedetään, että ylikuolevuus sydän- ja verisuonisairauksiin alkaa kylmän jakson alettua kahden ja hengityselinsairauksiin 12 päivän viiveellä.

Muiden hankalasti ennustettavien ilmastollisten ääri-ilmiöiden (myrskyt ja tulvat) taajuuden, keston ja intensiteetin muutokset, voivat periaatteessa aiheuttaa suoria terveysvaikutuksia Suomessakin.

Uuden vuosituhannen alun lämpimät kesät ovat herättäneet keskustelua lämpöstressin kansanterveysvaikutuksista mm. Euroopassa. Erityisesti Ranskan ja Italian vuoden 2003 elokuun hellejaksoon liittyneet tapahtumat ovat lisänneet terveysviranomaisten tietoja siitä, miten hellejaksot vaikuttavat terveyteen ja millaisiksi viranomaisten toimenpiteet olisi mitoitettava tällaisissa olosuhteissa. Tietoja voidaan käyttää Suomenkin olosuhteiden tarkasteluun sillä varauksella, että Suomessa helteestä aiheutuvia terveysvaikutuksia on odotettavissa alemmissa lämpötiloissa kuin Keski-Euroopassa. Tätä käsitystä tukee erityisesti se, että vuoden 1972 hellejakson vaikutukset ylikuolleisuuteen olivat Pohjois-Suomessa suuremmat kuin Etelä-Suomessa. Mitä enemmän keskilämpötila nousee, sitä enemmän ilmastollista sopeutumista lienee odotettavissa, jolloin erot ylikuolevaisuudessa pohjois-eteläsuunnassa tasoittuisivat.

Tuulisuuden muutokset – esimerkkinä Itä-Suomessa tavattavien voimakkaiden trombien lisääntyminen – voivat aiheuttaa rajoitetusti terveysvaikutuksia.

Toisaalta sateisuuden ennustettu lisääntyminen Suomessa saattaa myös aiheuttaa terveysvaikutuksia tulvaherkillä alueilla Suomessa (Pohjanmaa). Terveyshaittoja tulvien myötä voi aiheuttaa juomaveden ulosteperäinen saastuminen. Kuitenkin, ehkäpä jopa hieman yllättävästi, hiljattain Yhdysvaltain Keskilännessä rankkasateiden aiheuttamat tulvat, aiheuttivat melko vähäisiä terveysvaikutuksia. Tulvista aiheutui ripulitautien lisääntymistä käytännössä vain niillä henkilöillä, jotka olivat suorassa kontaktissa tulvavesiin. Myös kesän 2004 tulvien myötä esimerkiksi Riihimäellä saatiin vesiperäiset ripulitaudit pidettyä kurissa nopean viranomaistoiminnan ja tiedotuksen ansiosta. Kokemusten perusteella näyttää, että Suomen kaltaisten kehittyneiden maiden terveydensuojelun turvaverkosto sekä viranomaistoiminta yhdistettynä tehokkaaseen tiedonvälitykseen suojaa kohtuullisen hyvin tulvien aiheuttamilta välittömiltä terveyshaitoilta.

Kaupunkien lämpösaarekeilmiö (Urban heat island –ilmiö)

Ranskassa, Italiassa ja Portugalissa kesän 2003 helleaaltoon yhdistetty ylikuolleisuus havaittiin käytännössä vain suurkaupungeissa. Erityisesti Pariisissa, Pohjois-Italian teollisuuskaupungeissa ja Lissabonissa vajaa 20 000 vanhusta (erityisesti yli 75-vuotiaat) kuoli lämpötilan kivutessa useana peräkkäisenä yönä yli 25 celsiusasteeseen. Vuoden 2003 hellejakso ei ratkaisevasti poikennut vuoden 1948 vastaavasta, jolloin ei havaittu ylikuolevuutta. Näin on tarkastelua ollut ulotettava paikallisilmastollisiin kysymyksiin, eli kaupunkien lämpösaarekeilmiöön, jolla voi olla myös käytännöllistä merkitystä Suomenkin kannalta, lähinnä pääkaupunkiseudulla. Kaupunkien lämpösaarekeilmiö esiintyy sekä talvella että kesällä. Näillä on erilaiset fysikaaliset taustat. Talvella paikallisesti eri tavoin tuotettu hukkalämpö lämmittää kaupunki-ilmaa. Lämmitysvaikutus näkyy erityisesti yöllä, kun hukkalämpö kompensoi alhaisten yölämpötilojen vaikutusta. Kesällä kaupungin rakennettu ympäristö (kivi, betoni, asfaltti) absorboi auringon säteilyä itseensä, lämpiää ja luovuttaa lämpöä takaisin ilmaan yöllä. Lisäksi kaupungista puuttuu suureksi osaksi kasvullisuus, joka kuluttaisi auringon säteilyenergiaa haihduttamiseen. Myöskään autokannan rajua lisääntymistä ei tässä yhteydessä ole syytä unohtaa. Näin sekä päivä- että erityisesti yölämpötila jäävät korkeammaksi tiiviisti rakennetulla alueella.

Ilmastonmuutoksen epäsuorat terveysvaikutukset

Ilmastolla – erityisesti sen vuodenaikaisvaihtelulla – on oleellinen merkitys useiden infektiotautien esiintyvyydelle. Ennen elintarvikkeiden säilyvyyttä kohentaneen modernin sähköntuotannon mahdollistaneen kylmäketjun ja keskitetyn ruoan hygieenisyyttä muutoin korostavan teollisen infrastruktuurin syntyä olivat esimerkiksi erilaiset ruokamyrkytykset riippuvaisia ilmastollisista olosuhteista. Esimerkiksi Pikkujääkaudella erityisenä ongelmana olivat Suomessa sateisten kylmien kesien myötä tapahtuneet viljasatojen saastumiset torajyväalkaloidilla. Toisaalta ennen teollistumista hellejaksoihin liittyi aiemmin paikallisia bakteeriperäisiä myrkytyksiä kylmäketjun puuttuessa. Myöhemmin noin 1920–1950-luvuilla keskitetyn ruoantuotannon vielä kehittyessä, lämpöjaksot saattoivat edesauttaa alueellisesti ja määrällisesti suurempien ruokavälitteisten epidemioiden syntyyn. Kokemuksen karttuessa ja teknologian kehittyessä teollisen ruoan tuotannon aiheuttamat infektioriskit on saatu kuriin.

Vaikka keskeiset kuolevuutta aiemmin säädelleet ihmisestä ihmiseen tarttuneet kulkutaudit, kuten tuhkarokko, influenssa ja tuberkuloosi tarttuvat maapallon pohjoisilla alueilla usein talvisaikaan, ei ilmastolla ole ollut ratkaisevaa merkitystä näiden tartuntatautien ilmaantuvuudelle tai taudinaiheuttajan kierron synnylle, vaikkakin ne usein liittyivät katovuosiin ja lisäsivät Suomessa tuolloin kuolevuutta. Ennen massarokotuksia tuhkarokko tappoi noin 7–8 miljoonaa lasta vuosittain ja se lienee ollut eräs ratkaisevin ihmisten määrää yksittäisesti vähentänyt sairaus siihen liittyneen verrattain korkean kuolevuuden ja erittäin korkean taudin tartuttavuuden vuoksi. Ratkaisevaa näiden tautien aiheuttajien kierron synnylle oli korkeakulttuurien ja kriittisten ihmiskeskittymien synty.

Nykyisin ihmisestä ihmiseen tarttuvien tautien ilmaantuvuutta erityisesti köyhissä maissa sääntelee erityisesti kaupungistumisaste, mikä heijastaa suoraan päivittäisten ihmiskontaktien yleisyyttä, eli infektiopainetta. Erityisesti suurissa kehitysmaiden väestökeskittymissä on korkean infektiopaineen vuoksi aloitettava tuhkarokkoa vastaan rokottaminen immunologisesti liian varhaisessa iässä kuolevuuden vähentämiseksi. Nämä yleistykset infektiopaineesta kertovat kuitenkin vain osatotuuden, koska esimerkiksi tuhkarokon kohdalla – erityisesti osittain toimivan massarokotustoiminnan myötä – erityisiä ongelmia aiheutuu maaseudulla, kun esimerkiksi tuhkarokon epidemiasyklien väli pitenee näillä alueilla. Taudin saapuessa pitkän väliajan jälkeen perheen sisällä saatujen sekundaaritartuntojen määrä lisääntyy, mikä johtaa tuhkarokkoon liittyvän lapsikuolleisuuden lisääntymiseen. Tämä esimerkki – periaatteessa epidemiologisesti ”yksinkertaisimman” tartuntataudin kohdalla – osoittaa konkreettisesti, kuinka monimutkaisia tartuntatautien ilmaantuvuuteen vaikuttavien moninaisten tekijöiden väliset kytkennät ovat, erityisesti, kun ihminen toiminnallaan muuttaa tautien epidemiologiaa.

Pohjoisissa maissa kuten Suomessa ihmiskontaktit lisääntyvät ilmaston kylmetessä syksyllä, jolloin oleskelu sisätiloissa työpaikoilla, joukkoliikennevälineissä ja kouluissa lisääntyy, mikä lisää infektiopainetta. Selkein globaalimuutos, joka lisännee ihmisestä ihmiseen leviävien tartuntatautien riskejä ja voi nopeuttaa epidemioiden syntyä on lentoliikenteen kasvu. Tämäkin lienee yksinkertaistus, koska influenssaepidemiakauden eteneminen näyttää edelleen noudattavan lentoliikenteestä huolimatta niin sanottua ”vanhaa kaavaa”, jonka turvin uusi vuotuinen rokotus kyetään usein saamaan tuotantoon ennen influenssan tuloa Aasiasta Eurooppaan.

Nykyisin monen tällaisen taudin ilmaantuvuutta ehkäistään globaalisti joko rokotuksin yksinään (tuhkarokko) tai yhdistettynä taudin seulontoihin tautien hoitoon ja kontaktin saaneiden lääkitsemiseen (tuberkuloosi). Tämä kaikki edelleen vähentää ilmastollisten muutosten vaikutusta ihmisestä ihmiseen tarttuvien kulkutautien ilmaantuvuuteen ja niiden kiertoon.

Monien vektorivälitteisten tai zoonoottisten tautien ilmaantuvuus on usein vielä monimutkaisempaa eri kytkennöiltään kuin edellä mainitut yksinkertaisemmat esimerkit ruokamyrkytyksistä ja ihmisestä ihmiseen tarttuvista kulkutaudeista.

Pikkujääkausi

Pikkujääkaudella (n. 1300–1900) oli huomattava vaikutus ruoan saatavuuteen. Väestön kuolevuutta nosti toistuvasti mm. nälänhädät sekä infektiotaudit. Nälänhätiin myös usein liittyi ylikuolleisuutta kulkutauteihin. Kuolleisuus saattoi hyvin nuoressa väestössä tähän päivään verrattuna huonoina vuosina nousta jopa 4–5 %, joka on 4–5 kertaa korkeampi kuolleisuus tämän päivän kokonaiskuolleisuuteen verrattuna. Ylikuolevuus koski kaikkia ikä- ja sukupuoliryhmiä, mutta aivan erityisesti lapsia. Pahimmillaan huonot säät veivät sadon perättäisinä vuosina 1695–1698, jolloin Suomessa kuoli nälkään ja tauteihin kenties jopa 200 000 ihmistä, mikä oli lähes puolet silloisesta väestöstä. Myös viileiden ja kosteiden kesien myötä seurasi usein viljan saastuminen torajyväalkaloideilla. Vielä 1860-luvulla saattoi kuolla jopa yli tuhat ihmistä (1863) tähän *Claviceps purpurea* -sienen tuottamaan hermomyrkkyyn (ergotismi). Tämä on noin yhdeksän kertaa enemmän kuin tieliikenne aiheutti vuonna 2003 kuolevuutta.

Myös monet vektorivälitteiset pilkkukuumeen eri muodot ovat joko talveen (klassinen mm. sotaan ja sotavankeuteen assosioituva pilkkukuume) tai kesään (edellistä lievempi Brillin tauti Pohjois-Amerikassa) sijoittuvia riippuen taudin kiertoon osallistuvan vektorin (esimerkiksi punkit ja kirput) ja ns. reservuaarieläimen (esimerkiksi rotta, hiiri ja hirvi) ekologiasta. Reservuaarieläimellä tarkoitetaan sitä eläintä, jossa tauti varsinaisesti kiertää, ihmisen ollessa lähinnä satunnainen taudinaiheuttajan ”päätepysäkki”.

Toisaalta esimerkiksi metsämyyrän suotuisat lisääntymisolosuhteet lisäävät myyrän virtsan levittämän zoonoottisen infektiotaudin, eli Puumala -viruksen aiheuttaman myyräkuumeen ilmaantuvuutta myöhään syksyllä, jolloin myyrät saapuvat sellaisiin sisätiloihin, joissa ihmiset työskentelevät, kuten puuvajoihin. Ei ole suoraa näyttöä, että ilmasto näyttelisi tällöin ratkaisevaa roolia metsämyyrän kannan sisäsyntyisessä mm. petokantojen määräämässä nelivuotisvaihtelussa – kuten on laita Keski-Euroopassa. On kuitenkin mahdollista, että ilmastolla voisi olla huippuvuoden myyrämäärään vaikutusta ja tätä tutkitaan Suomessa EU:n tutkimuksen kuudennen puiteohjelman rahoituksella.

Ruotsissa on tehty tutkimuksia viime vuosikymmenellä sen selvittämiseksi, onko puutiaisten (*Ixodes ricinus*) levittämien tautien maantieteellinen ilmaantuvuusalue leutojen talvien, aikaisen kevään ja myöhäisen talventulon vuoksi seurauksena siirtynyt pohjoisemmaksi. Ruotsissa raportoitiin vuonna 1994 korkein Kumlingen taudin ilmaantuvuus. Kumlingen taudin aiheuttaa Flaviviruksiin kuuluva *TBE-virus*. Tautia on rekisteröity vuodesta 1960. Vuotta 1994 edelsi viisi lauhaa talvea ja seitsemänä vuonna kevät oli alkanut aikaisin, mitkä seikat edesauttoivat punkkien toukkien talvehtimista ja nymfien kehittymistä. Myös myöhäinen talventulo, mikä pitkittää marjastus- ja sienestyskautta, havaittiin ruotsalaisessa tutkimuksessa liit-

tyneen lisääntyneeseen Kumlingen taudin ilmaantuvuuteen. Näin on arveltu myös Lymen taudin (*Borrelia Burgdorferii*) taudin (aivokuume) tai erlikioosin (kuuluu *Ricketsiae* sukuun) lisääntyneen Ruotsissa lämpimämmän.

Myös uusimman (2001) ruotsalaisen tutkimuksen tulokset ovat edelleen kiistanalaiset. Eri vektorien levittämien tautien yleisyyteen ilmaston muutoksen vaikutukset ovat vahvasti sidoksissa taloudellisiin (metsätalous) tekijöihin ja terveydenhuollon interventioihin. Lisäksi Kumlingen taudin yleisyys Euroopassa vaihtelu ei seuraa ilmastollista vaihtelua, mikä viittaa ilmastosta riippumattomaan taudin riskitekijään. Ruotsissa on vaihtoehtoisena selityksenä arveltu maatalouteen liittyvien sosiopoliittisten tekijöiden olleen punkkien leviämisen takana. Toisaalta esimerkiksi metsätalouteen liittyneet muutokset (peltojen uudelleen metsitys) ovat lisänneet peurojen esiintyvyyttä ja ovat pitkälti selittäneet yhdessä metsäisten alueiden asumiseen kaavoittamisen kanssa Lymen taudin yleistymisen USA:ssa. Edellä mainitut tekijät ovat lisänneet punkinpuremien todennäköisyyttä USA:ssa ja siten Lymen taudin ilmaantuvuutta. Kumlingen tautia vastaan on olemassa tehokas rokote. Näiden syiden vuoksi Lymen taudin ja Kumlingen taudin yleistymisestä Suomessa ilmastonmuutoksen vaikutuksesta ei toistaiseksi voida sanoa mitään varmaa.

Vuonna 2003 ilmoitettiin Kansanterveyslaitokselle Lymen tautia 753 ja puutiaisenkefaliitteja (kaikki) 16 kappaletta.

Malarian endeemisen kierron syntymiselle on välttämätöntä, että väli-isäntänä toimiva *Anopheles* hyttynen kykenee lisääntymään alueella. Suomessa malarian vektorina toimineet Anopheles-lajit (*messae, beklemischevi ja claviger*) elävät edelleen Suomessa. Lämpimän ilmaston on ajateltu edesauttavan hyttysessä tapahtuvan. Malarialoisen suvullista lisääntymistä (sporogonia). Tämä on kuitenkin Suomen kohdalla epätodennäköistä, koska aikuisia *Anopheles* hyttysiä ei esiinny ollenkaan keskikesällä, jolloin ulkolämpötila ainakin muutamina kesinä olisi tarpeeksi korkea malarialoisen hyttysessä tapahtuvaa suvullista lisääntymistä varten.

Malarialoisen esiintyvyysalueen leviäminen Suomeen tai koko Länsi-Eurooppaan ilmastonmuutoksen seurauksena on hyvin epätodennäköistä. Malaria mielletään virheellisesti trooppiseksi taudiksi, vaikka se esimerkiksi oli erityisesti pikkujääkaudella Englannissa hyvin yleinen. Myös Suomessa oli runsaasti malariaa tai horkkakuumetta 1800-luvun nälkävuosina ja sitä esiintyi ilmeisesti paljon

läpi Pikkujääkauden myös Suomessa. Malarialoisen suvulliselle lisääntymiselle *Anopheles* hyttysessä tarvittava lämpötila oli taattu Suomessa sisätiloissa, eikä malarialoisen esiintyvyys ymmärrettävästi ole ollut näin sidoksissa ulkoilman lämpötilaan.

Malarian lievää muotoa (*Plasmodium vivax*) oli viimeisen kerran Suomessa toisen maailmansodan aikana. Tällöin sen väliaikainen uudelleen endemisöityminen ei ollut seurausta ilmastonmuutoksesta vaan sotajoukkojen siirroista Kaukasukselta lähelle Leningradia ja Karjalan kannasta. Malaria ei tuolloin tiettävästi aiheuttanut yhtään kuolemantapausta. Yhteiskunnallisten terveydensuojeluun liittyvien rakenteiden merkitystä malarian endeemisen kierron torjunnassa on konkretisoinut se, että Neuvostoliiton romahdettua malaria on uudelleen endemisöitynyt hajonneen Neuvostoliiton eteläosiin.

Myyräekinokokki (*Echinococcus multilocularis* heisimato) -tartunta voi olla ihmisellä vakava lähinnä maksaa tai harvemmin keskushermostoon leviävä rakkulatauti. Muualla Euroopassa myyräekinokokkoosi tauti on runsastunut viime vuosina. Myyräekinokokin tyypillisin pääisäntä on kettu ja väli-isäntä jokin myyrä. Suomi on säästynyt myyräekinokokilta mahdollisesti sen vuoksi, ettei kettutiheys ole riittävän suuri aiheuttamaan epidemiaa. Ei ole tiedossa, missä määrin ilmasto säätelee kettukantaa Suomessa. Myyräekinokokin esiintymistä seurataan meillä tarkoin mahdollisissa väli- ja pääisännissä, sillä tauti kuuluu uuden zoonoosidirektiivin mukaan pakollisesti seurattaviin zoonooseihin. Ensisijaisena riskinhallintatoimena ekinokokkoosia vastaan on ulkomailta tuotujen koirien pakollinen lääkitys heisimatoihin tehoavalla lääkkeellä ennen tuontia. Myyräekinokokin leviäminen maahamme aiheuttaisi merkittäviä seurauksia, koska tartunnat ovat ihmisille vaarallisia ja ne voisivat välittyä kuumentamattomina syötävistä metsämarjoista. Myyräekinokokkia ei ole havaittu Suomessa edes tuontitapauksina. Sen sijaan Suomessa on tartuntatautirekisteriin ilmoitettu vuosittain 1–2 hirviekinokokkoositapausta.

On arveluita, että mikäli eri allergiaa aiheuttavien kasvien (esimerkiksi pujo) levinneisyydessä tai kukintojen ajoittumisessa tapahtuu muutoksia, voisi se heijastua mm. allergiaoireiden ajallisina muutoksina väestötasolla.

Altistuminen syanobakteerien (leväkukinnot) maksa- ja hermomyrkyille voi yleistyä lämpötilan noustessa Itämerellä ja sisävesistöissä. Nämä myrkyt eivät

toistaiseksi Suomessa ole aiheuttaneet vakavia terveyshaittoja. Pahimmillaan ne ovat aiheuttaneet flunssaa muistuttavia hengitystieoireita, ripulina ilmenevää maha-suolistotulehdusta, silmien punoitusta sekä ihon kutinaa ja ärtymystä. Syanobakteerien terveyshaittoja voidaan tehokkaasti ehkäistä viranomaistoimin sekä estämällä niiden pääsyn erityisesti juomaveteen.

3.2.9. Matkailu ja luonnon virkistyskäyttö

Matkailuelinkeino ja luonnon virkistyskäyttö Suomessa

Matkailuelinkeino on työvoimavaltainen toimiala, ja sitä leimaavat korkea kotimaisuusaste sekä pieni ja keskisuuri yrittäjyys. Vuonna 1999 elinkeino työllisti 114 800 ihmistä. Matkailun taloudellista merkittävyyttä kuvaa parhaiten sen aikaansaama arvonlisäys bruttokansantuotteeseen, mikä oli vuonna 1999 2,4 %. Matkailun kehittämisen lähtökohtana on matkailuyrittäjän oma toiminta. Julkinen valta tukee elinkeinon toimintaedellytysten ja -ympäristön kehittämistä. Matkailun kehittämistä ohjaa Valtioneuvoston periaatepäätös Suomen matkailupolitiikasta. Matkailun edistämiskeskus vastaa Suomeen suuntautuvan matkailun edistämisestä ja tukee matkailupalvelujen kehittämistyötä. Alueellisten viranomaisten, kuten TE-keskusten kautta matkailuun suunnataan julkista tukea. EU:n laajenemisen uskotaan kiristävän kilpailua matkailualalla.

Vuonna 2003 ulkomaalaisia matkailijoita kävi Suomessa 4,6 miljoonaa, joista yli 90 % oli Euroopasta. Matkailu voidaan Suomessa jakaa kesä- ja talviaikaiseen matkailuun. Kesämatkailun haasteena maassamme on muuta Eurooppaa aikaisemmin päättyvä matkailusesonki. Monet kesämatkailupalvelut lopettavat kautensa elokuun puolessa välissä koulujen alkaessa, vaikka säät sallisivat kesäsesongin jatkamisen. Palveluja ei pidetä auki vain ulkomaalaisille ja potentiaalisia matkailijoita menetetään muun Euroopan lomakauden ollessa parhaimmillaan. Talvimatkailun osalta Suomen suurimmat hiihtokeskukset sijaitsevat Lapin ja Oulun lääneissä. Suomen hiihtokeskusten lumetuskaluston peittävyys on maailman suurimpia, arviolta 80 % rinnepinta-alasta on lumetettua.

Luonnon virkistyskäyttö voidaan jakaa arkivirkistyskäyttöön sekä matkailuun, jossa hyödynnetään luonnon virkistyspalveluja. Virkistyskäytön pohjana ovat jokamiehenoikeudet, jotka takaavat suhteellisen vapaan liikkumisen luonnossa. Liikkuminen jalan, hiihtäen, pyöräillen ja ratsain sekä tilapäinen leiriytyminen luonnossa on vapaata pois lukien pihapiirit ja niiden läheisyyden, pellot sulan kauden aikana, istutukset sekä luonnonsuojelualueiden rajoitetut osat. Sienestys ja marjastus ovat pääsääntöisesti sallittua siellä, missä liikkuminen on vapaata. Jokamiehenoikeuksiin liittyy myös rajoituksia, muun muassa eläviä puita ei saa vahingoittaa eikä jäkälää kerätä ilman maanomistajan lupaa. Onkiminen ja pilkkiminen on sallittua muualla paitsi lohi- ja siikapitoisten vesistöjen koski- ja

virtapaikoissa tai alueilla, joilla kalastus on kielletty. Suomalaiset jokamiehenoikeudet ovat laajuudessaan harvinaiset, ja samanlaisia on lähinnä vain muissa pohjoismaissa. Suomessa luonnon arkivirkistyskäyttö on omatoimista eikä se keskity erityisille virkistysalueille. Yli puolet työikäisistä marjastaa ja 38 % sienestää. Kävelyä ja uintia harrastaa lähes 70 % väestöstä.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset matkailuun ja luonnon virkistyskäyttöön

Ilmastonmuutoksen vaikutusten arvioinnin epävarmuudet matkailun ja luonnon virkistyskäytön aloilla aiheutuvat toisaalta ilmastonmuutoksen vaikutusten ennustamisen epävarmuuksista ja toisaalta matkailun kehityksen ennustamisen vaikeudesta. Matkailuelinkeino ja luonnon virkistyskäyttö ovat hyvin riippuvaisia ilmastosta ja luonnonolosuhteista. Muita tärkeitä tekijöitä ovat tavat, tottumukset, aikakauden käsitykset, muoti ja globaalit uhat. Vapaa-ajan lisääntyminen, elintason nousu ja elintapojen muutos voivat lisätä matkailua ja luonnon virkistyskäyttöä. Yhä suurempi osa vapaa-ajasta käytetään sisällä, joten luonnon virkistyskäyttö voi toisaalta tulevaisuudessa vähentyä. On arvioitu, että massaturismikohteet menettävät suosiotaan, ja syrjäisempien kohteiden ja elämysmatkailun suosio voi lisääntyä. Ilmastonmuutoksen vaikutusta matkailuun ja luonnon virkistyskäyttöön sekä sektorin sopeutumista ilmastonmuutokseen on Suomessa tutkittu vähän.

Kesämatkailu

Veneily-, uinti- ja mökkikaudet pitenevät ilmastonmuutoksen vaikutuksesta. Toisaalta kuitenkin lämpenevissä vesistöissä voi esiintyä enemmän leväkukintoja, ja sateisuus lisääntyy. Alustavissa arvioissa uimisen oletetaan lisääntyvän lämpötilan lämmetessä mutta toisaalta vähenevän sateisuuden kasvaessa. Sademäärä vaikuttanee kuitenkin lämpötilaa vähemmän uimiskäyttäytymiseen, joten ulkona uiminen tulisi näiden arvioiden valossa mahdollisesti lisääntymään, mikäli vesien laatu ei huonone merkittävästi.

Ilmasto muuttunee Etelä-Euroopassa keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä matkailulle epäedullisemmaksi ja toisaalta nykyisissä suurien turistivirtojen lähtömaissa Keski- ja Pohjois-Euroopassa edullisemmaksi. Kansainvälisten turistivirtojen ennustaminen on vaikeaa, mutta mikäli ilmasto koetaan merkittäväksi vetovoimatekijäksi, Suomen vetovoima kesämatkailumaana parantunee ainakin kotimaisten matkailijoiden silmissä.

Talvimatkailu

Suomen talvimatkailu, varsinkin Pohjois-Suomessa (Oulun- ja Lapinlääni), on hyvin lumikeskeistä ja siten myös haavoittuvaa ilmastonmuutokselle. Lumivarmuuden ei odoteta heikkenevän nopeasti, mutta lumiolosuhteissa voi olla havaittavissa kausittaista vaihtelua jo lyhyellä aikavälillä etenkin Etelä-Suomessa. Jo nykyisin Pohjois-Suomi on kärsinyt lumen tulon viivästymisestä. Esimerkiksi ulkomaisten ryhmien jouluohjelmien aikatauluttamisen onnistuminen ei ole enää niin taattua, koska lumi tulee Rovaniemen korkeudella yhä myöhemmin. Lumipeitteen arvioidaan vähenevän, toisaalta paikallinen lisääntyminenkin on mahdollista alueilla, joilla lisääntynyt sadanta tulee lämpötilan takia lumena. Kotimaisena talvimatkailukohteena pohjoisen Suomen odotetaan hyötyvän Etelä-Suomen epävakaista talvista. Kotimaan matkailulle on kuitenkin pitkällä aikavälillä ensiarvoisen tärkeää, että uusilla laskettelu- ja hiihtäjäsukupolvilla olisi mahdollisuus harrastuksen aloittamiseen keskeisten asutuskeskusten lähellä. Murtomaahiihto on laskettelua riippuvaisempi lämpötilasta ja lumitilanteesta, koska siinä ei ole perinteisesti käytetty keinolunta. Hiihtoharrastus on keskittynyt Itä- ja Pohjois-Suomeen ja ilmastonmuutoksen myötä hiihtäminen tullee edelleen vähenemään pitkällä aikavälillä etelässä ja rannikolla. Kansainvälisesti Pohjois-Suomella on mahdollisuudet hyötyä talvimatkailukohteena, mikäli perinteisten Keski-Euroopan alppikohteiden lumivarmuus heikkenee odotetusti.

Taulukko 3.20. *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista matkailuun ja virkistyskäyttöön Suomessa. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia, eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä*

Haitta	Etu
– Leväkukintojen yleistyminen vesien lämpenemisen takia – Lumivarmuus vähenee etenkin Etelä-Suomessa	+ Kesämatkailukausi ja -virkistyskausi pitenevät + Vesistöjen lämpötila nousee + Pohjois-Suomen talvimatkailun vetovoiman mahdollinen kasvu, mikäli Alppien lumimäärä heikkenee ennustetusti

3.2.10. Vakuutustoiminta

Vakuutustoiminta Suomessa

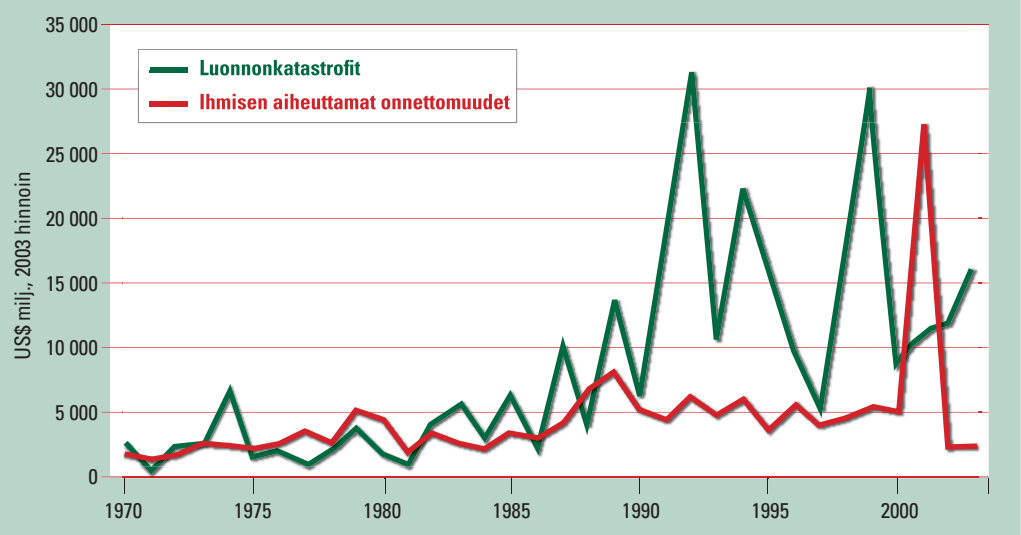
Vakuutustoiminnan suoranainen reaalitaloudellinen merkitys kansantalouden kannalta on varsin vähäinen, noin 1 % bruttokansantuotteesta. Vakuutussektorin välillinen merkitys on kuitenkin kansantaloudelle tätä huomattavasti suurempi. Vakuutussektorin rooli on merkittävä tarkasteltaessa esimerkiksi sen osuutta pääomien kohdentajana ja säästöjen muodostajana. Vakuutussektorin, erityisesti vahinkovakuutuksen, rooli erilaisten riskien uudelleenjakajana on merkittävä.

Jälleenvakuutus on paljon käytetty keino jakaa ensivakuuttajien ottamia vastuita useiden vakuutusyhtiöiden kesken. Jälleenvakuutus tekee mahdolliseksi sen, että suuretkin vastuut pystytään vakuuttamaan. Kansainvälinen yhteistyö on perinteistä suomalaisessa jälleenvakuutuksessa.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset vakuutustoimintaan

Maapallolla on ihmisiä kaksi kertaa niin paljon kuin 1950-luvulla. Asuminen on keskittynyt entistä enemmän suuriin kaupunkeihin, jotka sijaitsevat rannikolla ja ovat siten alttiina luonnonkatastrofiriskeille. Muutos ihmisten määrässä ja kaupungistuminen ei kuitenkaan yksin riitä selittämään sitä, miksi luonnonkatastrofeista maksettavien vakuutuskorvausten määrä on kasvanut viisitoistakertaiseksi neljässä vuosikymmenessä. Samaan aikaan ihmistoiminnasta aiheutuvien onnettomuuksien vakuutuskorvausmäärät ovat kasvaneet maltillisesti vuoden 2001 huippua lukuun ottamatta. Omaisuuksien arvot ovat nousseet, mutta todennäköistä on myös, että ilmasto todella on muuttumassa ja myrskyt ovat voimakkaampia ja vahingot suurempia kuin ennen.

Ilmastonmuutoksen haitallisten vaikutusten aiheuttamat menetykset vakuutusalalle ovat maailmanlaajuinen ongelma jälleenvakuuttamisen kautta. Amerikan jälleenvakuuttamisyhdistyksen (The Reinsurance Association of America (RAA)) arvion mukaan 50 % vakuutetuista menetyksistä viimeisten 40 vuoden aikana maailmassa on tapahtunut 1990-luvun luonnonkatastrofien seurauksena. Vakuutusasiantuntijat ovatkin varoittaneet, että suuria alueita maailmassa saatetaan muuttaa vakuuttamattomiksi alueiksi, koska ilmastonmuutoksen aiheuttamat säätilojen muutokset (esimerkiksi helleaallot, hirmumyrskyt) jatkuvat kiihtyvässä tahdissa. Ilmastonmuutoksen on arveltu johtavan korvattavien vahinkojen kasvuun,



Kuva 3.5. *Kuva vakuutusmenetyksistä (omaisuus ja elinkeinon keskeytys) luonnonkatastrofien ja ihmisen aiheuttamien onnettomuuksien seurauksena maailmanlaajuisesti ajalla 1970–2003. Vakuutusmenetysten kehitys 1970-luvulta osoittaa selvän kasvavan trendin kohti suurempia menetyksiä.*
Lähde: Swiss Re, sigma No. 1/ 2004: Natural catastrophes and man-made disasters in 2003.

mikä puolestaan vaikuttaa vakuutusmaksuja nostavasti. Ääri-ilmiöt siis tulevat aiheuttamaan riskitason kasvua vakuuttamisessa. Ilmastonmuutos saattaa johtaa kasvaneisiin kustannuksiin ja jopa vakuutusyhtiöiden konkursseihin maailmalla.

Suomessa vakuutusyhtiöiden konkurssiuhkaa voidaan pitää erittäin epätodennäköisenä, sillä vakuutusyhtiöiden hinnoittelu ja ehdot pitävät yleensä niiden rahoituspohjan terveenä myös poikkeustilanteissa. Lisäksi Suomessa on vältytty maantieteellisen sijaintimme ansiosta sellaisilta vahingoilta, joita on nähty muualla pohjoismaissa.

Esimerkiksi Tanskassa Anatol-myrsky vuonna 1999 puhalsi 160 kilometrin tuntinopeudella ja aiheutti lähes 2 miljardin euron vakuutuskorvaukset. Näin suurta vahinkoa ei yleisesti pidetty Tanskassa edes mahdollisena. Uudelleen päivitetyissä arvioissa oletetaan, että 100 vuoden säävahinkojen maksimivahinko Tanskassa olisi suuruudeltaan noin 2,5 mrd euroa ja 10 vuoden maksimi olisi 500 miljoonaa euroa. Arvioiden epävarmuus on kuitenkin huomattava.

Säästä riippuvaisilla tapahtumilla on vaikutuksia lähes kaiken tyyppisille vakuutuksen tarjoajille. Todennäköistä on, että ilmastonmuutos ja ennakoidut muutokset sääriippuvaisista tapahtumista, jotka mielletään ilmastonmuutoksesta riippuviksi, lisäävät matemaattista epävarmuutta riskinarvioinnissa ja siten epävarmuutta myös vakuutusmarkkinoiden toimivuuteen (esimerkiksi vakuutuspalveluiden saatavuus, hinnoittelu). Tämä saattaa aiheuttaa paineita sille, että jotkin toiminnot luokitellaan vakuutuskelvottomiksi, omavastuuta nostetaan tai korvauskattoa lasketaan. Tämä saattaa aiheuttaa myös muutoksia yksityisen ja julkisen vakuuttamisen rooleissa ja valtion lisääntynyttä tarvetta osallistua vakuutustoimintaan.

Korkeat maksimi- ja minimilämpötilat, lumisuus, sateisuus, tulvat, lämpöaallot, hallat jne. aiheuttavat ongelmia terveydelle, omaisuudelle, maataloustuotteille, liikenteelle, vesirakenteille eli lähes kaikille sektoreille, jossa vakuutusala toimii.

Vaikutuksille alttiimmat sektorit on arvioitu olevan omaisuus- ja henkilövakuutus ja jälleenvakuutus. Sää on osallisena monessa vaaratilanteessa ja vuosittain vakuutusyhtiöt korvaavat tuhansittain erilaisten sääilmiöiden aiheuttamia vahinkoja. Vakuutusyhtiöt tarjoavat vakuutuksia metsäpalojen sekä myrsky-, lumi-, jyrsijä-, sienitauti- ja tulvatuhojen varalta. Vakuutusyhtiöiden korvaamista metsävahingoista 70 prosenttia on myrskyn aiheuttamia.

Tiedot ilmastonmuutoksen mahdollisista vaikutuksista ovat kuitenkin puutteellisia vakuutussektorilla. Vakuutusala on kuitenkin kiinnostunut kehittämään materiaalia ja vakuutustuotteita ja -järjestelmiä mm. tulvien osalta. Esimerkiksi joissain maissa on kehitetty niin sanottuja poolijärjestelmiä kattamaan tulvavahinkoja. Tällaisia poolijärjestelmiä on käytössä mm. Norjassa, Ranskassa ja Sveitsissä. Norjassa poolijärjestelyssä vakuutukset käsittävät tulvavakuutuksen ohella myös myrskyvahingot, koska nämä liittyvät yleensä samaan ”luonnonkatastrofiin”. Tällainen luonnonvaravakuutuspaketti on OECD:n selvityksen mukaan parempi kuin yksittäisten katastrofien varalle kehitetyt vakuutukset. Jälleenvakuuttamismäärät ovat Norjassa korkeat. Ruotsissa puolestaan tulvavakuutus on enemmän markkinaehtoinen ja sisältyy kotivakuutukseen, mutta toisaalta vakuutuksissa on korkeat omavastuuosuudet (voi olla jopa 2000 euroa). EU-jäsenmaissa ei käytännössä missään vakuuteta pelkästään tulvavahinkoja eli tulvavahingoille ei ole omaa vakuutustuotetta, vaan se on liitettynä johonkin muuhun vakuutukseen, kuten myrskyvakuutukseen tai laajempaan kotivakuutukseen. USA:ssa on

puolestaan oma kansallinen tulvavakuutusohjelma, jossa valtio voi määrätä tulvavakuutuksen ottamisen rahoituksen saamisen edellytykseksi mm. rakennusten korjaukseen tai ostoon suuren tulvariskin alueella. Muuten vakuutuksen otto on vapaaehtoista.

Suomessa pääsääntö on puolestaan se, etteivät kiinteistö- tai kotivakuutukset korvaa sadevesi- ja tulvavahinkoja. Syy on se, että jos talo rakennetaan rakentamismääräysten mukaan oikein, veden ei pitäisi päästä rakenteisiin. Vakuutusyhtiö voi kuitenkin maksaa korvauksia poikkeustapauksissa. Monien yhtiöiden kotivakuutusten sopimusehdoissa korvattavuuden perustana on tilanne, jossa toinen vahinko aiheuttaa veden valumisen asuntoon. Selvää ei ole täyttääkö rankkasateet vahinkoineen kiinteistö- ja kotivakuutusehdoissa yleisesti mainitut odottamattomuuden ja äkillisyyden määritelmät. Toisin kuin tuulennopeuksien osalta vakuutusalalla ei ole yhtenäisiä pelisääntöjä sademääristä, joita voitaisiin soveltaa korvauspäätöksiä tehtäessä.

Valtio on toisaalta luonut Suomessakin eräänlaisia menettelytapoja, jolloin poikkeuksellisten säiden aiheuttamat vahingot korvataan joko osittain tai käytettävissä olevien määrärahojen puitteissa. Valtion varoista korvataan poikkeuksellisten sääolojen takia satoa kohdanneet vahingot samoin kuin poikkeuksellisen tulvan aiheuttamat vahingot puutarhakasveille ja peltokasveille. Satovahinkokorvausta voidaan maksaa vahingon ylittäessä 30 prosenttia tilan normisadon arvosta. Tämän omavastuuosuuden ylittävästä osuudesta korvataan valtioneuvoston määräämä osuus, joka viime vuosina on ollut 90 prosenttia. Puustolle aiheutuneesta tulvavahingosta korvausta voidaan hakea valtiolta tuhojen tultua ilmi. Tulvakorvauksia voidaan maksaa vain vesistöjen poikkeuksellisten tulvien aiheuttamista vahingoista ja vahinkojen torjunnasta aiheutuneista kustannuksista. Esimerkiksi vuonna 2004 tulvakorvauksia oli varattu valtion talousarvioon 841 000 € vesistöjen poikkeuksellisten tulvien aiheuttamiin vahinkoihin ja vahinkojen torjuntaan. Kesän 2004 poikkeuksellisista tulvista aiheutuvien vahinkojen korvaamiseen tosin esitettiin hallituksen lisäbudjetissa 4 miljoonan euron lisäystä. Poikkeuksellisena tulvaa voidaan pitää esimerkiksi silloin, jos sen suuruisia tulvia esiintyy harvemmin kuin kerran 20 vuodessa.

Taulukko 3.21. *Yhteenveto ilmastonmuutoksen ennakoiduista vaikutuksista vakuutustoimintaan Suomessa. Vaikutukset eivät ole yhteismitallisia eli lueteltujen etujen ja haittojen lukumääristä ei voi päätellä kummat ovat määrällisesti merkittävämpiä. Jotkut vaikutuksista ovat selkeitä etuja tai haittoja, mutta toisten vaikutusten suunta on vielä epäselvä tai vaikutuksen suunta riippuu ilmastonmuutoksen voimakkuudesta.*

Haitta	Vaikutuksen suunta epäselvä tai samanaikaisesti haitta ja etu	Etu
– Korkeat maksimi- ja minimilämpötilat, lumisuus, sateisuus, tulvat, lämpöaallot, hallat jne. aiheuttavat ongelmia terveydelle, omaisuudelle, maataloustuotteille, liikenteelle, vesirakenteille ja lisäävät maksettavia korvauksia – Matemaattinen epävarmuus riskinarvioinnissa lisääntyy – Epävarmuus vakuutusmarkkinoiden toimivuudessa lisääntyy – Paine lisääntyy luokitella jotkin toiminnot vakuutuskelvottomiksi, nostaa omavastuuta tai laskea korvauskattoa	• Yksityisen ja julkisen vakuuttamisen rooleissa tapahtuu muutoksia	+ Uusia vakuutustuotteita ja -järjestelmiä tulee markkinoille + Korvausvastuissa linja selkiytyy

4. Sopeutuminen ilmastonmuutokseen

4.1. Toimialakohtainen sopeutuminen

4.1.1. Luonnonvarojen käyttö

4.1.1.1. Maatalous- ja elintarviketuotanto

Toimijoiden sopeutumiskyky

EU:n yhteinen maatalouspolitiikka ohjaa myös lähitulevaisuudessa maataloutta ja sen alueellista suuntautumista Suomessa. Muihin luonnonvaroihin perustuviin elinkeinoihin verrattuna maataloudella on yleisesti ottaen hyvät mahdollisuudet reagoida nopeasti ilmastonmuutokseen, koska viljelykierto on lyhyt. Lisäksi viljelykasvien yleinen sopeutumiskyky on hyvä.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Maatalouspolitiikassa on tarpeen ottaa tulevaisuudessa huomioon myös muuttuvat ilmasto-olosuhteet. Kannustimilla voidaan parantaa joustavampaa maankäyttöä ja viljelyn alueellista sijoittumista, jotta mahdolliset ilmastonmuutoksesta koituvat edut voidaan hyödyntää. Lisäksi on tarpeen tukea uusien teknologioiden ja viljelymenetelmien omaksumista sekä maatalouden monipuolistamista. Eläintautien seurantajärjestelmiin voi olla tarpeellista tehdä pieniä muutoksia. Maatalouden vesistökuormituksen hallitsemiseksi muuttuvissa olosuhteissa tulee vesiensuojelukeinoja arvioida lisääntyneen ravinteiden huuhtoutumisen takia. Lisäksi tulisi mahdollisesti arvioida riskinhallinta toimenpiteiden kehittämistarvetta sekä satovahinkojen ja myrskyvahinkojen korvausjärjestelmiä.

Jalostus

Tulevaisuudessa käytettävät peltokasvilajikkeet eivät tule olemaan lajikkeita, joita tällä hetkellä on viljelyssä. Nykyisillä peltokasvien jalostusmenetelmillä uusien lajikkeiden jalostusprosessin kesto vaihtelee noin 7 vuodesta (itsepölytteiset viljat, öljykasvit) 12–15 vuoteen (syysviljat, nurmikasvit). Näin ollen peltokasvien lajikejalostuksessa voidaan reagoida suhteellisen nopeastikin muuttuviin ilmasto-oloihin.

Lämpenevässä ilmastossakaan ei eteläisempiin oloihin jalostettujen lajikkeiden käyttökelpoisuus Suomen kasvuoloissa tule olemaan todennäköistä. Tähän vaikuttaa erittäin poikkeava kasvukauden aikainen päivänpituutemme ja siitä johtuva käytettäviltä lajikkeilta vaadittava erityinen kasvurytmi, sekä lisäksi peltojemme voimakkaasti vaihtelevat ja eteläisemmistä kasvuoloista poikkeavat maalajit. Lisäksi kasvuolojemme poikkeavuutta korostaa edellä mainittujen seikkojen moniulotteiset vuorovaikutukset. Näin ollen on selvää, että myös tulevaisuudessa peltokasvituotantomme voi perustua vain nimenomaan paikallisiin oloihimme suunnatun lajikejalostuksen varaan.

Kevätrypsi voidaan korvata paikoin satoisammalla kevätrapsilla ja myöhemmin mahdollisesti syysrapsi voi tulla viljelyyn. Uudet lajit, kuten maissi ja auringonkukka, jäänevät kuitenkin marginaalisiksi. Mikäli viljeltävää kasvilajia vaihdettaisiin, se edellyttäisi muutoksia tuotantotavoissa ja mahdollisesti uusia koneita.

Tuhoeläimet, kasvitaudit ja rikkakasvit

Tuhoeläinten ja kasvitautien leviämistä tulee ehkäistä ennalta. Ilmaston lämpeneminen johtanee kuitenkin uusien rikkakasvi-, kasvitauti- ja tuholaisriskien ilmenemisen takia tarpeeseen torjunta-aineiden käytön lisäämisestä ja voimakkaampien torjunta-aineiden käytöstä. Kaksi viikkoa lisää kasvukautta merkitsee torjunta-aineilla torjuttaville tuhoojille 1–2 torjuntaruiskutusta enemmän. Mahdollisesta lisääntyneestä torjunta-aineiden käytöstä johtuvia haittoja on pyrittävä vähentämään.

Suomella on tällä hetkellä kuuden karanteenituhoojan suhteen EU:n tunnustama suoja-alueoikeus (tulipolte, etelänjauhiainen, tomaatin pronssilaikkuvirus, valkoperuna-ankeroinen, ritsomania, koloradonkuoriainen). Suoja-alueoikeutta haetaan erikseen sillä perusteella, ettei maassa esiinny pysyvästi kyseistä tuhoojaa. Muutokset suoja-alueissa ovat tulevaisuudessa mahdollisia.

Muutokset maataloustuotannossa

Erityisen tärkeää ilmaston muuttuessa on peltojen yleisen kasvukunnon ylläpito. Ilmastonmuutoksen negatiivisia vaikutuksia maaperään voidaan pienentää kehittämällä viljelytapoja. Ravinteiden huuhtoutumista maaperästä voidaan estää monivuotisten kasvien viljelyllä, peltojen talviaikaisella kasvipeitteisyydellä, alus-

ja kerääjäkasveilla sekä suojavyöhykkeillä. Maan rakennetta voidaan parantaa kyntämällä oljet maahan, keventämällä muokkausta ja suorakylvöllä. Suorakylvö säilyttää paremmin maaperän kosteuden ja lumipeitteisyyden talvella.

Maataloustuotantoa voidaan tehostaa ja samalla hyödyntää ilmastonmuutoksen mahdollisuuksia jalostuksen ja kasvinsuojelutoimenpiteiden lisäksi muuttamalla kylvöaikoja ja lannoitusta. Kevätkylvöjä voi arvioiden mukaan aikaistaa 2050 Jokioisissa runsaat kymmenen vuorokautta eli huhtikuun loppupuolelle. Viljelyn aikaistamista rajoittaa kuitenkin mahdollinen keväthallojen yleistyminen. Syysviljojen viljely on nyt rajoittunut Etelä- ja Lounais-Suomeen, mutta muuttuneessa ilmastossa aluetta voitaisiin laajentaa. Syysviljojen satopotentiaali on kevätviljoja suurempi. Lisäksi ne suojelevat maaperää eroosiolta ja huuhtoutumiselta eivätkä ole yhtä poudanarkoja.

Puutarhataloudelle ilmastonmuutoksen tuomia etuja voidaan hyödyntää laajentamalla tuotantoa. Kotieläintaloudessa laidunnuskauden pidentäminen lisää eläinten hyvinvointia. Eläintautien ennaltaehkäisyyn tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota. Eläinsuojissa voidaan joutua lisäämään jäähdytystä kesäisin.

Sopeutumistutkimus

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia maatalouteen ei ole tutkittu laaja-alaisesti Suomen akatemian SILMU-tutkimusohjelman jälkeen. Vaikutustutkimuksen tasoa maataloudessa voidaan kuitenkin pitää hyvänä. Ohessa esitetään esimerkkejä vaikutustutkimuksen ja sopeutumistutkimuksen havaitusta lisätutkimustarpeesta:

- Vaihtoehtoskenaarioiden laatiminen ilmastonmuutoksen vaikutuksista Suomen maataloudelle, eli millaista maatalous on eri puolella Suomea muuttuneessa ilmastossa, miten maatalous voi sopeutua muutokseen ja mitkä ovat riskit
- Muutostarpeet kasvin- ja kotieläintuotannon tuotantotekniikassa
- Ilmastonmuutoksen sopeutumistoimien takaisinkytkentä ilmastonmuutokseen ja ympäristökuormituksiin, muun muassa vesistökuormitukseen ja kaasumaisiin päästöihin
- Veden tehokas hyödyntäminen ilmastonmuutoksen vaikutusten, kuten mahdollisen ajoittaisenkuivuuden minimoimiseksi
- Kasvien uusien stressitekijöiden tunnistaminen ja stressivaikutusten minimoiminen

- Kustannustehokas tautien ja tuholaisten hallinta muuttuneessa ilmastossa
- Geenivarojen monimuotoisuuden hyödyntäminen ilmastonmuutokseen sopeutumisessa
- Puutarhatuotannon mahdollisuudet muuttuneessa ilmastossa
- Ilmastonmuutokseen sopeutumista edistävät ohjauskeinot
- Ilmastonmuutoksen vaikutukset maailman ja EU:n elintarvikemarkkinoihin ja näiden vaikutukset Suomen elintarviketalouteen
- Ilmastonmuutoksen sopeutumistoimien ja hillitsemistoimien yhteensovittaminen maataloudessa
- Elintarvikeketjun kokonaisuuden sopeutuminen ilmastonmuutokseen ja laatunäkökulman huomioon ottaminen
- Ilmastonmuutoksen ja sopeuttamistoimien vaikutukset maatalousluonnon monimuotoisuuteen

Taulukko 4.1. *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista maataloudessa. Alustava arvio toimenpidelinjausten ajoittumisesta: *Välitön: 2005–2010 , **lyhyt aikaväli: 2010–2030, ***pitkä aikaväli: 2030–2080.*

		Ennakoiva	**Reaktiivinen**
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Ilmastonmuutokseen sopeutuvien tuotantomenetelmien ja tuotannon rakenteen sekä sijoittumisen huomioon ottaminen tukipolitiikassa*** • Eläintautien seurantajärjestelmien kehittäminen** • Kasvitautien ja tuholaisten seurantajärjestelmien kehittäminen*	
	Tutkimus ja tiedotus	• Uusien teknologioiden ja viljelymenetelmien kehittäminen ja niistä tiedottaminen** • Ilmastonmuutoksen ja sen riskien hahmottaminen*	
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset	• Muuttuneiden ilmasto-olosuhteiden ja kasvinsuojelutarpeiden integroiminen kasvinjalostusohjelmiin*	• Mahdollisesti lisääntyvän torjunta-aineen käytön haittojen minimoiminen**
	Normatiiviset toimenpidelinjaukset	• Vesiensuojeluohjeiston muutoksen arviointi**	
Yksityinen		• Uusien viljelymenetelmien, viljelykasvien ja teknologian käyttöönotto**	• Kotieläinten laidunnuskauden pidentäminen*** • Tuholaisten ja tautien torjunnan lisääminen**

4.1.1.2. Metsätalous

Toimijoiden sopeutumiskyky

Metsätalouden tietopohja ilmastonmuutoksesta on hyvä: Suomessa on monien tutkimusohjelmien (SILMU, Fibre, Figare) ansiosta jo tutkimustietoa ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsäekosysteemiin, ja metsät ovat valtaosaltaan säännöllisen hoidon piirissä. Toisaalta sopeutumistutkimusta ei ole tehty vielä paljon. Lisäksi metsätalouden toimenpiteiden vaikutusten aikajänne on hyvin pitkä (noin 50–100 vuotta), joten sopeutumistoimien valmistelu tulee käynnistää varsin pian.

Kansallisen tason ilmastonmuutokseen sopeutumisen suunnitteluvälineenä toimivat mm. Kansallinen metsäohjelma ja alueellisen tason suunnittelussa metsätalouden alueelliset tavoiteohjelmat, joihin ilmastonmuutoksen näkökohdat voidaan sisällyttää. Käytännön metsänhoidossa toimitaan 5–10 vuoden aikajänteellä metsäsuunnitelmien mukaisesti, mutta päätöksillä on pitkäaikaisia vaikutuksia metsäluontoon metsätalouden kannattavuuteen ja metsätaloustuotteisiin.

Erityisen tärkeätä on kyetä tunnistamaan ja ennakoida, millä tavalla ja voimakkuudella sekä milloin ilmastonmuutos muuttaa olennaisesti metsäekosysteemin toimintaa. Myös riskien tunnistaminen muodostaa tärkeän osan ilmastonmuutokseen sopeutumisessa. Näiden valmiuksien kasvattaminen mahdollistaisi valmistautumisen riittävän ajoissa ilmastonmuutoksen mahdollisesti aiheuttamiin häiriöihin ja uhkien tunnistamiseen metsäekosysteemin toiminnassa sekä häiriöiden vaikutusten vähentämiseen. Lisäksi on arvioitava metsätalouden, sen organisaatioiden ja rakenteiden kykyä sopeutua muutoksiin, niin että toiminta vastaa muuttuneita olosuhteita ja pysyy kannattavana. Toimien on oltava riittävän varhaisia ja kohdennettuva sellaisille alueille, joissa riskit ovat suurimmat.

Yleisimpien puulajiemme perinnöllinen muuntelupohja on todennäköisesti tarpeeksi laaja mahdollistamaan sopeutumisen. Ihminen voi nopeuttaa luonnon omien sopeutumistoimien läpimenoaikaa metsänhoidollisin toimenpitein.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Metsäpuiden geenivarat, metsänjalostus ja siemenhuolto

Metsäpuiden geenivarojen säilytyksen tavoitteena on lajien ja paikallisten populaatioiden perinnöllisen muuntelun säilyttäminen kauas tulevaisuuteen, jotta niiden elinvoimaisuus ja sopeutumiskyky olisi riittävä muuttuvissa olosuhteissa. Pääpuulajiemme geenivarojen suojelua varten on perustettu geenireservimetsien verkosto. Geenireservimetsiksi on valittu alueita, joilla puusto on paikallista alkuperää. Alueita hoidetaan muuten normaalin talousmetsän tapaan, mutta ne uudistetaan joko luontaisesti tai istuttamalla taimia, jotka on kasvatettu paikalla kasvaneiden puiden siemenistä. Jalojen lehtipuiden geenivaroja suojellaan säilyttämällä alkuperäisistä metsiköistä kerättyä aineistoa kokoelmissa. Luonnonsuojelualueet, siemenpankit ja jalostuspopulaatiot ovat metsäpuiden geenivarojen suojelua täydentävä menetelmä.

Keskeisenä sopeutumistoimenpiteenä on soveltuvien ilmasto- ja maaperäolosuhteisiin mukautuvien puulajien ja alkuperien käyttö metsänuudistamisessa. Metsänviljelyssä tulisi suosia hieman viljelypaikkaa eteläisempiä alkuperiä. Alkuperien siirrossa tulee kuitenkin olla varovainen ja ottaa huomioon puun selviytyminen taimivaiheessa, kun ilmasto ei ole lämmennyt yhtä paljon kuin sen myöhemmissä kehitysvaiheissa. Keskieurooppalaisten mäntyjen siirtäminen tänne ei onnistu, sillä ne ovat sopeutuneet Suomesta poikkeaviin valo-olosuhteisiin. Eteläiset alkuperät altistuvat surmakkatuhoille, koska ovat väärässä fenologisessa tilassa, kun tuho iskee. Alkuperien testausta tulee suorittaa yli nykyisten jalostusvyöhykkeiden ja jalostusvyöhykkeiden sisälle voidaan laatia erilaisia jalostustavoitteita. Jalostusta tulisi suunnata useisiin osapopulaatioihin, jotta laaja perimä säilytetään. Tulevaisuudessa jalostettavia ominaisuuksia ovat muun muassa keskilämpötilan nousuun ja pidentyneeseen kasvukauteen sopeutuminen sekä tuhonkesto.

Siemenviljelysten perustaminen ja siemenviljelyssiemenen käytön edistäminen on merkittävin tapa hyödyntää metsänjalostuksen tuloksia käytännön metsätaloudessa. Ilmastonmuutokseen varautumisen kannalta on tärkeää tuntea mahdollisimman tarkkaan metsänviljelyaineiston geneettinen alkuperä. Tällöin voidaan jatkossa määrittää tietyn siemenerän ja siitä kasvatettujen taimien soveltuva käyttöalue – myös ilmaston muuttuessa. Siemenviljelyssiemen on tässä mielessä paljon parempaa ja turvallisempaa kuin metsiköistä kerätty niin sanottu siemen-

lähdesiemen, jonka alkuperästä on tiedossa ehkä vain kunta, jonka alueelta kävyt on kerätty.

Metsänhoito

Hyvin hoidettu metsä luo edellytyksiä sopeutua ilmastonmuutokseen. Sekä luontaisessa uudistamisessa että metsänviljelyssä on omat hyvät puolensa ilmastonmuutokseen sopeutumisessa. Luontainen uudistaminen luo mahdollisuudet puulajien luontaisen geneettisen potentiaalin hyödyntämiseen ilmastonmuutokseen sopeutumisessa. Toisaalta metsänviljelyaineiston alkuperän valinnalla ja jalostetun materiaalin käytöllä pystytään reagoimaan tehokkaammin ilmastonmuutokseen. Mikäli puulajeista halutaan suosia havupuita, metsänviljelyä joudutaan lisäämään nykyisestä.

Lyhyempi puuston kiertoaika ja säännöllinen metsänhoito parantavat sopeutumista nopeuttamalla uusien paremmin perimältään sopeutuneiden populaatioiden yleistymistä ja vähentävät tuhoriskiä. Myös taimikonhoitoa ja -perkausta joudutaan tehostamaan havupuiden kehityksen turvaamiseksi, koska lehtipuiden luontaiset uudistumisedellytykset parantuvat. Metsänhoitokäytäntöjä on kuitenkin syytä arvioida tulevaisuudessa uudelleen tavoitteena kehittää adaptiivista metsänhoitoa, jossa metsätalouden tuotantotavoitteet ja metsänhoito suhteutetaan odotettavissa olevaan ilmastonmuutokseen ja sen vaikutuksiin metsäekosysteemissä. Tarkasteltavia asioita ovat muun muassa viljelyn ja luontaisen uudistamisen edellytykset, harvennusvälit ja -voimakkuudet sekä kiertoaika ja metsäojitustarve.

Juurikäävän leviämisen estämiseksi tehdyt panostukset pienentävät sen riskiä ja näkyvät myös aikaa myöten tyvilahon ja tyvitervaksen leviämisen hidastumisena ja toivottavasti myös vähenemisenä metsissämme. Tuhomonitorointijärjestelmiä tulee kehittää ja yhteistyötä tiivistää eurooppalaisten asiantuntijatahojen kanssa. Rajoituksia puuntuonnille tuholaisten pahiten saastuttamilta alueilta on tulevaisuudessa ehkä harkittava. Puiden resistenssijalostus on mahdollinen keino lieventää tuhoja, vaikka se on vielä käytännössä hidas ja vaikea menetelmä. Mahdollisiin suurtuhojen aiheuttajiin, kuten mäntyankeroiseen voidaan varautua arvioimalla ilmastonmuutoksen vaikusta kriisivalmiussuunnitelmassa. Tuhohyönteiskantojen kasvu voi edellyttää kasvinsuojelusäädöksien sekä metsän hyönteis- ja sienituhojen torjunnasta annettujen säädösten uudelleen arviointia.

Tärkein tapa vähentää hirvieläinten aiheuttamia tuhoja on kantojen säätely suunnitelmallisen metsästyksen avulla. Hirven aiheuttamia tuhoja voidaan jossain määrin vähentää myös riistanhoitomenetelmillä, kuten suolakivien oikealla sijoittelulla, riista-aidoilla, karkotteilla ja mekaanisilla latvasuojilla.

Taulukossa 4.2 on esitetty tämän hetken tietämyksen mukaisia metsänhoitotoimia, joiden tavoitteena on sopeutuminen ilmastonmuutoksen. Käytännön metsänhoidossa joudutaan ottamaan huomioon useita toisinaan keskenään ristiriitaisiakin metsien eri käyttömuotoja: puuntuotanto, monimuotoisuuden suojelu, ilmastonmuutoksen hillitseminen joko hiilivarantoja kasvattamalla ja suojelemalla tai korvaamalla haitallisempia raaka-aineita ja energiamuotoja puulla sekä ilmastonmuutokseen sopeutuminen.

Taulukko 4.2. *Metsänhoitotoimenpiteiden sopeuttaminen ilmastonmuutokseen tämän hetken tietämyksen mukaan.*

Metsähoitotoimenpide	Ilmastonmuutokseen sopeutuminen
Jalostus	• Metsänviljelyaineistojen sopeuttaminen muuttuvaan ilmastoon laaja-alaiseen viljelyvarmuuteen tähtäävän metsänjalostuksen avulla • Tuhoihin resistentit alkuperät
Luontainen uudistaminen	• Puiden luontainen sopeutumispotentiaali on käytössä
Metsänviljely	• Metsänviljelyn käyttö, mikäli halutaan suosia havupuita • Mahdollistaa paremmin sopeutuneiksi jalostettujen siemenviljelyssiementen ja kloonien käytön
Taimikonhoito	• Taimikonhoitoa ja -perkausta voidaan joutua aikaistamaan
Harvennukset	• Soveltuvat harvennusvälit ja -voimakkuudet • Säännöllinen metsänhoito ehkäisee hyönteis-, sienitauti- ja myrsky-, ja lumituhoja
Kiertoaika	• Lisääntynyt kasvu mahdollistaa kiertoajan lyhentämisen
Metsäojitus	• Kunnostus- ja täydennysojitustarpeen uudelleenarvioiminen

Metsänkäyttö

Metsästä tapahtuvan kuljetuksen vaikeutuminen kelirikkoaikana lisää investointien tarvetta tieverkon ylläpitoon ja kehittämisen. Harvennus- ja korjuuteknologiaa sekä -menetelmiä tulee myös kehittää soveltumaan muuttuneisiin olosuhteisiin. Metsäteollisuuden valmistusprosessit pystyttäneen todennäköisesti sopeuttamaan esimerkiksi puulajisuhteiden muutokseen Suomessa, mutta metsäteollisuuden valmiuksien kartoittaminen ja kehittäminen on silti tarpeen. Ennen kuin pitkälle meneviä johtopäätöksiä Suomen metsätalouden sopeutumisesta ilmastonmuu-

tokseen voi tehdä, tulee selvittää puuston kasvun ja raaka-aineen lisääntymisen jakaantuminen eri puulajeihin ja laatuluokkiin.

Sopeutumistutkimus

Metsätaloudessa tarvitaan lisätutkimusta ekosysteemitoiminnoista ilmastonmuutokseen paremmin sopeutuvan metsänhoidon kehittämiseksi muun muassa seuraavista aiheista. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia metsäekosysteemin ravintoverkkoihin on selvitettävä, mikä loisi valmiuksia ymmärtää ilmastonmuutoksen vaikutuksia metsäekosysteemin tasapainoa ylläpitävien biologisten kontrollitekijöiden dynamiikkaa. Ilmastonmuutoksen haitallisten vaikutusten vähentämiseksi tarvitaan myös ennakoivaa ja sopeutuvaa metsänhoitoa, jonka kehittämiseksi tarvitaan tietoa metsäekosysteemin sukkessiodynamiikasta. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen on kytkettävä osaksi metsäsuunnittelua, sillä metsän käyttö ja hoito ovat aina tiettyyn paikkaan ja hetkeen sidottuja. Tällöin esimerkiksi hakkuiden järkevällä sijoittamisella voidaan vähentää muun muassa tuulituhojen riskiä. Muutoinkin metsänkasvatuksen riskejä tulisi tutkia osana metsänhoitoa ja metsäsuunnittelua metsäntalouden riskinhallinnan kehittämiseksi vastaamaan ilmastonmuutokseen liittyviin uhkiin.

Metsäalan sopeutumistutkimusta tulisi suunnata ilmastonmuutoksen ennakkovaroitus- ja seurantajärjestelmien kehittämiseen. Seurantajärjestelmän kytkeminen ilmastohavaintoihin vaatii tiivistä yhteistyötä ilmastotutkijoiden ja metsätieteilijöiden kesken. Erityisesti muutokset lumipeitteen laajuudessa ja kestossa sekä routaisuudessa ovat tärkeitä. Vaikutukset ovat erilaisia Suomen eri alueiden välillä. Lisäksi tarvitaan tutkimusta, millaisia uhkia ja riskejä liittyy metsätuhoihin ilmastonmuutoksen yhteydessä sekä millä tavalla näitä riskejä voidaan vähentää metsänhoidon yhteydessä esimerkiksi metsikkörakennetta muokkaamalla. Euroopan laajuinen yhteistyö on erityisen tärkeätä tuholaisten ennakoinnin ja seurannan kehittämisessä.

Tutkimusta tulisi suunnata myös havaintoihin perustuviin, erilaisia muutosvaihtoehtoja ennakoiviin puulajien ja -alkuperien siirtokokeisiin sekä puiden yksilötason geneettisen joustavuuden ja ympäristöstressien sietokyvyn jalostusmahdollisuuksien tutkimiseen.

Taulukko 4.3. *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista metsätaloudessa. Alustava arvio toimenpidelinjausten ajoittumisesta: *Välitön: 2005–2010 , **lyhyt aikaväli: 2010–2030, ***pitkä aikaväli: 2030–2080.*

		Ennakoiva	**Reaktiivinen**
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Ilmastonmuutoksen näkökohtien sisällyttäminen kansalliseen metsäohjelmaan* • Metsänhoitosuosituksien tarkistaminen vastaamaan ilmastonmuutosta** • Metsäpuiden geenivarojen suojelu*	
	Tutkimus ja tiedotus	• Ilmastonmuutokseen sopeuttavan ja sitä hillitsevän metsänhoidon kehittäminen* • Tuhojen ennakointi ja seurantajärjestelmän kehittäminen*	
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset	• Puunkorjuun kehittäminen* • Puiden jalostus* • Tuholaisten ja tautien torjuminen*** • Metsäteiden kunnossapito*	• Tuulituhojen nopea korjaaminen seuraustuhojen estämiseksi** • Metsänviljelyaineiston alkuperän valinta**
	Normatiiviset toimenpidelinjaukset	• Metsälainsäädännön muutostapeiden arviointi muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa**/*** • Mahdolliset puuntuontikiellot pahiten tuholaisten saastuttamilta alueilta***	
Yksityinen		• Metsäsuunnitelmien tekeminen uusittujen hoitosuositusten pohjalta**/***	• Tuulituhojen nopea korjaaminen seuraustuhojen estämiseksi**

4.1.1.3. Kalatalous

Kalakantojen sopeutuminen ilmastonmuutokseen

Meriekosysteemi on suhteellisen joustava ympäristömuutosten suhteen ja sisävesien kalat sopeutuvat lämpötilamuutoksiin elinympäristöään tai levinneisyysaluettaan vaihtamalla. Ongelmaksi saattaa muodostua se, että ilmastonmuutos tulee olemaan nopeampi ja vaikutuksiltaan sellainen, että eräiden lajien kantojen on vaikea sopeutua. Ennustettu muutos näyttäisi olevan niin nopea, ettei osa kalalajeista ehdi sopeutua perimänsä avulla. Kaloille on olemassa neljä vaihtoehtoa sopeutua: (1) levinneisyys siirtyy pohjoisemmaksi, (2) laji katoaa nykyiseltä levinneisyysalueelta, mutta ei valtaa uusia asuinvesiä, (3) laji sopeutuu uusiin olosuhteisiin ja (4) arvokkaaksi koettuja lajeja siirretään uusiin, niille soveltuviin vesiin. On todennäköistä, että kaikki neljä vaihtoehtoa tulevat toteutumaan. Suurin osa Suomen kalalajeista on kuitenkin ympäristösietokyvyltään varsin väljiä eli ne tulevat sopeutumaan muutoksiin suhteellisen hyvin.

Kunkin kalanlajin kyky sopeutua uusiin muuttuneisiin olosuhteisiin tai uuteen elinympäristöön on lajikohtainen. Kaloilla on mahdollisuus nopeastikin vaihtaa elinympäristöään sopivammaksi, toisin kuin esimerkiksi simpukoilla. Myös kalalajit, joilla on pitkä elinkaari pystyvät kestämään paremmin olosuhteita, jotka eivät ole kovinkaan edullisia kutemiselle. Myös lajit, joilla on korkea tuottavuus ja nopeampi aikuistuminen, selviävät todennäköisesti taantumisesta ja sopeutuvat muuttuneisiin olosuhteisiin.

Parhaiten tulevat sopeutumaan lajit, jotka jo nykyisellään elävät vaihtelevassa ympäristössä, ja jotka pystyvät kilpailemaan muiden lajien kanssa. Kylmän veden lajien elinolosuhteet tulevat säilymään parhaiten syvissä järvissä, joiden lämpötilan kerrostuneisuus takaa viileän veden olemassaolon myös kesäaikana.

Useiden kalakantojen elinympäristö muuttuu, jolloin ne lajista riippuen saattavat hävitä kokonaan tai runsastua muiden lajien kustannuksella. Mukautuvia lajeja ovat yleiskalamme ahven, hauki ja särki. Niiden levinneisyysalueet ovat jo nykyisellään laajat ja kaikentyyppiset vedet käsittävät. Nieriä puolestaan on esimerkki kalalajista, joka sopeutuu heikosti muutoksiin.

Toimijoiden sopeutumiskyky

Kalavarojen kestävän käytön ja hoidon varmistaminen vaatii täsmällistä tieteellistä tietoa niistä ympäristön muutoksista, jotka vaikuttavat kalakantoihin. Lisäksi tarvitaan hallinnollista joustavuutta toimia saadun tiedon pohjalta. Kalasektorilla on tälläkin hetkellä useita sopeutumistoimenpiteiden vaihtoehtoja valmiina, sillä monet toimenpiteistä on luotu vastaamaan ei-ilmastollisiin muutoksiin menneinä vuosikymmeninä. Suuri haaste tuleekin olemaan ilmastonmuutoksesta johtuvat kalakantojen tilassa ja kalastuksessa tapahtuvien muutosten sovittaminen toisiinsa. Esimerkiksi kalastuksen säätelyssä ei tehdä muutoksia kalastuksen rajoituksiin yhden ympäristötekijän johdosta, vaan tarkastelussa mietitään aina kokonaisuutta. Kalastukseen kohdistuvat monet paineet (kannattavuusongelmat, kalastuksen säätely, dioksiiniongelmat), joten tarkastelun on oltava kokonaisvaltaista, jolloin huomioon otetaan ekologisten seikkojen ohella myös taloudelliset ja sosiaaliset sekä alueelliset seikat.

Ilmastonmuutoksesta aiheutuvat lajistosuhteiden muutokset ovat todennäköisesti kielteisiä suurimmalle osalle suomalaisista kalastajista, sillä arvostetut kalalajit, kuten lohikalat, taantuvat ja vähempiarvoiset, kuten särkikalat, runsastuvat. Hauen, kuhan ja ahvenen kasvattaessa saalisosuuksiaan, kalavesien hoidon piirissä lohikalalajien merkitys saattaa laskea. Sen sijaan esimerkiksi kuha ilmastonmuutoksesta hyötyvänä lajina saattaa nostaa arvostustaan muun muassa ammattikalastuksen puolella, koska siitä kalastajat saavat parhaan kilohinnan. Kuhalle on jo nykyisellään kovasti kysyntää ja Virosta sitä tuodaan Suomeen vuosittain suunnilleen Suomen ammattikalastuksen saaliin verran. Lämpötilan nousu saattaa hyödyttää kuhaa esimerkiksi rehevissä rannikkovesissä, mutta mahdollisen hyödyn saaminen edellyttää, että kalastus toteutetaan järkevästi säänneltynä.

Jäätalven lyhentyminen ja jään ohentuminen puolestaan nähtäisiin troolikalastuksessa, joka on Suomessa tärkein pyyntimuoto, myönteisenä, mutta muikun talvinuottapyynnissä muutokset koettaisiin todennäköisesti haittana.

Lajiston sekä kalojen kutuaikojen muuttuessa kalastustavat, -paikat ja -ajat muuttuvat. Tällöin myös vanhan kalastustietouden merkitys vähenee. Samoin apajapaikat vanhoine pyyntimenetelmineen menettävät merkityksensä, joten tarve kehittää uusia menetelmiä kasvaa jatkuvasti. Vapaa-ajankalastuksessa uistinkalastuksen mahdollisuudet paranevat ja jäältä tapahtuva pilkkiminen

vähenee. Tähän sopeutuminen ei välttämättä ole kovin vaikeaa, sillä vapaa-ajankalastuksessa kalastuksen luonnekin on muuttumassa, mikä näkyy muun muassa verkkokalastuksen vähentymisenä ja kalastuksen siirtymisessä enemmän vapakalastusvälineiden käyttöön. On luultavaa, että vapaa-ajankalastuksen muutokset kalayhteisössä vaikuttavat kohtalaisen vähän. Odotukset voivat olla varsin joustavia, kun otetaan huomioon, että muutokset ovat kuitenkin hitaita ja kysymys on harrastuksesta. Vapaa-ajankalastuspuolella sopeutumista helpottaa se, että ala on melko nopeasti kehittyvää ja muuttuvaa. Esimerkiksi jatkuvasti tulee muotiin uusia pyyntimuotoja (esimerkiksi vetouistelu nykyisin). Toisaalta tulevaisuudessa vapaa-ajankalastuksen luonteeseen voivat vaikuttaa huomattavasti harrastuksen kaupallistuminen ja eläinsuojelunäkökohdat.

Kalanviljelylaitoksille etenkin talvilämpötilojen kohoaminen voi olla hyväksi. Sademäärien kasvusta saattaa myös olla hyötyä viljelylle, sillä vettä riittää tällöin suuremman kalamäärän kasvattamiseen. Tämä edellyttää, ettei kasvanut haihdunta pienennä virtaamia merkittävästi. Kesälämpötilojen kohoamisen vaikutukset puolestaan riippuvat olennaisesti siitä, onko laitoksella mahdollisuutta käyttää kylmää pohjavettä. Tautivaaran kasvu puolestaan voi pahentaa tilanne kalanviljelylaitoksilla. Hyvä sopeutumiskyky edellyttääkin, että viljelytekniikka ja laitteet kehittyvät ilmastonmuutos huomioon ottaen. Esimerkiksi uusia viljelytekniikoita käyttävillä laitoksilla, kuten suljetuilla kiertovesilaitoksilla, sopeutuminen voi olla helpompaa, sillä niissä pystytään säätelemään lähes kaikkia kasvatusolosuhteita, mukaan lukien veden lämpötilaa.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Sekä kalakantojen että kalasektorin sopeutumiskyvyn parantamiseksi tulisi pyrkiä vähentämään muita kalapopulaatioita rasittavia ihmisen toiminnan vaikutuksia kuten vesien rehevöitymistä ja pilaantumista, uhanalaisten kantojen kalastuspainetta sekä muuta elinympäristöjen huonontumista. Myös kalastamalla voidaan vähentää haitallisia vaikutuksia. Kalavesien kalantuottokyvyn kasvun hyödyntäminen ja talteenoton monipuolistaminen edellyttävät kalalajien uusien käyttötapojen kehittämistä, mutta myös vanhojen käyttöönottoa. Myös perinnöllisen monimuotoisuuden säilyttäminen on tärkeää. Nämä toimet tulevat hyödyttämään kalavaroja ilmastonmuutoksesta riippumatta.

Erityisen tärkeää on myös selvittää, missä muutoksia tapahtuu, jotta kalastuksen säätelytoimia suunniteltaessa ja niistä päätettäessä osataan myös nämä asiat ottaa

huomioon. Esimerkiksi taloudellisiin tuloksiin pyrkivän istutustoiminnan ohella voi olla myös tarpeen antaa vesistöjen nykyisten kantojen muuttua erillisissä järvissä ilmastonmuutoksen myötä muuttamatta vesistöjen ja kalakantojen tilaa istutuksin. Tarvitaan tutkimustietoa, mitkä lajit vaativat lisääntyvää suojelua ja miten muutos vaikuttaa kalastuskulttuuriin. Jo nykyinen laki antaa mahdollisuuden reagoida lainsäädännön avulla tarvittaviin toimiin.

Sisävesissä ongelmana on paikoin luontaisten leviämismahdollisuuksien puuttuminen. Yleisten taloudellisesti arvokkaiden lajien, kuten kuhan, osalta nykyäänkin jatkuvasti tehtävät istutukset pitävät huolen levittäytymisestä pohjoiseen olojen parantumisen myötä. Myös kuhan siirtäminen vielä pohjoisemmaksi voisi tulla kyseeseen.

Vesien säännöstelyllä voitaisiin ylläpitää tiettyä vedenpinnan tasoa lohikalojen kudun onnistumisen varmistamiseksi ja toisaalta virtaaman lisäämiseksi voitaisiin lisätä voimalaitosten ohijuoksutuksia. Peltojen suojavyöhykkeillä voitaisiin vaimentaa paitsi kiintoaineen ja ravinteiden valuntaa, mutta myös tarjota suojaa ja ravintoa vesieläimille sekä estää liiallista vesikasvillisuutta ja lämpötilan nousua.

Kalanviljely on suhteellisen säänneltyä toimintaa, joten suuria mahdollisuuksia vaihtaa laitoksen sijaintipaikkaa uuteen ei ole. Uusien kalanviljelylaitosten perustamisessa voidaan tietenkin sijoituspaikkaa miettiä myös ilmastonmuutoksen näkökulmasta. Jotta kalanviljely Suomessa pystyisi mukautumaan ilmastonmuutoksen vaikutuksiin, tarvitaan huolellisesti suunniteltuja sopeutumistoimia. Tällaisia toimia voisivat olla esimerkiksi veden hapetuksen tehostaminen ja riittävän viileän veden saatavuuden varmistaminen. Eräs viljelylaitoksissa toteutettava sopeutumistoimi voisi olla myös kalojen elinkierrolle tärkeiden lämpötilarytmien yhteensovittaminen luonnonrytmeihin soveltuviksi. Esimerkiksi verkkokasseissa voidaan kalojen lämpöoloihin vaikuttaa jonkin verran muun muassa kassisyvyyden ja virrankehittimien avulla. Veden happipitoisuuden suhteen saattaa syntyä ongelmia, jos laitos ottaa vetensä alusvedestä, sillä lämpimässä vedessä tai läheltä pohjaa otetussa vedessä ei välttämättä ole riittävästi happea. Nykyisin tosin lähes kaikki alusvettä käyttävät kalanviljelylaitokset hapettavat vetensä. Myös kalanviljelylaitosten poistoveden puhdistusta saattaa olla tarpeen lisätä, sillä lämpimänä aikana niihin kerääntyy tavallista enemmän rehua ja ulosteita. Sedimentin koostumuksen, kalojen kuolleisuuden ja lämpötilan yhteyttä tosin ei ole tutkittu, mutta erilaisia keinoja on kehitetty miten verkkoaltaiden pohjalle kertyvää sedimenttiä voidaan poistaa.

Sopeutumistutkimus

Vesiekosysteemit ovat erittäin monimutkaisia: Lisätutkimusta tarvitaan prosesseista, jotka säätelevät kalakantojamme, niiden käyttöä ja runsautta sekä niiden reagointia ilmastonmuutokseen niin luonnossa kuin kalanviljelyssäkin. Kalakantojen tilan seurantaa voitaisiin tehostaa eri osapuolten yhteistyöllä. Esimerkiksi tutkimustietoa tarvitaan vesielinympäristöjen ja kalapopulaatioiden välisistä suhteista samoin kuin ilmastollisisten muuttujien ja vesiympäristön suhteesta. Vaikka sisävesien ekosysteemien toimivuudesta tiedetäänkin huomattavasti enemmän kuin meriekosysteemeistä, on tutkimustiedoissa edelleen epävarmuuksia. Tulisi myös tutkia menetelmiä, joilla voidaan nostaa kalastuselinkeinon sopeutumiskykyä, ja jotka auttavat mahdollisuuksia reagoida ilmastonmuutokseen. Myös vesiviljelyn sopeutumista ilmastonmuutokseen tulisi tutkia. Myös tuotannonalan sosiaalisen ja taloudellisen kehityksen seuraamista tulisi jatkaa. Valuma-alueiden vaikutus vesistöihin kasvaa ja hajakuormituksen torjuntatoimien tehostamiseksi olisi lisättävä maatalouden ja puutarhanhoidon lisäravinteiden käytöstä aiheutuvan vesien rehevöitymisen torjuntakeinojen tutkimusta.

Taulukko 4.4. *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista kalataloudessa. Alustava arvio toimenpidelinjausten ajoittumisesta: *Välitön: 2005–2010 , **lyhyt aikaväli: 2010–2030, ***pitkä aikaväli: 2030–2080.*

		Ennakoiva	Reaktiivinen
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Seurannan tehostaminen kalakantojen tilan arvioimiseksi ja eri osapuolien yhteistyötä kehittämällä* • Vesien pilaantumisen, kalastuspaineen ja kalojen elinympäristöjen huonontumisen estäminen*	
	Tutkimus ja tiedotus	• Eri lajien ja ikäryhmien ilmastonmuutoksen vaikutuksiin sopeutumisen arviointi* • Lajien ja ekosysteemien välisten riippuvuussuhteiden selvittäminen* • Tuotannonalan kehityksen seuraaminen*	
	Normatiiviset toimenpidelinjaukset	• Uusien kalanviljelylaitosten sijoittelun harkinta ilmastonmuutoksen suhteen*	
Yksityinen		• Vesien säännöstely ja voimalaitosten ohijuoksutukset* • Pienvesien ympäristön suojavyöhykkeiden lisääminen* • Kalanviljelylaitoksilla yhteensovitetaan kalojen elinkierrolle tärkeät lämpötilarytmit luonnonrytmeihin soveltuviksi* • Investoidaan kalanviljelylaitosten ilmastus- ja hapetuslaitteisiin*	• Kalastuskäytäntöjen muutos (esimerkiksi jäältä tapahtuva kalastus korvautuu osin avovesikalastuksella)*** • Lisätään kalanviljelylaitosten poistoveden puhdistusta rehun ja ulosteiden vähentämiseksi*

4.2.1.4. Porotalous

Ilmastonmuutoksen vaikutukset porotalouteen näyttävät olevan pääsääntöisesti haitallisia, mutta muut seikat kuten tuotannollis-taloudelliset seikat vaikuttavat merkittävästi enemmän sektorin kykyyn sopeutua erilaisiin muutoksiin kuin ilmastonmuutos. Siitä huolimatta ilmastonmuutokseen sopeutumistoimien käyttöönotto hyödyttää sektoria kokonaisuudessaan. Porotalouden sopeutumisessa hyvin merkittäviä ovat kaikkien osatekijöiden yhteisvaikutukset laitumiin ja niiden käytettävyyteen. Näitä osatekijöitä ovat ilmastonmuutos säävaihteluineen, muun maankäytön aiheuttamat muutokset ja porotalouden itsensä aiheuttamat muutokset, kuten laidunten kuluminen. Toinen osatekijä muodostuu poronhoidon sopeutumisesta ja sopeuttamisesta muutoksiin, johon porotalous itse, mutta myös sen hallinto ja ohjaus sekä eri maankäyttömuotojen harjoittamisstrategiat voivat vaikuttaa.

Toimijoiden sopeutumiskyky

Suurimmat haasteet sopeutumiselle arktisissa ekosysteemeissä liittyvät kulttuurisesti tärkeisiin luonnonvaroihin, kuten poroihin. Hallittu porojen hoito ja hyödyntäminen voivat vähentää ilmaston muutoksen vaikutuksia paikallisiin asukkaisiin. Porotalouden haavoittuvuus liittyy siihen, että poronhoitoa harjoittavat ovat usein vahvasti riippuvaisia vain yhdestä tai muutamasta luonnonvarasta. Siten äkillinen ääri-ilmiö saattaa aiheuttaa merkittäviäkin menetyksiä yksityis- ja aluetaloudelle. Ilmastonmuutoksen – samoin kuin muun maankäytön – aiheuttamat epäedulliset muutokset laitumilla nostavat todennäköisesti poronhoidon kustannuksia, jos ruokintaa tai muita porojen hoitoon liittyviä toimia joudutaan tehostamaan.

Merkittävimmät sopeutumiskeinot liittyvät taloudellisen monipuolisuuden lisäämiseen ja maankäytön muutoksien haitallisten vaikutusten vähentämiseen sekä poronhoitomenetelmien jatkuvaan kehittämiseen. Ilmastonmuutoksen vaikutusten ennakointi auttavat suunnittelemaan sopeutumiskeinoja. Muuttuneiden poronhoitomenetelmien johdosta nykyporokanta on 1990-luvulta saakka ollut suhteellisen hyvin suojattu vaikeita lumi- ja sääoloja vastaan. Vasateurastus, porojen lisäruokinta ja loislääkintä ovat mahdollistaneet suhteellisten korkeiden eloporomäärien ylläpidon siitä huolimatta, että talvilaidunvaroista on ollut puutetta.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Porojen liikkumista ja ruuan hankintaa haittaaviin sääoloihin voitaisiin ennakolta paremmin sopeutua, jos sääolosuhteiden alueellisista vaikutuksista olisi parempi tietämys.

Vaikeiden lumiolosuhteiden tai jäkälikköjen huonon kunnon vuoksi voidaan lisäruokinnalla korvata se ravinnon määrä, jota poro ei saa luonnosta ravinnontarpeensa tyydyttämiseen. Ruokinta voidaan toteuttaa viemällä poroille lisäravintoa maastoon tai pitämällä poroja talvisin kotitarhoissa. Lisäruokinnan avulla porot saatetaan saada siirtymään alueille, jotka elättävät poron lisäruokinnan turvin. Ruokinnan etuja on, että se vähentää elinkeinon riippuvuutta talvilaitumista ja luonnonoloista, lisää tuottavuutta ja vakaannuttaa toimintaa. Vaikka yleensä talviruokinta edistää porokarjan terveyttä, huono ruokinta saattaa toisaalta myös aiheuttaa terveyden heikentymistä. Lisäruokinnan järjestämisessä tulee ottaa huomioon myös tarttuvien tautien riski. Hajautettu lisäruokinta maastossa lienee tartuntatautien ehkäisemisen kannalta tarharuokintaa parempi vaihtoehto, mutta on maastoajoneuvojen käytön vuoksi kalliimpaa ja vaikeampaa toteuttaa.

Laidunten tuottokyvyn säilyminen on kestävän poronhoidon perusedellytys. Laidunten kulumista voidaan vähentää laidunkiertojärjestelyin ja paliskuntakohtaisia enimmäisporolukuja alentamalla poromäärät voidaan mitoittaa talvilaidunten kestävälle tasolle. Talvilaitumiin nähden kestävien enimmäisporolukujen säätäminen on tosin nykyisin varsin ongelmallista, koska poronhoidon lisäksi myös monet muut maankäyttömuodot muuttavat laidunten tilaa. Muutokset metsissä saattavat vaikuttaa ratkaisevasti laiduntilanteeseen. Metsätalouden suunnittelujärjestelmiä voidaan edelleen kehittää siten, että poronhoidon näkökohdat otetaan nykyistä paremmin huomioon. Esimerkiksi, jos tärkeitä luppolaitumia ei voida jättää hakkuiden ulkopuolelle, voidaan pohtia keinoja, millä luppo saataisiin siirtymään jo varhaisessa vaiheessa vanhemmasta puustosta taimikkovaiheessa olevaan puustoon. Tällaisia keinoja voisivat olla esimerkiksi luppolaidunten käsittelymenetelmien muokkaaminen tai hakkuualueiden koon ja muodon säätely. Metsien käsittelyn osalta myös taimikoiden ja nuorten metsien harvennukset ja samalla hakkuu- ja harvennustähteen talteenoton kehittäminen parantaisivat porolaidunten tilaa ja käytettävyyttä. Poronhoitomenetelmillä (talvipaimennus, maastoruokinta) voidaan myös sopeutua metsänkäsittelyn aiheuttamiin muutoksiin laitumilla.

Porolaitumien ja -määrien tasapainoinen suhde on olennainen tekijä elinkeinon harjoittamisen kannalta. Jo tehtyjen porolaitumia elvyttävien toimenpiteiden vaikutuksia voidaan seurata säännöllisellä arvioinnilla ja jos jäkälälaidunten todetaan heikentyneen, lasketaan porolukua ottaen huomioon kuitenkin poroluvun vähentämisestä aiheutuvat taloudelliset ja sosiaaliset seikat. Raju poroluvuissa pudotus saattaisi merkitä monelle poronhoitajalle elinkeinon lopettamista kannattamattomana.

Jäkälälaidunten odotetaan muuttuvan ilmastonmuutoksen johdosta entistä kuivemmiksi, jolloin suurpaloriski kasvaa. Metsä- ja maastopalojen riittävän aikaisen havaitsemisen ja sammuttamisen parantamiseksi nykyistä ilmavalvontaa ja metsäpalovaroitusjärjestelmiä kehitetään edelleen.

Sopeutumistutkimus

Porotalouden suurimmat kysymykset liittyen ilmastonmuutokseen ovat: elpyvätkö porolaitumet riittävästi, kasvavatko ruokintakustannukset edelleen ja pystyykö porotalous tarjoamaan riittävän tulotason porotalouteen keskittyville yrittäjille muuttuvissa olosuhteissa. Yksi laaja ja tärkeä kysymys on selvittää, miten eri osatekijät – ilmastonmuutos, eri maankäyttömuodot ja porotalous itse – ovat muuttaneet ja muuttavat laidunten tilaa ja käytettävyyttä ja mikä on kunkin osatekijän merkitys kokonaismuutoksessa.

Tarvitaan myös aikaisempaa pidempiä aikasarjoja lumipeitteen paksuudesta ja kovuudesta, jotta lumisuuden ja vasaprosentin vaihteluita voidaan verrata luotettavasti. NAO-ilmiön eli Pohjois-Atlantin säävaihtelun aiheuttaman länsi–itä -virtauksessa tapahtuvien syklisten muutosten vaikutuksia poronhoitoon ei ole selvitetty toistaiseksi kuin Käsivarren paliskunnasta, joten tutkimustulokset eivät ole vielä sillä tasolla, että voitaisiin tehdä kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä. NAO-ilmiö on kuitenkin aktiivisen tutkimuksen kohteena, joten siitä saataneen tulevaisuudessa lisätietoa. Edelleen tulee jatkaa tutkimuksia laitumien tilassa tapahtuneiden pitkäaikaisten muutosten selvittämiseksi. Tähän liittyisi luonnollisesti tutkimus tasalämpöisten eläinten, kuten porojen, sopeutumisesta lämpenevään ja kosteampaan talveen sekä tutkimus ympäristömuutosten ekofysiologista vaikutuksista kasveihin ja maaperään, erityisesti pohjoisilla alueilla luppoon, jäkälään ja sammaliin. Jo tehtyjen porolaitumia elvyttävien toimenpiteiden vaikutuksia tulisi seurata porolaitumien tilan säännöllisellä arvioinnilla. Metsäntutkimuslaitok-

sen poronhoito ja muuttuva ympäristö -hankkeessa (2002–2006) tutkitaan muun muassa laitumien tilassa tapahtuneita pitkäaikaisia muutoksia sekä ilmastollisten tekijöiden vaikutuksia poronhoitoon, kestävyyden käsitettä ja poronhoidon sopeutumiskykyä. Edelleen tulee selvittää millaisilla hakkuukäytännöillä porojen talviravinnon lähteet, kuten esimerkiksi luppo, saadaan säilymään metsiköissä puusukupolvelta toiselle.

Taulukko 4.5. *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista porotaloudessa. Alustava arvio toimenpidelinjausten ajoittumisesta: *Välitön: 2005–2010 , **lyhyt aikaväli: 2010–2030, ***pitkä aikaväli: 2030–2080.*

		Ennakoiva	Reaktiivinen
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Porotalouden ja metsätalouden intressien yhteensovittaminen* • Suurpaloriskin pienentämiseksi kehitetään ilmavalvontaa* • Eri maankäyttömuotojen kokonaisvaltainen suunnittelu suunnittelujärjestelmiä kehittämällä*	
	Tutkimus ja tiedotus	• Laitumien tilassa tapahtuneiden pitkäaikaisten muutosten sekä ilmastollisten tekijöiden vaikutusten tutkiminen** • Kriittisimmistä laidunalueista tiedottaminen* • Tutkimustyö poron sopeutumisesta ilmastonmuutokseen** • Tutkimustyö ympäristömuutosten ekofysiologisista vaikutuksista kasveihin ja maaperään, erityisesti pohjoisilla alueilla luppoon, jäkälään ja sammaliin** • Eri maankäyttömuotojen suunnittelujärjestelmien kehittäminen **	
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset	• Talvi- ja kesälaitumien erottaminen aidoin*	
	Normatiiviset toimenpidelinjaukset	• Suurimman sallitun poroluvun määrääminen**	
Yksityinen		• Laidunkiertojärjestelmien kehittäminen (mm. laidunkiertoaidat)*	• Lisäruokinnan järjestäminen**

4.2.1.5. Riistatalous

Toimijoiden sopeutumiskyky

Ilmastonmuutoksen odotetaan vaikuttavan lajien runsaudenvaihteluihin. Esimerkiksi myyräkantojen runsaudenvaihteluiden tasaantumisen seurauksena petojen ei tarvitse enää turvautua yhtä usein vaihtoehtoissaaliiseen kuin aikaisemmin. Tämän seurauksena metsäkanalintukannat saattaisivat petopaineen vähenemisen johdosta runsastua. Myönteisenä pidettäisiin luultavasti nykyisellään vain osassa maata esiintyvien lajien kuten metsäkauriin leviämistä Etelä- ja Länsi-Suomesta maan muihin osiin. Metsästäjät todennäköisesti olisivat tyytyväisiä pienriistakantojen vakaantumisesta, mutta on vaikea ennustaa mille tasolle uudet riistakannat asettuisivat. Toisaalta muutokseen voidaan sopeutua helposti rauhoitusaikoja, rauhoituspäätöksiä, ja metsästystä säätelemällä. Metsästäjäkunnan ikärakenne saattaa vaikuttaa sopeutumisvalmiuksiin. Metsästysseurojen jäsenten ikääntyminen näyttää jatkuvan tulevaisuudessakin ja se saattaa vaikuttaa hirvenmetsästyksen onnistumiseen, koska aktiiviset jäsenet hirvenmetsästysseurueissa ovat vähentyneet ja hirvenmetsästys on koettu käyneen fyysisesti liian raskaaksi. Hirvikannan kasvun säätelemisen vaikeus saattaakin muodostua jonkinlaiseksi ongelmaksi ilmaston muuttuessa, jos asetettuja kaatotavoitteita ei enää saavuteta. Tällöin metsänomistajat puolestaan saattaisivat joutua tinkimään hirvien vuoksi edullisimmista vaihtoehdoista sekä puulajisuhteissa että laatupuun kasvatuksessa. Tämä saattaisi merkitä huomattavia puuntuotannon tappioita.

Riistan valmius sopeutua ilmastonmuutokseen

Eläinten sopeutumiskyvyllä on selvät perinnölliset rajansa. Jos muutos tapahtuu liian nopeasti, kaikki eläimet eivät pysty sopeutumaan. Ilmastollisten ääri-ilmiöiden yleistyminen ja arvaamattomuus vaikeuttanee eläinten sopeutumista. Lajeilla on kolme vaihtoehtoa: (1) niiden levinneisyydet muuttuvat, (2) ne häviävät Suomesta tai (3) ne kehittyvät perintötekijöidensä sallimissa rajoissa. Ensimmäinen ja viimeinen vaihtoehto voivat tietenkin tapahtua samanaikaisesti. Vaikeata on ennustaa miten nopeasti esimerkiksi metsäkanalinnut muuttavat perinnöllispohjaisia käyttäytymistapojaan, kun lumi ja lumionkalo eli kieppi eivät enää tarjoa suojaa. Runsaslumisen Pohjois-Suomen metso on vuosikymmenten kuluessa sopeutunut kiepissä yöpymiseen. Etelä-Suomen metsolla tällaista mahdollisuutta ei ole, joten se yöpyy talven kuusen oksilla. Metson voidaan ennustaa sopeutuvan

muuttuviin lumi- ja sääoloihin näiden käyttäytymispiirteiden mukaisesti. Lumikauden lyhenemisestä tulee kärsimään ainakin riekko, jonka valkoisesta talvisesta suojaväristä tulee talven lyhetessä välikauden haitta.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Sateisuuden lisääntyminen ja kasvaneet lumimassat Pohjois-Suomessa saattavat aiheuttaa vaikeita lumiolosuhteita riistaeläimille ja esimerkiksi hirvet saattavat tehdä tavallista enemmän metsävahinkoja talvilaidunalueilla. Keskeisenä säätelykeinona säilyy suunnitelmallinen metsästys, jotta kannoista aiheutuvat vahingot sekä maa- ja metsätaloudelle että liikenteelle pysyvät kohtuullisella tasolla. Myös riistanhoitomuotoja kehittämällä, esimerkiksi suolakivien oikealla sijoittamisella, riista-aitojen, karkotteiden ja mekaanisten latvasuojien käytöllä, voidaan vaikuttaa vähentävästi hirvien aiheuttamiin metsävahinkoihin. Pajukkoaloja säilyttämällä ja perustamalla riistapeltoja voidaan ohjata hirviä pois männyn ja koivun taimikoista. Jos hirvituhon riski on huomattava, yhtenä vaihtoehtona voisi myös olla, että metsänhoidossa taimikot jätettäisiin jossakin määrin tiheämmiksi. Hirvien talvisia elinpiirejä kartoittamalla eritasoista paikkatietoa yhdistämällä voitaisiin ennustaa hirvituhoille alttiit alueet ja näin ollen myös ennaltaehkäistä mahdollisia alueellisia tuhoja metsänsuunnittelun ja riistanhoidollisin keinoin. Myös metsäkauriin runsastuminen tulisi pitää kannanhoidolla eli käytännössä metsästämällä ja ennaltaehkäisevillä toimilla (aitaukset, pelotteet, tukiruokinta) hallinnassa, jotta kauriin viljelmille sekä metsätaloudelle aiheuttamat vahingot pysyisivät kohtuullisina.

Johtuivat kannoissa tapahtuneet muutokset sitten luontaisesta vaihtelusta tai ilmastonmuutoksesta, metsästyspolitiikalla on useita keinoja säädellä riistakantoja hyvinkin nopealla aikataululla. Metsästyslainsäädännön keinot, kuten metsästysaikojen, -tapojen ja rauhoituspäätösten säätely, tarjoavat mahdollisuuden pitää riistakannat kestävällä tasolla. Esimerkiksi, jos jotain riistalajia uhkaa häviäminen, voidaan äärimmäisenä keinona laji jopa rauhoittaa. Näin on tehty aikoinaan naalin häviämisen estämiseksi 1940 -luvulla. Kantojen hoitosuunnitelmiin olisi myös mahdollista yhteen sovittaa ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistoimet.

Erityisesti vierasperäisillä lajeilla kuten supikoiralla ja minkillä voi tulevaisuudessa olla huomattavaa vaikutusta lintukantoihin. Tehostetulla pienpetopyynnillä

voidaan vaikuttaa positiivisesti lintukantojen kehitykseen. Pienpetokantojen kasvun estämiseksi voitaisiin järjestää esimerkiksi vastaavanlainen valtakunnallinen pienpetokampanja kuin vuosina 2001–2002 Metsästäjäin Keskusjärjestön koordinoimana.

Vaikka metsäkanalinnut sopeutuisivat ilmastonmuutokseen ja nykyisen kaltaiseen metsänhoitoon, voitaisiin metsäkanalintukantoja silti pyrkiä hoitamaan siten, että metsiä hoidettaisiin lintujen elinolosuhteita suosien.

Sopeutumistutkimus

Riistalaskennoilla ja tutkimuksella on tärkeä merkitys siinä, että riistakantojen muutoksiin osataan sopeutua oikealla tavalla. Riistalajiston monimuotoisuutta voidaan seurata mm. riistakolmiolaskennoilla ja mitata riistarikkausindeksillä. Vuotuisten laskentatuloksien perusteella voidaan määrätä muun muassa metsäkanalintujen metsästys- ja rauhoituspäätökset. Samoin metsästysseurat voivat säädellä metsästystään riistakolmioista ja muista riista-arvioinneista saadun tiedon perusteella. Riistarikkausindeksin perusteella voidaan arvioida ovatko riistakannat ja sitä kautta metsästys kestävällä pohjalla. Riistanrikkausindeksin ehkä tärkein käyttötapa tulevaisuudessa on sen toimiminen eräänlaisena hälytyskellona. Jos jollakin alueella indeksi putoaa äkisti voimakkaasti, asiaa on ryhdyttävä selvittämään ja harkittava korjaavia toimenpiteitä. Tässä tarkastelussa voitaisiin ottaa huomioon myös ilmastonmuutoksen vaikutus alueen indeksiin.

Kuva 4.6 *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista riistataloudessa. Alustava arvio toimenpidelinjausten ajoittumisesta: *Välitön: 2005–2010, **lyhyt aikaväli: 2010–2030, ***pitkä aikaväli: 2030–2080.*

		Ennakoiva	Reaktiivinen
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Laaditaan riistaeläinkantojen hoitosuunnitelmia* • Metsien käsittelyn ja hoidon ohjeistuksissa suositellaan metsäkanalintujen elinolosuhteiden huomioon ottamista*	
	Tutkimus ja tiedotus	• Kehitetään riistanhoitomuotoja eli riistan elinympäristöön kohdistuvia toimenpiteitä* • Jatketaan riistarikkausindeksin kehittämistä ja riistakolmiolaskentoja sekä muita kannanarviointimenetelmiä* • Tiedotetaan metsästys- ja rauhoituspäätöksistä* • Tutkitaan riistalajien reagointia ja sopeutumista ilmastonmuutokseen*	
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset	• Kehitetään riistanhoitomuotoja ja vahinkojen estämiseen tarkoitettuja menetelmiä ja laitteita sekä tuetaan niiden käyttöä* • Estetään metsä-, maatalous- ja liikennevahinkoja tähän tarkoitukseen soveltuvilla välineillä (mm. aidat, suolakivet, karkotteet)*	
	Normatiiviset toimenpidelinjaukset	• Säädellään lainsäädännöllä riistakantoja (metsästys- ja rauhoituspäätökset)***	
Yksityinen		• Rakennetaan riista-aitoja, käytetään karkotteita, rajoitetaan kantaa metsästämällä tai kasvatetaan kantaa rajoittamalla metsästystä* • Metsien käsittelyssä suositaan riistan elinolosuhteita* • Hillitään pienpetokantojen kasvua pyytämällä*	• Säädellään metsästystä riistakantojen mukaan (metsästysseurat, metsästäjät)*

4.1.1.6. Vesivarat

Toimijoiden sopeutumiskyky

Vesivarojen vuosittaiset vaihtelut ja säännöllisesti toistuvat erikokoiset tulva- ja kuivuuskaudet ovat tuoneet vesivarojen parissa toimiville kohtuullisen hyvät valmiudet varautua erilaisiin säävaihteluihin ja siten ilmastonmuutoksen tuomiin ongelmiin. Tärkein vesivaratehtävissä toimiva taho on alueelliset ympäristökeskukset, jotka ovat vastuussa vesivarojen käytöstä ja hoidosta alueellaan. Erityisesti Länsi- ja Pohjois-Suomessa sijaitsevissa ympäristökeskuksissa, joiden alueella tulvia esiintyy säännöllisesti vuosittain, on osaamista ja ammattitaitoa tulviin varautumiseen, tulvasuojeluun ja operatiiviseen tulvantorjuntaan. Tulvantorjunnassa on tärkeää hyvä yhteistyö pelastustoimen kanssa.

Suomessa on suhteellisen hyvin varauduttu tulvien varalle. Esimerkiksi merkittävimmät maatalousalueet, kuten Kyrönjoen alue, on suojeltu tulvilta tiettyihin raja-arvoihin saakka. Ilmastonmuutos saattaa kuitenkin aiheuttaa ennakoimattomuutta. Esimerkiksi Pohjanmaan tulva-alueilla on osattu jo vuosikymmenien ajan varautua kevättulviin, koska tulvien vuosirytmiikka on melko säännöllistä. Varautuminen suuriin tulviin muina ajankohtina, esimerkiksi talvella, on kuitenkin vielä haasteellista, sillä tällaisten tilanteiden ennustaminen on vaikeaa. Ennustaminen on helpompaa järvialueilla, esimerkiksi Saimaalla ja Päijänteellä, missä tulvavedet liikkuvat hitaammin järvireittejä alaspäin, ja jossa varsinkin lumen sulamisesta aiheutuvalle tulvalle ehditään tehdä tilaa. Myös Lapissa pystytään yleensä ennustamaan lumen sulamisesta aiheutuvat tulvat ja niiden seuraukset. Vaikeinta on varautua rankkasateiden aiheuttamiin tulviin.

Vuonna 2003 työnsä maa- ja metsätalousministeriölle jättänyt suurtulvatyöryhmä on käsitellyt työssään myös ilmastonmuutoksen aiheuttamia tulvaongelmia. Työryhmän ehdottaman 12-vuotisen toimenpideohjelman toteuttaminen vähentää merkittävästi tulvariskejä ja parantaa tulvantorjuntaa. Toimenpideohjelman suorat kustannukset ovat noin kuusi miljoonaa euroa seuraavien 12 vuoden aikana. Lisäksi toimenpide-ehdotusten ja tehtävien täytäntöönpano vaatii pelkästään ympäristöhallinnossa pysyvän henkilöstön noin sadan henkilötyövuoden virkatyöpanoksen. Toimenpideohjelman toteuttaminen on käynnissä.

Työryhmä on nimennyt 65 merkittävintä tulvavahinkokohdetta, joilla tulee selvittää mahdollisuudet tulvavahinkojen vähentämiseen. Työryhmän ehdotuksen

mukaan alueille laaditaan yleissuunnitelmat vahinkojen rajoittamiseksi. Tulvavahinkokohteille tarvitaan myös tulvakarttoja, joiden avulla pystytään paremmin suunnittelemaan maankäyttöä ja operatiivista tulvantorjuntaa sekä pelastustoimintaa. Ne toimivat myös tärkeänä tiedottamisen välineenä. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia tutkitaan suoraan muun muassa Suomen ympäristökeskuksessa mallintamalla patojen mitoitustulovirtaamien muutoksia.

Talousveden laatu on Suomessa yleensä korkea ja jäteveden puhdistus tehokasta. Vesihuollon järjestämistä ohjaavat kuntien laatimat vesihuollon kehittämissuunnitelmat, jotka on laadittu yhteistyössä alueen vesihuoltolaitosten kanssa. Vesihuollon järjestämisestä vastaavat vesihuoltolaitokset, joiden varautumisessa erilaisiin erityistilanteisiin on paljon eroja. Yleisesti suuremmilla laitoksilla on paremmin osaamista ja taloudellisia resursseja huolehtia erityistilanteisiin varautumisesta. Eniten ongelmia tulvien ja kuivuuden kaltaisista erityistilanteista aiheutuu pienillä, yleensä pohjavettä käyttävillä vesilaitoksilla, joilla ei ole välttämättä esimerkiksi desinfiointivalmiutta. Toisaalta myös vaihtoehtoisten vedenhankinta- ja käymäläjätehuoltoratkaisujen järjestäminen on rajatuilla alueilla helpompaa kuin suurissa asutuskeskuksissa. Valtion tukitoiminnalla on jo pitkään edistetty alueellista yhteistyötä ja varavesijärjestelmiä, jotka ovat tärkeitä keinoja kuivuuden ja tulvien vesihuollolle aiheuttamien ongelmien välttämiseksi. Parhaillaan työskentelevä, maa- ja metsätalousministeriön asettama vesihuollon erityistilannetyöryhmä tulee antamaan vuonna 2005 toimenpide-ehdotukset vesihuollon erityistilanteisiin varautumisen parantamiseksi.

Vesivarojen parissa toimivien osaamisen ylläpito tulevaisuudessa on henkilöstön ikääntymisen tuoma haaste sekä valtionhallinnossa että myös esimerkiksi vesihuoltolaitoksilla. Ongelmia voidaan välttää riittävällä alan perus- ja jatkokoulutuksella sekä osaamisen siirtämisellä mentoroinnin avulla sekä toimintatapoja kehittämällä.

Yksityiset kansalaiset voivat pyrkiä estämään tulvien aiheuttamia vahinkoja seuraamalla tulvavaroituksia ja noudattamalla niiden yhteydessä annettavia viranomaisten ohjeita kuten rakennusten suojaamista hiekkasäkein, ovien tilkitsemistä, viemärien ja salaojien tukkimista, nostamalla arvokkaat tavarat tulvalta suojaan jne. Vakuutusten ottamisella on perinteisesti pyritty varustautumaan odottamattomiin luonnonmullistuksiin. Kiinteistö- tai kotivakuutukset eivät kuitenkaan yleisesti korvaa vesistön tulvimisesta aiheutuvia vahinkoja, vain rankkasateen aiheuttamat vahingot ovat joissakin tapauksissa korvausten piirissä. Markkinoilla

on tosin eräitä vakuutustuotteita, jotka korvaavat ilmastonmuutoksen aiheuttamiin vahinkoihin rinnastettavia vahinkoja tietyissä vakuutusehdoissa mainituissa tilanteissa. Tämän lisäksi valtio on luonut vahinkoja varten erilaisia järjestelmiä, joilla poikkeuksellisten säiden aiheuttamat vahingot korvataan joko osittain tai määrärahojen puitteissa. Tulvakorvauksia voidaan maksaa vuosittain valtion talousarvioon varatusta määrärahasta vesistöjen poikkeuksellisten tulvien aiheuttamista vahingoista ja vahinkojen torjunnasta aiheutuneista kustannuksista. Kasvavalle sadolle tulvista aiheutuvia vahinkoja voidaan korvata satovahinkolain perusteella.

Kuivuus aiheuttaa useammin ongelmia omien kaivojen varassa oleville talouksille kuin vesihuoltolaitosten verkostoon liittyneille. Näin ollen paras keino välttää veden loppuminen on liittyä verkostoon, jos se on mahdollista. Riittävän ja laadukkaan vedensaannin varmistaminen kaikissa oloissa on erityisen tärkeää suurille vedenkäyttäjille, kuten karjatiloille. Jos kiinteistö on oman kaivon varassa, kaivon paikan valintaan on kiinnitettävä suurta huomiota. Tämä on tärkeää sekä kuivuudesta aiheutuvan veden loppumisen että tulvavesien aiheuttaman saastumisen ehkäisemiseksi. Monet kaivo-ongelmat pystytään välttämään riittävällä kunnossapidolla ja tarpeen mukaan kaivon kunnostuksella. Jos vesi kuitenkin vähenee huomattavasti tai loppuu kuivuuden seurauksena tai likaantuu esimerkiksi tulvan takia, joudutaan turvautumaan veden kuljetuksiin ja vedensäästöön.Tulvista voi aiheutua ongelmia myös kiinteistökohtaiselle jätevedenpuhdistukselle.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Tulva- ja kuivuuskausien ongelmia vesihuollolle voidaan vähentää varavedenottamoin ja laitoksia yhdistävin yhdysvesijohdoin. Maa- ja metsätalousministeriö ja sen tulosohjauksessa toimivat alueelliset ympäristökeskukset pyrkivät suuntaamaan valtion tukea vesihuollon erityistilanteisiin varautumista ja alueellista yhteistyötä parantaviin investointeihin. Vesihuollon kunnittainen ja alueellinen suunnittelu on tärkeä keino vesihuollon kehittämiseksi myös erityistilanteet huomioon ottaen. Lisäksi vesihuolto pitäisi ottaa huomioon kuntien valmiussuunnitelmissa. Vesihuoltolaitosten verkostot kärsivät yleensä vähemmän esimerkiksi kuivuudesta kuin kiinteistökohtainen vesihuolto, joten väestölle aiheutuvia ongelmia voidaan vähentää vesijohto- ja viemäriverkostoja laajentamalla.

Kuivuus voi aiheuttaa tarpeita kastelun lisääntymiseen ja toisaalta vedensäästämiseen. Vettä säästävien kastelujärjestelmien, muun muassa tihkukastelun,

kehittäminen on tärkeää. Kastelujärjestelmien rakentaminen tulee aiheuttamaan kustannuksia maanviljelijöille, vaikka kiinteiden puutarhatuotannon kastelulaitteiden (esimerkiksi tihkukastelulaitteiden) hankintaan onkin mahdollista saada investointitukea. Suomen kotitalouksien vedenkäyttö on jo nykyisin kohtuullisen tehokasta muun muassa vesikalusteiden kehittymisen seurauksena, joten suuria tehostamistoimenpiteitä tuskin tarvitaan. Äärimmäisessä vesipulatilanteessa voitaisiin joutua esimerkiksi veden kierrätykseen sekä heikompilaatuisen veden käyttöön esimerkiksi pesu- ja wc:n huuhteluvetenä tai karjan ja kotieläinten juomavetenä. Ongelmat olisivat kuitenkin hyvin paikallisia, sillä Suomessa otetaan vuosittain käyttöön ainoastaan keskimäärin 2,2 prosenttia veden kokonaisvirtaamasta. Karja- ja maitotilojen veden laatuvaatimuksia olisi hyvä selvittää. Myös kuivakäymäläjärjestelmien kehittäminen on tärkeää.

Asemakaavoituksen ja kaupunkisuunnittelun suuri haaste on rankkasadetulvien ottaminen huomioon. Kuntien rakentamismääräysten kannalta on tärkeää tietää tulvariskit. Keinoja ovat mm. tulvavesien reittien selvittäminen, hulevesiviemäröinnin mitoitus, läpäisevien pintojen suosiminen rakentamisessa ja kellaritilojen suunnittelu. Rankkasadetulvien vaikutuksista ja sateen intensiteetin muutosten arvioinnista tarvitaan lisää myös tutkimusta. Aluesuunnittelussa tulisi tarkastella taajama-alueiden vesitaloutta kokonaisuutena aina kaavoituksesta yksityiskohtaisiin sadeveden käsittelymenetelmiin saakka. Rakentamattomia tulva-alueita, sekä rakennettuja viivytysaltaita, imeytysalueita ja huleveden käsittelykosteikkoja tulisi suunnitella ja käyttää hyväksi rankkasateiden aiheuttamien tulvien torjunnassa.

Tulvariskien pienentämiseen ja erityisesti tulva-alueen rakentamisen välttämiseen voidaan vaikuttaa erityisesti maankäytön suunnittelulla. Maankäytön suunnittelu ja rakentamisen ohjaaminen tulvariskialueiden ulkopuolelle on halvin tapa välttää tulvavahinkoja. Olemassa olevan rakennuskannan alueilla tulvantorjunta tulee olemaan haasteellisempaa ja keinojen löytäminen vaikeampaa. Siellä missä tulva-alueille rakentamista tai muuta maankäyttöä ei ole pystytty välttämään, joudutaan rakenteita suojaamaan. Tulvariskit ja samoin esimerkiksi kuivuudesta vesihuollolle aiheutuvat riskit tulee ottaa huomioon kaavoituksessa sekä yksittäisiä rakennuslupia myönnettäessä. Kunnat ovat tässä suhteessa avainasemassa. Yhdyskuntien teknisiin järjestelmiin ja riskeihin varautumiseen tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota. Tärkeää olisi suunnitella ja sopia etukäteen, miten viranomaiset ja muut tahot toimivat, miten asukkaille tiedotetaan ja kuinka omaisuusvahinkoja rajoitetaan mahdollisimman tehokkaasti. Rankkasateiden aiheut-

tamiin kaupunkitulviin on vaikea varautua, mutta keinoja niidenkin aiheuttamien tuhojen estämiseen on. Jatkossa saattaisi olla tarvetta tehdä kiinteistöille ja huoltoyhtiöille opas siitä, mihin toimiin kannattaa varautua. Pelastus- ja vesihuoltoviranomaisten yhteistyön toimivuuden sekä vahinkojen rajoittamisen suunnittelu etukäteen on oleellisen tärkeää. Toimintatapojen kehittämiseksi olisi tärkeää tehdä myös vastaavantyyppinen jälkiarviointi kuin tehtiin kesällä 2003 Vaasassa tapahtuneen rankkasateen aiheuttaman kaupunkitulvan jälkeen. Tällaisesta tutkimuksesta voidaan saada hyödyllistä tietoa sekä valtakunnallisesti että paikallistasolla varauduttaessa tuleviin tulvatapahtumiin. Tärkeää olisi myös laatia puuttuvat patojen turvallisuussuunnitelmat ja tarvittaessa vahingonvaaraselvitykset ottaen huomioon suurien tulvien esiintyminen. Tulvantorjunnan ja pelastustoiminnan varmistamiseksi tarvitaan suunnitelmia ja säännöllisiä harjoituksia.

Suurtulvatyöryhmän ehdottamat tulvista kärsivien riskikohteiden kartoittaminen ja riskikohteille laadittavat yleissuunnitelmat ovat tärkeä suunnittelukeino olemassa olevien toimintojen tulvariskien pienentämiseen. Kullekin riskikohteelle mietitään erikseen vaihtoehtoisesti sopivat tulvasuojelurakenteet, tilapäiset tulvantorjuntarakenteet, säännöstelykäytäntöjen muutokset tms. Ilmastonmuutoksen vaikutukset otetaan yleissuunnitelmissa huomioon. Ilmastonmuutoksen mahdollisesti aikaansaama tulvien yleistyminen ja suurten tulvien riskin kasvu voi johtaa lisääntyviin asutuksen ja riskikohteiden tulvasuojelutarpeisiin ja toisaalta myös nykyisten tulvasuojelurakenteiden mitoituksen muuttamiseen ja esimerkiksi penkereiden korotuksiin. Jääpatotulvia voidaan ehkäistä ennakolta myös sahaamalla keväisin suvantopaikkojen jäitä. Kustannuksia näistä töistä aiheutuu sekä kunnille ja toiminnanharjoittajille että myös valtiolle. Jos patojen rakenteisiin tarvitaan mitoitusvirtaamien muuttumisen seurauksena muutoksia, aiheutuu tästä kustannuksia patojen omistajille, vesivoimayhtiöille ja valtiolle. Tulvien ja yleensäkin virtaamien ajoittumisen muutokset voivat johtaa tarpeisiin muuttaa säännöstelylupia. Tilapäisten tulvasuojelurakenteiden, kuten erilaisten nopeasti pystytettävien tulvaseinämien, tarpeen kartoittamiseksi, niiden hankkimiseksi ja niiden käytön vastuiden selvittämiseksi tarvitaan selvitystyötä. Myös tulvahuipun suuruuden ja ajoittumisen ennustamiseen mahdollisimman oikein tarvitaan tarkkoja sääennusteita, riittävää reaaliaikaista havainnointia sateesta (säätutka), lämpötilasta, vedenkorkeuksista, lumesta ja maankosteudesta (satelliitit) ja nopeaa tiedonsiirtoa havainnointipisteestä mallien käyttöön sekä tulvatilanteelle oikein kalibroituja vesistömalleja.

Taulukko 4.7. *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista vesivarojen käytössä ja hoidossa.Alustava arvio toimenpidelinjausten ajoittumisesta: *Välitön: 2005–2010, **lyhyt aikaväli: 2010–2030, ***pitkä aikaväli: 2030–2080.*

		Ennakoiva	Reaktiivinen
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Vesihuollon suunnittelu* • Riskikohteiden kartoittaminen ja riskikohteille laadittavat yleissuunnitelmat* • Tilapäisten tulvantorjuntarakenteiden hankinta* • Valmiussuunnittelu* • Maankäytön suunnittelu tulvariskien pienentämiseksi ja erityisesti tulva-alueen rakentamisen välttämiseksi* • Rankkasadetulvien huomioon ottaminen asemakaavoituksessa ja kaupunkisuunnittelussa* • ulvaennusteet • Ojituksien ja hulevesien johtamisen suunnittelu	• Operatiivinen tulvantorjunta • Viranomaisten yhteistyö
	Tutkimus ja tiedotus	• Karja- ja maitotilojen veden laatuvaatimuksien selvittäminen* • Tulvien (rankkasateiden) ennakoitavuuden parantaminen: sääennusteet, säätutka, maankosteuden ja lumen seuranta/ satelliitit ja havainnointi • Rankkasadetulvien vaikutuksien tutkimus* • Tilapäisten tulvasuojelurakenteiden tarpeen kartoittamisen, hankkimisen ja käytön vastuiden selvittäminen* • Tiedottaminen tulvanvaarasta	• Tiedottaminen tulva- ja kuivuustilanteissa • Viranomaisten ohjeet tulvavahinkojen vähentämiseksi • Vedenkäyttörajoitukset
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset	• Tulvapengerten korottaminen • Varavedenottamojen rakentaminen* • Vesihuoltolaitosten verkostojen yhdistäminen* • Investoinnit erityistilanteisiin varautumista ja alueellista yhteistyötä parantaviin hankkeisiin* • Vesijohto- ja viemäriverkostojen laajentaminen* • Maatalouden kastelujärjestelmien rakentamisen tukeminen*	• Korvaukset vesistöjen poikkeuksellisten tulvien aiheuttamista vahingoista • Tilapäisten tulvasuojelurakenteiden käyttö • Vesihuoltolaitosten varajärjestelmien käyttö, desinfiointi • Veden kuljetukset, veden noutopisteet, veden pullotus • Veden osto toiselta vesihuoltolaitokselta • Huonompilaatuisen veden jakelu
	Normatiiviset toimenpidelinjaukset	• Säännöstelylupien muuttaminen	• Rakennussäädösten toimeenpano • Säännöstelylupien muuttaminen
Yksityinen		• Vakuutusten ottaminen* • Kiinteistöjen rakentaminen kauemmas tulva-alueelta* • Kastelujärjestelmien rakentaminen* • Vesihuoltolaitoksen verkostoon liittyminen / kaivon paikan valinta ja kunnossapito	• Kiinteistön suojaaminen tulvalta • Vedensäästäminen, veden kierrätys, heikompilaatuisen veden käyttöönotto • Patojen juoksutuskapasiteetin suurentaminen

4.1.2. Luonnon monimuotoisuus

Ekosysteemien monimuotoisuudella ja toimivuudella sekä runsaalla eliölajistolla on monia taloudellisia ja sosiaalisia merkityksiä ja arvoja ihmiselle. Jokaisella eliölajilla on myös oma itseisarvonsa, jonka vuoksi geneettisesti erikoistuneen eliölajin sukupuuttoon kuoleminen ihmisen toimesta on korvaamaton menetys. Siksi on tärkeää pyrkiä kaikin keinoin hillitsemään ilmastonmuutoksen kielteisiä vaikutuksia ja lisäämään valmiuksia sopeutua siihen.

Eliölajien ja luontotyyppien valmiudet sopeutua ilmastonmuutokseen

Pohjoiset ekosysteemit ovat luonnon monimuotoisuudeltaan ja eliölajistoltaan niukempia kuin monet eteläisemmät alueet. Ne kykenevät sopeutumaan huonommin ja ovat rakenteeltaan ja monimuotoisuudeltaan yksinkertaisempia, joten niiden puskurikyky on vähäisempi kuin eteläisten monilajisten ekosysteemien. Myös ankara ilmasto vaikuttaa niiden sopeutumiskykyyn, ja ne ovat haavoittuvia luonnonilmiöiden epäsäännöllisille vaihteluille ja lajiston muutoksille. Joillekin ekosysteemeille ja elinympäristöille voi aiheutua peruuttamattomia vahinkoja (esimerkiksi arktiset ja vuoristojen luontotyypit, osin myös boreaaliset suot ja metsät).

Osa lajistosta pystyy siirtymään omaehtoisesti, osalla lajistosta on varsin huono leviämiskyky. Aikajänne vaihtelee vuosista vähintään kymmeniin vuosiin huonosti leviävillä lajeilla, joilla myös sopivan elinympäristön löytyminen voi olla vaikeaa. Linnut taas ovat esimerkki lajiryhmästä, jotka kykenevät leviämään nopeasti suotuisille alueille.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Ilmastonmuutokseen sopeutumismahdollisuuksia Suomessa voidaan arvioida esim. eliömaantieteellisten vyöhykkeiden pohjalta, koska ilmastonmuutoksen vaikutuksetkin vaihtelevat maan eri osissa. Osaan muutoksista ei todennäköisesti kuitenkaan voida vaikuttaa. Tietyille eliömaantieteellisille vyöhykkeille, kuten alpiiniselle vyöhykkeelle (vastaa likimain pohjoisboreaalista metsäkasvillisuusvyöhykettä) aiheutuu ennusteiden mukaan huomattavaa muutospainetta. Suomessa tästä vyöhykkeestä on suuri osa erilaisilla suojelualueilla, joissa tehokkaalla maankäytön ohjauksella voitaneen vähentää luontoon kohdistuvia, ihmisen

aiheuttamia stressi-ilmiöitä ja siten edistää alpiinisten luontotyyppien ja eliölajiston elinympäristöjen säilymistä. Joissain tapauksissa tämän vyöhykkeen suojelualueet voivat ilmastonmuutoksen takia menettää ne luontoarvot, joiden takia alue on alun perin perustettu. Boreaalisella vyöhykkeellä luonnonsuojelualueverkon tarjoamaa ”tilaresurssia” on eniten maan itäosissa, joten lajien sopeutumis-/siirtymismahdollisuudet ovat kohtuulliset. Maan eteläosissa suojelualueverkoston mahdollisuudet tarjota eliöstölle sopeutumis-/siirtymismahdollisuuksia ovat rajoitetut. Jos ilmastonmuutos etenee nopeasti ja voimakkaasti, sopeutumismahdollisuudet Suomen rajojen sisällä, erityisesti alpiinisella vyöhykkeellä, todennäköisesti heikkenevät, jolloin tarvittaisiin laajempaa kansainvälistä ja esim. Barents -yhteistyön piirissä tehtävää suojelualueverkoston arviointia ja kehittämistä sekä seurantaa ilmastonmuutoksen vaikutuksista biologiseen monimuotoisuuteen.

Ekosysteemien ja eliöyhteisöjen kykyä sopeutua ilmastonmuutoksen voidaan edistää ylläpitämällä ja palauttamalla alkuperäisiä monimuotoisia elinympäristöjä sekä edistämällä ekosysteemien kykyä toimia kestävästi omien lainalaisuuksiensa mukaisesti. Myös muiden, ihmisen toiminnasta aiheutuvien haittatekijöiden vähentämien lyhyellä aikavälillä on välttämätöntä ilmastonmuutokseen sopeutumisen parantamiseksi.

Luonnonsuojelubiologisesti edustavat ja riittävän laajat suojelualueverkostot niitä yhdistävine ekologisine yhteyksineen ja suojavyöhykkeineen tukevat biodiversiteetin säilyttämistä ja samalla ne tarjoavat leviämis- ja muutto/vaellusväyliä kasveille ja eläimille. Ne lisäävät myös todennäköisyyttä geneettisen monimuotoisuuden säilymiselle ja leviämiselle elinympäristöihin, jotka ovat muuttuneet lajistolle elinkelpoisemmiksi esimerkiksi luonnontilan palauttamistoimenpiteiden johdosta. Osassa maata esim. luonnonsuojelualueverkon kattavuus turvaa ainakin osalle lajistoa siirtymis- tai siirtomahdollisuuksia. Tarvittaessa suojelualueiden hoidon ja käytön linjauksia on mahdollista muuttaa esim. ilmastonmuutoksen vaikutuksiin sopeutumiseksi. Myös talouskäytössä olevat metsät toimivat omalta osaltaan luonnon monimuotoisuuden ylläpitäjinä ja leviämisväylinä. Eliölajien keskinäisistä suhteista ja niissä tapahtuneista muutoksista sekä eri lajien sietokyvystä ilmaston lämpenemiselle tarvitaan kuitenkin vielä lisää tutkimusta.

Vaikka luonnonsuojelualueet muodostavatkin perustan metsien monimuotoisuuden suojelulle, tulee monipuolista metsäluontoa ja metsissä esiintyvää lajistoa suojella myös hoidetuissa talousmetsissä. Metsäluonnon monimuotoisuutta

talousmetsissä voidaan ylläpitää ottamalla huomioon metsien hoidossa ja käytössä metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt ja muut talousmetsien arvokkaat elinympäristöt, kuten luonnonsuojelulain suojellut luontotyypit ja muut hyvässä metsänhoidossa säilytettäviksi suositeltavat arvokkaat elinympäristöt.

Vesiluonnossa on huolehdittava erityisesti kylmien ja puhtaiden vesien lajeista. Natura 2000 -verkosto ja vesipuitedirektiivi turvannee ainakin osan tällaisten vesistöjen eliöstöstä, jos lämpeneminen ei ole kovin voimakasta.

Suojelualueiden hoidon ja käytön suunnittelu sekä ja uhanalaisten eliölajien suojelu ja elinympäristöjen hoito vaativat lähivuosina runsaasti muun muassa hallinnon ja eri toimijoiden yhteistyötä ja tiedollista ohjausta. Vastaavalla tavalla talousmetsien monimuotoisuuden turvaaminen esimerkiksi metsälain erityisen tärkeiden elinympäristöjen osalta edellyttää tiedotusta ja neuvontaa metsänomistajille sekä metsäammattilaisten koulutusta. Maatalouden ympäristötukijärjestelmällä voidaan vähentää ympäristöön ja ilmaan kohdistuvaa kuormitusta sekä hoitaa maatalousalueiden luonnon monimuotoisuutta. Erityistukien avulla puolestaan pystytään säilyttämään arvokkaita perinnebiotooppeja, niiden luontotyyppejä ja eliölajistoa.

Suomessa jo tehdyt tai lähivuosina tehtävät luonnonsuojelutoimenpiteet antavat merkittävää pohjaa sopeutua ilmastonmuutoksen aiheuttamiin muutospaineisiin luonnossa. Ilmastonmuutoksen vaikutusten takia mahdollisesti tarvittavia merkittäviä säädösmuutoksia ei kuitenkaan ole tällä hetkellä näkyvissä. Käynnissä on kuitenkin useita suunnittelu ja kehittämishankkeita monimuotoisuuden edistämiseksi. Näihin tulisi sisällyttää ilmastonmuutosten vaikutusten arviointi ja käynnistää sopeutumistarpeiden ja mahdollisten sopeutumiskeinojen pohdinta.

Sopeutumista edistetään myös estämällä ja kontrolloimalla vierasperäisten tulokaslajien leviämistä. Tarvitaan myös aiempaa laajempaa arviointia siitä, missä määrin biologisen monimuotoisuuden osien suojelua voidaan edistää muussa kuin niiden luonnonmukaisessa elinympäristössä (*ex situ* -suojelu). Eläintarhassa tai muussa sellaisessa tapahtuva lisääminen ja yksilöiden istuttaminen ennallistettuun elinympäristöön voi olla tarpeen estettäessä joidenkin lajien häviämistä.

Ekosysteemien toiminnan ja palautumiskyvyn ylläpito sekä luonnon monimuotoisuuden kannalta arvokkaiden elinympäristöjen hoito ja kunnostus riittävän

luonnonsuojelualueverkoston ohella muodostavat perustan Suomen luontaisen eliölajiston säilyttämiselle ja myös ilmastonmuutokseen sopeutumiselle. Uusien luonnonsuojelualueiden perustaminen ja suojelualueverkoston täydentäminen siellä, missä alueverkoston puutteet ilmastonmuutoksen vaikutusten valossa ovat ilmeiset, saattaa vaatia lisäarviointeja ja riittävää ennakointia.

Sopeutumistutkimus

Tietoa biologista monimuotoisuutta ilmentävien ekosysteemien, eliöyhteisöjen ja eläinlajien sopeutumismahdollisuuksista ilmastonmuutokseen ei tällä hetkellä ole riittävästi. Nykytiedon valossa voidaan arvioida, että esimerkiksi seuraavat seikat vaativat huomiota:

- Suomen luonnonsuojelualueverkoston yhtenäisyyden ja kytkeytyneisyyden arviointi boreaalisen eliölajiston ydinalueilla Suomen ja Venäjän rajan läheisyydessä sekä Suomenselällä ja eräin paikoin muualla Etelä- ja Keski-Suomessa. Tunturialueiden ekosysteemien muutospaineiden vähentämismahdollisuuksien selvittäminen.
- Vesistöjen ja niiden valuma-alueiden suojelun ja luonnonhoidon edellytysten selvittäminen siten, että veden laadun heikkenemistä voidaan ehkäistä, sekä parantaa tiettyjen kylmien vesien eliölajien elinolosuhteita ja -mahdollisuuksia.
- Kosteikkojen ja soiden kunnostaminen ja ennallistaminen valuma-alueiden vesitalouden muutospaineiden vähentämiseksi sekä niiden mahdollisimman luonnonmukaisen toiminnan turvaamiseksi sekä toisaalta toimenpiteistä mahdollisesti aiheutuvien haittojen selvittäminen.
- Maatalousympäristön puolikulttuuriympäristöjen ja perinnebiotooppien eliölajiston säilyttämiseen liittyvät asiat.
- Lisäselvitykset ilmastonmuutoksen aiheuttamista uhkatekijöistä Suomen luonnolle yleensä ekosysteemi- ja lajitasolla, minkä perusteella voidaan tarvittaessa päättää niistä jatkokehittämishankkeista, joiden avulla sopeutumista ilmastonmuutokseen voidaan edistää tehokkaimmin ja tukea Suomen luonnon alkuperäisten ekosysteemien kestävyyttä sekä eliölajiston säilymistä ja siirtymistä niille soveltuville uusille alueille.
- Biologisen monimuotoisuuden seuranta-, suunnittelu- ja tietojärjestelmien tehostaminen on ilmastonmuutoksen kokonaisvaikutusten ja sopeutumiskeinojen selvittämiseksi keskeinen lähivuosien kehittämistehtävä, joka antaisi vastauksia siihen, minkälaisia lisätoimenpiteitä tarvitaan edellä mainittujen toimenpiteiden lisäksi.

Luonnon monimuotoisuutta koskevaa valtakunnallisen seurannan rungon muodostaisivat monet jo käynnissä olevat lähinnä elinympäristötasoiset yleisseurannat sekä niitä täydentävät lajitason erityisseurannat, joiden toteuttamisesta valmistellaan kokonaisesitys vuoden 2004 lopussa.

EU:n Natura 2000 -verkoston toimeenpano ja erityisesti neuvoston direktiivi luontotyyppien ja luonnonvaraisen eläimistön ja kasviston suojelusta edellyttää (ns. luontodirektiivi ja sen 11. artikla), että jäsenvaltioiden tulee mm. huolehtia yhteisön tärkeinä pitämien liitteen I luontotyyppien ja liitteiden II, IV ja V lajien suojelutason seurannasta ottaen erityisesti huomioon ensisijaisesti suojeltavat luontotyypit ja lajit. Lisäksi direktiivi luonnonvaraisten lintujen suojelusta asettaa tiettyjä seuranta- ja raportointivelvoitteita. Myös EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin mukaisen pintavesien luokittelun, ekologisen tilan arvioinnin ja seurannan suunnittelussa ja toteutuksessa on tarpeen ottaa huomioon luontodirektiivin asettamat seurantavelvoitteet sisä- ja rannikkovesien luontotyypeille ja lajeille.

Biodiversiteettiseurannan toteuttamisesta ja tietojen tallentamisesta vastaavat pääasiassa SYKE, Metsähallitus ja alueelliset ympäristökeskukset. Seurannan ja tietojen tallennuksen ja käsittelyn toteuttamiseksi kehitetään kattavaa ja tehokasta luonnonsuojelun tietojärjestelmää, joka koostuu eri osista. Eliölajeja koskeva osa on jo käytössä mutta suojelualueita koskeva tietojärjestelmä pyritään samaan käyttöön vuoteen 2006 mennessä.

Taulukko 4.8. *Yhteenveto monimuotoisuuden suojeluun tähtäävistä toimenpidelinjauksista liittyen ilmastonmuutoksen vaikutuksiin ja sopeutumiseen. Alustava arvio toimenpidelinjausten ajoittumisesta: *Välitön: 2005–2010 , **lyhyt aikaväli: 2010–2030, ***pitkä aikaväli: 2030–2080.*

		Ennakoiva
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Ihmisen aiheuttamien luontoon kohdistuvien stressi-ilmiöiden vähentäminen maankäytön ohjauksella* • Suojelualueverkoston kattavuuden arviointi, kehittäminen ja seuranta* • Alkuperäisten monimuotoisten elinympäristöjen ylläpitäminen* • Suojelualueiden hoidon jä käytön linjauksien muuttaminen tarvittaessa* • Arvokkaiden elinympäristöjen huomioon ottaminen metsien hoidossa ja käytössä* • Arvokkaiden perinnebiotooppien säilyttäminen maatalouden ympäristötuen avulla* • Ilmastonmuutoksen vaikutusten arvioinnin sisällyttäminen käynnissä oleviin monimuotoisuuden edistämisen suunnittelu- ja kehittämishankkeisiin* • Suojelualueita koskevan tietojärjestelmän käyttöönotto*
	Tutkimus ja tiedotus	• Hallinnon eri toimijoiden yhteistyön lisääminen ja tiedollinen ohjaus* • Metsänomistajien neuvonta ja metsäammattilaisten koulutus* • Biologisen monimuotoisuuden seuranta-, suunnittelu- ja tietojärjestelmien tehostaminen* • *Ex situ* -suojelun mahdollisuuksien arviointi ilmastonmuutoksen kannalta* • Ilmastonmuutoksen aiheuttamiin uhkatekijöihin liittyvät selvitykset ekosysteemi- ja lajitasolla • Elinympäristötasoisten yleisseurantojen ja niitä täydentävien lajitason seurantojen toteuttaminen
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset	• Tulokaslajien leviämisen kontrollointi ja estäminen* • Arvokkaiden elinympäristöjen kunnostus ja hoito* • Lajien häviämisen estäminen eläintarhojen ja istuttamisen kautta* • Kosteikkojen ja soiden kunnostaminen ja ennallistaminen*
Yksityinen		• Ympäristöön ja ilmaan kohdistuvan kuormituksen vähentäminen • Arvokkaiden perinnebiotooppien säilyttäminen* • Arvokkaiden elinympäristöjen huomioon ottaminen metsien hoidossa ja käytössä*

4.1.3. Teollisuus

Toimijoiden sopeutumiskyky

Teollisuustoimijoilla ja yrityssektorilla on hyvä sopeutumiskyky ja valmiudet joustavasti mukautua myös ilmastomuutoksen aiheuttamiin muutoksiin. Yritykset joutuvat koko ajan normaalissa toiminnassaan mukautumaan erilaisiin muutoksiin – esimerkiksi kysynnässä, hinnoissa ja raaka-ainesektorilla. Teollisuudessa ja yritystoiminnassa ei juuri käytetä ilmastomuutokseen sopeutumistarkasteluille tyypillistä 50–70 vuoden suunnitteluaikajännettä, koska se useimmiten koetaan muutosten osalta täysin ylipitkäksi. Yritysten pitkän tähtäyksen suunnitelmat ovat yleensä enimmillään 20–30 vuoden mittaisia, mikä on tyypillinen raskaan infrastruktuuri-investoinnin kuolettamisaika. Nykyisessä, kiivaaseen tahtiin muuttuvassa yritystoiminnassa ei yritystasolla useinkaan ole mahdollisuuksia laajemmin selvitellä 50–70 vuoden päästä yritysympäristöön vaikuttavia seikkoja. Niinpä ensi vaiheessa erityisesti teollisuuden ja yritysten toimialajärjestöjen olisi hyvä ottaa myös pitkänajan ilmastonmuutokseen sopeutumistarkastelut omiin ohjelmiinsa ja selvittää tarkemmin oman alan muutostilanteita ja niihin varautumista. Tästä voisi muodostua pidemmällä aikavälillä esim. osa yritysten yhteiskunta- ja ympäristöraportointia. Valtiollinen Huoltovarmuuskeskus voinee tietyissä rajoissa osallistua myös varautumistoimiin, jotka aiheutuvat ilmastonmuutokseen sopeutumisesta.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Metsäteollisuus

Metsäteollisuudella on mahdollisuus jossain määrin lisätä kotimaisen puuraaka-aineen käyttöä. Muutoksia tuotantorakenteeseen näyttäisi olevan tulossa puuraaka-aineen muuttuessa jossakin määrin. Tosin tuontipuu nykyisinkin (17 Mm3 per vuosi) muodostaa jo melkoisen joustopuskurin. Myös tiestön kunnossapito tulee olemaan keskeinen haaste, jotta puukuljetukset sujuisivat ja raaka-aineen toimitusvarmuus säilyisi. Erilaisiin kansainvälisiin muutoksiin joudutaan myös varautumaan, vaikka sekään ei ole uutta globaalimarkkinoilla jo pitkään toimineelle Suomen puunjalostusteollisuudelle.

Elintarviketeollisuus

Elintarviketeollisuus joutunee lisääntyvästi varautumaan raaka-aineen saannin häiriöihin, ja tiestön kunnossapito mm. maataloustuotteiden kuljetusten osalta nousee entistä suuremmaksi haasteeksi. Toisaalta eräiden maataloustuotteiden tarjonta voi ilmastomuutoksesta johtuen lisääntyäkin. Lisäksi ulkomaille saattaa avautua lisääntyvästi elintarvikevientimarkkinoita osin ilmastomuutoksestakin johtuen.

Rakennusteollisuus

Katettuja rakennustelineitä tultaneen entistä enemmän käyttämään työturvallisuuden lisäämiseksi. Tämä on teollisuuden kannalta lähinnä lisäkustannus. Aiempaa enemmän huomiota tullaan kiinnittämään materiaaleihin, kiinnityksiin, käyttöikään ja kestävyyteen. Myös rakennusmateriaalien suojaaminen ja työmenetelmäkehitys saavat lisää huomiota. Ympärivuotinen rakentaminen saattaa entisestään lisääntyä.

Sopeutumistutkimus

Markkinatekijöiden ja muiden luvussa 2.2 esitettyjen sosio-ekonomisten kehityskulkujen ohella todennäköisesti myös erilaiset teknologiahyppäykset (bioteknologia yms.) tulevat merkittävästi vaikuttamaan siihen, millainen teollisuuden rakenne on 40–60 vuoden päästä ja millaisia teollisuusprosesseja silloin käytetään. Näin ollen selkeitä sopeutumistutkimustarpeita ei tässä vielä ole esittää. Kuitenkin ainakin sopeutumistoimien vaatimia kustannuksia ja sopeutumistoimien talousvaikutuksia tulisi selvittää lisää.

Nyt alkuvaiheessa etenkin teollisuuden toimialayhteisöt ja mahdollisesti myös suuret teollisuuskonsernit voisivat panostaa sopeutumistutkimustarpeiden määrittelyyn omalla alallaan, ja myös siihen, miten sopeutumispohdinnat ja siihen liittyvät toiminnot luontevasti voitaisiin jollakin aikavälillä saada osaksi alan ja yritysten normaaleja seuranta- yms. menetelmiä.

Taulukko 4.9. *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista teollisuudessa.*

		Ennakoiva
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Ilmastonmuutokseen sopeutumisen sisällyttäminen eri teollisuussektorien pitkän aikavälin tarkasteluihin. Tässä edetään asteittain soveltamiskelpoisen tiedon karttuessa
	Tutkimus ja tiedotus	• Toimialakohtaisia kartoituksia sopeutumisen vaatimista tieto- ja tutkimustarpeista ja niiden kohdentamisesta • Sopeutumisen taloudellisten vaikutusten tarkempi selvittely toimialakohtaisesti
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset	• Selvitetään toimialakohtaisesti tarkemmin konkreettisten sopeutumistoimien tarvetta, laatua, mitoitusta ja mahdollisia toteutusajankohtia • Kartoitetaan systemaattisesti teollisuuden sijoittuminen tulvaherkille alueille ja mietitään tarpeen mukaan tarvittavat sopeutumiskeinot
	Normatiiviset toimenpidelinjaukset	• Tarpeen mukaan kartoitetaan normien yms. mahdollista muutostarvetta
Yksityinen		• Toimialakohtaiset sopeutumistarvekartoitukset • Ilmastomuutokseen sopeutuminen järjestelmällisesti osaksi eri toimialojen pitkän aikavälin suunnittelua ja strategioita toimialajärjestöissä ja suuryrityksissä

4.1.4. Energia

Energiasektorin toimijoiden valmiudet sopeutua ilmastonmuutokseen

Energia-alan toimijoilla on jo perinteisesti hyvä sopeutumiskyky erityisesti pitkän aikavälin muutoksiin. Energia-alalla investoinnit usein ovat melko mittavia ja taloudellisesti raskaita. Alan perusinvestointien takaisinmaksuajat ja myös käyttöikä saattavat olla melko pitkiä. Esimerkiksi vesivoimalaitosten käyttöikä saattaa hyvinkin olla 50 vuotta, lämpövoimalaitosten 25–30 vuotta ja pienetkin kattilalaitokset kestävät tyypillisesti 10–15 vuotta. Samoin sähkönsiirtoverkot ovat yleensä hyvin pitkäikäisiä. Näin ollen pitemmän aikavälin suunnittelu sinänsä kuuluu alan perusvalmiuksiin. Alan melko raskas investointirakenne aiheuttaa tiettyä jäykkyyttä toimintoihin. Alan toimijoiden valmiudet mukautua joustavasti markkinamuutoksiin ovat viime vuosina lisääntyneet, kun energiamarkkinoita on asteittain avattu. Toisaalta markkinahaasteetkin ovat esim. erilaisten hintaheilahtelujen muodossa lisääntyneet ja lisäksi mm. kasvihuonekaasujen päästökauppa tullee tulevina vuosina vaikuttamaan merkittävästi energiamarkkinoihin.

Ilmastonmuutoshaasteisiin vastattaessa energia-alan kaikkien toimijoiden sopeutumiskyky ja valmiudet ovat tärkeitä, mutta erityisesti vesivoima, turvetuotanto ja sähkön siirto ja jakelu saattavat olla aloja, joilla alan ja toimijoiden valmiuksien ja sopeutumiskyvyn tarve korostuvat.

Energia-alalla yritykset toimivat teollisuussektorin tapaan niin tiukassa markkinatilanteessa, että nyt ensivaiheessa energiasektorin toimialajärjestöt voisivat ehkä ottaa pitkän ajan ilmastonmuutoksen sopeutumistarkastelut osaksi omia suunnitelmiaan ja selvittää tarkemmin oman alan muutostilanteita ja niihin varautumista. Energia-alallakin tästä toiminnasta voisi pidemmällä aikavälillä muodostua esim. osa alan yritysten yhteiskunta- ja ympäristöraportointia. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen ja siihen liittyvät varautumistoimet saattaisi sopia toimialajärjestöjen lisäksi myös osaksi valtiollisen Huoltovarmuuskeskuksen toimintaa jollakin aikavälillä niin energia- kuin teollisuussektorilla.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia energiasektorilla

Eräitä näkökohtia

Energiansaannin varmuus on tärkeää. Suomen moneen energialähteeseen perustuva energiahuolto antaa hyvän perusvalmiuden kohdata sopeutumishaasteet. Yhteispohjoismainen sähkömarkkina-alue luo tiettyä joustavuutta. Energialähteet on pidettävä edelleenkin monipuolisena ja sähkönkulutuksen mahdollisesti edelleen lisääntyessä tulee sen saannin varmuuden näkökulma pitää edelleen keskeisenä lähtökohtana.

Sähköenergian siirron ja jakelun turvaaminen ääriolosuhteissakin on tärkeää. Mm. riittävän tuotantokapasiteetin ylläpito kulutushuippujen varalta, jäljellä olevien ilmajohtojen toimivuus ja johtokatujen leveyden mitoittaminen ääritilanteiden (myrskyt) varalta, sekä valmistautuminen tason nostoon energiainfrastruktuurin kunnossapidossa ja siitä aiheutuviin kustannuksiin ovat eräitä huomioon otettavia seikkoja.

Niin sanotun ”kaukokylmän” tuotantomahdollisuuksien kehittäminen ainakin valikoituja kohteita varten taajamissa tullee myös kysymykseen kuumien hellejaksojen lisääntyessä tulevaisuudessa.

Vesivoima

Vesivoimalla tuotetun energian määrää on ilmeisesti mahdollista kasvattaa. Vesistöjen tulvakartoitus ja säännöstelykäytäntöjen optimoiminen tulee olemaan tärkeää. Lisääntynyt talvivalunta voisi ehkä mahdollistaa turpiinikapasiteetin ja vesivarastojen kapasiteetin kasvattamisen, jos asia muutoin, esim. ympäristösyiden puolesta tulee kysymykseen.

Mm. pohjoismaisista sähkömarkkinoista johtuen on tarpeen seurata tarkasti myös niitä mahdollisia muutoksia, joita muiden pohjoismaiden vesivoimatilanteessa ja toimintaedellytyksissä pitkällä aikavälillä tapahtuu.

Turve

Turvetuotannossa tulisi tekniikan kehittämisen ja muiden keinojen avulla varautua vielä nykyistäkin suurempiin vuosittaisiin tuotantotasojen vaihteluihin. Ties-

tön kuntokysymykset saattavat myös nousta korostetusti esiin.

Bioenergia

Bioenergian käyttöä voitaneen edelleenkin lisätä, alueelliset erot ja muutokset kuitenkin huomioon ottaen, kunhan myös tuotantotekniikkaa saadaan kehitettyä tehokkaammaksi. Tiestön kunto tulee olemaan tärkeä tekijä myös erityisesti puubiomassojen, kuten metsähakkeen käytössä. Peltobiomassojen osalta lienee tarpeen kehittää myös sellaista uutta ”sadonkorjuutekniikkaa”, joka toimii kustannustehokkaasti myös hyvin märissä olosuhteissa.

Tuulivoima

Tuulivoimasektorilla joudutaan pohtimaan ratkaisuja mm. sille, miten lisääntyvistä myrskyistä ja toisaalta tyynistä kausista aiheutuvat sähköntuotantohävikit saataisiin minimoitua esim. teknologian keinoin. Samoin lapojen jäätymisestä johtuvan sähköntuotantohävikin minimointiin jouduttaneen panostamaan lisääntyvästi.

Sopeutumistutkimus

Energiasektori on suurin yksittäinen kasvihuonekaasujen tuottaja, joten on luonnollista, että sektorin ilmastonmuutokseen liittyvä nykyinen tutkimus- ja kehitystoiminta painottuu hillitsemistoimiin ja -teknologioihin. Asteittain tiedon karttuessa on kuitenkin tarpeen lisätä sopeutumiseen liittyvää tutkimus- ja kehitystoimintaa myös energiasektorilla mm. siksi, että esim. häiriötön sähkön ja lämmön saanti olisi hyvin tärkeää myös erilaisissa poikkeustilanteissa.

Selkeitä tutkimustarpeita energia-alan sopeutumisesta ilmastomuutokseen pitkällä aikavälillä ei tässä vaiheessa ole esittää. Niitä selvitetään parhaillaan muun muassa vuonna 2005 lopulla valmistuvan FINADAPT-tutkimushankkeen energiaosiossa. Markkinatekijöiden ohella myös energiasektorilla todennäköisesti mm. erilaiset teknologiahyppäykset tulevat seuraavan 40–60 vuoden aikana varmaankin merkittävästi vaikuttamaan siihen, millä tavoin ja miten paljon tai vähän me energiaa käytämme esim. liikenteessä, asumisessa tai teollisuusprosesseissa. Tällaisia uusia teknologioita voisivat olla esimerkiksi vety- ja aurinkoenergiateknologia, bioteknologia joiltain osin, älykäs ja energiaa säästävä talonrakennustekniikka ja älykkäät prosessiteknologiat. Teknologiakehityksessä eräs kiinnostava vaihtoehto on

myös voimalaitosten savukaasujen sisältämän hiilidioksidin talteenottoteknologiat, joihin maailmalla panostetaan. Jos niiden kehitys teknis-taloudellisessa mielessä onnistuu hyvin, on sillä suuri merkitys sekä ilmastomuutoksen hillitsemisessä että ilmeisesti myös sopeutumisessa.

Energiantuotannon rakennetta voitaneen pitkällä 50 vuoden aikavälillä kehittää mm. teknologian keinoin merkittävästi vähäpäästöisempään ja vähemmän energiaa kuluttavaan suuntaan. Tietysti osa energiankäyttösektorista, esim. rakennuskanta kokonaisuutena muuttuu ja uusiutuu varsin hitaasti, ja samoin osa tuotantokapasiteetista, kuten rakennetut vesivoimalat.

Olisi toivottavaa, että nyt alkuvaiheessa energia-alan toimialayhteisöt ja mahdollisesti myös suuret energiantuottajakonsernit panostaisivat sopeutumistutkimustarpeiden määrittelyyn omalla sektorillaan, ja siihen, miten sopeutumispohdinnat ja siihen liittyvät toiminnot luontevasti voitaisiin jollakin aikavälillä saada osaksi energia-alan ja sen yritysten normaaleja seuranta- yms. menetelmiä. Kun sopeutumistutkimuksen tarpeet ja mahdollisuudet ovat paremmin selvillä, on julkisten tutkimusrahoittajien, kuten esim. Tekesin helpompi panostaa aihepiiriin.

Taulukko 4.10. *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista energia-alalla.*

		Ennakoiva
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Ilmastonmuutokseen sopeutumisen sisällyttäminen energiasektorin pitkän aikavälin suunnitteluun ja strategioihin. Tässä edetään asteittain soveltamiskelpoisen tiedon karttuessa
	Tutkimus ja tiedotus	• Ilmastomuutoksen hillintätutkimuksen jatkoksi ja rinnalle liitetään myös sopeutumiseen tähtäävä tutkimus- ja kehitystoiminta
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset	• Selvitetään tarkemmin konkreettisten sopeutumistoimien tarvetta, laatua, mitoitusta ja mahdollisia toteutusajankohtia • Varaudutaan sopivin keinoin aiempaa suurempaan korjaustarpeeseen joillain sektoreilla
	Normatiiviset toimenpidelinjaukset	• Tarpeen mukaan kartoitetaan normien yms. mahdollista muutostarvetta
Yksityinen		• Energiatoimialakohtaiset sopeutumiskartoitukset • Ilmastonmuutokseen sopeutuminen järjestelmällisesti osaksi eri energiatoimialojen pitkän aikavälin suunnittelua ja strategioita energia-alan järjestöissä ja suuryrityksissä

4.1.5. Liikenne ja tietoliikenne

Toimijoiden sopeutumiskyky

Liikennesektorin toimin voidaan edistää sopeutumista ilmastomuutokseen ennakolta, mutta tämä edellyttää hallinnolta tutkimustietoon perustuvaa päätöksentekoa ja ennakoivia toimenpiteitä toivottavaan kehityssuuntaan pääsemiseksi. Sopeutuminen edellyttää ilmastonmuutoksen vaikutusten sisällyttämistä pitkäkestoisiin investointeihin, kuten väylien rakentamiseen tai ajoneuvokaluston hankintaan. Näissä investoinnin elinikä vaihtelee muutamasta vuosikymmenestä useisiin kymmeniin vuosiin, jopa sataan vuoteen saakka. Näissäkin tapauksissa sopeutuminen saattaa olla mahdollista, mutta tulee kalliiksi. Vielä pitkäjänteisemmästä toiminnasta on kyse, kun tavoitellaan säästeliäämpiä liikennevälineitä ja tiiviimpiä yhdyskuntia.

Liikenne- ja viestintäministeriön selvityksessä Väylät 2030 ilmastonmuutoksen vaikutuksia ei mainita. Väylien pidon kannalta keskeisimpinä tulevaisuuden tekijöinä pidetään väestön muuttoliikettä sekä elinkeinoelämän tuotantorakenteen ja toimintatapojen muutoksia. Liikennesektorin strategioissa ei ole toistaiseksi otettu huomioon ilmastonmuutoksen vaikutuksia tai sopeutumistarvetta. Merenkulkulaitoksen tutkimus- ja kehittämisstrategiassa sekä alustavassa ohjelmassa vuodelle 2003 kylläkin todetaan, että ilmastolliset muutokset ovat todennäköisiä pitemmällä tähtäimellä. Niiden vaikutuksia mahdollisuuksien mukaan ennakoida esim. Saimaan kanavan jatkokehittelyssä ja jäänmurtoon rakennettavien monitoimialusten suunnittelussa. Oleellista on saada sisällytettyä ilmastonmuutos kaikkien liikennesektorin toimijoiden visioihin ja pitkän aikavälin suunnitteluun sekä teemaksi tutkimus- ja kehittämisohjelmiin. Energiatehokkuuden edelleen parantaminen on muistettava myös liikennesektorin toimialoilla yhtenä varteenotettavana toimenpidelinjauksena.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Infrastruktuuri

Ilmastomuutoksen vaatimiin toimenpiteisiin sopeuttaminen on syytä aloittaa varhaisessa vaiheessa. Toimenpiteet koskettavat infrastruktuurin kestävyyttä ja häiriötilanteiden hallintaa sekä tiedottamista häiriöistä. Ilmastonmuutoksen

mahdollisesti aikaansaama tulvien yleistyminen ja suurten tulvien riskin kasvu johtaa liikenneväylillä nykyisten kuivatusjärjestelyjen mitoituksen tarkistamiseen ja mahdollisiin muutoksiin silta-aukkoja ja rumpuja koskevissa ohjeissa sekä pengerkorkeuksissa. Ajoneuvoliikenteen väyliltä kuivatusvedet voidaan ohjata suodatusaltaisiin, jotta liikenteen tuottamat päästöt eivät joudu vesistöihin tai pohjaveteen. Suurtulvatyöryhmän tuottama raportti tulvaherkistä alueista otetaan lähtötiedoksi suunniteltaessa rakenteita riskialttiilla alueilla.

Ilmastonmuutos tulee edellyttämään liikenneinfrastruktuurin suunnittelunormien ja ohjeiden arviointia ja tarkistamistarvetta. Väyläverkoston yleisenä suunnitteluperiaatteena on mahdollisuuksien mukaan välttää tulvaherkkiä alueita. Lämpötilaolojen muutokset vaikuttavat käytettäviin materiaaleihin ja teknisiin ratkaisuihin. Rakentamisessa joudutaan ottamaan huomioon myös välilliset vaikutukset kuten kasvillisuuden ja eläinten elinympäristössä tapahtuvat olosuhteiden muutokset (levinneisyysvyöhykerajat ja esiintymisalueet muuttuvat, populaatioiden runsaussuhteet muuttuvat) sekä haitallisten vaikutusten ehkäisyssä että istutuksia ja rakenteita perustettaessa. Valmiutta väylien huoltoon joudutaan tehostamaan, samoin varautumista äkillisiin korjaustoimenpiteisiin.

Tieliikenneverkostoa tulee suojata eri tavoin kestämään ääreisiä sääolosuhteita. Tien rakentamisessa on otettava huomioon riittävät silta-aukot, ojat ja rumpurakenteet rankkasateiden ja tulvien varalta. Mitoitukset perustuvat uuteen tutkimustietoon ilmastomuutoksen vaikutuksista. Siltarakenteita uusittaessa on otettava huomioon tulvien mahdollisesti mukanaan tuoma aines. Tierakenteiden alikulkukäytäviä suunniteltaessa lisääntyvien tulvien mahdollisuus on otettava huomioon ja suunniteltava esimerkiksi uusia pumppaamoja alikulkuihin ylivirtausten estämiseksi.

Ratapenkereet tulee suojata tulvilta ja eroosiolta. Jään peittämän ajan lyhentymisen aiheuttaman lisääntyneen aallokon vuoksi satamarakenteet saattavat tarvita vahvistusta, esimerkiksi aallonmurtajia. Tietoliikenteen toimivuuden turvaaminen muuttuvissa olosuhteissa on otettava huomioon jo rakenteita suunniteltaessa. Ilmajohtojen korvaaminen maakaapeleilla tulee yhä useammin harkittavaksi.

Kunnossapito ja liikennöitävyys

Ääri-ilmiöiden vaikutukset eri liikennemuotoihin ovat osin erilaiset ja vaikutustavoiltaan sekä välittömiä että välillisiä. Muutos liikennekäyttäytymisessä jonkun

liikennemuodon kohdalla näkyy muutoksina jossain muualla liikenne- ja kuljetusjärjestelmässä. Erityisesti tavaraliikenteen osalta voidaan odottaa kasvavaa tarvetta kehittää kuljetusjärjestelmää joustavammaksi eli kuljetusketjun intermodaalisuuden kasvattamista. Jos jokin kuljetusmuoto ei ääreislmiön vaikutuksesta ole käytettävissä, on oltava valmiutta sujuvasti muodostaa vaihtoehtoisia kuljetusmuotoja ja -reittejä.

Tutkimuksen ja selvitysten kautta tulisi miettiä, miten tieliikenteen haavoittuvuutta voidaan vähentää muuttuneissa sääolosuhteissa. Tarvittaessa on käynnistettävä tieverkoston kunnon kohennusohjelma. Rahtiliikenteen siirtäminen jossain määrin maanteiltä rautateille saattaisi pienentää kuljetusten haavoittuvuutta.

Liukkauden torjuntaan joudutaan teillä ja lentokentillä panostamaan enemmän lisäämällä liukkaudentorjunta-aineiden käyttöä. Tällöin on otettava huomioon liukkaudentorjunnan lisääntymisestä johtuvat ympäristöhaitat vesistöille ja pohjavedelle sekä pyrittävä minimoimaan niitä. Suolauksen haittoja voidaan vähentää rakentamalla pohjavedenoton kannalta tärkeille tieosuuksille suojauksia. Tiesuolalle vaihtoehtoiset hajoavat formiaatit ovat tutkimustulosten perusteella käyttökelpoisia myös pohjavesialueilla, mutta niiden käyttö on kustannussyistä mahdollista vain rajatuilla tieosuuksilla. Lentokentillä ne ovat jo vakituisessa käytössä.

Edullisempien olosuhteiden myötä hirvieläinten määrä saattaa kasvaa runsaasti, mistä seuraa lisääntyvä määrä hirvieläinonnettomuuksia tieliikenteessä. Sopeutuminen näihin vaikutuksiin edellyttää eläinten kulkujärjestelyä (vihersillat, alikulut) lisärakentamista tie- ja rataverkolle sekä eläinkantojen säätelyä metsästämällä.

Kesän 2004 sademäärät osoittivat meilläkin vastaavaa kehitystä kuin Tanskassa ja Etelä-Ruotsissa on tapahtunut; kun kerralla sataa enemmän, siitä aiheutuu lisää häiriötekijöitä kunnossapitoon, mikä edellyttää kunnossapidon varautumista ja varallaoloa sadekauden aikana.

Henkilöliikenteen tiedotuksessa ja rahtiliikenteessä on huomioitava ääri-ilmiöiden aiheuttamat viivytykset, jotka vaikuttavat matkaketjuihin hankalien sääjaksojen aikana. Maksimituulennopeudet saattavat aiheuttaa kaksikerrosjunien ohjenopeuksien tarkistamistarvetta. Voimakkaat hellejaksot tuottavat häiriöalttiutta ratojen turvalaitteille, samoin mahdollisesti lisääntyvä ukkosten esiintymistiheys.

Ilmastonmuutos aiheuttaa Itämeren jääpeitteen vähenemistä, mutta jään ahtautuminen ja sohjovyöt voivat tulevaisuudessa olla merenkulun kannalta yhtä vaikeita tai ajoittain jopa vaikeampia kuin nykyään, mikä näyttäisi edellyttävän nykyisen suuruisen jäänmurtajakannan säilyttämistä.

Ääri-ilmiöiden aiheuttamat turvallisuusriskit lentoliikenteessä ja merenkulussa joudutaan ottamaan vakavasti huomioon turvallisuusjärjestelyissä. Lennonjohtojen käyttöön on hankittu melko tarkkaa ja tiheästi päivittyvää säätutkatietoa ja sen ennustetta. Helsinki-Vantaan lentoasemalle on suunnitteilla mm. tuuleen ja turbulenssin liittyvien ääri-ilmiöiden havaitsemiseksi havaintojärjestelmä. Itämeren meriliikenteen kasvaessa riittävä satamakapasiteetti on turvattava. Lisääntyvä meriliikenne Itämerellä voi kasvattaa entisestään ympäristöriskejä.

Tietoliikenne kulkee pääasiassa satelliittien välityksellä, mistä johtuen se ei ole kovin altista sääolosuhteille. Tietoliikenneverkkojen merkitys tulee poikkeusolosuhteissa entisestään kasvamaan, sillä eri kanavien kautta saadaan välitettyä reaaliaikaista tietoa sääoloista ja niiden aikaansaamista häiriöistä. Tiedottamista poikkeusjärjestelyistä joudutaan tehostamaan. Tässä apuna toimivat tietoliikenneyhteydet ja liikennetelematiikan keinot, joiden merkitys tulee entisestään korostumaan liikennejärjestelmän osana. IT –verkkojen häiriöttömyyteen ja äärevien sääolojen aiheuttamiin riskeihin on varauduttava. Yhteiskunnan toimintojen kannalta tärkeiden tiedotuskanavien toiminta tulee turvata myös poikkeuksellisissa tilanteissa.

Sopeutumistutkimus

Muutokset Suomen ilmastossa tulevat olemaan merkittäviä, ja muutosten suuruus ja vaihtelu tarkentuvat ilmastotutkimuksen kehittyessä. Liikennesektorilla on syytä edetä systemaattisesti ja vaiheittain. Sopeutumiskeinoja koskevassa tutkimuksessa tulisi erityisesti ottaa huomioon Suomen erityispiirteet (harva asutus, autioituva yhdyskuntarakenne, vuodenaikojen vaihtelu ja erityiset luonnonolot (geologia, hydrologia) ja suhteuttaa tarkastelu globaalimuutokseen sekä miettiä, mikä on näiden merkitys sopeutumissuunnittelussa. Tavaraliikenteen osalta tulisi kuljetusjärjestelmää katsoa kokonaisuutena, jossa vaihtoehtoiset kuljetusketjut voidaan tunnistaa ja arvioida niitä käytettävyyteen perustuen.

Ääri-ilmiöiden vaikutukset liikennemuotoihin ovat toisistaan riippuvia välillisten vaikutusten myötä. Vaikutusten suuntaan ja suuruuteen liittyvät epävarmuudet

tulisi pystyä mallipohjaisissa tarkasteluissa ottamaan huomioon sekä tunnistamaan tärkeimmät riippuvuudet. Kaikkien liikennemuotojen osalta (tiet, meriliikenne, rautatiet, lentoliikenne, tietoliikenneverkot) laaditaan strategia, miten ilmastomuutokseen ryhdytään valmistautumaan, arvioidaan kullekin sektorille aiheutuvia riskejä ja häiriöitä sekä rakennevaikutuksia. Tärkeitä tekijöitä ovat mm. rankkasateet, tulvat, myrskyt, talvi-ilmasto, sään ääri-ilmiöt ym. Tulevat tutkimustarpeet pitävät sisällään seuraavia asioita:

- Eri liikennemuotojen herkkyys ja häiriöalttius ilmastonmuutoksen aiheuttamille vaikutuksille
- Jääolosuhteiden kehitys Suomen merialueilla
- Lumiolosuhteiden muutokset eri puolilla maata
- Ääri-ilmasto-olosuhteiden huomioon otto väylien ja niihin liittyvien rakenteiden mitoituksessa
- Rakenteiden mitoituksen muutostarpeet ja perusteet (tiet, rautatiet, sillat jne.)
- Sään ääri-ilmiöiden havaitseminen ja ennakoiminen sekä niihin varautuminen ilmaliikenteessä

Yhteenveto

Ilmastonmuutosten vaikutusten ja niihin sopeutumisen kannalta liikennejärjestelmän eri osat ovat haavoittuvuudeltaan erilaisia. Varsinkin tieliikenteen arvioidaan olevan herkkä ilmastonmuutokselle. Tavaraliikenteen osalta tämä asettaa suuria haasteita kuljetusketjun kokonaisvaltaiselle hallinnalle, jossa vaihtoehtoisia kuljetusreittejä ja kuljetusmuotoja on oltava käytettävissä erilaisissa häiriötilanteissa. Odotettavissa oleviin vaikutuksiin varautuminen voidaan osin tehdä lyhyellä aikavälillä, osin tarvitaan vaikutusten riittävän aikaista ennakointia, jotta muutostarpeet voidaan huomioida vaarantamatta liikennejärjestelmälle asetettuja yhteiskunnallisia tavoitteita. Ilmastomuutoksen vaikutuksia on tarkasteltava mahdollisina tulevaisuuden rasituksina, joiden olemassaoloon on varauduttava sekä toimintojen suunnittelussa että erityisesti sellaisten rakenteiden suunnittelussa, joiden elinkaari on tarkoitettu mahdollisimman pitkäksi.

Taulukko 4.11. *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista liikenteessä. Alustava arvio toimenpidelinjausten ajoittumisesta: *Välitön: 2005–2010 , **lyhyt aikaväli: 2010–2030, ***pitkä aikaväli: 2030–2080.*

		Ennakoiva	**Reaktiivinen**
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Ilmastonmuutoksen sisällyttäminen liikennesektorin pitkän aikavälin suunnitteluun* • Tietoliikenneverkkojen (lankajohtoverkot) toimivuuden turvaaminen**	
	Tutkimus ja tiedotus	• Tulvaherkkien alueiden kartoittaminen* • Ääri-ilmiöiden ennakointi- ja varoitusjärjestelmät** • Itämeren jäätilanteen arviointi*	
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset	• Tieverkoston, varsinkin pienempien teiden ja sorateiden rakenteiden (tierunko, ojat, sillat ja rummut) ja kunnon ylläpito tulvien ja sateiden lisääntyessä ja roudan vähentyessä** • Rautateiden rakenteiden (ratapenkereet) ja kunnon ylläpito tulvien ja sateiden lisääntyessä ja roudan vähentyessä** • Liukkauden torjunnan aiheuttamien ympäristöhaittojen minimointi (vaihtoehdot suolalle, pohjavesisuojausten suunnittelu)**	• Vaikeutuneiden liikenneolosuhteiden huomioonottaminen aikataulujen ja ajoituksen suunnittelussa • Myrskytuhojen ilmajohdoille aiheuttamien tuhojen korjaaminen • Talviliikennöinnin kasvu Itämerellä • Liukkauden torjunta teillä ja lentokentillä • Myrskytuhojen korjaaminen tie- ja rataverkolla
	Normatiiviset toimenpidelinjaukset	• Uudet suunnittelunormit ja ohjeet tienrakennuksessa ja rautateiden rakentamisessa**/***	• Häiriöaikojen ja sietorajojen määrittely ja oheistus
Yksityinen		• Yksityisen tieverkoston rakenteiden ja kunnon ylläpito tulvien ja sateiden lisääntyessä ja roudan vähentyessä**	• Vaikeutuneiden liikenneolosuhteiden huomioonottaminen aikataulujen ja ajoituksen suunnittelussa • Suolaus ja liukkauden torjunta teillä

4.1.6. Alueidenkäyttö ja yhdyskunnat

Toimijoiden sopeutumiskyky

Nykyinen lainsäädäntö painottaa kestävän yhdyskuntakehityksen edistämistä, edellytysten luomista hyvälle elinympäristölle ja elinkaariajatteluun perustuvan, laadukkaan ja ympäristökysymyksiä korostavan rakentamisen edistämistä. Yhdyskuntien kehitystä, toimintojen sijoitusta ja ympäristön käyttöä ohjataan kestävää kehitystä edistävään, ympäristöhaittoja vähentävään ja luonnonvaroja säästävään suuntaan pitkälti ottaen huomioon ilmastonmuutoksen ehkäisyn.

Jo nykyiset säädökset mahdollistavat ilmastonmuutoksen huomioon ottamisen. Yhdyskuntasuunnitteluun kuuluu keskeisesti ympäristö- ja muiden vaikutusten huomioon ottaminen. Maankäyttö- ja rakennuslakiin ja -asetukseen sekä kuntien rakennusjärjestyksiin voidaan tehdä täydennyksiä ja kaavoitusprosessiin voidaan liittää esimerkiksi ilmastonmuutokseen sopeutumisen lisäselvitysvaatimus erityisen haavoittuville alueille. Lisäksi voidaan antaa suosituksia eri kaavatasoilla.

Muutokset yhdyskunnissa tapahtuvat perinteisesti hitaasti, mutta niiden vaikutukset ovat pitkäaikaisia, usein käytännössä pysyviä. Vaikka toisaalta ilmastonmuutoksen on arvioitu tapahtuvan hitaasti, yhdyskunnat eivät kykene automaattisesti myötäilemään muutosta. Uusien suunnitteluperiaatteiden käyttöönoton seuraukset näkyvät yhdyskuntien kehityksessä muutaman vuosikymmenen viiveellä. Maankäytön suunnittelussa voidaan kuitenkin käyttää tutkittua tietoa ja uusia menetelmiä, joiden avulla sopeutumista voidaan suunnitella ja samalla lieventää ilmaston muutoksen vaikutuksia.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Ilmastonmuutoksen ja yleensä luonnonolosuhteiden vaikutusten entistä parempi huomioon ottaminen saattaa edellyttää alueidenkäytön ja maankäytön suunnitteluperiaatteiden jonkinasteista tarkistamista. Esimerkiksi rankkasateiden aiheuttamien tulvavesien reittien selvittäminen, hulevesiviemäröinnin mitoitus ja sellaista alueiden, joissa on vesimassoja läpäisevää maanpintaa, riittävä varaaminen vaatii huomiota yhdyskuntien maankäyttöä kehitettäessä. Yhdyskuntien eheyden tavoite ja pyrkimys ohjata rakentamista tulva-alueiden ulkopuolelle saattaa keskinäisestä ristiriitaisuudestaan huolimatta – tai siitä johtuen – johtaa paikallisessa alueidenkäytössä uuteen tarkasteluun.

Huomioon otettavia seikkoja ovat esimerkiksi tulvariskialueiden määrittely, rakentamisrajoitukset riskialueille, pienilmaston, maaston ja maaperän huomioon ottaminen, sade- ja pintavesien johtaminen ja rantarakentaminen. Myös mahdollinen tuulisuuden kasvu voidaan ottaa huomioon rakennusten sijoittamisella, muodolla ja suuntauksella.

Myös kunnallisteknisten järjestelmien, energiantuotannon, vedenhankinnan ja puhdistuksen sekä jätelaitosten haavoittuvuus äärimmäisissä sääolosuhteissa saattaa edellyttää tarkempaa huomioon ottamista alueidenkäytön suunnittelussa.

Ennen nykyisiä säännöksiä käytöstä poistettujen ja ympäristönsuojelun kannalta puutteellisesti varustettujen kaatopaikkojen ja pilaantuneiden maa-alueiden selvitys ja puhdistus aloitettiin järjestelmällisesti 1990-luvun loppupuolella ja sen arvioidaan jatkuvan seuraavat lähivuosikymmenet. On nähtävillä, että kohteet saadaan siivotuksi sellaisessa aikataulussa, että ilmasto-olosuhteiden muututtua vuosisadan keski- ja loppuvaiheilla vanhoista kaatopaikoista ja pilaantuneista maa-alueista ei ole korostetusti vaaraa tai haittaa.

Kaatopaikkojen jälkihoito jatkuu useita vuosikymmeniä, ja tässä työssä voidaan tarvittaessa ottaa tarkentuva ilmastotieto huomioon riskejä arvioitaessa ja toimenpiteitä suunniteltaessa.

Yhdyskunnat ovat entistä riippuvaisempia teknisten järjestelmien toimivuudesta. Vakavat ihmisen ja omaisuuden turvallisuudelle koituvat onnettomuudet syntyvät todennäköisimmin jonkinlaisina ketjureaktioina, jollaisen voi käynnistää yhdenkin järjestelmän häiriytyminen esimerkiksi sään vaikutuksesta. Järjestelmien toimintavarmuuteen tulee kiinnittää huomiota.

Koska yhdyskuntien teknisten järjestelmien toimivuutta kuitenkin harvoin voidaan täysin vahvistaa äärevöityviä sääoloja kestäviksi, poikkeusoloihin varautumisessa myös katastrofien mahdollisuus on olemassa. Maankäytön suunnittelun tulee toimia yhteistyössä pelastustoimen, väestönsuojelun ja poikkeusoloihin varautumisen sekä niiden organisoinnin kanssa.

Välittömin seuraus ilmastonmuutokseen sopeutumisessa on tarve vahvistaa eri sektoreiden välistä yhteistyötä ja strategista suunnittelua. Uudessa tilanteessa muun muassa liikenneväylien ja -verkkojen sekä energiaan, veteen ja jätteisiin

liittyvän infrastruktuurin järjestelmien kehittämisen tulisi tapahtua nykyistä tiiviimmässä yhteistyössä yhdyskuntien maankäytön kehittämisen kanssa.

Mikäli vaikutukset ja riskit kasvavat merkittävästi, alueidenkäyttö ja sitä ohjaavat järjestelmät joudutaan pohtimaan ja kehittämään uuden tilanteen näkökulmasta.

Sopeutumistutkimus

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia yhdyskuntien toimivuuteen maankäytön suunnittelun ja ohjauksen näkökulmasta ei ole Suomessa vielä paljon tutkittu. Erityisen tarpeellista olisi selvittää ilmastonmuutoksen alueellisia ja paikallisia vaikutuksia.

Jotta mahdollisia säädösmuutoksia voidaan tehdä tai antaa tarkempia ohjeita, tulee ilmastonmuutosta ja sen seurauksia yhdyskuntien toiminnan ja maankäytön suunnittelun osalta tutkia huomattavasti tarkemmin. Ilmastonmuutokseen sopeutumiseen valmistautuminen edellyttää myös, että ilmastonmuutoksen vaikutukset tunnetaan myös alueellisesti nykyistä huomattavasti perusteellisemmin.

Taulukko 4.12. *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista alueidenkäytössä ja yhdyskuntasuunnittelussa.*

		Ennakoiva	**Reaktiivinen**
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Ilmastonmuutoksen vaikutuksen arviointi sisällytetään alue- ja yhdyskuntarakenteen pitkän aikavälin suunnitteluun • Kaavoitusprosessiin liitetään ilmastonmuutokseen sopeutumisen lisäselvitysvaatimus erityisen haavoittuville alueille (tulvariskialueet, pienilmaston, maaston ja maaperän huomioiminen, sade- ja pintavesien johtaminen ja rantarakentaminen, mahdollinen tuulisuuden kasvu, suojaavat korttelialueet, painanteiden välttäminen)	
	Tutkimus ja tiedotus	• Tulvaherkät alueet ja rakenteet kartoitetaan • Ääri-ilmiöiden ennakointi- ja varoitusjärjestelmiä kehitetään • Selvitetään alueellisia ja paikallisia vaikutuksia ja sopeutumiskeinoja	
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset		• Sade- ja pintavesien johtamista parannetaan
	Normatiiviset toimenpidelinjaukset	• Selvitään muutostarvetta maankäyttö- ja rakennuslakiin ja -asetukseen sekä kuntien rakennusjärjestyksiin • Eri kaavatasoilla annetaan tarvittaessa suosituksia	
Yksityinen			• Sade- ja pintavesien johtamista parannetaan

4.1.7. Rakennukset ja rakentaminen

Toimijoiden sopeutumiskyky

Sopeutuminen voidaan ottaa huomioon muun muassa uudisrakennusten rakennussuunnitteluvaiheessa, jotta vältetään kallista korjausrakentamista. Ekologisiin lähtökohtiin perustuva suunnittelu ottaa huomioon paikalliset luonnonolosuhteet. Tällöin rakennukselle pystytään luomaan kyseiseen rakennuspaikkaan ja alueeseen soveltuvat ratkaisut.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Rakennussektorin sopeutumistoimet liittyvät pitkälti samoihin kysymyksiin kuin yhdyskuntarakenteen sopeutumistoimet (muun muassa mahdolliseen tuulisuuden ja myrskytuulien lisääntymiseen, taajamatulvariskeihin, vesien johtamiseen sekä kuivatusjärjestelmien mitoituksiin). Uusien rakennusten suunnittelussa voidaan muuttuvat rasitusolot ottaa huomioon. Oman kokonaisuutensa muodostaa olemassa oleva rakennuskanta, kun tarkastellaan muutoksen mahdollisesti aiheuttamia toimenpiteitä.

Sateiden aiheuttamaa vahinkoriskiä voidaan alentaa varmistamalla kuivatusjärjestelmien kapasiteetti siten, että se vastaa tulevaisuuden rankkasateita. Taajamien sadevesiviemärien saneeraustarve sekä maahan imeytys- tai allastusmahdollisuudet tulisi selvittää. Lisäksi tulisi mm. laatia ohjeet hulevesien käsittelystä tulvimisen ja eroosion ehkäisemiseksi. Alueille, jossa ennusteiden mukaan tapahtuu mm. tulvimista ja pohjaveden pinnan kohoamista, on tulevaisuudessa mahdollista asettaa rajoituksia ja määräyksiä. Lisäksi tulisi estää veden kapillaarinen nousu tulvarajan yläpuolelle. Alapohjien tuulettumisesta huolehtiminen korostuu. Vakavuuden, kantavuuden ja painumien laskentamenetelmät tulisi tarkistaa maan kosteustilan vaihdellessa pitkinä kuivina sekä kosteina kausina.

Ohjeiden antamisessa korostuu toimenpiteiden paikallisuuden merkitys. Ne on laadittava paikalliseen tilanteeseen soveltuvaksi. Paikallisuuden korostuessa, ohjausmenetelmien on myös kohdennuttava kyseiselle alueelle. Tällöin mm. ohjeistus ja sen antaminen tapahtuu kunta- tai aluekohtaisesti. Alueellisten ja paikallisten vaikutukset tulee selvittää erityisesti olemassa olevan rakennuskannan ollessa kyseessä.

Kohonneen lämpötilan aiheuttamaa niin kutsuttua ylilämpöä voidaan torjua uudisrakentamisessa mm. rakenteellisin ja arkkitehtonisin keinoin, rakennuskohteen ja paikan luonteen huomioon ottavalla kohdekohtaisella suunnittelulla. Olemassa olevassa rakennuskannassa ylilämmön talteen ottaminen tai vähentäminen edellyttää tapauskohtaista suunnittelua. Ylilämpöä voidaan nykyisillä taloteknisillä järjestelmillä ottaa hyötynä talteen.

Mahdollisen tuulisuuden lisääntymisen johdosta rakennuksen vaipan riittävä tiiveys voidaan uudisrakentamisessa järjestää ottamalla huomioon rakennussuunnittelusuunnitteluvaiheessa paikalliset ilmasto-olosuhteet ja rakennuspaikan ominaisuudet. Olemassa olevissa rakennuksissa vaipan tiiveyttä ja lämpöhäviöitä voidaan tarkastella suunnitelmallisten korjausten ja ylläpidon yhteydessä.

Sateisuuden lisääntymisestä johtuvan rakennusten julkisivun ja katteiden pintarakenteiden rasitustenkerrat lisääntyvät. Tämä on merkityksellistä muun muassa huokoisissa materiaaleissa. Tämän johdosta huollon ja ylläpidon tarve korostuu.

Kiinteistökannan ja rakennusten käytön tehostamisen, uusien käyttövaatimusten ja -tarkoitusten ja korjausrakentamisen seurauksena olemassa oleva rakennuskanta osin muuntuu. Tässä yhteydessä tehdään usein myös rakenteellisia tarkistuksia uutta käyttötarkoitusta varten. Rakennuskantaa tarkasteltaessa on vastaavasti tehtävä paikalliset selvitykset niistä vaurioista, joita ilmaston muuttuminen mahdollisesti aiheuttaa rakennuksille ja rakenteille tai rakenteita varmentavien muutosten kartoittamiseksi rakenteille ja rakennuksille.

Ilmastonmuutokseen sopeutumisen huomioon ottamista rakennuskannassa voidaan lähestyä erilaisten rakennettua yhdyskuntaa mitoittavien luonnonilmiöiden esiintymisen todennäköisyyksillä. Rakennuskannassa ja rakentamisessa ilmastonmuutokseen varautumista ja muutoksen aiheuttamia mahdollisia muutostarpeita on tärkeää ottaa huomioon jo nyt rakennusten hitaan poistuman vuoksi. Ilmaston muutoksen ja ääri-ilmiöihin liittyvän tutkimustoiminnan tulokset antavat mahdollisuuden käyttää niitä tulevaisuuden ilmastonmuutoksen huomioon ottamiseen ja tarkempaan mitoitukseen uudisrakentamisessa sekä olemassa olevassa rakennuskannassa mm. normi- ja yhdyskuntasuunnitteluun apuna. Ääri-ilmiöiden esiintymisen ymmärtäminen muuttuvassa ilmastossa on oleellinen osa sopeutumiseen liittyvien toimenpiteiden valitsemisessa.

Sopeutumistutkimus

Aikaisemmin esillä olleiden rakentamista koskevien tutkimusten ja selvitysten perusteella saadaan hyvät lähtökohdat tutkia rakentamisen ja olemassa olevaan rakennuskantaan kohdentuvaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia. Vaikutusten selvittäminen edellyttää ehdottomasti yksityiskohtaisempaa tutkimusta todetuista ongelma-alueista. Kohdentunut tutkimustoiminta ja sen tulokset antavat paremmat mahdollisuudet suunnitella ilmaston muuttumisen aiheuttamia toimenpiteitä rakennuksille ja olemassa olevaan rakennuskantaan. Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan arvioida edellyttävätkö muutokset suunnitteluperiaatteiden ja norminannon tarkistamista. Ilmaston muutokseen varautuminen voidaan muutoksia koskevan perustutkimuksen jälkeen yhdistää muuhun rakentamista ja rakenteista koskevaan tutkimukseen. Tehtävän tutkimuksen on oltava monitieteistä.

Kartoituksen mukaan on ilmastonmuutokseen liittyvää vaikutusten ja sopeutumisen tutkimusaktiviteetin taso rakentamisessa ja yhdyskuntasuunnittelussa aikaisemmin ollut hyvin matala. Rakennusten, rakentamisen ja yhdyskuntatekniikan alaa koskeva VTT/ rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tekemässä tutkimuksessa ”Ilmaston muutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön” nostettiin esille ilmastonmuutoksen aihealueita. Esitetyt tulokset ovat sinällään jatkotutkimuksen aiheita, jotka on vielä koostettava kattavan kokonaiskuvan sekä yhtenevien vaikutustulosten ja yleistettävien sopeutumistoimenpide-ehdotusten saamiseksi. Meneillään olevassa ympäristöklusterin tutkimushankkeessa ”Poikkeukselliset luonnonilmiöt ja rakennettu ympäristö muuttuvassa ilmastossa” kehitetään menetelmää harvinaisten luonnonilmiöiden luotettavaksi analysoimiseksi ja se kohdentuu siten rakennuksiin ja rakentamiseen.

Taajamien sadevesiviemärien saneeraustarve sekä mahdollisuudet sadevesien maahan imeytykseen tai allastukseen tulisi selvittää. Ilmatieteen laitoksen sateiden intensiteettitarkkailua tulisi laajentaa nykyisten 4–5 taajaman lisäksi koskemaan noin 50 taajamaa. Samoin pohjaveden tarkkailua tulisi laajentaa.

Ilmastonmuutokseen liittyvä tutkimustoiminta ja sen tulokset toimivat perusteena, jolla ilmaston muutoksen ennustettavia vaikutuksia on mahdollista arvioida ja seurauksena harkita sopeutumistoimenpiteitä. Tarkastelut on ulotettava koskemaan uudisrakentamisen lisäksi olemassa olevaa rakennuskantaa.

Taulukko 4.13. *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista rakentamisessa.*

		Ennakoiva	**Reaktiivinen**
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Ilmastonmuutos sisällytetään rakennussektorin pitkän aikavälin suunnitteluun ja tutkimustoimintaan	
	Tutkimus ja tiedotus	• Ilmaston muutoksen paikallisten vaikutusten ja vaikutusalueiden selvittäminen • Tulvaherkät alueet kartoitetaan • Ääri-ilmiöiden ennakointi- ja varoitusjärjestelmiä kehitetään • Taajamien sadevesiviemärien saneeraustarve sekä maahan imeytys- tai allastusmahdollisuudet selvitetään • Tuulen voimakkuuden mahdollisen lisääntymisen vaikutukset otetaan huomioon olemassa olevaan rakennuskantaan ja uudisrakentamiseen. • Olemassa olevien rakenteiden tarkistaminen	
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset	• Hulevesien käsittelystä ja kuivatusjärjestelmien mitoituksesta laaditaan ohjeet	• Myrskytuhojen rakennuksille aiheuttamien tuhojen korjaamista kehitetään • Erilaiset korjaustoimenpiteet
	Normatiiviset toimenpidelinjaukset	• Mahdolliset suunnittelunormien, ohjeiden ja määräysten tarkistaminen tutkimustiedon pohjalta • Mahdollinen suosituksen antaminen paikallisten rasitusolosuhteiden mukaan	
Yksityinen			• Erilaiset korjaustoimenpiteet

4.1.8. Terveys

Toimijoiden sopeutumiskyky

Nykyinen teollistaloudellinen kehitys on tehnyt ympäristöperäiset taudit harvinaisiksi. Teollistekninen kulttuuri, jonka syntymisen myötä väestön yleinen sivistystaso on noussut huimasti, kykenee suojaamaan ihmistä monin eri tavoin. Erityisen ratkaisevaksi on muodostunut se, että sekä ruoka että juomavesi eivät aiempaan tapaan enää aiheuta kansanterveydellisiä haittoja. Tähän on päästy desinfektion mahdollistavan teknologian (muun muassa kemikaalit) käyttöön ottamisen myötä sekä turvaamalla ruoan, lääkkeiden ja rokotteiden kylmäketju aina loppukulutukseen saakka. Toisaalta esimerkiksi torajyväalkaloidien aiheuttamia myrkytyksiä on helppo torjua keskitetyssä teollisessa viljan käsittelyssä. Edelleen esimerkiksi ulkomaankauppa on mahdollistanut ennen näkemättömän vaihdannan ja taannut sen, että erilaisia tuoretuotteita on nykyisin ympäri vuoden kaupan, mikä luonnollisesti takaa osaltaan sen, että vitamiinipuutossairauksia ei enää tunneta. Edelleen lisääntynyt vauraus on taannut ennennäkemättömän korkealle tasolle ruokaturvallisuuden, eli ruoan ja siten riittävän kalorien saannin.

Ennustetun ilmastonmuutoksen kielteiset vaikutukset ajoittunevat ja ehkä rajoittuisivatkin, pääasiassa kesäisten hellejaksojen vaikutuksiin erityisesti pääkaupunkiseudulla. Epävarmuutta tähän tuo jo yksistään se, että ilmastomallit ennustavat pääasiassa lämpenemistä yöllä ja talvella. Kuitenkin mahdollisesti lisääntyvien hellejaksojen terveysvaikutuksia on kyettävä hallitsemaan riippumatta siitä, lisääntyvätkö vai vähenevätkö hellejaksot. Suomessa väestökeskittymät ovat pieniä, ja lisäksi pohjoinen sijaintimme pienentää hellejaksoihin liittyvää uhkakuvaa verrattuna esimerkiksi Keski-Euroopan metropoleihin. Hellejaksot ovat tosin erityisesti Yhdysvaltain pohjoisosien suurissa väestökeskittymissä aiheuttaneet ylikuolevuutta.

Poikkeustilanteisiin on kuntien itsenäisen poikkeustilanteisiin ennalta varautumisen tueksi sosiaali- ja terveysministeriö julkaissut erityistilanneoppaan. Tässä oppaassa on ohjeita mm. helteillä ja tulvatilanteissa mahdollisesti lisääntyvien epidemioiden hallintaan ja niiden syiden selvittelyyn, mutta ei anneta ohjeita hellejaksojen suorien lämpövaikutusten varalle.

Ranskan 2003 hellejaksosta saatujen kokemusten perusteella sosiaali- ja terveydenhuollon laitoksissa asuvien pariisilaisvanhusten keskuudessa havaittiin selvästi

ylikuolleisuutta, mikäli laitoksissa ei ollut järjestetty vähintään yhtä ilmastoitua huonetta. Kuitenkin aivan erityisen haastee n Pariisin viranomaisille aiheuttivat hankalasti tavoitettavat yksin kotonaan asuvat vanhukset, joita yli 25 asteeseen peräkkäisinä öinä kivunnut kuumuus tappoi tuhansia. Ilmastotutkijoiden sekä sosiaali- ja terveysviranomaisten sujuva yhteistyö ennakkovarautumisen kautta on tällaisessa tilanteessa tärkeää.

Kuumuusjaksoista kärsivät ennen kaikkea vanhukset. Keski-Euroopassa kesän 2003 hellejaksoon yhdistettyä ylikuolleisuutta ilmeni vain vähän alle 60-vuotiailla. Sen sijaan kylmyysjaksoihin liittyen vakavia terveysvaikutuksia havaitaan myös lapsilla.

Toisin kuin monissa muissa maissa Suomen kehittyneet rekisterit takaavat sen, että sosiaali- ja terveysviranomaiset tietävät varsin hyvin vastuualueellaan asuvat ihmiset ja heidän osoitteensa. Tämä yhdistettynä toimiviin sosiaalisektorin avohoitopalveluihin helpottaa viranomaisten toimia Suomessa hellejakson yhteydessä.

Mikäli talous kehittyy ja pysyy vakaalla uralla mahdollisen keskilämpötilan nousun myötä, pysyvät sekä suorat että epäsuorat ilmastonmuutoksen myötä aiheutuvat kansanterveysvaikutukset pieninä. Erityisesti talouden kantokyvyn pysyminen korkealla tasolla edesauttaa mahdollisesti tarvittavien terveydenhuollon lisäinvestointien rahoittamista.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Näköpiirissä olevat mahdolliset muutokset saattavat vaatia nykyistä vaativampaa horisontaalista yhteistyötä eri toimijoiden välillä. Erityisesti tämä tarkoittaa ilmastotutkijoiden sekä terveyden- ja sosiaalihuollon välisen yhteistyön tiivistämistä. Ennustetuista ilmastollisista muutoksista aiheutuviin kielteisiin suoriin ja epäsuoriin terveysvaikutuksiin liittyy suuria epävarmuuksia. Tämä tarkastelu ei tietenkään ota huomioon mahdollisia suuria epäjatkuvuuksia ilmastohistorian kehityksessä.

Mikäli kesäiset helteet todella lisääntyisivät tai muodostuisivat ongelmaksi, olisi tähän yhteistyöhön liitettävä kaupunkisuunnittelijat. Pitkällä aikavälillä kaupunkisuunnittelulla voidaan hallita kaupunkien lämpösaarekeilmiötä.

Ainoa välitön tehokas ylikuolleisuutta ehkäisevä keino on taata ilmastoituja oleskelutiloja niin kotona kuin vanhainkodeissa tai sairaaloissa oleskeleville. Suomessakin on tosin jo nykyisillä kesähelteillä syytä huolehtia siitä, että erityisesti tiiviisti rakennetuilla alueilla vanhuksia hoitavissa laitoksissa varaudutaan siihen, että laitoksissa on riittävästi tuuletuskapasiteettia ja/tai yksi ilmastoitu huone. Tätä voitaisiin edistää mm. sisällyttämällä tämä näkökulma sosiaali- ja terveydenhuollon laatustandardeihin.

Myös työsuojelun ammattilaisten, tutkijoiden ja viranomaisten panosta saatettaisiin tarvita, mikäli hellejaksot yleistyvät, koska monet työt tulee tehdä riippumatta olosuhteista. Nykyisellääänkin työsuojeluviranomaiset ovat normittaneet työsuojelulliset minimi- ja maksimilämpötilat.

Paikallisiin ongelmiin erityisesti Suur-Helsingin alueella lienee syytä varautua ennakkosuunnittelulla. Tällöin tulee kyseeseen kansainvälisten ennakkovaroitusjärjestelmiin (esimerkiksi Lissabonin, Chicagon ja Toronton ennakkovaroitusjärjestelmät) liittyvän keskustelun seuraaminen.

Lissabonin ICARO-ennakkovarautumisjärjestelmä tuotti varoitussignaalin jo viisi päivää ennen Ranskan tapahtumien hallitsematonta kehitystä. Tiedotusvälineet olivat kuitenkin enemmän kiinnostuneita samaan aikaan riehuvista metsäpaloista, mikä viivästytti terveysviranomaisten sanoman perille menoa ja näin myös suur Lissabonin alueella ja muuallakin pääasiassa kaupungistuneilla alueilla Portugalissa koettiin ylikuolevuutta (noin 2100 vanhusta).

Myös osin ilmastollisten muutosten myötä eläimistä ihmisiin tarttuvien tautien tai vektorivälitteisten tautien esiintyvyydessä tapahtuvat muutokset lisäisivät tarvetta maa- ja metsätalous- sekä terveysviranomaisten sekä niiden alaisten tutkimuslaitosten väliselle yhteistyölle. Mahdollisten infektiosairauksiin liittyvien esiintyvyysmuutosten seurannan ja torjunnan kehittämisessä ilmastonmuutoksiin liittyvät näkökohdat on otettava huomioon. Leväkukintojen yleistyminen vesistöissä voi vaatia viranomaistoimia ja valistusta.

Aivan ratkaisevaa ihmisten terveyden kannalta on talouden kantokyvyn kehittyminen. Mikäli talous jatkaa vakaalla uralla, ei suurempia ongelmia ole näköpiirissä, koska ihminen on monin eri keinoin suojannut itsensä ympäristön haittoja vastaan.

Ilmastollisiin ääri-ilmiöihin varautumisessa sähkön jakelun turvaaminen kaikissa olosuhteissa on ympäristöterveyden näkökulmasta ensiarvoisen tärkeää. Tähän voidaan päästä pitkäjänteisellä energiapolitiikalla ja valmiussuunnittelua tehostamalla. Jälkimmäinen tarkoittaa panostusta mm. riittävien varajärjestelmien turvaamiseen ilmastollisissa erityistilanteissa.

Sopeutumistutkimus

Nykyinen Kansanterveyslaitoksen ja muiden toimijoiden infektiotautien seurantajärjestelmiin pohjautuvaan tautien kartoittamiseen ja niiden riskitekijöiden tutkimiseen on liitettävä nykyistä järjestelmällisemmin ilmastonmuutosnäkökulma.

Kansanterveyslaitoksen yhdessä muiden instituutioiden kanssa tulee seurata kansainvälistä kehitystä ilmastonmuutoskeskustelussa ja -tutkimuksessa siltä osin, kun se vaikuttaa terveydensuojeluun ja sen järjestämiseen Suomessa.

Vaikka edellä on pääasiassa käsitelty lämpenemiseen liittyviä kysymyksiä, Suomessa on edelleen tarvetta lisätä tietämystä erityisesti kylmien jaksojen terveysvaikutuksista. Ne ovat kokemuksen ja tieteellisen tiedon valossa vaikeita hallita.

Taulukko 4.14. *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista sosiaali- ja terveydenhuollossa. Alustava arvio toimenpidelinjausten ajoittumisesta: *Välitön: 2005–2010 , **lyhyt aikaväli: 2010–2030, ***pitkä aikaväli: 2030–2080.*

		Ennakoiva	Reaktiivinen
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Terveydenhuollon kapasiteetin turvaaminen vastaaman muuttuneita ilmasto-olosuhteit * • Yhteistyö ilmastotutkijoiden sekä terveyden- ja sosiaalihuollon välillä* • STM:n erityistilanneoppaan mahdollinen täydentäminen hellejaksojen osalta • Energiapolitiikalla pyrittävä siihen, että sähkön jakelu tai sen riittävyys turvataan	
	Tutkimus ja tiedotus	• Tiedottaminen muuttuvan ilmaston vaaroista, esimerkiksi lämpöaallot* • Erityistilanteisiin liittyvät tutkimukset ja niiden seuraaminen sekä niihin liittyvän tiedotuksen organisoiminen • Tiedotus leväkukintojen vaaroista* • Tiedotus tartuntatautien riskin kasvamisesta*	• Erityistilanteisiin liittyvät tutkimukset ja niihin liittyvän tiedotuksen organisoiminen
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset	• Kaupunkisuunnittelun kehittäminen kaupunkien lämpösaarekeilmiön hallinnassa* • Sähkönjakelun ja tuotannon varajärjestelmiin kiinnitettävä huomiota valmiussuunnittelussa	• Ilmastoinnin ja riittävän tuuletuksen turvaaminen vanhainkodeissa ja sairaaloissa esimerkiksi laatusuosituksilla*
Yksityinen			• Lisääntynyt ilmastointi***

4.1.9. Matkailu ja luonnon virkistyskäyttö

Toimijoiden sopeutumiskyky

Suomen talvimatkailun vetovoimatekijä on lumi, mikä tekee alasta haavoittuvan ilmasto- ja lumiolosuhteiden muutoksille. Kesämatkailun ei arvioida olevan yhtä haavoittuvaa ja sopeutumistarpeen arvioidaan olevan pienempi. Sopeutumistoimien suunnittelun ja toteuttamisen arvioidaan vievän matkailussa ja virkistyskäytössä 5–20 vuotta.

Matkailun edistämiskeskus on tehnyt matkailun skenaariokuvaukset vuoteen 2020 asti. Näissä vähälumisten talvien yleistyminen talvella on otettu huomioon. Maakuntien liitot vastaavat matkailun alueellisesta kehittämisestä ja lähes jokaiseen maakuntaan on laadittu maakunnallinen matkailustrategia. Strategiat laaditaan noin 3–4 vuodeksi kerrallaan ja ne tarjoavat valmiin alueellisen tason suunnitteluvälineen ilmastonmuutoksen ottamiseksi huomioon.

Suomen hiihtokeskusten arvioidaan toimivan 10 vuoden suunnitteluaikajänteellä, joten ilmastonmuutoksen huomioonottaminen talvimatkailun suunnittelussa on periaatteessa mahdollista. Viime vuosina hiihtokeskusten investoinneista 70–80 % on suuntautunut rinneolosuhteiden parantamiseen. Kansainvälisesti arvioidaan, että suurimmalla osalla matkailuyrittäjistä tieto ilmastonmuutoksesta ja valmius sopeutumiseen ovat rajallisia. Suomessa tilanteen arvioidaan olevan samansuuntainen.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Lyhyellä aikavälillä matkailuun ja virkistyskäyttöön ei ole vielä riittävää tietopohjaa linjata erityisiä sopeutumistoimenpiteitä. Ilmastonmuutos tulisi integroida alueellisiin ja muihin matkailustrategioihin ja varmistaa tutkimustiedonkulku matkailuyrittäjille ja yksityisille toimijoille. Näin kasvatetaan myös matkailun toimijoiden tietopohjaa ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja sopeutumisesta.

Kesämatkailu

Kesämatkailussa ja -virkistyskäytössä täytynee ottaa tulevaisuudessa huomioon pidentyvä sulan maan aika ja kesäsesonki virkistysalueiden suunnittelussa. Kesä-

kauden pidentyminen nostanee käyttöpainetta kesävirkistysalueilla, minkä vuoksi turisteja ja luonnon virkistyskäyttäjiä voi olla tarvetta ohjata pois herkimmiltä ja kulumiselle alttiimmilta luontokohteilta. Suomen parantunutta asemaa kesämatkailumaana kannattaa hyödyntää.

Talvimatkailu

Talvimatkailun mahdollisia ilmastonmuutokseen sopeutumisstrategioita ovat joko talvimatkailun kehittäminen tai vaihtoehtoisten, lumesta vähemmän riippuvaisten, matkailustrategioiden kehittäminen. Talvimatkailun edellytyksiä voidaan parantaa selvittämällä mahdollisuuksia lisätä keinolumetuksen taloudellisuutta ja kehittämällä yhteistyötä matkailuyrittäjien kesken. Toisaalta varsinkin Etelä-Suomessa talvisesongin lumiriippuvaisten palveluiden oheistarjontaa kannattaisi kehittää ja sitä myötä vähentää elinkeinon haavoittuvuutta ilmastonmuutokselle. Tämä kannattaa myös tekolumen käytön ekologisten haittapuolien takia. Laajasti sovellettavia merkittäviä vaihtoehtoja lumiriippuvaiselle talvimatkailulle Suomessa ei kuitenkaan ole näköpiirissä.

Sopeutumistutkimus

Ilmastonmuutoksen vaikutusten lisäksi tulee kartoittaa alan haavoittuvuutta ja mahdollisia sopeutumisstrategioita haittojen minimointiin ja hyötyjen maksimointiin. Matkailun ja luonnon virkistyskäytön toimijat tarvitsevat poikkisektoraalista tutkimusta mm. vuodenaikaisia ennusteita lämpötilasta ja sadannasta sekä niiden alueellisista muutoksista. Soveltavan tutkimuksen haasteena ovat mm. elinkeinovaikutukset, kannattavuuden ja kestävän matkailun tutkiminen. Seurantatutkimusten tekeminen on olennaista, jotta matkailun ja luonnon virkistyskäytön muutoksia ja sen syitä voidaan arvioida. Luonnon virkistyskäytön valtakunnallisen inventointi (LVVI) -tutkimuksen jatkaminen on yksi osa seurantaa, aluekohtaisen kävijäseurannan tekeminen on valtion ja kuntien virkistysalueilla yhtä lailla tarpeellista. Ulkoilutilastojen avulla tehtävän seurannan lisäksi tarvitaan mallintamista ennusteiden laatimiseksi.

Taulukko 4.15. *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista matkailussa ja luonnon virkistyskäytössä. Alustava arvio toimenpidelinjausten ajoittumisesta: *Välitön: 2005–2010 , **lyhyt aikaväli: 2010–2030, ***pitkä aikaväli: 2030–2080.*

		Ennakoiva	**Reaktiivinen**
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Ilmastonmuutokseen sopeutumisen integroiminen matkailustrategioihin* • Lisääntyvän sulan ajan retkeilyn huomioonottaminen virkistysalueiden suunnittelussa ja käytössä*** • Talvimatkailun oheistarjonnan kehittäminen lumiriippuvuuden vähentämiseksi*	
	Tutkimus ja tiedotus	• Tutkimuksen lisääminen sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksista että sopeutumisesta ilmastonmuutokseen* • Tutkimustulosten välittäminen yksityisille toimijoille*	
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset		• Keinolumetuksen kehittäminen*
Yksityinen		• Talvimatkailun oheistarjonnan kehittäminen lumiriippuvuuden vähentämiseksi*	• Keinolumen käytön taloudellisuuden parantaminen laskettelurinteissä ja käytön mahdollisuuksien selvittäminen laajemmin murtomaahiihdossa* • Matkailutapojen muuttuminen*** • Luonnon virkistyskäyttötapojen muuttuminen***

4.1.10. Vakuutustoiminta

Toimijoiden sopeutumiskyky

Taloudellisten muutoksien ennakoimiseen tarvitaan yksityiskohtaisempia tietoja ilmastonmuutoksen todennäköisyyksistä ja vaikutuksista. Tulevaisuuden tapahtumat eivät välttämättä etene lineaarisesti, vaan ne saattavat muuttua esim. ihmisen toiminnan johdosta. Vakuutusyhtiöille yleisesti myrskyt eivät ole riskiltään mitenkään poikkeuksellisia. Jälleenvakuutusmarkkinat ovat toimivia ja jakavat maantieteellistä riskiä tehokkaasti. Katastrofiriskien rahoitus on tänä päivänä mahdollista erilaisten rahoitusinstrumenttien avulla. Suurin riski yksittäisen vakuutusyhtiön kannalta sisältyykin katastrofivahinkojen hinnoitteluun ja jälleenvakuutussuojan riittävyyteen. Muista maista poiketen Suomessa on vielä vähän sattunut huomattavia luonnonilmiövahinkoja. Suomen vuoden 2004 kesän tulvia Keski-Euroopassa tuskin edes pantaisiin merkille. Suomessa vakuutusalalla on vielä aikaa varautua ilmastonmuutoksen aiheuttamiin vahinkoihin, mutta luultavasti vuoden 2004 tulvat tulevat aiheuttamaan kuitenkin kotimaisissa vakuutusyhtiöissä keskustelua ja linjanvetoa sääilmiöiden korvattavuuden suhteen. Vaikka tulvien aiheuttamat konkreettiset ongelmat koskettavat lähinnä suunnittelua, rakennusvalvontaa ja kunnallistekniikkaa, vakuutusyhtiöt kuitenkin arvioivat tulvariskin ja hinnoittelevat riskin sen mukaisesti.

Jos osa riskeistä muodostuu niin suuriksi, ettei niiden vakuuttaminen ei ole kannattavaa, ne voidaan luokitella uudelleen vakuutuskelvottomiksi, nostaa omavastuuta tai laskea korvattavan summan kattoa. Esimerkiksi Saksassa saa rakentaa vaikka joen rantaviivalle, mutta omistajalle rakennusluvan myönnön yhteydessä ilmoitetaan, ettei tulvavahinkovakuutusta kohteelle saa yhtiöistä. Myös riskien ollessa suuria voidaan riskiä pienentää jakamalla vakuutustaakka toisten vakuutuslaitosten kesken. Jälleenvakuutuksen saaminen tosin voi olla vaikeaa, ja vaikka sellaisen saisikin, kustannukset saattavat nousta niin suuriksi, että se ei ole enää liiketaloudellisesti kannattavaa. Erilliset suuren riskin vakuutukset saattavat myös muodostua kuluttajille liian kalliiksi, jolloin niiden tarjolla ololla ei ole merkitystä.

Myös vakuutusyhtiön koon kasvattaminen, toiminnan laajentaminen ja monipuolistaminen vaikuttavat sopeutumiskykyyn. Eräs mahdollisuus on vaikuttaa riskin vähentämiseen esimerkiksi tarjoamalla asiakkaille vakuutusmaksualen-

nuksia tiettyjen turvatoimien käyttöönottamiseksi. Vakuutusalalla on hyvät mahdollisuudet mukautua ja selvitä ilmastonmuutoksen aiheuttamista vaikutuksista, koska sillä on useita keinoja rajoittaa sen korvattavaksi tulevia vahinkoja. Toisaalta ilmastonmuutoksen aiheuttamat uudet muuttuvat tilanteet, jotka ovat vain osin hallittavissa olevia, tarjoavat vakuutusalalle suuria kehittämisnäkymiä uusien vakuutustuotteiden muodossa. Jo nyt Suomessa eräät yhtiöt korvaavat ilmastonmuutoksen aiheuttamiin vahinkoihin rinnastettavia vahinkoja tietyissä vakuutusehdoissa mainituissa tilanteissa. Luonnonmullistukset saattavat myös aiheuttaa kasvanutta kiinnostusta vakuuttamista kohtaan.

Vakuutusyhtiöt luottavat yleisesti kykyynsä arvioida taloudellisia muutoksia tulevaisuudessa. Vakuutusyhtiöt saattavat kuitenkin joutua muuttamaan tätä päätöksenteon peruslähtökohtaa enemmän ilmastonmuutos huomioonottavaksi. Vakuutusala on esimerkiksi osoittanut kiinnostusta yhteisen vakuutuspoolin perustamiselle tulvavahinkojen korvaamiseksi. Tulvavahinkojen korvaamiseen on esitetty mallia, jossa valtion osuus tulisi budjetista ja vakuutusyhtiöiden varat pooliin kerättäisiin korotettuina vakuutusmaksuina kotivakuutuksen ottajilta. Suomessa tulvavakuuttamisen ongelma on siinä, että vakuutusriski kohdistuu vain pienehköön joukkoon vakuutuksenottajia, mikä tarkoittaa, että suurin osa suomalaisista on tulvavahinkovaaran ulkopuolella. Jos kaikkien vakuutuksenottajien tulisi ottaa tulvavakuutus esimerkiksi pakollisesti palovakuutuksen yhteydessä (kuten eräissä valtioissa), tarkoittaisi tämä sitä, että suurin osa vakuutuksenottajista maksaisi vakuutusmaksuissaan pienen vähemmistön riskejä.

Yhteisen tulvavakuutuspoolin perustaminen edellyttäisi laajaa myös ulkomaisten yritysten osallistumista pooliin, koska järjestelmässä riskit ja niistä aiheutuvat kustannukset jaetaan. Jos pooliin kuulumattoman yhtiön ei täytyisi osallistua asianomaisista riskeistä johtuvien kustannusten korvaamiseen, olisi se epätasapuolista muita vakuutusyhtiöitä kohtaan. Tämä saattaisi edellyttää muutoksia lainsäädännössä.

Tulvavakuuttamisen osalta vaihtoehtoina voidaan tulevaisuudessa tarkastella 1) Ruotsin mallin mukaista markkinaehtoista tulvavakuutusta omavastuuosuuksineen, siihen liittyvine jälleenvakuutuksineen ja riskien jakamisine vakuutuksenottajien kesken tai 2) Norjan mallin mukaista poolimallia, jossa tulvavakuutus liittyy myrskyvakuutukseen. Eräs vaihtoehto voisi olla, että tulvavakuutus olisi

pakollinen vain tulvakarttojen määrittelemillä riskialueilla. Näin on mm. Norjassa, Ranskassa, Sveitsissä ja Espanjassa.

Mahdollisia toimenpidelinjauksia

Kehitetään julkista ja/tai yksityistä vakuutusjärjestelmää, jolloin kuitenkin tehtäväjako julkisen ja yksityisen vakuuttamisen osalta tulisi olla selkeä (tulvavakuuttaminen, vakuutuspoolit).

Ilmastonmuutokseen sopeutumista voidaan edistää mm. kehittämällä uusia taloudellisten riskien hallintatuotteita, levittämällä riskiä joukkovelkakirjojen ja johdannaisten avulla. Kohteen haavoittuvuutta voidaan vähentää hallitsemalla vahinkoja. Parannetaan tuhoista elpymistä.

Riskejä voidaan vähentää teknologian kehittämisellä, ympäristönhoidolla, maankäytön suunnittelulla, rakennusten suunnittelulla ja kaavoituksella sekä viemäröinnillä.

Haavoittuvuutta voidaan vähentää ennakoivalla suunnittelulla ja mallintamisella, vakuutuksen antajien ja viranomaisten toiminnalla. Tällaisia keinoja ovat muun muassa: hintojen nostaminen, vanhojen vakuutusten päättäminen tai irtisanominen, vakuutusmäärän rajoittaminen, vakuutustekniset keinot vastuun rajaamiseksi eli jätetään vakuutusriskiä osittain vakuutuksenottajan kannettavaksi (omavastuuosuus) vakuutuslainsäädännön kehittäminen, valtakunnallisten tulvakarttojen laadinta.

Myös ennakkotoimien kehittäminen on tarpeellista vahinkojen välttämiseksi. Tällaisia ovat mm. vakuutusyhtiöiden ohjeistukset, päivittäiset, kausittaiset ja vuosittaiset poikkeuksellisen sään tiedotukset, merialueille tai sisävesille annettavat myrsky- tai kovan tuulen varoitukset, maa-alueille annettavat varoitukset vaarallisen voimakkaasta tuulesta, metsäpalovaroitukset, ajelehtimislaskelmat vesialueille, jäänkertymisvaroitukset, kemikaalionnettomuuksien seurausten arviointi, säteilyvalvonta, ulkoilman otsonivaroitukset jne.

Tuotekehityksellä ja aktiivisella tiedottamisella voidaan selkiyttää vakuutuksia ja vastuita. Myös vakuutuksenottajien roolin korostaminen on tärkeää vahingontorjunnassa.

Sopeutumistutkimus

Vakuutusalalla ilmastonmuutokseen liittyvän tutkimusaktiviteetin taso on ollut Suomessa hyvin matala. Tulevia tutkimustarpeita ovat muun muassa riskien mallinnuksen ja tutkimuksen lisääminen käyttäen hyväksi olemassa olevia ilmastonmuutosskenaarioita eikä niinkään perinteistä historiallista aineistoa, jota esimerkiksi on käytetty katastrofimallien pohjana. Tällöin saataisiin ennakoitua pienen mittakaavan tapahtumat, jotka ovat katastrofeja paljon yleisempiä, kuten metsäpalot, salamaniskut ja paikalliset tulvat. Yhteistyö eri vakuuttajien ja ilmastotutkijoiden kanssa olisi hyödyllistä myös kustannusten jakamiseksi.

Taulukko 4.16. *Yhteenveto ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisista toimenpidelinjauksista vakuutustoiminnassa.. Alustava arvio toimenpidelinjausten ajoittumisesta: *Välitön: 2005–2010 , **lyhyt aikaväli: 2010–2030, ***pitkä aikaväli: 2030–2080.*

		Ennakoiva
Julkinen	Hallinto ja suunnittelu	• Ilmastonmuutoksen huomioiminen ja ennakoiva suunnittelu ja mallintaminen ympäristönhoidossa, maankäytön ja rakennusten suunnittelussa ja kaavoituksessa sekä viemäröinnissä* • Vakuutuspoolin kehittäminen yhdessä vakuutusyhtiöiden kanssa*
	Tutkimus ja tiedotus	• Riskien mallinnus ja tutkimus käyttäen hyväksi olemassa olevia ilmastonmuutosskenaarioita* • Ennakkotoimien kehittäminen tarpeellista vahinkojen välttämiseksi*
	Taloudellis-tekniset toimenpidelinjaukset	• Teknologian kehittäminen riskien vähentämiseksi*
	Normatiiviset toimenpidelinjaukset	• Vakuutuslainsäädännön kehittäminen*
Yksityinen		• Vakuutuksien ja vastuiden selkiyttäminen* • Ennakoiva suunnittelu ja mallintaminen* • Yksityisten vakuutusjärjestelmien kehittäminen ottamaan ilmastonmuutos huomioon* • Uusien taloudellisten riskien hallintatuotteiden kehittäminen* • Levitetään riskiä joukkovelkakirjojen ja johdannaisten avulla*

4.2. Sopeutumistarve maapallon muilla alueilla tapahtuviin muutoksiin

Sopeutuminen on luonteeltaan paikallista toimintaa, kun taas päästöjen rajoittaminen vaikuttaa ilmastonmuutokseen maailmanlaajuisesti. Asetelmaa täydentävät kuitenkin sopeutumisen ja ilmastonmuutosten vaikutusten maailmanlaajuiset kytkennät ja välittyminen alueelta toiselle.

4.2.1. Eri maiden kyky sopeutua ilmastonmuutokseen

Luvussa 3.1. on kuvattu ilmastonmuutoksen vaikutuksia maailmanlaajuisesti ja Euroopassa. Maiden valmiudet varautua ja sopeutua ilmastovaikutuksiin vaihtelevat suuresti. On arvioitu, että suurimmat sopeutumisen haasteet ovat kehitysmaissa. Useissa köyhimmissä maissa jo nyt ilmasto koettelee esimerkiksi ruuan tuotantoa. Kuivuuden vaivaamilla alueilla saattaa tilanne entisestään pahentua ja johtaa väestön siirtymiseen uusille asuinpaikoille. Parempien elinolojen ja työn löytäminen muuttamaan joutuneille, yleensä kouluttamattomille ja köyhille ihmisille olisi erittäin vaikeaa, mikä voimistaisi edelleen köyhyyttä. Merenpinnan nousu on esimerkki pitkän aikavälin vaikutuksista, joihin sopeutuminen vaatisi paikallisilta asukkailta ja infrastruktuurilta suuria kustannuksia ja valtaisaa muutosta. Ei ole poissuljettua, että tämäntapaiset vaikutukset saattavat synnyttää konflikteja ja olla myös globaali turvallisuusuhka. Vaurailla mailla on eri mahdollisuudet kuin köyhillä mailla sopeutua ilmastonmuutokseen. Esimerkiksi Hollanti pystyy varautumaan tilanteeseen rakentamalla patoja, mutta Bangladeshissa asianlaita on toinen ja ilmastovaikutusten kehittyessä tilanne voi kehittyä osin hallitsemattomaksi.

Kehitysmaissa sopeutumisen haasteet ovat suuret. Toisaalta ilmastonmuutoksesta tai kehitysongelmista johtuvien ongelmien erottelu on vaikeaa. Ilmastonmuutos pahentaa kuitenkin jo olemassa olevia kehitysongelmia. Ilmastoasioiden parempi huomioon ottaminen kehitysyhteistyössä olisi tarpeen., esimerkiksi vesihuollon sekä maa- ja metsätalouden yhteistyössä. Tämä merkitsee myös haasteita Suomen kehitysyhteistyön suunnittelussa. Toisaalta ilmastonmuutokseen sopeutumistarve voi tarjota köyhille maille myös mahdollisuuksia (kestävälle kehitykselle pohjautuva yhteiskunta- ja energiasektorin suunnittelu, teknologian siirto ynnä muuta).

Sopeutumiskysymykset koskettavat yhtä lailla teollisuusmaita, vaikkakin niillä on yleisesti ottaen hyvät edellytykset varautua muutoksiin ja sopeutua. Ilmastonmuutoksen sopeutumista ja vaikutuksia on arvioitu useissa maissa, mutta varsinaisia ohjelmia on tehty vielä harvoin.

4.2.2. Ilmastonmuutoksen maapallonlaajuisten vaikutusten ja sopeutumisen liittymäkohdat toimialoihin Suomessa

Toimialojen sopeutumistarve muualla tapahtuviin muutoksiin juontuu erilaisista kytkennöistä. Ilmastolle herkkää maataloutta EU:n maatalouspolitiikka säätelee todennäköisesti jatkossakin vahvasti. Matkailu taas on toimiala, jossa ilmastonmuutoksen vaikutukset voivat suoraan näkyä kuluttajien mieltymyksissä ja valinnoissa. Vaikutukset voivat olla yleisiä tai heijastua toimialalta toiselle. Esimerkiksi vedenpuutteesta kärsivillä alueilla mahdollisesti kehittyvät konfliktit saattavat heijastua Suomeen maailmanlaajuisina turvallisuuskysymyksinä. Myös turvallisuus- ja puolustuspoliittisessa selonteossa (VNS 6/2004) on nostettu esille ympäristöongelmien turvallisuuspoliittisten kytkennät ja maailmanlaajuisen kehityksen kuten ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomeen sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksien ennakoiminen ja niihin varautuminen.

Suomen sopeutumistarpeesta maapallon muilla alueilla tapahtuviin muutoksiin voidaan esittää vasta alustavia arvioita. Tieto tarkentuu, kun vaikutustutkimus etenee ja myös sopeutumiskysymykset saavat huomiota tehdyissä selvityksissä.

Taulukko 4.17. *Alustavia arvioita maailmanlaajuisten ilmastovaikutusten heijastumisesta eri toimialoille Suomessa*

Toimiala	Liittymäkohdat
Maatalous- ja elintarviketuotanto	• Epävarmuus nykyisten suurten tuotantoalueiden tuotannon tason säilymisestä • Lisääntynyt suomalaisten elintarvikkeiden kysyntä • Kehitysmaiden elintarvikehuollon epävarmuus muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa
Metsätalous	• Maailman metsävarojen vähentyminen ja sen vaikutukset Suomen metsäsektorille • Metsävarojen lisääntyminen boreaalisella vyöhykkeellä ja sen vaikutukset Suomen metsä sektorille
Vesivarat	• Vesivarojen ehtyminen maapallon eri alueilla; vaikutukset vedenvientimahdollisuuksiin Suomesta jne. • Konfliktiherkkyyden kasvaminen kuivien alueiden maiden välillä, jotka pyrkivät hyödyntämään samoja vesivaroja ja tämän heijastusvaikutukset Suomeen
Matkailu	• Alueelliset ilmastovaikutukset esim. Välimerellä ja Alpeilla saattavat vaikuttaa matkailijoiden mieltymyksiin tavalla, joka heijastuu Suomen matkailuun
Liikenne	• Koillisväylän jääolosuhteiden mahdolliset muutokset heijastuvat Suomen meriliikenteeseen
Energia	• Norjan ja Ruotsin sateet; sähköntuontimahdollisuus
Vakuutus	• Jälleenvakuutus

4.2.3. Sopeutumistoimenpiteet sekä toiminta- ja rahoitusmekanismit

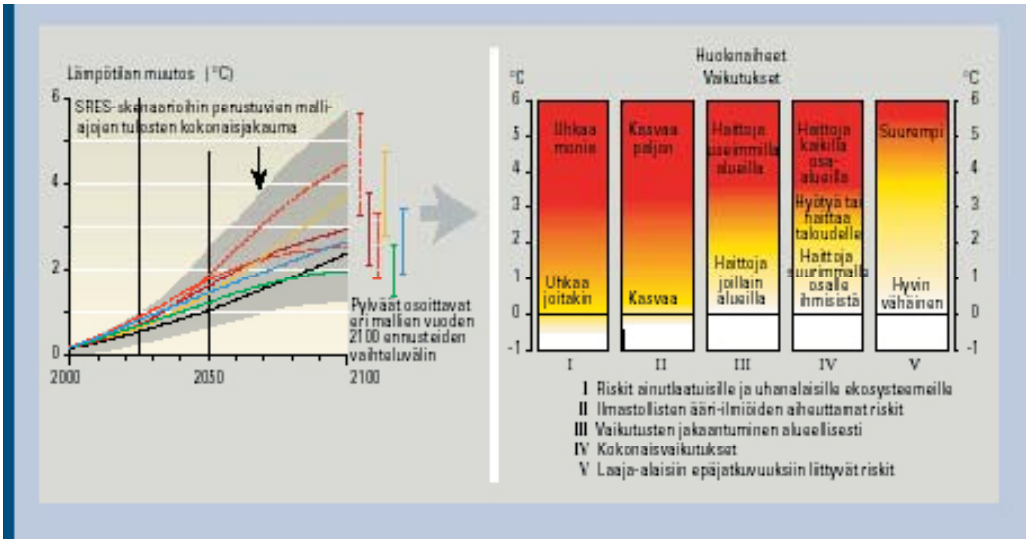
Kehitysmaiden sopeutumisstrategioita ja käytännön sopeutumistoimia tuetaan ilmastosopimuksen rahoitusmekanismin GEF:n (Maailman ympäristörahasto) kautta. Lisäksi sopeutumistoimia tuetaan kahdenvälisellä kehitysavulla. Suomella on esimerkiksi kaksi säähavainnointihanketta, joiden avulla parannetaan kehitysmaiden valmiuksia sopeutua ilmastonmuutokseen. Toinen näistä hankkeista on Mosambikissa ja toinen Karibian alueen pienillä saarilla.

Ympäristö on Suomen kehitysyhteistyön läpileikkaava teema, joka tulee ottaa huomioon kaikessa toiminnassa. Tämä tarkoittaa myös sitä, että ilmastonmuutokseen sopeutuminen on saatava osaksi esimerkiksi maaseudun ja kaupunkien kehittämistä koskevia hankkeita. Lisäksi kansainvälisten ympäristösopimusten toteutuksen tuki kehitysmaissa on yksi Suomen kehitysyhteistyön painopisteitä. Tässä työssä myös ilmastonmuutoksen sopeutuminen tulee ottaa huomioon.

4.2.4. Sopeutumisen kytkennät päästöjen rajoittamiseen

Ilmastosopimuksen tavoitteena on ’rajoittaa kasvihuonekaasujen pitoisuudet sellaiselle tasolle, että estetään ilmakehässä tapahtuvat seurauksiltaan vaaralliset muutokset’. Päästöjä pitäisi vähentää niin, että ruuantuotanto ja talous eivät vaarannu ja että ekosysteemeillä on aikaa sopeutua muutoksiin. Päästöjen rajoittamisen ja ilmastovaikutusten välillä on yhteyksiä: mitä aikaisemmin ja mitä voimakkaammin päästöjä rajoitetaan maailmanlaajuisesti, sitä pienempiä ovat ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarve.

IPCC:n kuva ilmastonmuutoksen aiheuttamiin vaurioihin liittyvistä riskeistä (’reasons for concern’) (Kuva 4.1.) esittelee päästömäärien kehityksen, lämpenemistasojen ja arvioitujen riskien välisiä yhteyksiä. Strategiaraportissa tarkastellaan IPCC.n esityksen huolenaiheista kansallisella tasolla sään ääri-ilmiöitä ja vaikutuksia monimuotoisuuteen. Suuren luokan riskit kuten vaikutukset Golf-virtaan ja mannerjään lohkeaminen eivät sisälly tarkasteluun, kuten raportin johdannossa todetaan.



Kuva 4.1. *Ilmastonmuutoksen aiheuttamiin vaurioihin liittyviä riskejä. Oikeanpuoleisessa kuvassa kukin pylväs vastaa yhtä ilmastonmuutoksen aiheuttamien riskien aluetta. Pylväiden värit kuvaavat riskin tai vaikutuksen tasoa. Valkoinen kuvaa riskitöntä tasoa tai lähes olemattomia vaikutuksia, ja sävyn tummeneminen kuvaa laajempaa/suurempaa haittaa tai riskiä. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on IPCC:n skenaarioiden perusteella lasketut lämpötilan muutoksen kehittymisen arviot tällä vuosisadalla. Lähde: IPCC:n kolmas arviointiraportti.*

Sekä sopeutuminen että päästökehityksen hillitseminen ovat tapoja hallita ilmaston muuttumiseen liittyvää riskiä. Sopeutumistoimiin ryhdytään paikallisten ilmiöiden ja riskien takia. Ilmastonmuutoksen hillitsemistoimet liittyvät ennen muuta koko ilmastojärjestelmän riskien hallintaan ja tätä kautta ne johtavat sopeutumistarpeen ja ilmastonmuutoksista muutoksista aiheutuvien vaurioiden vähentämiseen.

Sopeutumisen ja hillitsemisen yhteismitallistamminen on vaikeaa, samoin niihin liittyvien globaalien ja paikallisten tekijöiden. Käytössä ei ole vielä tarvittavaa tietämystä eikä menetelmiä esimerkiksi siihen, että voitaisiin laskea globaalilla tasolla eri päästövähennystasojen, sopeutumiseen tarvittavien tai ilmastovahingoista ja eduista johtuvien kustannusten ja hyötyjen määriä. Päästövähennyksen kustannukset ajoittuvat lähelle nykyaikaa, ja niiden suorat ilmastohyödyt eli vähentynyt sopeutumistarve ja pienemmät sopeutumisesta ja vaurioista aiheutuvat kustannukset taas toteutuvat kymmenien vuosien päästä. Useita ennakoituja vaikutuksia on vaikea arvioida rahassa.

4.3. Läpileikkaavia kysymyksiä

4.3.1. Hallinnon valmiuksien kehittäminen

Ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian toimeenpanon lähtökohtana on, että ilmastonmuutoksen vaikutusten yksityiskohtainen arviointi ja sopeutumistoimenpiteiden määrittämien liitetään osaksi toimialojen ja laitosten omaa toimintaa: suunnittelua, toimeenpanoa ja seurantaa.

Toimialojen edellytyksissä on eroja ilmastonmuutoksen vaikutusten ja sopeutumistoimien määrittelemiseksi. Osa toimialoista, kuten maa- ja elintarviketalous, metsätalous, vesivarat, liikenne ja energiantuotanto, ovat jo nykyisin välittömästi tekemisissä ilmasto- ja säätekijöiden kanssa ja niiden toimintaa sopeutetaan ilmasto- ja säätekijöiden mukaan. Toimialojen kesken on myös eroja suunnittelun ja toimeenpanon aikajänteen välillä. Vaikka toimialojen edellytykset vaikutusten arvioinnin ja sopeutumistoimien määrittämisessä ovat eri tasolla, asettaa ilmastonmuutos uusia haasteita koko hallinnolle. Kaikilta toimialoilta edellytetään kunkin hallinnonalan omien valmiuksien arviointia ja kehittämistä, tutkimustiedon käytön tehostamista sekä tehostunutta koordinaatiota ja yhteistyötä eri hallinnonalojen (sektoriviranomaisten sekä alue- ja paikallisviranomaisten), laitosten ja toimijoiden kesken.

Viranomaisten yleisiin keinovalikoimiin kuuluvat hallinnolliset keinot ja suunnittelu, normatiiviset (lainsäädännölliset) ja taloudellis-tekniset keinot. Toimialakohtaiset toimenpidelinjaukset on kuvattu toimialoittain edellisissä luvuissa. Muita keinoja, kuten havainnointi- ja varoitusjärjestelmiä, tutkimus- ja kehittämistoimintaa sekä koulutusta ja viestintää, käsitellään jäljempänä luvuissa 4.3.2, 4.3.3 ja 4.3.4. Viranomaisilla ja toimijoilla on käytettävissä myös useita keinovalikoimia (palo- ja pelastustoimi, sairaanhoito, järjestyksenpito) mahdollisissa poikkeusolosuhteissa, mutta niitä ei ole käsitelty tarkemmin tässä strategiassa.

Hallinnon valmiuksien kehittäminen ilmastonmuutoksen vaikutusten ja sopeutumisen osalta voidaan tehdä useiden erilaisten työkalujen ja järjestelmien osana. Jäljempänä kuvataan yksityiskohtaisemmin ympäristöjärjestelmiä, ympäristövaikutusten arviointia ja riskinhallintajärjestelmiä sekä niiden kehittämismahdollisuuksia ilmastonmuutoksen sopeutumisnäkökohtien sisällyttämiseksi osaksi toimialojen suunnittelua, arviointia ja johtamista.

Ilmastonmuutoksen vaikutusten ja sopeutumisen sisällyttäminen osaksi hallinnon toimintaa edellyttää tutkimusta ja menetelmien kehittämistä. Haasteellista on se, että ilmastonmuutos, sen vaikutukset ja sopeutumistoimet ajoittuvat hyvin pitkälle ajanjaksolle, ovat vaikutussuhteiltaan hyvin monimutkaisia ja niihin liittyy vielä merkittäviä epävarmuuksia. Toisaalta useiden hankkeiden, ohjelmien ja suunnitelmien aikajänne on lyhyempi ja toimenpiteiden syy- ja seuraussuhteet sekä vaihtoehtojen muodostaminen ovat selkeämmin määriteltävissä kuin ilmastonmuutoksen edellyttämässä tarkastelussa. Tästä huolimatta ilmastonmuutos voidaan sisällyttää jo nyt soveltuvin osin osaksi ympäristöjärjestelmiä, ympäristövaikutusten arviointia ja riskien hallintaa.

Ympäristöjärjestelmät

Eri laitokset ja hallinnonalat ovat viime vuosina kehittäneet ympäristöasioiden hoitoa eli kielteisten ympäristövaikutusten vähentämistä ja ympäristöongelmien ennaltaehkäisyä ympäristöjärjestelmien avulla. Ympäristöjärjestelmä on systemaattinen koko laitoksen tai hallinnonalan kattava kokonaisuus, jonka yhtenä osana on yleensä ympäristöohjelma.

ISO 14001 -standardin mukaisen ympäristöjärjestelmän päävaatimusten osa-alueet:

- **Ympäristöpolitiikka**. Ympäristöpolitiikassa tulee määritellä organisaation ympäristötyön päämäärät ja tavoitteet ja siinä tulee ottaa huomioon organisaation toiminnan luonne, laajuus ja ympäristövaikutukset. Ympäristöpolitiikassa tulee sitoutua jatkuvaan parantamiseen ja ympäristön pilaantumisen ehkäisyyn sekä asiaankuuluvan lainsäädännön ja määräysten noudattamiseen.
- **Suunnittelu.** Suunnittelussa keskeisiä huomioitavia asioita ovat organisaation kannalta olennaisten ympäristönäkökohtien sisällyttäminen, lakisääteiset ja muut vaatimukset, päämäärät ja tavoitteet sekä ympäristöasioiden hallintaohjelmat.
- **Järjestelmän toteuttaminen ja toiminnot.** Toteuttamiseen ja toimintoihin sisältyvät ympäristöasioiden hoidon organisointi ja vastuutus, koulutus, tietoisuus ja pätevyys, tiedonkulku, ympäristöjärjestelmän dokumentointi, asiakirjojen valvonta, toimintojen ohjaus sekä valmius ja toimiminen hätätilanteissa.
- **Seuranta ja korjaavat toimenpiteet.** Näihin kuuluvat muun muassa seurantatiedon kokoaminen, korjaavat ja ehkäisevät toimenpiteet sekä ympäristöjärjestelmän auditoinnit.
- **Johdon katselmus.** Säännöllisesti toteutettavien johdon katselmuksien tulisi hyödyntää seurantatietoa ja auditointituloksia, päämäärien ja tavoitteiden saavuttamiseen liittyvää tietoa, sidosryhmien palautetta ja analysoida ympäristöjärjestelmän soveltuvuutta ja antaa suuntaviivoja kehittämistyölle.

Järjestelmässä hahmotetaan yleisen tavoitteenasettelun (strategian) lisäksi keinot tavoitteiden toteuttamiseksi (ohjelma), sekä liitetään nämä toiminnan seurantaan ja kehittämiseen. Osana sopeutumisstrategian toimeenpanoa ilmastonmuutoksen

vaikutukset ja sopeutuminen sisällytetään osaksi laitosten ja hallinnonalojen johtamis- ja ympäristöjärjestelmiä soveltuvin osin.

Ympäristövaikutusten arviointi (YVA)

Ympäristövaikutusten arvioinnissa tunnistetaan ja arvioidaan yksittäisten hankkeiden tai suunnitelmien ja ohjelmien myönteisiä ja kielteisiä vaikutuksia ihmisiin, luontoon, rakennettuun ympäristöön ja luonnonvaroihin. Lakia ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (468/1994) sovelletaan hankkeisiin, joista saattaa aiheutua merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (268/1999) sisältää ne hankkeet, joihin on sovellettava YVA-menettelyä. Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus ovat laatineet ohjeet suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutusten arvioinnista.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistoimien näkökohdat voidaan jo nyt soveltuvin osin sisällyttää osaksi ympäristövaikutusten arviointia suunnitelma- ja ohjelmatasolla mutta tulevaisuudessa tarvitaan arviointimenetelmien edelleen kehittämistä ja kokemusten kartuttamista.

Riskien hallinta

Riskin arvioinnista on muodostunut yleisesti käytetty menettelytapa, jonka avulla toimialalla ja organisaatiossa varaudutaan yksilöön, yritykseen, omaisuuteen tai taloudelliseen toimintaan, yhteiskuntaan tai ympäristövahinkoon kohdistuviin odottamattomiin seurauksiin. Riskin suuruuden ja todennäköisyyden tunnistamisen (riskianalyysi) lisäksi tarvitaan riskin merkittävyyden arviointia eli hyväksyttävän riskitason määrittämistä. Esimerkiksi teknisten järjestelmien riskianalyysistandardin (SFS-IEC 60300-3-9) lähestymistavan mukaan riskianalyysiä tarvitaan (i) tunnistamaan vaarat, (ii) arvioimaan riskien suuruus, niiden vakavuus ja todennäköisyys, (iii) tunnistamaan lähestymistavat vaarojen ehkäisemiseksi tai vähentämiseksi, (iv) tarjoamaan informaatiota päätöksentekijöille, ja (v) täyttämään viranomaisvaatimukset. Ympäristöriskillä tarkoitetaan yleisesti riskiä, joka aiheuttaa ympäristövahinkoa eli seuraukset kohdistuvat maahan, veteen tai ilmaan. Myös taloudellisen toiminnan, vakuutustoiminnan sekä terveydenhuollon ja -suojelun tueksi on kehitetty erilaisia riskien hallintajärjestelmiä.

Ilmastonmuutoksen vaikutusten riskianalyysien soveltamisesta Suomessa ei ole vielä kovinkaan paljoa kokemuksia. Sen sijaan esimerkiksi Iso-Britanniassa on

kehitetty menetelmiä ja ohjeita riskien ja epävarmuuksien sisällyttämiseksi osaksi päätöksentekoon. Ohjeiden tavoitteena on helpottaa erilaisten päätöksentekijöiden ilmastonmuutoksen riskien arviointia suhteessa muihin tulevaisuuden riskeihin. Näin pyritään määrittämään riittävät, mutta ei kuitenkaan liialliset ilmastonmuutoksen sopeutumistoimenpiteet.

Ison-Britannian ilmasto-ohjelman ilmastonmuutokseen sopeutumisen riskien ja epävarmuuksien arvioinnin vaiheet osana päätöksentekoa

Ongelman määrittäminen
1. Ongelman tunnistaminen ja arviointityön tavoitteiden asettaminen
2. Päätöksen teon kriteerien määrittäminen

Ongelman analyysi
3. Riskin arviointi
4. Vaihtoehtojen tunnistaminen
5. Vaihtoehtojen arviointi

Päätöksenteko
6. Päätösten teko

Päätösten jälkeen
7. Toimeenpano
8. Seuranta, toimeenpanon arviointi ja uudelleen tarkastelu

Ilmastonmuutoksen vaikutusten riskejä voidaan jo nykyisin sisällyttää toimialojen, organisaatioiden ja yritysten soveltamiin riskien arviointeihin. Mutta sopeutumisstrategian toimeenpano edellyttää ilmastonmuutoksen vaikutusten riskien arvioinnin menettelytapojen edelleen kehittämistä ja soveltamista. Lisäksi tarvitaan erilaisten riskien (esimerkiksi ilmasto, ympäristö, talous, terveys ja vakuutustoiminta) yhteen sovittavan arvioinnin kehittämistä. Nämä edellyttävät tarkempaa tietoa ilmastonmuutosten odotetuista vaikutuksista ja epävarmuuksista.

4.3.2. Havainnointi- ja varoitusjärjestelmät

Nykyilmaston havainnointi- ja seurantajärjestelmät

Suomen nykyilmastoa voidaan hyvin luonnehtia ilmastollisten suureiden keskiarvojen ja niiden luonnollisen vaihtelun avulla. Ilmaston luonnolliseen vaihteluun liittyvät ääriarvot ilmaistaan niiden havaitun toistuvuuden avulla. Havaintosarjojen lyhyyden vuoksi harvinaisten ääri-ilmiöiden esiintymisestä on rajoitetusti tietoa. Nykyilmaston havainnointi- ja seurantajärjestelmiltä tuleekin edellyttää, että ne kykenevät kuvaamaan sekä keskimääräisolot että erilaisten ääri-ilmiöiden esiintymisen.

Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä havaintoasemaverkosto on osa maailmanlaajuista havaintojärjestelmää. Verkosto on Suomen alueella kattava ja pitkälle automatisoitu ja takaa ilmaston ajallisen ja alueellisen vaihtelun korkeatasoisen seurannan. Parhaillaan on käynnissä Ilmatieteen laitoksen koko havaintotoiminnan evaluointi. Ilmastotutkimuksen kannalta on erityisen tärkeätä taata olemassa olevien pitkien ja yhtenäisten havaintoaikasarjojen jatkuvuus. Laitoksen säätutkaverkko kattaa lähes koko maan ja tuottaa arvokasta tietoa sadealueista ja niiden liikkeestä. Säätutkien tietoja voidaan käyttää lyhytaikaisten (0-3 tuntia) sade-ennusteiden laadinnassa sekä Suomen sadejakauman ilmastollisena perusaineistona. Salamapaikanninverkon avulla voidaan kartoittaa voimakkaimpien ukkosalueiden esiintymistä.

Ilmatieteen laitos mittaa auringon UV-säteilyä jatkuvasti kuudella paikkakunnalla eri puolella Suomea. Otsonikerroksen vahvuutta seurataan radioluotauksin Jokioisissa ja Sodankylässä. Maan pinnalta tehtyjä mittauksia täydentävät useat pitkän aikavälin satelliittikaukokartoitusohjelmat.

Ilmanlaadun seurantatutkimus tuottaa tietoa ilmanlaadusta ja radioaktiivisuudesta. Suomen taajama-alueiden ulkopuolisen ilmanlaadun mittausverkko kattaa 16 mittauspistettä. Näin saatavat ilman epäpuhtauksien taustapitoisuudet tarjoavat muun muassa hyvän vertailukohdan taajamien ja teollisuuslaitosten läheisyydessä tehdyille mittauksille. Niiden avulla seurataan myös kansainvälisten päästövähennyssopimusten vaikutusta ilmanlaatuun sekä kasvihuonekaasujen ja pienhiukkasten pitoisuuksiin.

Suomen säätutkaverkko

- Säätutkalla mitattavat suureet ovat tutkakaiun voimakkuus ja Doppler-tutkissa myös tutkakaiun liikenopeus (tuuli) tutkasäteen suunnassa. Tutkakaiun voimakkuudesta voidaan laskea sateen hetkellinen intensiteetti ja siitä edelleen sademäärä (esimerkiksi tunnin aikana).
- Suurin hyöty säätutkaverkosta on vallitsevan sään, erityisesti vesi- ja lumisateen havaitsemisessa ja ennustamisessa lähitunneiksi, koska havaintotiheys ylittää ainakin tuhatkertaisesti perinteisen sademittariverkoston. Doppler-säätutkien tuulimittauksia hyödyntää varsinkin lentosääpalvelu. Säätutkalla voidaan havaita vaarallisia ilmiöitä kuten rankkasateet, rakeet, ukkospuuskat ja trombit (tornadot), mutta niiden varma määrittäminen edellyttää vielä paljon tutkimus- ja kehittämistoimintaa.
- Yhdellä säätutkalla saadaan 5 minuutin välein noin 50 000 mittausarvoa sekä sateesta että liikenopeudesta 250 km:n etäisyydelle tutkasta. Vaakasuunnassa havaintopisteitä on keskimäärin kilometrin välein.
- Ilmatieteen laitoksen 7 Doppler-tutkaa sääpalvelua varten sijaitsevat seuraavilla paikkakunnilla, Korppoo, Vantaa, Anjalankoski, Ikaalinen, Kuopio, Utajärvi ja Sodankylä (Luostotunturi). Kahdeksas tutka asennetaan vuonna 2005 Vimpeliin. Helsingin yliopistolla on säätutka tutkimuskäyttöön, ja Vaisala Oyj rakentaa seuraavan tutkasukupolven prototyyppiä. Euroopassa jatkuvassa palvelukäytössä olevia säätutkia on noin 100. Yhden säätutkajärjestelmän hinta on noin 2 milj. euroa ja käyttöikä noin 15 vuotta.
- Ilmatieteen laitoksen tutkatiedon saatavuus tutkaverkosta on maailman paras (99,4 % vuonna 2003), ja laitoksen asiantuntemus on tunnustettu kansainvälisesti korkeatasoiseksi.
- Säätutkamittauksiin perustuvia data- ja kuvatiedostoja lähtee Ilmatieteen laitoksesta asiakkaille tuhansia tunnissa. Suuria tutkatiedon käyttäjiä ovat mm. Tiehallinto (teiden kunnossapito lumisateessa), Puolustusvoimat, YLE, MTV ja HTV sekä yritykset ja kansalaiset (maksullisten internet- ja wap-palvelujen kautta tutkakuvia saa esimerkiksi kännykkään).

Ilmatieteen laitoksen säänseuranta on ympärivuorokautista. Säänennustaminen perustuu nykyisellään vahvasti numeerisiin säänennustusmalleihin. Nämä mallit käyttävät lähtötietoinaan säähavaintoja ja tuottavat säänennusteita useita kertoja päivässä pisimmillään aina 10 vuorokauteen asti. Ilmakehämallitus onkin havaintotietojen tärkeimpiä käyttäjiä. Äärevimmät säähän liittyvät ilmakehän ilmiöt ovat usein alueelliselta laajuudeltaan pieniä. Mallien alueellinen erottelukyky on hyvin merkittävää sään ääri-ilmiöiden ennustamisen kannalta. Nykyisellään Ilmatieteen laitoksen tarkin käytössä oleva malli kuvaa ilmakehän ilmiöitä, joiden mittakaava on pienimmillään noin 10 km. Ukkostuhojen yksityiskohtaiseen ennakointiin malleilla tuskin päästään, mutta nykyisilläkin malleilla on mahdollista ennakoida ukkostuhoille alttiita säätilanteita ja alueita.

Säähavainnot luovat perustan, jonka pohjalta voidaan suunnitella lukuisia yhteiskunnan toimintoja ja arvioida sään ja ilmaston aiheuttamia riskejä sekä asettaa normeja, kuten esimerkiksi rakentamisessa sovellettavat turvallisuusnormit. Äärriarvojen esiintymistiheyksien tilastollinen analyysi on eräs keskeisistä tehtävistä. Voidaan esimerkiksi arvioida, että Vantaanjoen tulvat kesällä 2004 aiheuttaneita 3 vuorokauden sadekertymiä vastaavat sademäärät toistuvat vähintään yhdellä

suomalaisella mittausasemalla noin kolmen vuoden välein. Jos kuitenkin tarkastellaan tiettyä yksittäistä sadeasemaa, toistuu vastaava sademäärä jopa vasta useiden vuosisatojen kuluttua. Poikkeuksellista kesän 2004 rankkasateissa oli niiden laajuus: yhtä laajalle alueelle ulottuvia runsaita sateita esiintyy Suomessa harvemmin kuin kerran 15 vuodessa.

Numeeriset säänennustusmallit kehittyvät nopeasti ja kuvaavat yhä paremmin varsinaisten sääsuureiden, kuten tuulen ja lämpötilan, lisäksi myös ilmakehään läheisesti liittyviä muita suureita, kuten merivirrat ja aallokon, ilmanlaadun, vaarallisten aineiden leviämisen, haitallisen UV-säteilyn, ja yläilmakehän tilan. Mallien tuottama tieto yhdessä havaintotiedon kanssa vastaavat tulevaisuudessa yhteiskunnan tiedon tarpeisiin.

Merentutkimuslaitos seuraa Itämeren jää-, vedenkorkeus- ja aallokkotilannetta. Jää-, vedenkorkeus- ja aallokkotietokannat muodostavat tärkeän ja paljon käytetyn lähtökohdan merialueiden ilmastonmuutoksen ja sen vaikutusten tutkimukselle. Aallokko- ja vedenkorkeuspalvelu tekee mittauksia ja selvityksiä muun muassa satama- ja väyläsuunnittelua, kartoitus- ja rakennustoimintaa, onnettomuustutkintaa sekä merenkulkua varten. Vedenkorkeushavaintoja tehdään 13 mareografilla Suomen rannikoilla. Mittaukset aloitettiin vuonna 1850, ja suurin osa jatkuvasti rekisteröivistä mareografeista rakennettiin 1920-luvulla. Kyseessä on siis harvinaisen pitkä aikasarja tarkoista vedenkorkeusmittauksista. Aallokon korkeutta, periodia ja suuntaa mitataan kolmella aaltopoijulla. Mittaukset aloitettiin vuonna 1972 (aallokon suunnan osalta vuonna 1990).

Itämeren jäätilannetta on seurattu vuodesta 1915 alkaen. Sitä havainnoidaan jään peittävyyden, paksuuden, jäätyyppien, ja valliutumisen osalta. Merentutkimuslaitoksen jääpalvelu seuraa jäätilannetta päivittäin ja laatii keräämiensä ja analysoimiensa tietojen pohjalta jääkarttoja ja -tiedotuksia. Jääpalvelu tuottaa myös jään lähipäivien liike-ennusteen sekä runsaan viikon pituisen jäätilanteen kehitysennusteen. Jääpalvelua tarvitsevat:

- Laivaajat, rahtaajat, jäänmurtajat (Merenkulkulaitos) ja muut alukset,
- Luotsit, rannikkovartiosto ja satamaviranomaiset,
- Kalastajat ja teollisuus,
- Tutkimus,
- Sääpalvelu, tiedotusvälineet ja suuri yleisö.

Suomen merikuljetuksista 40% tehdään talviaikaan, ja ulkomaan merikuljetuksista yli 90% on aikatauluun sidottuja, minkä vuoksi tarvitaan nopeaa ja luotettavaa jääpalvelua. Suurin osa käyttäjistä tarvitsee jäätietoa päivittäin, mutta myös pidempiaikaista tietoa tarvitaan strategisia suunnitelmia varten.

Tietoyhteiskunta on tuonut mukanaan uusia vaatimuksia tuotettavalle tiedolle. Ilmatieteen laitos havainnoi yläilmakehän ilmiöitä jatkuvasti noin 30 magneettikentän mittauspisteessä. Kahdeksan revontulikameraa tallentaa revontuliaktiivisuutta Lapin alueella. Avaruussään vaihtelut voivat synnyttää niin sanottuja geomagneettisesti indusoituvia sähkövirtoja (GIC) maakaasu- ja korkeajännitesähköverkoissa. Maan magneettikentän havaintojen ja matemaattisen mallin avulla Ilmatieteen laitos voi epäsuorasti laskea nämä sähkövirrat kaikkialla Suomen alueella ja siten ennakoida maakaasuputkien korroosiota ja sähköverkon muuntajien häiriöitä.

Nykyiset varoitusjärjestelmät

Ilmatieteen laitoksen sääpalvelujärjestelmä vastaa ääreviin sääilmiöihin liittyvien varoitusten antamisesta. Laitoksen ilmastopalvelu vastaa ilmastollisesti poikkeaviin säätilanteisiin liittyvästä muusta tiedotuksesta, sekä koostaa tilastollista aineistoa esimerkiksi kuukausittaisista lämpö- ja sadeoloista.

Ilmatieteen laitoksen sääpalvelun keskeisiä tehtäviä ovat sää- ja ilmanlaatuennusteiden, leviämislaskelmien ja säähän liittyvien varoitusten tuottaminen ja niistä tiedottaminen. Viestintämarkkinalaki ja 15.10.2003 voimaan tullut asetus velvoittavat Ilmatieteen laitosta varoittamaan hätätiedotteella tai muulla viranomaistiedotteella toimialaa koskevan vaara- ja uhkatilanteen ilmetessä. Euroopan Unioni säätelee direktiivein ilmanlaadun valvontaa ja raportointia.

Säteilyturvakeskus ja Ilmatieteen laitos vastaavat ilman radioaktiivisuuden seurantaverkosta. Havaittaessa tavallisuudesta poikkeavia arvoja, varoitetaan muita valtakunnalliseen säteilyvalvontaan osallistuvia viranomaisia (sisäasiainministeriö, sosiaali- ja terveysministeriö ja Puolustusvoimat). Ilmatieteen laitos laatii radioaktiivisuuden kulkeutumisennusteet ja laitoksella on operatiivinen valmius tuottaa tietoa myös muiden vaarallisten aineiden leviämisestä onnettomuustilanteissa. Pintailman otsonipitoisuudelle sekä haitallisen UV-säteilyn intensiteetille on omat seuranta- ja varoitusjärjestelmänsä. Korkeasta otsonipitoisuudesta va-

roitetaan yleisöä EU:n asettamien raja-arvojen ylittyessä. Ilmatieteen laitoksella on myös valmius varoittaa avaruussäämyrskyjen yhteydessä esiintyvistä GIC-virroista.

Kehitystarpeet muuttuvassa ilmastossa

Käynnissä olevan ilmastonmuutoksen nopeus asettaa omat vaatimuksensa varoitus- ja seurantajärjestelmien kehitystarpeille: mitä nopeammin ilmasto muuttuu, sitä vähemmän voidaan luottaa kokemukseen sääilmiöitä ennustettaessa ja niiden toistuvuutta arvioitaessa. Tämä korostaa laaja-alaisen ilmakehän ilmiöiden ymmärtämisen ja mallittamisen merkitystä. Suomalaisten erityisolojen vuoksi onkin tärkeätä ylläpitää vahvaa omaa sään ja ilmaston asiantuntemusta. Eräänä maailman pohjoisimmista kansoista emme voi odottaa jonkun vieraan tahon paremmin ymmärtävän elinolojamme.

Ilmastonmuutokseen sopeutumista voidaan Suomessa edistää tuottamalla tietoa ilmastojärjestelmän toiminnasta, ilmastonmuutoksen yksityiskohtaisia vaikutuksista yhteiskunnan eri toimialoilla sekä valitsemalla kullekin toimialalle parhaiten soveltuvat sopeutumistoimet. Esimerkiksi Ilmatieteen laitoksen sateiden intensiteettitarkkailua olisi tarpeen laajentaa nykyisten 4–5 taajaman lisäksi koskemaan noin 50 taajamaa. Samoin pohjaveden tarkkailua tulisi laajentaa.

Tiedon hyödyntämismahdollisuudet eri toimialoilla

Olemassa olevat varoitus- ja seurantajärjestelmät tuottavat runsaasti hyödynnettävissä olevaa tietoa. Luvun 4.1 toimialojen lisäksi on joukko muitakin tietoja hyödyntäviä tahoja, jotka osallistuvat muun muassa säätiedotusten ja -varoitusten välittämiseen, pintailman radioaktiivisuuden seurantaan (Säteilyturvakeskus, Sisäasiainministeriö ja Puolustusvoimat), kaasu- ja sähköverkon seurantaan ja tietoliikenteen toimivuuden varmistamiseen avaruussäämyrskyjen yhteydessä. Seurantatietoja hyödyntäviä uusia yhteiskunnan aloja tulee jatkuvasti esille. Haitallisen UV-säteilyn vaikutuksia on alkanut tutkia muun muassa kumi-, muovi-, paperi- ja pinnoiteteollisuus. Kansanterveydellinen UV-säteilyn vaikutustutkimus on myös alkanut.

Tilannetutkimuksilla voitaisiin parantaa monien toimialojen valmiuksia kohdata käynnissä oleva ilmastonmuutos. Esimerkiksi vuoden 2004 Vantaanjoen tulvista

on olemassa erittäin tarkkaa meteorologista ja hydrologista havaintotietoa. Tulvien vaikutuksista yhteiskunnan eri aloilla on myös olemassa runsaasti tuoretta ja dokumentoitua tietoa. Ilmastonmuutoksen vaikutustutkijoille tarjoutuu siis otollinen tutkimusasetelma testata vaikutusmallien toimivuutta ja samalla arvioida erilaisten sopeutumistoimien tehoa. Käynnissä olevan ilmastonmuutoksen odotetaan muuttavan äärevien sääilmiöiden toistuvuutta. Testatuilla vaikutusmalleilla voitaisiin näin ollen tutkia erilaisten sopeutumistoimien kustannustehokkuutta muuttuneissa ilmasto-oloissa.

4.3.3. Tutkimus- ja kehittämistoiminta

Tutkimus- ja kehittämistoiminnan nykytila

Suomessa käynnistettiin ilmastonmuutoksen ja sen vaikutusten tutkimus kansainvälisesti ottaen varhain. Ilmastonmuutokseen sopeutumista on sen sijaan tutkittu verrattain vähän.

Vuosina 1990–1995 toteutettiin Suomen Akatemian rahoituksella Suomalainen ilmakehänmuutosten tutkimusohjelma (SILMU, noin 16 M€), jossa laadittiin ensimmäiset skenaariot Suomen ilmaston muuttumisesta ja tehtiin vaikutustutkimusta keskeisillä sektoreilla. Sopeutumiskysymyksiä käsiteltiin ohjelmassa erittäin alustavasti.

Akatemian toinen ohjelma vuosina 1999–2002, Globaalimuutoksen tutkimusohjelma (FIGARE, noin 7 M€), päivitti ilmastoskenaariot sekä laajensi tutkimusalaa luonnontieteistä talouteen ja yhteiskunnallisiin kysymyksiin. Sen tavoitteena oli myös etsiä yhteiskunnallisia, taloudellisia ja teknisiä ratkaisuja, joilla voidaan vaikuttaa ilmastonmuutokseen ja auttaa siihen sopeutumiseen. Ohjelman tulokset painottuivat ilmastonmuutoksen vaikutuksiin.

Teknologian kehittämiskeskuksen (TEKES) Teknologia ja ilmastonmuutos -ohjelman (Climtech, noin 5 Me) 1999–2002 tavoitteena oli edistää ilmastonmuutosta rajoittavaa teknologiaa ja tukea ilmastotavoitteiden saavuttamista. Ohjelman saavuttamat tulokset loivat valmiuksia tehdä energia- ja päästöteknologisia tutkimus- ja investointipäätöksiä osana ilmastonmuutoksen sopeutumistoimia. Climtech-ohjelman jatkona on käynnistynyt Ilmastonmuutoksen hillitsemisen liiketoimintamahdollisuudet -ohjelma vuosille 2004–2008 (ClimBus, 70 Me). Ohjelmassa edistetään suomalaisten toimijoiden mahdollisuuksia hyödyntää globaalien päästöjen rajoitustoimenpiteiden synnyttämiä uusia markkinoita.

Suomen ympäristökeskus laati vuonna 2003 esiselvityksen ilmastonmuutokseen sopeutumisesta Suomessa. Sen mukaan ilmastonmuutoksen vaikutustutkimusta on tehty toimialoilla, joita ilmastonmuutos koskee suoraan, kuten maa- ja metsätaloudessa sekä vesivaroihin liittyvillä toimialoilla. Varsinaisen sopeutumistutkimuksen saavuttama tietotaso on kuitenkin parhaimmillaankin matala kaikilla toimialoilla. Ympäristöklusteri käynnisti FINADAPT-hankkeen (0,3 M€), jossa vuosina 2004–2005 laaditaan arvio suomalaisen yhteiskunnan ja ympäristön

sopeutumiskyvystä ilmastonmuutoksen vaikutuksiin ja pyritään tunnistamaan tiedon puutteet ja jatkotutkimuksen tarpeet.

Ilmatieteen laitos, Merentutkimuslaitos, Tieteen tietotekniikan keskus, sekä Helsingin ja Kuopion yliopistot kehittävät kansainvälisessä yhteistyössä ilmastojärjestelmää kuvaavaa COSMOS-mallia (LVM rahoitus 0,7 M€ vuosille 2004–2007). Tavoitteena on mm. pienentää ilmakehän pienhiukkasiin, pilviin ja merijäähän liittyviä ilmastosimulaatioiden epävarmuuksia sekä palvella kotimaisten ilmastonmuutoksen vaikutus- ja sopeutumistutkimusten tietotarpeita.

Ilmastonmuutokseen liittyvä tutkimustyö on kansainvälistä. Eri maissa sijaitsevat tutkimuslaitokset kehittävät ilmastonmuutosta ennustavia malleja, tuottavat ilmastonmuutoksen skenaarioita ja selvittävät ilmastonmuutoksen vaikutuksia. Hallitustenvälinen ilmastopaneeli (IPCC) kokoaa tietoa yhteen ja laatii kattavia arviointiraportteja ilmastonmuutoksesta, vaikutuksista, sopeutumisesta ja hillitsemistoimista. Arktisen neuvoston toimeksiannosta valmistui vuoden 2004 lopussa laaja-alainen kuvaus ilmastonmuutosten vaikutuksista arktisella alueella. Pohjoismaiset ilmatieteen laitokset ovat verkottuneet ilmastonmuutoksen vaikutus- ja sopeutumistutkimuksen tietotarpeiden tyydyttämiseksi NORDADAPT-hankkeessa. Lisäksi tutkimuslaitoksilla, yliopistoilla ja Suomen Akatemialla on laaja-alaista kansainvälistä, EU:n ja kahdenvälistä tieteellistä yhteistyötä. Kansalliset tutkimushankkeet ja -laitokset soveltavat kansainvälisistä lähteistä saatavia tutkimustietoja omassa työssään.

Suomessa usealla toimialalla tehty tutkimus liittyy myös epäsuorasti ilmastonmuutoksen tutkimukseen, vaikka pääasiallinen tarkoitus on ollut vastata muihin tietotarpeisiin. Tietyillä toimialoilla (esimerkiksi metsätalous, maatalous, merenkulku, tieliikenne) on viime vuosina tehty kohdennettua ilmastonmuutokseen sopeutumiseen liittyvää tutkimusta, mutta kokonaisuutena ottaen tietopohjan kasvattamiselle on edelleen ilmeinen tarve. Myös ilmastostrategian toteutumisesta eduskunnalle vuonna 2003 annetussa selvityksessä viitataan vahvasti sopeutumistutkimuksen kehittämisen tarpeeseen.

Tutkimustarpeet

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja sopeutumista käsittelevää tutkimusta on Suomessa kehitettävä edelleen. Yhteiskunnallista päätöksentekoa tukevaa tietoa

voidaan parhaiten tuottaa tarkastelemalla ilmastonmuutosta, sen vaikutuksia sekä eri sopeutumistoimien muodostamaa tutkimuskokonaisuutta. Sopeutumistutkimus edellyttää siis aina sekä ilmastotutkimusta että vaikutustutkimusta. Tutkimuskohteina tulee olla keskimääräisten muutosten tarkastelun lisäksi ääreviin sääilmiöihin varautuminen.

Toimialojen tutkimustarpeet on kuvattu tässä raportissa kutakin toimialaa käsittelevässä luvussa. Toimialakohtaisten tutkimusten lisäksi tarvitaan kokoavaa ja yhteen sovittavaa tutkimusta, jolla vastataan yhteiskunnan tietotarpeisiin ilmastonmuutokseen sopeutumisesta. On erityisen tärkeää, että tutkijat löytävät yhteisen ja ymmärrettävän kielen, jolla tutkimustulokset välitetään päätöksentekijöille. Päätöksenteon näkökulmasta korostuu esimerkiksi taloudellisten arvioiden merkitys. Nämä tutkimukset ovat olleet toistaiseksi vasta alustavia, ja tutkimusmenetelmien kehittämisessäkin on vielä runsaasti työtä.

Tutkimuksen tulee olla tieteellisesti korkeatasoista, mutta samalla sen tulee tuottaa käytännönläheistä ja sovellettavissa olevaa tietoa mahdollisista sopeutumistoimista. Vaatimus korkeasta tieteellisestä tasosta varmistaa sen, että sopeutumisen perustuu mahdollisimman luotettavaan tietoon ja vaatimus käytännönläheisyydestä taas sen, että tämä tieto on hyödynnettävissä käytännössä. Lisäksi on huolehdittava siitä, että tieteellisyys ja käytännönläheisyys ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Tutkimuksessa, joka tukee ilmastonmuutokseen sopeutumista, on otettava huomioon tutkimustapaan ja sisältöön liittyviä näkökohtia:

- Poikkisektoraalisuus (mukaan lukien ilmastonmuutoksen suhde muihin muutostekijöihin)
- Eri sektoreiden tutkimustulosten vertailukelpoisuus
- Kansainvälinen tutkimusyhteistyö
- Poikkitieteellisyys (ilmastonmuutoksen vaikutusten ja sopeutumistutkimuksen integrointi muuhun ympäristötutkimukseen sekä yhteiskuntatieteelliseen ja teknologiseen tutkimukseen)
- Päätöksenteon ja käytännön tietotarpeet
- Yhteinen ajantasainen ilmastotieto tutkimuksen ja käytännön toiminnan tarpeisiin (ilmastotietopankin kehittäminen ja tiedon jakelu tutkimusta ja sopeutumistoimien suunnittelua varten)
- Epävarmuudet (ilmastonmuutosskenaariot, vaikutusarviot, sopeutumistoimien vaikuttavuus ja tehokkuus)

- Yhteys ilmastonmuutoksen hillitsemiseen (vaikutus- ja sopeutumistutkimuksen sekä hillitsemistoimiin tähtäävän tutkimuksen yhteensovittaminen)
- Tutkimus-, suunnittelu- ja arviointimetodien kehittäminen (kustannus-hyöty-, kustannustehokkuus, riski- ja monikriteerianalyysit, julkisen osallistumisen kehittäminen)
- Taloudelliset vaikutusarviot (hillitsemisen ja sopeutumisen optimointi, epävarmuusarviot)

Tutkimus- ja kehittämistoiminnan jatkotoimenpiteet

Kansallisen sopeutumisstrategian toimeenpanon osana on tarpeen vahvistaa olemassa olevaa tutkimus- ja kehittämistoimintaa edellä mainittujen linjausten mukaisesti. Lisäksi tulisi käynnistää viisivuotinen sopeutumistutkimusohjelma sopeutumiskyvyn vahvistamiseksi. Tutkimusohjelma valmisteltaisiin ministeriöiden yhteistyönä vuoden 2005 jälkipuolella. Tutkimusohjelman tavoitteena on vahvistaa eri sektoreiden sopeutumistutkimusyhteistyötä ja käynnistää tutkimushankkeita kriittisillä sektoreilla. Lisäksi olisi tarkoitus tuottaa tietoa myös ohjelman ulkopuolisten hankkeiden käyttöön. Ohjelman tavoite olisi myös siirtää tietoa ja soveltuvia menetelmiä päätöksentekijöille ja sidosryhmille. Tutkimusohjelman suunnittelussa otettaisiin huomioon sopeutumisstrategian lisäksi muissa tutkimusohjelmissa identifioituja tutkimustarpeita.

Tutkimusohjelma edellyttää uusia voimavaroja ja se olisi tarkoituksenmukaista toteuttaa kaksivaiheisesti. Vuosina 2006–2008 tutkimusohjelma keskittyisi sopeutumistutkimuksen lisäksi ilmastonmuutoksen tietoaineiston edelleen kehittämiseen ja vaikutuksen tietoaukkojen paikkaamiseen eri toimialoilla. Väliarvion jälkeen tutkimuksen painopisteenä olisi vuosina 2009–2010 eri toimialojen sopeutumisvalmiuksien kasvattaminen. Tutkimusohjelman kautta saatavia tietoja käytettäisiin muun muassa sopeutumisstrategian päivittämiseen ja ilmastonmuutoksen sopeutumisesta viestimiseen.

4.3.4. Koulutus ja viestintä

Koulutus

Kasvatuksella ja koulutuksella on tärkeä tehtävä ja merkitys, kun tavoitteena on kaikkien kansalaisten tietoisuuden lisääminen ilmaston muutoksesta. Kestävä kehitys on aihekokonaisuutena sekä perusopetuksen että lukion uusissa opetussuunnitelmien perusteissa. Ilmastonmuutokseen liittyvät kysymykset ovat osa kestävän kehityksen ohjelmaa. Ammatillisessa koulutuksessa kestävän kehityksen edistäminen on kaikilla aloilla osa opetussuunnitelmien perusteiden yhteisiä painotuksia. Tätä on avattu opetussuunnitelmatyössä jo nyt käytännön toimenpiteiksi. Myös päiväkodeissa ja kouluissa kehitetään lasten ja nuorten ympäristötietoutta. Päiväkodeista ammatillisiin oppilaitoksiin saakka voi hakea tietyt ympäristökriteerit noudattavaa vihreää lippua tai ympäristösertifikaattia. Järjestelmän käyttöön ottaminen laajenee tulevaisuudessa.
Ilmastonmuutos, sen vaikutuksia ja sopeutumista koskevat näkökohdat on syytä liittää soveltuvin osin osaksi opetussuunnitelmia eri koulutustasoilla. Esimerkiksi korkeakoulutusta on syytä täydentää siten, että tulevaisuudessa Suomessa on ilmastonmuutoksen asiantuntijoita.

Ilmastonmuutoksen viestintäohjelma

Eduskunta totesi edellisen ilmastostrategian selontekoa koskevassa lausunnossa 2001, että tarvitaan laajamittaista tiedon levittämistä ilmastonmuutoksesta ja siitä, kuinka kansalaiset, yritykset, järjestöt ja yhteisöt voivat vaikuttaa omassa toiminnassaan sen torjuntaan.

Ilmastonmuutoksen viestintäohjelma käynnistyi syyskuussa 2002 kauppa- ja teollisuusministeriön rahoittamana (2004 loppuun mennessä noin 1,2 M€) ja sitä toteutetaan tiiviissä yhteistyössä ympäristöministeriön, liikenne- ja viestintäministeriön, maa- ja metsätalousministeriön sekä opetushallituksen kanssa. Ohjelma rahoittaa viestintäprojekteja (35 kpl), jotka suunnataan eri kohderyhmille: esimerkiksi energia- ja jätealan yrityksille, yhteisöille ja kunnallisille toimijoille, opettajille sekä maa- ja metsätalousalan yrittäjille. Projektien avulla kerrotaan muun muassa, miten jokainen voi omalla toiminnallaan vaikuttaa ilmastonmuutoksen hillitsemiseen.

Sopeutumisstrategian viestintä

Onnistuneella viestinnällä voidaan nostaa ihmisten tietoisuuden tasoa ja sitä kautta sopeutumisvalmiutta. Tavoitteena on välittää sopeutumisstrategian ja ehdotetun sopeutumistutkimusohjelman tuottamia tietoja eri alojen sidosryhmille, toimijoille ja päätöksentekijöille.

Ilmastonmuutoksen viestintäohjelma on tähän mennessä keskittynyt tiedottamaan ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja sen hillitsemiseksi tarvittavista toimista. Viestintäohjelmaa voitaisiin suunnata jatkossa myös ilmastonmuutokseen sopeutumisesta tiedottamiseen. Lisäksi sisällytettäisiin ilmastonmuutokseen sopeutuminen eri alojen tiedotukseen. Kun toimialat ja ehdotettu sopeutumistutkimusohjelma alkavat tuottaa tarkempaa tietoa ja näkemyksiä noin viiden vuoden kuluttua, voitaisiin käynnistää toimialakohtaisten oppaiden ja muun materiaalin suunnittelu ilmastonmuutokseen sopeutumisesta. Ajoissa aloitettu viestintä tukisi myös kriisitiedotusvalmiutta.

5. Sopeutumisstrategian vaikutukset ja seuranta

5.1. Sopeutumisstrategian vaikutukset

Ilmastonmuutoksen kansallisessa sopeutumisstrategiassa on kuvattu ilmastonmuutoksen skenaarioita, sosio-ekonomista kehitystä ja luonnonjärjestelmiä. Olemassa olevan tiedon pohjalta on arvioitu ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja sopeutumista vuoteen 2080 saakka. Arvioihin liittyy vielä epävarmuuksia. Osa strategiassa esitetyistä toimenpidelinjauksista on vielä alustavia tai ne ajoittuvat pitkälle ajanjaksolle. Välittömimmin toteutettavat toimenpiteet, kuten tutkimus, viestintä, varautumis- ja riskinarviointijärjestelmien päivittäminen, ääreviin sääilmiöihin varautuminen sekä sopeutumisnäkökohtien sisällyttäminen toimialakohtaiseen suunnitteluun ja kansainväliseen yhteistyöhön, ovat niin sanottuja ”win-win” toimenpiteitä. Näillä on myönteisiä vaikutuksia niin toimialojen kehittämiseen kuin kestävään kehitykseen.

Sopeutumisstrategian toimialakohtaisissa tarkasteluissa on kuvattu toimialojen luonnetta ja tavoitteita mukaan lukien ympäristötavoitteet. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia on arvioitu toimialoittain toimialojen kehitys- ja ympäristönäkökohtien kannalta. Esitetyt toimenpidelinjaukset ovat yhdensuuntaisia ympäristön tilan parantamiseen tähtäävien tavoitteiden ja toimenpiteiden kanssa.

Ilmastonmuutoksen myönteiset tai kielteiset vaikutukset kohdistuvat eri kansalaisryhmiin. Nykytiedon pohjalta erityisen herkkiä ilmastonmuutoksen vaikutuksille ovat Pohjois-Suomen luonto sekä sen asukkaat. Sopeutumisstrategian toimenpiteiden käynnistämisen avulla pystytään tulevaisuudessa tarkemmin määrittämää kuinka ilmastonmuutoksen vaikutukset kohdistuvat eri ryhmiin ja minkälaisilla tulevaisuuden sopeutumistoimenpiteillä tasa-arvoista yhteiskunnallista ja sosiaalista kehitystä voidaan edistää. Tämä edellyttää kuitenkin tutkimus- ja arviointimenetelmien kehittämistä.

Ilmastonmuutoksen taloudellisten vaikutusten arviointi on vaikeaa. Luvussa 2.2.2 on kuvattu SILMU-tutkimusohjelmassa tehtyjä arvioita ilmastonmuutoksen aiheuttamasta muutoksista eräillä toimialoilla. Strategiassa ei kuitenkaan ole kokonaisarviota ilmastonmuutoksen taloudellisista vaikutuksista Suomessa eikä sopeutumisstrategian toimeenpanon kustannuksista.

Ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian valmistelu on ollut avoin prosessi. Eri viranomaisten, asiantuntijoiden, sidosryhmien ja kansalaisten näkemykset ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja sopeutumistoimenpidelinjauksista on otettu huomioon strategiaa laadittaessa.

Ilmastonmuutoksen sopeutumisstrategian keskeiset osat sisällytetään kansalliseen ilmasto- ja energiastrategiaan, joka päivitetään vuoden 2005 alussa. Kansallisesta ilmasto- ja energiastrategiasta tullaan tekemään ympäristövaikutusten arviointi.

5.2. Seuranta

Sopeutumisstrategian toimeenpano ja seuranta

Ilmastonmuutoksen kansallista sopeutumisstrategiaa sovelletaan käytäntöön eri ministeriöiden toimialoilla yhteistyössä eri toimijoiden kanssa. Käytännön toimeenpano tehdään ensisijaisesti toimialojen toimin, kuten erilaisten strategioiden ja ohjelmien avulla. Nykyiset ohjelmat ja strategia kattavat yleensä suhteellisen lyhyen ajanjakson (5–10 vuotta), mutta ilmastonmuutokseen sopeutuminen luo valmiuksia ja edellytyksiä entistä pidemmän ajanjakson näkökulman sisällyttämiseen osaksi suunnittelua. Yksityissektorin ja kansalaisten tekemien omaehtoisten sopeutumistoimien odotetaan ajoittuvan pääasiallisesti myöhemmin tulevaisuuteen. Sopeutumisstrategiaa toteutetaan myös ministeriöiden toiminnan ja talouden suunnittelun sekä alaisen hallinnon tulosohjauksen kautta. Näiltä osin ilmastonmuutoksen sopeutumisstrategian toteutumista seurataan kunkin yksittäisen strategian ja ohjelman seurannan kautta sekä osin hallinnon tekemää tavanomaista seurantaa.

Poikkisektoraalisten toimenpidelinjauksien sekä kansainvälisen yhteistyön osalta seuranta ja raportointi tehdään osana kansallista ja kansainvälistä ilmastopoliittista valmistelua.

Mittarit seurannan välineenä

Suomessa ja kansainvälisesti on vuosien ajan kehitetty erilaisia mittareita (indikaattorit) kestävän kehityksen, toimialojen, aihealueiden tai strategioiden seurantaan. Käytössä olevien mittareiden pohjalta ja niitä täydentäen ilmastonmuutoksen sopeutumisstrategian seurantaa varten kootaan mittaristo. Mittarit kuvaavat ilmastonmuutoksen vaikutuksia sekä sopeutumistamme niihin. Sopeutumisstrategian seurannan mittariston edellyttämä tietoaineistojen kerääminen ja raportointi sovitetaan yhteen muun mittarityön kanssa. Taulukkoon 5.1 on koottu esimerkkejä alustavasti soveltuvista mittareista.

Taulukko 5.1. *Alustavia esimerkkejä indikaattoreista, joilla on liittymäkohtia ilmastonmuutoksen vaikutuksiin ja sopeutumiseen. (Yksittäinen mittari voivat kuvata sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksia että sopeutumista. Tässä yhteydessä mittarit on jaoteltu niiden ensisijaisen kuvauskohteen perusteella.)*

Aihealue	Vaikutusten kuvaaminen	Sopeutumisen kuvaaminen
Yleisiä ilmaston-muutosta koskevia mittareita	• Lämpötilan kehitys (Suomen kestävän kehityksen mittari) • Torniojoen jäidenlähtö (Suomen kestävän kehityksen mittari) • Jääpeitteen alkamisajankohta ja jäidenlähdön ajankohta vesistöissä (uusi) • Lumipeitteisyyden alkamis- ja päättymisajan-kohta (uusi) • Kasvukauden lämpösumma (uusi) • Sään ääri-ilmiöiden toistumisajat (uusi)	
Luonnon-varat	• Viljelysmaan maaperän laatu (Luonnonvaramittari) • Luonnonvaraisten lajien monimuotoisuus maataloudessa (Luonnonvaramittari)	• Elintarvikeomavaraisuus (Luonnonvaramittari) • Torjunta-aineiden käyttö ja ympäristöriskit (Luonnonvaramittari)
	• Bioottisten ja abioottisten tekijöiden aiheuttamat tuhot (Kestävän metsätalouden kriteerit ja indikaattorit Indikaattori 2.4) • Uhanalaiset ja vaateliaat lajit (Indikaattori 4.2) • Metsätalousmaan pinta-ala suojametsäalueella (Indikaattori 5.5)	• Hiilitase (Indikaattori 1.8) • Puuston kasvu ja poistuma (Indikaattorit 3.2 ja 3.3) • Metsänhoito- ja perusparannustyöt (Indikaattori 3.6) • Puulajisuhteet (Indikaattori 4.5) • Metsiköiden yksi- tai monipuulajisuus Indikaattori 4.6) • Geenireservimetsät (Indikaattori 4.8)
	• Kalakantojen tila (Luonnonvaramittari)	• Tuotannon tila (Luonnonvaramittari)
	• Poronhoitoalueen ekologinen kantokyky (Luonnonvaramittari)	• Porokannan tuottavuus (Luonnonvaramittari)
	• Riistavarat (Luonnonvaramittari) • Riistarikkaus (Luonnonvaramittari)	• Metsästys (Luonnonvaramittari)
	• Vesivarojen käytettävyys ja vesistöjen ekologinen tila (Vesivaramittari 4)	• Vesihuollon toimivuus erityistilanteissa (Vesivaramittari 2) • Patojen turvallisuus (Vesivaramittari 5) • Suojautuminen tulvilta (Vesivaramittari 6) • Peruskuivatuksen tila (Vesivaramittari 7) • Ajantasaisen vesitiedon saatavuus (Vesivaramittari 8) • Valtion vesistörakenteiden kunto ja toimivuus (Vesivaramittari 11)
Luonnon monimuo-toisuus	• Uhanalaiset lajit (Suomen kestävän kehityksen mittari) • Uhanalaiset lajit elinympäristöittäin (Suomen kestävän kehityksen mittari)	
Liikenne	• Tieliikenteen lumisademäärät (uusi) • Meri-, ilma- ja tieliikenteen sääilmiöiden aiheuttamien poikkeustilanteiden esiintyminen (uusi)	• Jäänmurtamisen avustuskauden pituus (uusi) • Jäärajoituskauden pituus (uusi) • Tieliikenteen lumiaurausten kertamäärät (uusi) • Tieliikenteen suolauksen kertamäärät (uusi)

Sopeutumisstrategian uusiminen

Kansallinen sopeutumisstrategia tultaneen päivittämään kansallisen ilmasto- ja energiastrategian päivityksen yhteydessä. Laaja-alainen sopeutumisstrategian toteutumisen arviointi ja lisätoimenpiteiden määrittäminen esitetään tehtäväksi noin 6–8 vuoden kuluessa, kun tutkimuksen keinoin ja toimialakohtaisen työn kautta on saatu uutta ja tarkempaa tietoa ja näkemyksiä ilmastonmuutoksesta, vaikutuksista ja sopeutumisesta.

Lähteet

Ilmastonmuutoksen skenaariot

Beniston et al., 2004: (in preparation)

Carter, T. R., Fronzek, S. & Bärlund, I. 2004: FINSKEN: a framework for developing consistent global change scenarios for Finland in the 21st century. Boreal Env. Res. 9: 91–107. http: //www.borenv.net/BER/ber92.htm

Carter, T.R., 1998: Changes in the thermal growing season in Nordic countries during the past century and prospects for the future. Agricultural and Food Science in Finland, 7, 161-179.

Carter, T.R., Posch, M. & Tuomenvirta, H., 1996. The SILMU scenarios: specifying Finland's future climate for use in impact assessment. Geophysica, 32(1-2), 235-260.

Cubasch, et al., 2001. Projections of future climate change. In: Houghton J.T. et al. (eds.): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, pp. 525-582.

Førland, E. et al., 2004: Variations in Climatic Constraints on Living Conditions in the Nordic Arctic. Journal of Arctic, Antarctic and Alpine Research (in print).

Haapala, J., Juottonen, A., Marnela, M., Leppäranta, M. and Tuomenvirta, H. 2001: Modelling the variability of sea-ice conditions in the Baltic Sea under different climate conditions. Annals of Glaciology, 33, 555-559.

IPCC, 2001: Climate Change 2000. The science of climate change. Contribution of working group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. 881 pp.

Jylhä, K., Tuomenvirta, H. & Ruosteenoja, K., 2004. Climate change projections for Finland during the 21st century. Boreal Env. Res. 9: 127-152.

Kjellström, E., 2004: Recent and Future Signatures of Climate Change in Europa. Ambio, 33, 193-198.

Kuusisto, E., L. Kauppi, P. Heikinheimo (toim.), 1996: Ilmastonmuutos ja Suomi, Suomalainen ilmakehänmuutosten tutkimusohjelma (SILMU), Yliopistopaino, Helsinki, 265 s.

McAvaney B.J., Covey C., Joussaume S., Kattsov V., Kitoh A., Ogana W., Pitman A.J., Weaver A.J., Woord R.A. & Zhao Z.-C. 2001. Model evaluation. In: J. T. Houghton et al. (eds.), Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, pp 471--523.

Meier, H.E.M. et al., 2004: Simulated Distributions of Baltic Sea-ice in Warming Climate and Consequences for the Winter Habitat of the Baltic Ringed Seal. Ambio, 33, 249-256.

Meier, H.R.M., 2002: Regional ocean climate simulations with 3-D ice-ocean model for the Baltic Sea. Part 1: Model experiments and results for temperature and salinity. Clim. Dyn., 19, 237-253.

Omstedt, A., and D. Chen, 2001: Influence of atmospheric circulation on the maximum ice extent in the Baltic Sea. J. Geophysical Res, 106, No. C3, 4493-4500.

Patoturvallisuus, 1997: Patoturvallisuusohjeet. Maa- ja metsätalousministeriö. MMM:n julkaisuja 7/1997, 90s.

Ruosteenoja et al., 2003: Future climate in world regions: an intercomparison of model-based projections for the new IPCC emission scenarios. The Finnish Environment 644, Finnish Environment Institute, 83 pp

Räisänen J., Ullerstig A., Bringfelt B. & Räisänen P. 2000. Two new RCA1 climate change experiments. In SWECLIM Newsletter No. 7+8, 5-12. [Available from SWECLIM/SMHI, SE-601 76 Norrköping, Sweden]

Räisänen, J. & Alexandersson, H., 2003: A probabilistic view on recent and near future climate

change in Sweden. Tellus, 55A, 113-125. http://www.blackwell-synergy.com/links/doi/10.1034/j.1600-0870.2003.00013.x/abs/
Räisänen, J. and Joelsson, R. 2001. Changes in average and extreme precipitation in two regional climate model experiments. Tellus 53A, 547-566.
Räisänen, J. et al., 2003: GCM driven simulations of recent and future climate with the Rossby Centre coupled atmosphere – Baltic Sea regional climate model RCAO. SMHI Reports Meteorology and Climatology No. 101, 61 pp. http://www.blackwell-synergy.com/links/doi/10.1034/j.1600-0870.2003.00013.x/abs/
Räisänen, J. et al., 2004: European climate in the late twenty-first century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. Clim. Dyn., 22, 13-31. http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=issue&issn=0930-7575&issue=current
Räisänen, J., 2001: Hiilidioksidin lisääntymisen vaikutus Pohjois-Euroopan ilmastoon globaaleissa ilmastomalleissa. Terra, 113, 139-151.
Tammelin B., Forsius J., Jylhä K., Järvinen P., Koskela J., Tuomenvirta H., Turunen M.A., Vehviläinen B. ja Venäläinen A., 2002. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia energiantuotantoon ja lämmitysenergian tarpeeseen. Raportteja 2002:2. Ilmatieteen laitos. 121 s.
Tinz, B., 1996: On the relation between annual maximum ice extent of the ice cover in the Baltic Sea and sea level pressure as well as air temperature field. Geophysica, 32, 319-341.
Tuomenvirta, H., 2004: Reliable estimation of climatic variations in Finland. Finnish Meteorological Institute Contributions, No. 43, Finnish Meteorological Institute, 80 pp. + 78 pp. append. http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/fysik/vk/tuomenvirta/
Tuomenvirta, H., Uusitalo, K., Vehviläinen, B. and Carter, T.R. 2000a. Climate change, design precipitation and dam safety: estimate of changes in precipitation, its extremes and temperature in Finland up to 2100. Finnish Meteorological Institute Reports 4/2000, 65 pp. (in Finnish with English summary).
Tuomenvirta, H., Venäläinen, A., Juottonen, A., and Haapala, J., 2000b: The impact of climate change on the Baltic Sea ice and soil frost beneath snow-free surfaces in Finland. Ministry of Transport and Communications Finland, Publications 13/2000, 56 pp.
Venäläinen A., Tuomenvirta H., Heikinheimo M., Kellomäki S., Peltola H., Strandman H. & Väisänen H. 2001b. The impact of climate change on soil frost under snow cover in a forested landscape. Climate Research 17: 63--72.
Venäläinen A., Tuomenvirta H., Lahtinen R., & Heikinheimo M. 2001a. The influence of climate warming on soil frost on snow-free surfaces in Finland. Clim. Change 50: 111-128.
Venäläinen, A., Granskog, M. ja Tuomenvirta, H., 1999: Alueellinen ilmastonmuutos ja liikenne. Liikenneministeriön julkaisuja 11/99, 23 s.

Sosio-ekonomiset skenaariot Suomessa

Bollen J.C., Manders A.J.G., Veenendaal P.J.J., 2004: Wat kost een emissiereductie van 30%? - Macro-economische effecten in 2020 van Post-Kyoto klimaatbeleid (Mitä maksaa 30% isoinen päästövähennys - Kioton jälkeisen ilmastopolitiikan kokonaistaloudelliset vaikutukset vuonna 2020), RIVM/CPB.
Carter T., Fronzek S., Bärlund I., 2004: FINSKEN: a framework for developing consistent global change scenarios for Finland in the 21st century, Boreal Environment Research, Vol.9-No.2, pp. 91-107.
Crafts N., 2002: The Solow productivity paradox in historical perspective, CEPR discussion paper 3142.
Den Elzen M.G.J., Berk M.M., Lucas P., 2004: Simplified Multi-Stage and Per Capita Convergence: an analysis of two climate regimes for differentiation of commitments, RIVM, report 728001027.
Himanen P., 2004:Välittävä, Kannustava ja Luova Suomi, raportti Eduskunnan Tulevaisuusvaliokunnalle.
Hughes B.2003:Introduction to International Futures, University of Denver.

Hughes B.2004: The Base Case of International Futures - Comparison with other forecasts - Annex datasheets, University of Denver.
IPCC - Working Group 3, 2000: Special Report on Emission Scenarios, WMO/UNEP.
IPCC, 2001: Climate Change 2001 - Synthesis report, Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/.
Kaivo-oja J., Luukkanen J., Willenius M., 2004: Defining alternative national scale socio-economic and technical futures up to 2100: SRES scenarios for the case of Finland, Boreal Environment Research, Vol.9-No.2, pp. 109-125.
Keller, K., Bolker B.M., Bradford D., 2004: Uncertain climate thresholds and optimal economic growth, Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 48, pp.723-741.
Kuoppamäki P., 1996: Impacts of Climate Change from a Small Nordic open Economy Perspective. ETLA b-50, Helsinki.
Mooij R. de and Tang P., 2003: Four Futures of Europe, Centraal Planbureau (CPB).
Parkkinen P., 2004: Hoiva- ja palvelumenot tulevaisuudessa, keskustelualoitteita 326, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, Helsinki.
Tilastokeskus, 2001: Väestöennuste kunnittain 2001-2030. Väestö 2001:11, Helsinki.

Luonnonjärjestelmät

IPCC, 2001: Climate Change 2001 - Synthesis report, Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/.
Johansson, M.M., Kahma K.K., Boman H. & Launiainen J., 2004: Scenarios for sea level on the Finnish coast. Boreal Environment Research 9: 153-166.
Laurila T., Tuovinen J-P., Tarvainen V. & Simpson D., 2004: Trends and scenarios of ground-level ozone concentrations in Finland. Boreal Environment Research 9: 167-184.
Liski J. and Westman C.J., 1997: Carbon storage in forest soil of Finland, 1. Effect of thermoclimate. Biogeochemistry 36: 239-260.
Syri S., Fronzek S., Karvosenoja N. and Forsius M. , 2004: Sulphur and nitrogen oxides emissions in Europé and deposition in Finland during the 21st century. Boreal Environment Research 9: 185-198.
Syri S., Karvosenoja N., Lehtilä A., Laurila T., Lindfors V. and Tuovinen J.-P. , 2002: Modelling the impacts of the Finnish Climate Strategy on air pollution. Atmospheric Environment 36: 3059-3069.

Maatalous- ja elintarviketuotanto

Carter T. ja Kankaanpää S., 2003: Esiselvitys ilmastonmuutokseen sopeutumisesta Suomessa. Suomen ympäristö 640, ympäristönsuojelu, 66 s.
Carter, T., Hakala, K., Kaukoranta, T., Kleemola, J., Laurila, H., Mela, T., Pehu, E., Saarikko, R. (toim..), Tiilikkala, K. 1996. Maatalous. Teoksessa: Ilmastonmuutos ja Suomi. Esko Kuusisto, Lea Kauppi ja Pirkko Heikinheimo (toim.). p. 127-143.
Elintarviketalouden reunaehdot vuoteen 2030 mennessä. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 9/2002.
Kaukoranta T. 1996. Impact of global warming on potato late blight: risk, yield loss and control. Agricultural and food science in Finland, vol 5, no. 3.
Rikkonen Pasi, 2003: Maatalouden tulevaisuus vuoteen 2025. Elintarvikeketjun asiantuntijoiden tulevaisuudenkuvia Suomen maataloudesta. Väliraportti. MTT:n selvityksiä 32.

Metsätalous

Beuker E., Hari P., Holopainen J., Holopainen T., Hypén H., Hänninen H., Karjalainen T., Kellomäki S., Juurola E., Koski V., Laine K., Leinonen I., Liski J., Neuvonen S., Niemelä P., Nissinen

A., Peltola H., Repo T., Talkkari A., Wang K.-Y., ja Westman C. J. 1996. Metsätalous. Teoksessa: Ilmastonmuutos ja Suomi. Esko Kuusisto, Lea Kauppi ja Pirkko Heikinheimo (toim.). p. 71-104.

Carter T. ja Kankaanpää S., 2003: Esiselvitys ilmastonmuutokseen sopeutumisesta Suomessa. Suomen ympäristö 640, ympäristönsuojelu, 66 s.

Kaakinen S., Kostiainen K., Ek F., Saranpää P., Kubiske M.E., Sober J., Karnosky D.F. & Vapaavuori E., 2004: Stem wood properties in *Populus tremuloides*, *Betula papyrifera* and *Acer saccharum* saplings after 3 years of treatments to elevated carbon dioxide and ozone. Global Change Biology 10, 1513-1525.

Kellomäki S. and Kolström M., 1994: The influence of climate change on the productivity of Scots Pine, Norway Spruce and Pendula birch and Pubescens birch in southern and northern Finland. Forest Ecology and Management, 65

Kellomäki S., 2000: Forestry in: Parry M.L. (ed.). 2000: Assessment of Potential Effects and Adaptations for Climate Change in Europe The Europe Acacia project. Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, UK.

Kilpeläinen A., Peltola H., Ryyppö A. and Kellomäki S., 2004: Scots pine responses to elevated temperature and carbon dioxide concentration: growth and wood properties. Tree Physiology. Painossa.

Kilpeläinen A., Peltola H., Ryyppö A., Sauvala K., Laitinen K. and Kellomäki S., 2003: Wood properties of Scots pines (*Pinus sylvestris*) grown at elevated temperature and carbon dioxide concentrations. Tree Physiology 23, 889-897.

Kostiainen K., Kaakinen S., Saranpää P., Sigurdsson B., Linder S. & Vapaavuori E., 2004: Effect of elevated [CO_2] on stem wood properties of mature Norway spruce grown at different soil nutrient availability. Global Change Biology 10, 1526-1538.

Metsäpuiden siemenhuoltotyöryhmän muistio. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2004:12.

Metsätuhoryhmä. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2003:11.

Peltola H., Kilpeläinen A. and Kellomäki S., 2002: Diameter growth of Scots pine (*Pinus sylvestris*) trees grown at elevated temperature and carbon dioxide concentration under boreal conditions. Tree Physiology 22, 963-972.

Riikonen J., Lindsberg M.-M., Holopainen T. Oksanen E., Lappi J., Peltonen P. and Vapaavuori E., 2004:Silver birch and climate change: variable growth and carbon allocation under elevated concentrations of carbon dioxide and ozone. Tree Physiology 24: 1227-1237

Suomen maa- ja metsätalouden kansallinen kasvigeeniohjelma. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 12/2001.

Varautuminen mäntyankeroisen torjuntatoimenpiteiden tehostamiseen: kriisivalmissuunnitelma. Maa- ja metsätalousministeriö 2002.

Volanen V., Peltola H. Rouvinen I. and Kellomäki S., 2004: Impacts of elevated atmospheric CO2 and temperature on the birth, growth and death of branches in Scots pine. Julkaistavaksi tarjottu käsikirjoitus.

Kalatalous

ACIA 2004: Impacts of a Warming Arctic. Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press. http://www.acia.uaf.edu.

Beamish, R.J. and Noakes, D.J., 2002: The role of climate in the past, present and future of Pacific salmon fisheries off the west coast of Canada; in Fisheries in a Changing Climate, (ed.) N.A. McGinn, American Fisheries Society, 319 p. http://www.fisheries.org/climate/abstracts.htm#9.

Carter T. ja Kankaanpää S., 2003: Esiselvitys ilmastonmuutokseen sopeutumisesta Suomessa. Suomen ympäristö 640, ympäristönsuojelu, 66 s.

Everett John: Climate change and aquaculture. http://www.oceansatlas.com/world_fisheries_and_

aquaculture/html/issues/clima/gcc/aqua.htm).
Everett, J.T., Okemwa E., Regier H.A., Troadec J.P., Krovnin A., and Lluch-Belda D., 1995: Fisheries. In: The IPCC Second Assessment Report, Volume 2: Scientific-Technical Analyses of Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change (Watson, R.T., M.C. Zinyowera, and R.H. Moss (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge and New York, 31 pp., http://www.oceansatlas.com/world_fisheries_and_aquaculture/html/issues/clima/gcc/adapt_strat.htm, http://www.oceansatlas.com/world_fisheries_and_aquaculture/html/issues/clima/gcc/default.htm.
FAO, 2000-2004: Fisheries Atlas. Fisheries and Aquaculture Issues Fact Sheet. http://www.fao.org/figis/servlet/topic?fid=13789.
Ilmaston muutosten vaikutukset kaloihin, kalanviljelyyn, kalakantoihin ja kalastukseen. Kalatutkimuksia 47/1992. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
IPCC - Climate Change 2001: Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Fisheries and Biodiversity. http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/261.htm
Kuusisto Esko, Kauppi Lea, Heikinheimo Pirkko (toim.) 1996: Ilmastonmuutos ja Suomi, Suomalainen ilmakehänmuutosten tutkimusohjelma (SILMU), Yliopistopaino, Helsinki, 265s
Launiainen J., Lumiaro R., Koivula M., 2004: Ilmastonmuutos vaikuttaa Itämereen. Itämeriportaalin dokumenttikokoelma. Merentutkimuslaitos. http://www.fimr.fi/fi/itamerikanta/bsds/2398.html.
Lehtonen H., 1996: Ilmastonmuutoksen vaikutukset kalakantoihin ja kalatalouteen. Teoksessa: Mannio, J. & Verta, M. (toim.), 1996: Muuttuva maa, meri, ilmasto. YKL ry, Helsinki, ss. 69-80.
Lehtonen H., 1996: Potential effects of global warming on northern European freshwater fish and fisheries. Fisheries Management and Ecology, 3, 59-71,
Lemmen D.S. and Warren F. J.(eds.), 2004: Climate change Impacts and Adaptation Program. A Canadian Perspective. http://adaptation.nrcan.gc.ca/perspective_e.asp.
Maa- ja metsätalousministeriön luonnonvarastrategia. Uusiutuvien luonnonvarojen kestävä käyttö, 2002. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 8/2001.
Maa- ja metsätalousministeriön tulevaisuuskatsaus. Tammikuu 2003, http://www.mmm.fi/julkaisut/muut/2003MMMtulevaisuus.pdf.
Moilanen P., 2004: Vapaa-ajankalastus 2002. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous nro 51,. 29 s.
Pitkänen Heikki (toim.): Rannikko- ja avomerialueiden tila vuosituhannen vaihteessa. Suomen Itämeren suojeluohjelman taustaselvitykset. Suomen ympäristö 669, Helsinki 2004, s. 16, 25 ,26.
Virkistyskalastus Suomessa nyt ja tulevaisuudessa. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 58/2002.

Porotalous

ACIA 2004: Impacts of a Warming Arctic. Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press. http://www.acia.uaf.edu.
Article by Karen Lurie 25.12.2003. ScienCentralnews: Hungry Reindeer, http://www.sciencentral.com/articles/view.php3?article_id=218392139&language=english.
Helle T., Karjalainen M. & Kojola I., 2002: Ilmastonvaihtelun vaikutus poronhoitoon. http://www.rangifer.no/fin/abstracts-2002-o.html
Helle T., Kojola, I. ja Timonen M., 2001: Lumipeitteen vaikutus Käsivarren porolukuihin: mikä on Pohjois-Atlantin säävaihtelun (NAO) merkitys? Suomen Riista 47: 75–85.
Helle T., Niva A. ja Kojola, I. , 2000: Poronhoito ja muuttuva ilmasto. Poromies 3-2000: s.15, 16.
Kellomäki S.: Metsäpuut voivat sopeutua ilmastonmuutokseen? Tulevaisuuden ilmastomme -seminaari 21.3.2003.
Kemppainen J., Kettunen J., Nieminen M., 2003: Porotalouden taloustutkimusohjelma 2003-2007, s. 34, 36, 38.
Kojola I, Helle T., Aikio P., Niskanen M., 1994: Talvilaidunten kunnon vaikutus poron ravintoon,

kasvuun ja lisääntymiseen. Suomen Riista 40:18-25.
Kumpula J., Colpaert A., 2003: Effects of weather and snow conditions on reproduction and survival of semi-domesticated reindeer (R. t. tarandus) teoksessa Kumpula 2003: Polar research 22/2), 225-233.
Kumpula J., Colpaert A., Nieminen M., 2003: Metsänkäsittelyjen ja lumiolosuhteiden vaikutus porojen laidunten käyttöön Ivalon paliskunnassa, s.31-33, 35.
Luonnonvaramittarit 2003 - koottua tietoa luonnonvarojen tilasta ja kestävästä käytöstä. Porotalous. www.mmm.fi/mittarit/printti/mittarit_porotalous.doc.
Maa- ja metsätalousministeriön aluekehitysstrategia 2005 - 2008 ja siihen liittyvä taustamuistio. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2004:3.
Maa- ja metsätalousministeriön tulevaisuuskatsaus. Tammikuu 2003. www.mmm.fi/julkaisut/muut/2003MMMtulevaisuus.pdf
Maijala V. ja Nieminen M.2001: Porojen talviruokinta - kokemuksia ja tuloksia Suomesta. Lyhennelmät, pääteemaesitelmät, NOR:n 11. pohjoismainen porotutkijakokous, Kaamanen, Finland, 18-20 June 2001. Published in Rangifer Report No. 5, 2001. http://www.rangifer.no/fin/abstracts-kaamanen-o.html.
Maijala V., Norberg H., Kumpula J. & Nieminen M., 2002: Tutkimus vasatuotosta Suomen poronhoitoalueella. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tutkimuksia. http://www.rangifer.no/fin/abstracts-2002-o.html
Metsätuhoryhmä. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2003:11.
Putkonen J. and Roe G., 19.12.2002: Rain will take greater toll on reindeer, climate change model shows. Innovations reports. University of Washington in Seattle, USA. http://www.innovations-report.com/html/reports/environment_sciences/report-15359.html
Putkonen, J. and Roe 2002, G. Rain-on-snow events impact soil temperatures and affect ungulate survival. Geophysical Research Letters, 30, 1188. http://www.agu.org/pubs/sample_articles/cr/2002GL016326/0.shtml
Valtiontilitarkastajain kertomus vuodelta 2001. Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonala.
Weladji, Robert B., 2003: Climatic influences on the life history and population dynamics of the northern ungulate, Rangifer tarandus. Dr. Scient. Thesis:2003:20. Department of Animal Science, Agricultural University of Norway.

Riistatalous

den Herder M., 2003: Hirvieläinten laidunnuksen vaikutus Suomen metsä- ja tunturiekosysteemeissä. Väitöskirja.
Heikkilä R, 1998: Hirvituhoja voidaan vähentää - ei pelkästään metsästämällä. Metsäntutkimus 3/1998 s. 9-10.
Helle P. ja Lindén H. 2004: Valoa tunnelin päässä? Metsästäjä 3/2004 s. 18.
Henttonen H. ja Haukisalmi V., 2000: Echinococcus multilocularis -ihmisen vaarallisin loinen Euroopassa: elämänkierto ja levinneisyyden nykytilanne. Suomen Riista 46: 48-56.
Henttonen H.,1991: Ilmastonmuutos ja pienriistakannat. [Climatic change and population dynamics of small game and small mammals in northern Europe. In Finnish with English summary]. - Suomen Riista [Finnish Game] 37:79-85.
http://www.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmamuistiot/
Härkönen S. ja Heikkilä R., 2000: Suolakivet hirvien talvisen ravinnonkäytön ohjauksessa. -Suomen riista 46: 66-75.
Ilmastonmuutos muokkaa riistan levinneisyyttä. Artikkeli Luonnonvara 5/2004 -lehdessä.
Karttunen S. ja Luoto K., 2000: Ilmastonmuutos ja lintujen muutto. http://users.utu.fi/kluoto/fenologia/esitys_files/raportti.htm
Kilpeläinen J., Ruusila V., Lindén H. ja Niemelä P., 2003: Lumipeitteen vaikutus hirven lumijälkiindekseihin ja lumijälkien keskittymiseen- Suomen Riista [Finnish Game] 49:85-91.
Lindén H. (toim.), 2002: Metsäkanalintututkimuksia: Kannanvaihtelut. -Riista- ja kalatalouden

tutkimuslaitos, Metsästäjäin Keskusjärjestö.
Lindén H. ja Helle P., 2004: Metsokannat peilaavat metsiemme tilaa. Metsästäjä 3/2004, s. 12.
Lindén, H. Helle, P., Vuorimies, O. & Wikman, M., 1999: Metsäriistan monimuotoisuuden mittaaminen ja seuranta (Summary: Measuring and monitoring the diversity of wildlife with the aid of the Finnish wildlife triangle scheme). - Suomen Riista 45: 80-88.
Luonnonvaramittarit 2003 - koottua tietoa luonnonvarojen tilasta ja kestävästä käytöstä. Riistatalous, http://www.mmm.fi/mittarit/riistatalous/metsastys.html#Tausta.
Maa- ja metsätalousministeriön luonnonvarastrategia. Uusiutuvien luonnonvarojen kestävä käyttö, 2002. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 8/2001.
Metsätalouden rahoituslakityöryhmän muistio. maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2004:7.
Petäjistö L. ja Selby A., 2003:Hirvikannan koko ja säätely puhuttavat. Metsäntutkimus 3/2003 s. 5-7. http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/artikkelit/artikkelit.htm
Pirinen M., Ruusila V., Tomppo E. 2003: Millaiset alueet houkuttavat hirviä talvisin? Metsäntutkimus 4/2003.
Seppo Kellomäki Tulevaisuuden ilmastomme -seminaarissa 21.3.2003, http://www.fmi.fi/tutkimus_ilmasto/ilmasto_44.html.
Ylönen H., 1999: Myyräyksilö tiheydenvaihtelun ja petojen puristuksissa: mitä siitä seuraa pienriistalle? - Suomen Riista 45: 52-62

Vesivarat

Bergström S., Andreasson J., Beldring S., Carlsson B., Graham P., Jónsdóttir J., Engeland E., Turunen M. and Vehviläinen B., 2003: Climate change impacts on water resources in the Nordic countries, State of the art and discussion of principles. CHIN, Nordic Council of Ministers. ISBN 9979-68-120-9
Case-selvitys Vaasan kaupunkitulvasta 31.7.2003. Loppuraportti. Gaia Group Oy.
Kuusisto E., Kauppi L. ja Heikinheimo P. Ilmastonmuutos ja Suomi 1996.
Kuusisto, E., L. Kauppi, P. Heikinheimo (toim.), 1996: Ilmastonmuutos ja Suomi, Suomalainen ilmakehänmuutosten tutkimusohjelma (SILMU), Yliopistopaino, Helsinki, 265 s.
Lonka H.: Kaupunkitulvista otettava opiksi. Vieraskynä Helsingin Sanomissa 5.8.2004.
Patoturvallisuus. http://www.mmm.fi/luonnonvarat_vesivarat_maanmittaus/vesivarat/patoturvallisuus/
SITRA 2002. Riskien hallinta Suomessa, esiselvitys
Soveri J., Mäkinen R. ja Peltonen K., 2001: Pohjaveden korkeuden laadun vaihteluista Suomessa 1975-1999. Suomen ympäristö 420.
Suurtulvatyöryhmän loppuraportti. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2003:6
Suurtulviin on syytä varautua Suomessakin. Luonnonvara 5/2002.
Tulvasuojelua voidaan leikata. Kalevaplus 10.8.2004.
Tulvavahingot. http://www.mmm.fi/tuet/vahinkojen_korvaaminen/tulvavahingot/
Tulvavahinkoja voidaan ehkäistä. http://www.ymparisto.fi/
Tuomenvirta, H., Uusitalo, K., Vehviläinen, B. and Carter, T.R. 2000a. Climate change, design precipitation and dam safety: estimate of changes in precipitation, its extremes and temperature in Finland up to 2100. Finnish Meteorological Institute Reports 4/2000, 65 pp. (in Finnish with English summary).
Veijalainen N. & Vehviläinen B., 2004: Ilmastonmuutoksen vaikutus P-patojen mitoitustulviin. Alustava raportti. SYKE:n tulvantorjunta- ja patoturvallisuuspäivän 19.10.2004 materiaalia.
Vikman 2004. Vesihuollon erityistilanteet ja niihin varautuminen, esiselvitys.

Luonnon monimuotoisuus

Biologinen monimuotoisuus maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 1/2003.

Carter T.R. ja Kankaanpää S., 2003: Esiselvitys ilmastonmuutokseen sopeutumisesta Suomessa. – Suomen ympäristö 640: 1-66.

Gitay H., Suarez A., Watson R.T and Dokken D.J. (Eds.), 2002: Climate Change and Biodiversity. IPCC, Geneva, pp. 85.

Hannah L. and Lovejoy T.E., 2003: Climate Change and Biodiversity: Synergistic Impacts. – AABS No 4: 1-123.

IUCN/WCPA 2003: A Guide to: Securing Protected Areas in the Face of Global Change. – A Draft Report by the Ecosystems, Protected Areas and People Project IUCN. 1-33.

Luoto M., Heikkinen R.K. & Carter T.R., 2004: Loss of palsa mires in Europe and biological consequences.- Environmental Conservation 31(1):1-8.

Metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 9/2004.

Rassi P., Alanen A., Kanerva T., Mannerkoski I. (toim.) 2000: Suomen lajien uhanalaisuus 2000. Uhanalaisten lajien II seurantaryhmä, s. 382.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2003: Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol. Montreal, SCBD, CBD Technical Series no. 10, pp. 154.

Thomas C.D. and al. 2004: Extinction risk from climate change.- Nature 427: 145-148.

Teollisuus

Carter T.R. ja Kankaanpää S., 2003: Esiselvitys ilmastonmuutokseen sopeutumisesta Suomessa. – Suomen ympäristö 640. 66 s.

Kansallinen ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle (VNS 1/2001 vp), 2001. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 2/2001. 96 s.

Kinnunen J., 1992: Ilmastomuutoksen taloudelliset vaikutukset – Sarja B 77. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos ETLA. 110 s.

Kuusisto E. ja Käyhkö J., 2004: Globaalimuutos. Suomen Akatemian FIGARE-ohjelma. Kustannusosakeyhtiö Otava. 169 s.

Käyhkö J. ja Talve L. (eds.), 2002: Understanding the global system, The Finnish perspective. The Finnish Global Change Research Programme FIGARE (1999-2002). Painosalama, Turku. 232 s.

Savolainen I., Ohlström M. ja Kärkkäinen A. (toim.), 2003: Ilmasto, Haaste teknologialle. Näkemyksiä ja tuloksia Climtech-ohjelmasta. Teknologian kehittämiskeskus Tekes. Edita Prima Oy. 208 s.

Suomen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys vuoteen 2020 ja vuosille 2005-2007 jaettavaksi aiottujen päästöoikeuksien laskentamenetelmä. Liite 1 Valtioneuvoston 19.8.2004 antamaan päätökseen (päästöoikeuksien) kansallisesta jakosuunnitelmasta (vuosille 2005-2007). 61 s. [löydettävissä internet-osoitteesta: www.ktm.fi/chapter_files/Jakosuunnitelmaesityksen_liite_1_120804a.pdf]

Energia

Carter T.R. ja Kankaanpää S., 2003: Esiselvitys ilmastonmuutokseen sopeutumisesta Suomessa. – Suomen ympäristö 640. 66 s.

Kansallinen ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle (VNS 1/2001 vp), 2001. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 2/2001. 96 s.

Kara M. & al. (toim.), 2004: Energia Suomessa, Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset (3. täysin

uudistettu painos). VTT Prosessit. Edita Prima Oy. 396 s.
Kinnunen J., 1992: Ilmastomuutoksen taloudelliset vaikutukset – Sarja B 77. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos ETLA. 110 s.
Kuusisto E. ja Käyhkö J., 2004: Globaalimuutos. Suomen Akatemian FIGARE-ohjelma. Kustannusosakeyhtiö Otava. 169 s.
Käyhkö J. ja Talve L. (eds.), 2002: Understanding the global system, The Finnish perspective. The Finnish Global Change Research Programme FIGARE (1999-2002). Painosalama, Turku. 232 s.
Savolainen I., Ohlström M. ja Kärkkäinen A. (toim.), 2003: Ilmasto, Haaste teknologialle. Näkemyksiä ja tuloksia Climtech-ohjelmasta. Teknologian kehittämiskeskus Tekes. Edita Prima Oy. 208 s.
Soimakallio S., Savolainen I. (eds.), 2002: Technology and Climate Change CLIMTECH 1999-2002. Final Report. Technology Programme Report 14/2002. Teknologian kehittämiskeskus Tekes. 259 s.
Suomen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys vuoteen 2020 ja vuosille 2005-2007 jaettavaksi aiottujen päästöoikeuksien laskentamenetelmä. Liite 1 Valtioneuvoston 19.8.2004 antamaan päätökseen (päästöoikeuksien) kansallisesta jakosuunnitelmasta (vuosille 2005-2007). 61 s. [löydettävissä internet-osoitteesta:www.ktm.fi/chapter_files/Jakosuunnitelmaesityksen_liite_1_120804a.pdf
Tammelin B., Forsius J., Jylhä K., Järvinen P., Koskela J., Tuomenvirta H., Turunen M.A., Vehviläinen B. ja Venäläinen A., 2002: Ilmastonmuutoksen vaikutuksia energiantuotantoon ja lämmitysenergian tarpeeseen. Raportteja 2002:2. Ilmatieteen laitos. 121 s.
World Energy Outlook 2004, 2004. OECD/ International Energy Agency IEA. Pariisi. 570 s.

Liikenne ja tietoliikenne

Carter T.R. ja Kankaanpää S., 2003: Esiselvitys ilmastonmuutokseen sopeutumisesta Suomessa. – Suomen ympäristö 640: 1-66.
Liikenne- ja viestintäministeriö. Väylät 2030. Ohjelmia ja strategioita 1/2002
Liikenneväyläpolitiikan linjauksia vuosille 2004–2013. Taustaselvitys. LVM:n julkaisuja 8/2004
Merenkulkulaitoksen tutkimus- ja kehittämisstrategia ja alustava ohjelma vuodelle 2003. Merenkulkulaitoksen julkaisuja 1/2003.
Perry A., 2000: Transport, energy and other industries. Teoksessa: Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe.The Europe Acacia project.
Rahja J., 2003: Tiestön kunto ja ylläpito tulevaisuudessa. Suomen tieyhdistys. Esitys Puutavaran kuljetus -seminaarissa.
Ratahallintokeskus. Etelä-Suomen rautatieliikenteen visiotarkastelut 2050, Tiivistelmäraportti 18.5.2004.
Saarelainen S., 2003: FINADAPT WP8/Transport tutkimusehdotus.
Televiestintä Suomessa 2002, Tilastokeskuksen julkaisu
Tulevaisuuden näkymiä 2/2003. Tiehallinto.
Tuomenvirta H., Venäläinen A., Juottonen A. and Haapala J., 2000: The impact of climate change on the Baltic Sea Ice and soil frost beneath snow-free surfaces in Finland. Publications of Ministry of Transport and Communications 13/2000, 56 p
Venäläinen A., Granskog M. ja Tuomenvirta H., 1999: Alueellinen ilmaston muutos ja liikenne. Publications of the Ministry of Transport and Communications 11/99. 32 s

Alueidenkäyttö ja yhdyskunnat

Ala-Outinen T., Harmaajärvi I., Kivikoski H., Kouhia I., Makkonen L., Saarelainen S., Tuhola M. ja Törqvist J., 2004: Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. VTT Tiedotteita 2227. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo.

Rakennukset ja rakentaminen

Ala-Outinen T., Harmaajärvi I., Kivikoski H., Kouhia I., Makkonen L., Saarelainen S., Tuhola M. ja Törqvist J., 2004: Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. VTT Tiedotteita 2227. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo.

Carter T.R. ja Kankaanpää S., 2003: Esiselvitys ilmastonmuutokseen sopeutumisesta Suomessa. – Suomen ympäristö 640: 1-66.

Tammelin B., Forsius J., Jylhä K., Järvinen P., Koskela J., Tuomenvirta H., Turunen M., Vehviläinen B. ja Venäläinen A., 2002: Ilmastonmuutoksen vaikutuksia energiantuotantoon ja lämmitysenergian tarpeeseen. Raportteja 2002:2, Ilmatieteen laitos.

Terveys

Chapter, 2004: Influenza (pages 270-297). Kirjassa Potter C. Principles and Practice of Clinical Virology 5 painos, John Wiley, London.

Control of Communicable Diseases in Man (Abram S. Berenson, editor), 15th Edition, American Public health Association, Washington DC, 1990.

Ekblom T., 1945: Studien uber die Malaria und Anopheles in Schweden und Finnland. Acta Pathologica et Microbiologica Scandinavica, Supplementum LIX, Lund

Extreme weather and climate events and public health responses. Report on a WHO meeting Bratislawa, Slovakia 9-10 February 2004. WHO Europe, European Environment Agency.

Farr W., 1975: 8. Meteorology and mortality Kirjassa: Vital Statistics: A memorial volume of selections from the reports and writings of William Farr, Published under the auspices of the Library of The New York Academy of Medicine, The Scarecrow Press, Inc. Metuchen, N.J. 1975. (sivut 411-416).

Gubler DJ, Reiter P, Ebi KL, Yap W, Nasci R, Patz JA., 2001: Climate variability and change in the United States: Potential impacts on vector- and rodent-borne disease. Environmental Health Perspectives 2001;109:223-233.

Haines A, Patz JA., 2004: Health Effects of Climate Change. JAMA 2004;291:99-103.

Hassi J. 2004: Ilmastonmuutoksen vaikutukset suomalaisten terveyteen ja siitä aiheutuvien toimenpiteiden tarve. Muistio 8.6.2004.

Heat-waves: risks and responses, Health and Global Environmental Change, Series No 2. (WHO Regional Office for Europe), [London School of Hygiene and Tropical Medicine, Energy, Environment and Sustainable Development, DWD] 2004.

Hernberg CA & Tuomela A., 1948: Incubation time of malaria tertiana during an epidemic in Finland in 1945. Acta Medica Scandinavica 1948: Suppl. 206: 534—539

Hernberg CA. The Epidemiology in Malaria Tertiana in Finland During the Years 1941-1945. Acta Medica Scandinavica 1947a: 127(3—4): 342—360.

Hernberg CA., 1947: Clinical Observations on Malaria Tertiana in Finland, and on the Difference Between Autumn and Spring Malaria. Acta Medica Scandinavica 1947b: 128(5): 428--451

Hulden L, Hulden L, Heliövaara K.: Endemic malaria is an indoor disease in northern Europé – Historical data revisited. (käsikirjoitus).

Jutikkala E. , 1988.: Kuolemalla on aina syynsä. WSOY Porvoo.

Keatinge WR., 2002: Winter mortality and its causes. Int J Circumpolar Health. 2002;61:292-99.

Kyrönseppä H., 2003: Malaria – voittamaton uhka. Suomen Lääkärilehti 2003;58:4475-77.

McMichael A.J., Campbell-Lendrum D.H., Corvalan C.F., Ebi K.L., Githeko A., Scheraga J.D., Woodward A. (toim.), 2003: Climate Change and Human Health – Risks and responses (WHO, WMO, UNEP). World Health Organization, Geneva.

Meusel D, Menne B, Kirch W, Bertollini R and Bratislawa Collaborating Group, 2004: Public health responses to extreme weather and climate events – A brief summary of the WHO – Meeting on this topic in Bratislava on 9-10 February 2004. Submitted to European Journal of Public Health.

Mocumbi P., 2004: Plague of my people. Nature 2004;430:925.
Paunio M, Hedman K, Davidkin I, Peltola H., 2003: IgG avidity to distinguish secondary from primary measles vaccination failures: prospects for a more effective global measles elimination strategy. Expert Opinion in Pharmacotherapy 2003;4:1215-25.
Randolph S. E., 2004: Evidence that climate change has caused 'emergence' of tick-borne diseases in Europe? Int. J. Med. Microbio. 293, Suppl. 37 5-15 (2004)
Reiter P., 2000: From Shakespeare to Defoe: Malaria in England in the Little Ice Age. Emerging Infectious Diseases 2000;6.
Rosen G., 1993: A History of Public Health – Expanded Edition (first published 1958). The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
Sievers R. Om frossan i Finland. Finska läkaresällskapets handlingar. Band XXXIII. N:o 7, ss.563-734 + 3 karttaa.
Spoof AR., 1872: Om förgiftningar med secale cornutum, förnämligast med hensyn till Dragsjukan I Finland. Akademisk Avhandling. J.C. Frenckell & Son, Helsingfors.
Suomen zoonoosistrategia 2004-2008. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2004:5, Helsinki 2004, Sosiaali- ja terveysministeriö ja Maatalousministeriö.
Vapalahti K, Paunio M, Vaheri A, Brummer-Korvenkontio M, Vapalahti O. , 1999: Puumala virus infection in Finland – increased occupational risk for farmers. Am J Epidemiol 1999;149: 1142-51.
Vuori E., 1999: Syanobakteeritoksiinien aiheuttamat terveysriskit. Vesitalous 5/1999 ss 32-34.
Wade TJ, Sandhu SK, Levy D, Lee S, LeChevallier MW, Katz L, Colford JM Jr., 2004: Did a severe flood in the Midwest cause an increase in the incidence of gastrointestinal symptoms? Am J Epidemiol 2004;159:398-405.
Ympäristöterveyden erityistilanteiden opas. Sosiaali ja terveysministeriön Oppaita 2000:6.

Matkailu ja luonnon virkistyskäyttö

Amelung B. ja Viner D. 2003: Scorchio! Touris Comfort in the Mediterranean. Exploring the future with tourism climatic index. Nato Science Series.
Bürki R, Abegg B ja Elsasser H. Climate change and tourism in the alpine regions of Switzerland. NATO advanced research workshop 8.11.2003.
Carter T.R. ja Kankaanpää S., 2003: Esiselvitys ilmastonmuutokseen sopeutumisesta Suomessa. – Suomen ympäristö 640: 1-66.
European Environment Agency, 2004: Impacts of Europe's changing climate, an indicator-based assessment. EEA Report No 272004. Luxembourg. 107 s.
Perry A: Tourism and recreation. 2000. In: Parry M.L. (ed.). 2000: Assessment of Potential Effects and Adaptations for Climate Change in Europe The Europe Acacia project. Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, UK.
Pouta E. ja Sievänen T. 2001: Luonnon virkistyskäytön kysyntätutkimuksen tulokset – kuinka suomalaiset ulkoilevat. Julkaisussa: Sievänen, T. (toim.) Luonnon virkistyskäyttö 2000. Luonnon virkistyskäytön valtakunnallinen inventointi LVVI-tutkimus, 1997-2000 Loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 802. s. 32-68.
Skenaariokuvaukset Suomen matkailuelinkeino 2020. Novintel oy.

Vakuutustoiminta

Carter T.R. ja Kankaanpää S., 2003: Esiselvitys ilmastonmuutokseen sopeutumisesta Suomessa. – Suomen ympäristö 640: 1-66.
FEMA: About National Flood Insurance. http://www.fema.gov/nfip/whonfip.shtm.
Flood insurance, Nina Paklina, OECD , October 2003, www.oecd.org/dataoecd/51/9/18074763.pdf
IPCC: Climate Change 2001:Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability, (http:

//www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/036.htm).
Menzinger I., Brauner C. , 2002: Floods are insurable! Swiss Re Focus Report.
Mills E., 2003: Climate Change, Insurance, and the Buildings Sector: Technological Synergisms between Adaptation and Mitigation. Building research & information (2003) 31(3–4), 257–277 http://eetd.lbl.gov/EMills/PUBS/Mitigation_Adaptation.html
MTV3 uutiset 30.7.2004. Monet tulvien uhreista jäänevät ilman korvauksia. http://www.mtv3.fi/uutiset/kotimaa/arkisto.shtml?2004/07/307735
Suomen pankki 2004: Vakuutusyhtiöt. http://www.bof.fi/fin/3_rahoitusmarkkinat/3.2_Rahoituksen_valitys/vakuutusyhtiot.stm.
Swiss Re sigma study No. 1/2004: Natural catastrophes and man-made disasters 2003. http://www.swissre.com/
Tulvavahingot. http://www.mmm.fi/tuet/vahinkojen_korvaaminen/tulvavahingot/
Vakuutusala haluaa valtion mukaan tulvavahinkojen korvauspooliin. Taloussanomat 14.9.2004, s. 9.
Valtio korvaa osan tulvavahingoista. Maa- ja metsätalousministeriön tiedote 6.8.2004.
Yli-Kyyny Tomi vakuutusopetuksen juhlaseminaarissa. Vahinkovakuutustustoi- toiminnan tulevaisuuden haasteet riskienhallinnan näkökulmasta.
http://www.uta.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2004/ylikyyny.html.

Läpileikkaavia kysymyksiä

Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ympäristöjärjestelmän arviointi. 2004. Liikenne- ja viestintäministeriö. Julkaisu 57/2004. Helsinki
Luonnonvaramittarit 2003. Maa- ja metsätalousministeriö. http://www.mmm.fi/mittarit/index.html
Molarius R. ja Wessberg N. 2003. Ympäristöriskien hallinnan tehostaminen - poikkeus- ja häiriötilanteet. Esiselvitys. Suomen ympäristö. Julkaisu 625. Tampere 2003.
Ohjeet suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutusten arvioinnista. 1998. Ympäristöministeriö. Helsinki.
Suomen kestävän kehityksen indikaattorit 2004. http://www.ymparisto.fi
Suomen metsätalouden tila 2000. Kestävän metsätalouden kriteerit ja indikaattorit. Maa- ja metsätalousministeriö. Julkaisuja 5/2000.
UNFCCC. 2003. Compendium on methods and tools to evaluate impacts of, vulnerability and adaptation to climate change. United Nations Framework Convention on Climate Change.
Willows, R.I. and Connell R.K. (eds.). 2003. Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making. Technical report. United Kingdom Climate Impacts Programme, Oxford, United Kingdom.

LIITE IPCCn päästöskenaariot

Tulevia kasvihuonekaasujen päästöjä ei luonnollisestikaan voida etukäteen tietää. Siksi on luotu joukko erilaisia *päästöskenaarioita,* eli mahdollisia ja sisäisesti johdonmukaisia arvioita päästöjen kehityksestä tulevaisuudessa.

Päästöskenaarioita on esitelty yksityiskohtaisesti IPCC:n[1] erikoisraportissa (Nakicenovic ym., 2000). Siinä on tarkasteltu neljää kehityskulkua, joista ensimmäinen jakautuu vielä kolmeen alaskenaarioon. Seuraavaksi esitellään pääpiirteittäin erikseen kulutusyhteiskuntaskenaariot (A-skenaariot) ja kestävään kehitykseen tähtäävät skenaariot (B-skenaariot).

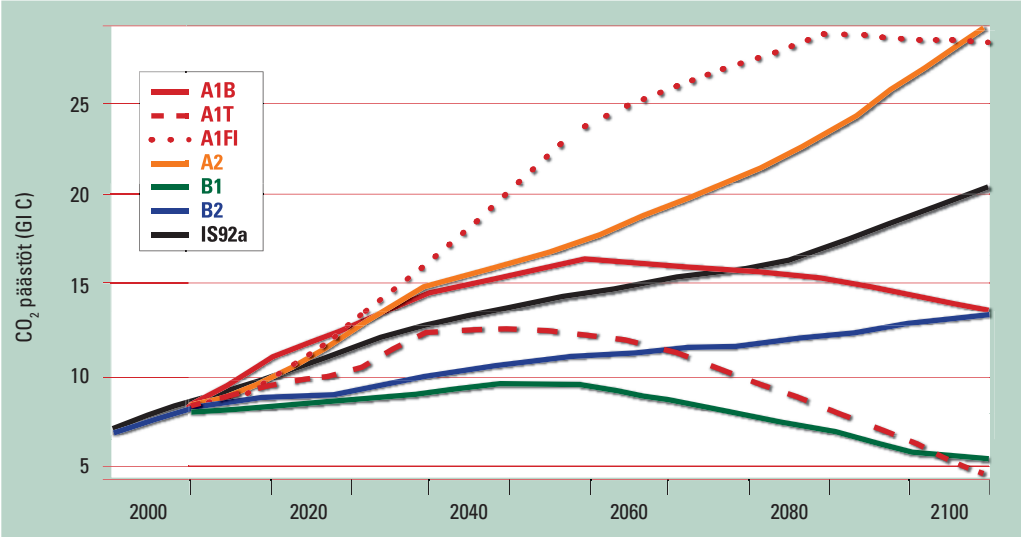
A1-skenaarioperhe kuvaa tulevaisuuden maailmaa, jossa talouskasvu on hyvin nopeaa ja maapallon väestö kasvaa kuluvan vuosisadan puoliväliin saakka alkaen sen jälkeen pikku hiljaa vähentyä. Tekniikan kehitys on nopeaa, ja uusi tekniikka otetaan nopeasti käyttöön ympäri maailmaa. Maapallon eri alueitten kehityserojen oletetaan kaventuvan ja tulonjaon tasaantuvan. A1-skenaarioperhe jakaantuu kolmeen eri alaskenaarioon. A1FI-skenaariossa oletetaan tulevan energiantuotannon perustuvan nimenomaan fossiilisten polttoaineitten käyttöön, A1T-skenaariossa taas ei-fossiilisiin energianlähteisiin. A1B-skenaario edustaa näitten vaihtoehtojen välimuotoa.

A2-skenaariossa teollisuus- ja kehitysmaitten kehityserot säilyvät suurina. Maapallon eri alueet pyrkivät omavaraisuuteen ja oman erikoislaatunsa säilyttämiseen. Teknologian siirto kehitysmaihin on vähäistä, ja eri maitten väliset tuloerot säilyvät suurina. Kokomaapalloa ajatellen taloudellinen kehitys on hitaampaa kuin A1-skenaarioissa. Väestönkasvu jatkuu kehitysmaissa nopeana ja maapallon väkiluku kasvaa.

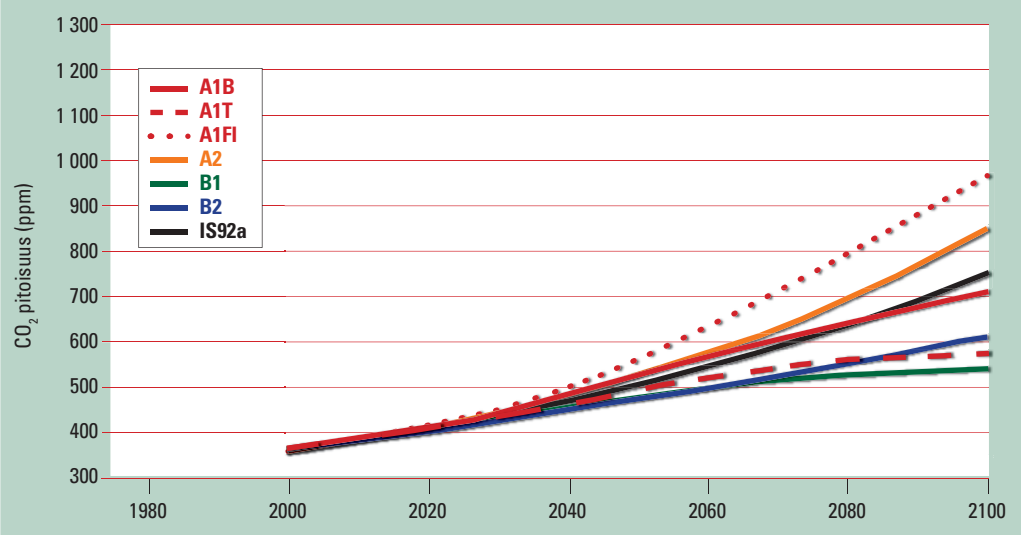
B1-skenaariossa teollisuus- ja kehitysmaitten erot tasaantuvat, mikä saa väestönkasvun talttumaan, aivan kuten A1-skenaarioissakin. Erona A-skenaarioihin on, että talous suuntautuu tavaratuotannon asemesta enemmän palveluiden ja tietoyhteiskunnan kehittämiseen. Kestävä kehitys on arvossaan, ja ympäristölle ystävällisen teknologian kehittäminen ja käyttöönotto on nopeaa. Ongelmiin pyritään etsimään maailmanlaajuisia, koko ihmiskunnan kannalta oikeudenmukaisia ja ympäristön säilymisen huomioon ottavia ratkaisuja.

B2-skenaariossa pyritään myös ottamaan ympäristönäkökohdat huomioon päätöksenteossa, mutta päätökset määräytyvät enemmän paikallisten etujen perusteella. Eri alueitten kehityserot säilyvät suurina ja väestönkasvu jatkuu, tosin ei yhtä nopeana kuin A2-skenaariossa. Talouden ja tekniikan kehitys on kohtuullisen nopeaa, mutta jakautuu epätasaisesti maapallon eri alueille.

Kuvassa L1 on esitetty hiilidioksidipäästöjen arvioitu kehittyminen vuoteen 2100 mennessä kussakin kuudessa skenaariossa. Vain kahdessa skenaariossa (A1T ja B1) päästöt ovat vuonna 2100 vähäisempiä kuin nykyisin. Kuvassa L2 nähdään hiilen kiertomalleilla laskettuja ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden tulevia pitoisuuksia. A1T- ja B1-skenaariota lukuun ottamatta pitoisuus on selvässä kasvussa vielä vuonna 2100. A1FI- ja A2-skenaarioissa pitoisuus on tuolloin noussut jo noin kolminkertaiseksi teollisuuden vallankumousta edeltäneeseen luonnolliseen tasoon verrattuna. Huomattakoon, että eri skenaarioitten ennakoimat CO_2-pitoisuudet alkavat selvemmin erkaantua vasta vuosisadan puolivälin vaiheilla.



Kuva L1. *Ihmiskunnan aiheuttamat CO_2-päästöt vuosina 1990–2100 eri skenaarioitten mukaan (kuuden SRES-skenaarion lisäksi mukana on vanhempi IS92-skenaario). Lähde: IPCC, 2001; Technical summary, kuva 17.*



Kuva L2. *Kuvan L1 päästöskenaarioitten perusteella lasketut ilmakehän CO_2-pitoisuudet vuosina 1990–2100. Lähde: IPCC, 2001; Technical summary, kuva 18.*

MAA- JA METSÄTALOUSMINISTERIÖ
PL 30, 00023 VALTIONEUVOSTO

ISSN 1238-2531
ISBN 952-453-200-X

www.mmm.fi