

IPCC, KOLMAS ARVIOINTIRAPORTTI

TYÖRYHMÄ II

ILMASTONMUUTOS 2001; VAIKUTUKSET, SOPEUTUMINEN JA HAAVOITTAVUUS

Yhteenveto päätöksentekijöille

Perustuu luonnokseen, jonka ovat kirjoittaneet:

Oswaldo Canziani (Argentiina), James Mc Carthy (USA), Neil Leary (USA), Liu Chunzhen (Kiina), Paul Desanker (Malawi), William Easterling (USA), Andrew Githeko (Kenia), Habiba Gitay (Australia), Martin Manning (Uusi Seelanti), Leonard Nurse (Barbados), Martin Parry (Iso-Britannia), Michel Petit (Ranska) ja John Schellnhuber (Saksa).
Mukana ovat myös olleet Q. K. Ahmad (Bangladesh), Oleg Anisimov (Venäjä), Nigel Arnell (Iso-Britannia), Sandra Brown (USA), Ian Burton (Kanada), Max Campos (Costa Rica), Timothy Carter (Suomi), Stewart J. Cohen (Kanada), B. Blair Fitzharris (Uusi Seelanti), Don Forbes (Kanada), Patrick Gonzales (USA), Duane Gubler (USA), Sujata Gupta (Intia), Andrew Haines (Iso-Britannia), Hideo Harasawa (Japani), Jarle Inge Holten (Norja), Bubu Pateh Jallow (Gambia), Roger Jones (Australia), Zbigniew W. Kundzewicz (Puola), Emilio Lebre La Rovere (Brasilia), Murari Lal (Intia), Chris H. D. Magadza (Zimbabwe), Luis Jose Mata (Venezuela), Roger McLean (Australia), Anthony J. McMichael (Iso-Britannia), Kathy Miller (USA), Evan Mills (USA), M. Monirul Qader Mirza (Bangladesh), Daniel Murdiyarto (Indonesia), Camille Parmesan (USA), Jonathan Patz (USA), Olga Pilifisova (Kazakhstan), Barrie Pittock (Australia), Jeff Price (USA), Terry Root (USA), Cynthia Rosenzweig (USA), Jose Sarukhan (Meksiko), Stephen Schneider (USA), Robert Scholes (Etelä-Afrikka), Michael J. Scott (USA), Graham Sem (Papua-Uusi Guinea), Barry Smit (Kanada), Joel B. Smith (USA), Brent Songhen (USA), Alla Tsyban (Venäjä), Jean-Pascal van Ypersele (Belgia), Pier Vellinga (Alankomaat), Tom Wilbanks (USA), Richard Warrick (Uusi Seelanti), Alistair Woodward (Uusi Seelanti) ja David Wratt (Uusi Seelanti).

Hyväksytty IPCC:n toisen työryhmän kuudennessa kokouksessa
Genevessä 13-16.2.2001

Suomentanut Esko Kuusisto/Suomen ympäristökeskus

Työryhmän raportti kokonaisuudessaan ilmestyy myöhemmin. Englanninkielinen yhteenveto päätöksentekijöille sisältää monia viittauksia raportin eri kohtiin, mutta suomennoksesta viittaukset on jätetty pois. Kaikki taulukot ja kuvat on sijoitettu suomennoksen loppuun.

Engl.kielisen yhteenvedon verkko-osoite: www.ipcc.ch

26.3.2001

1. Johdanto

Tässä Hallitustenvälisen ilmastopanelin (IPCC) työryhmän II raportissa (*Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*)¹ arvioidaan, miten herkkiä, sopeutuvia ja haavoittuvia luonto ja ihminen ovat ilmastomuutokselle. Lisäksi arvioidaan ilmastomuutoksen vaikutuksia luontoon ja ihmisen elinoloihin. Raportti pohjautuu IPCC:n edellisiin arvioihin, joiden johtopäätöksiä on tarkennettu ja otettu huomioon tuoreet tutkimustulokset.^{2,3}

Havaittuja ilmastomuutoksia, niiden syitä ja potentiaalisia tulevia muutoksia arvioidaan IPCC:n työryhmä I:n raportissa (*Climate Change 2001, The Scientific Basis*). Siinä esitetään muun muassa, että keskilämpötila maapallon pinnalla nousi 1900-luvun kuluessa $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$. IPCC:n kehittämässä skenaarioissa (*SRES; Special Report on Emission Scenarios*) arvioidaan maapallon pintalämpötilan nousuksi $1,4-5,8^\circ\text{C}$ aikavälillä 1990-2100. Merenpinnan nousun ennakoitaan olevan 9-88 cm samalla aikavälillä. Lämpeneminen on eri alueilla erisuuruista. Sademäärä kasvaa joillakin alueilla, mutta vähenee toisaalla. Ilmaston vaihtelevuus muuttuu, samoin ääri-ilmiöiden yleisyys ja rajuus. Nämä ovat ilmastomuutoksen yleispiirteet, joihin Työryhmä II:n arvio perustuu. Tehdyissä tutkimuksissa ei vielä ole selvitetty ilmastomuutoksen vaikutuksia, siihen sopeutumista ja sen haavoittavuutta, jos lämpötila nousu lähentelisi arvioidun muutosvälin ylärajaa.

Tämä yhteenveto päätöksentekijöille hyväksyttiin IPCC:n jäsenmaiden kokouksessa Genevessä helmikuussa 2001. Sisältö on kuvaus ilmastomuutoksen vaikutuksista, siihen sopeutumisesta ja sen haavoittavuudesta nykyisen tiedon perusteella.⁴ Yhteenvedon osassa 2 esitetään perustulokset koko raportin tietosisällön pohjalta. Kukin tulos korostaa ilmastomuutoksen vaikutusten, haavoittavuuden sekä muutokseen varautumisen eri ulottuvuuksia, joita ei ole asetettu tärkeysjärjestykseen. Osassa 3 käydään tuloksia läpi vaikutusten kohteen mukaan, osassa 4 nostetaan esiin keskeisiä huolenaiheita maapallon eri alueilla. Osassa 5 pohditaan tulevan tutkimuksen painopistealueita, jotta ilmastomuutoksen seuraukset ja sopeutumisen mahdollisuudet voitaisiin entistä paremmin ymmärtää.

¹ *Ilmastomuutos* viittaa IPCC:n käytössä mihin tahansa ilmaston muuttumiseen ajan myötä joko luonnollisten vaihteluiden tai ihmisen toiminnan seurauksena. Tämä viittaustapa poikkeaa YK:n ilmastopöytäkirjasta, jossa *ilmastonmuutoksella* tarkoitetaan ilmakehän koostumusta muuttavan ihmisen toiminnan aiheuttamaa suoraa tai epäsuoraa muutosta. Ilmastomuutoksen jakautumista luonnollisten tekijöiden ja ihmisen toiminnan osalle on arvioitu Työryhmä I:n raportissa.

² Tällä raportilla on ollut 183 pääkirjoittajaa ja 243 avustavaa kirjoittajaa. Raportin on lisäksi käynyt läpi 440 ulkopuolista asiantuntijaa ja 33 tarkastajaa.

³ Sadan IPCC:n jäsenmaan valtuuskunnat osallistuivat Työryhmä II:n kuudenteen kokoukseen Genevessä 13-16. helmikuuta 2001.

⁴ Yksityiskohtaiset tiedot löydettävissä koko raportista.

2. Perustulokset

2.1. Alueelliset ilmastonmuutokset, erityisesti lämpötilan nousu, ovat jo vaikuttaneet luontoon monella tavalla

Havainnot osoittavat, että alueellisilla ilmastonmuutoksilla, erityisesti lämpötilan nousulla, on jo ollut monia vaikutuksia eri puolilla maapalloa. Esimerkkejä ovat:

- jäätiköiden vetäytyminen
- ikiroudan sulaminen
- jokien ja järvien jääpeitekauden lyheneminen
- kasvukausien piteneminen korkeilla ja keskileveysasteilla
- kasvien ja eläinten levinneisyyden siirtyminen napoja kohti tai ylemmäs vuoristoissa
- eräiden kasvi- ja eläinpopulaatioiden pieneneminen
- puiden kukinnan, hyönteisten ilmestymisen ja lintujen muninnan aikaistuminen

Alueellisten lämpötilamuutosten sekä fysikaalis-biologisten muutosten välisiä yhteyksiä on todennettu niin maa-, meri- kuin sisävesiekosysteemeissä.

Yllämainitut ja kuvassa SPM-1 esitetyt esimerkit perustuvat tyypillisesti vähintään 20-vuotiseen seurantaan, jossa biologiset tai fysikaaliset muutokset on voitu osoittaa tilastollisesti riippuviksi alueellisesta lämpötilan noususta.⁵ Useimmissa tapauksissa riippuvuus on noudattanut odotettua säännönmukaisuutta, ja todennäköisyys muutoksen aiheutumiselle pelkästä sattumasta on hyvin pieni.

Monilla maapallon alueilla sademäärän muutoksen vaikutukset saattavat olla tärkeitä. Näitä vaikutuksia ei kuitenkaan vielä voida todentaa, sillä yhdenmukaista ilmastollista ja biofysikaalista tietoa ei ole olemassa riittävän pitkältä eli vähintään 20 vuoden ajalta.

Muut tekijät, kuten maankäytön muutokset ja saastuminen, ovat myös vaikuttamassa eikä eri tekijöiden roolia ole helppo erottaa. Havaitut fysikaaliset ja biologiset muutokset ovat kuitenkin eri paikoissa ja eri seuduilla sellaisia, että niiden suunta ja suuruus sopivat yhteen alueellisen lämpenemisen kanssa (kuva SPM-1). Tämän laajan näytön perusteella voidaan *suurella luotettavuudella*⁶ todeta, että viimeaikaisilla lämpötilan muutoksilla on ollut monia merkittäviä fysikaalis-biologisia vaikutuksia.

⁵ Aineistona oli 44 alueellista tutkimusta yli neljästä sadasta kasvi- ja eläinlajista, pääasiassa Pohjois-Amerikasta, Euroopasta ja eteläisiltä napa-alueilta. Seurantajaksojen pituus vaihteli välillä 20...50 vuotta. Fysikaalisiin muutoksiin liittyviä tutkimuksia oli kuusitoista. Ne koskivat noin sataa kohdetta eri puolilla maapalloa 20...150 vuoden jaksoilla.

2.2. On olemassa viitteitä, että tulvien ja kuivakausien viimeaikainen yleistyminen on vaikuttanut ihmisen elinoloihin

On kertymässä näyttöä siitä, että tulvien ja kuivakausien viimeaikaisella yleistymisellä olisi ollut sosiaalisia ja taloudellisia vaikutuksia eräillä alueilla. Tätä ei kuitenkaan ole helppo erottaa väestöllisten tekijöiden ja maankäytön muutosten vaikutuksista.

2.3. Ilmastonmuutos haavoittaa luontoa ja voi aiheuttaa peruuttamattomia muutoksia

Rajallisen sopeutumiskykynsä takia ekosysteemit voivat olla erityisen haavoittuvia, ja joillekin niistä voi aiheutua merkittäviä, peruuttamattomia vahinkoja. Uhattuina ovat jäätiköt, koralliriutat ja atollit, mangrovet, boreaaliset ja trooppiset metsät, arktiset ja vuoristojen luontotyypit, preeriakosteikot ja luonnontilaiset ruohostot. Vaikka jotkut lajit voivat runsastua tai niiden elinympäristöt laajentua, ilmastonmuutos lisää nykyisiä sukupuuton ja biodiversiteetin vähenemisen riskejä. On osoitettu *luotettavasti*, että vahinkojen maantieteellinen laajuus ja vaurioituvien luontotyyppien määrä kasvavat ilmastonmuutoksen etenemisen myötä.

2.4. Ihmisen elinolot ovat herkät ja osin haavoittuvat ilmastonmuutokselle

Ihmisen kannalta ilmastonmuutokselle herkkiä ovat vesivarat, maatalous (erityisesti ruoka-huolto), metsätalous, rannikkovyöhykkeet ja kalastus, asutus, energiantuotanto, teollisuus, vakuutus ja muut talouspalvelut, sekä terveydenhuolto. Näiden haavoittuvuus vaihtelee maantieteellisen sijainnin, ajankohdan sekä sosio-ekonomisten ja ympäristötekijöiden mukaan.

⁶ Raportin laatijat ovat liittäneet osaan johtopäätöksistä luotettavuustason. Se edustaa heidän yhteistä arviotaan, joka perustuu havaintoaineistoihin, mallituloksiin ja nykyteoriaan. Luotettavuustasot ovat:

- *hyvin suuri (yli 95 %)*
- *suuri (67-95 %)*
- *keskitaso (33-67 %)*
- *matala (5-33 %)*
- *hyvin matala (alle 5 %)*

Jos luotettavuustasoa ei ole arvioitu, tekijät ovat käyttäneet kuvailevaa asteikkoa: *well established, established-but-incomplete, competing explanations, speculative*. Näille on käytetty seuraavia suomenkielisiä vastineita: *luotettava, melko luotettava, melko epävarma, epävarma*. - Aina kun luotettavuustaso tai kuvailuvan asteikon mukainen arvio esiintyy tässä raportissa, se on merkitty *kursiivilla*.

Laatikko SPM-1

Herkkyys ilmoittaa systeemiin kohdistuvien myönteisten tai kielteisten ilmastovaikutusten asteen. Ilmastovaikutuksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä kaikkia muutoksen piirteitä: keskiarvot, vaihtelevuus sekä ääriarvojen yleisyys ja voimakkuus. Vaikutus voi olla suora (esim. satomuutos lämpötilan keskiarvon, vaihteluvälin tai vaihtelevuuden funktiona) tai epäsuora (esim. vahingot, jotka merenpinnan noususta johtuva rannikkotulvien yleistymisen aiheuttaa).

Sopeutumiskyky on systeemin kyky sopeutua ilmastonmuutokseen (vaihtelevuus ja ääriarvot mukaanlukien), lievittää potentiaalisia vahinkoja, käyttää hyväksi eri mahdollisuuksia ja selviytyä seurauksista.

Haavoittuvuus on mitta systeemin alttiudelle ja selviytymiselle ilmastonmuutoksen haittojen suhteen, muutoksen vaihtelevuus ja ääriarvot mukaan lukien. Haavoittuvuuteen vaikuttavat ilmastonmuutoksen luonne, suuruus ja nopeus sekä ao. systeemin herkkyys ja sopeutumiskyky.

Mallit ja muut tutkimukset viittaavat seuraaviin haittoihin:

- Satojen yleinen väheneminen useimmilla trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla.
- Satojen melko yleinen väheneminen keskileveysasteilla, jos vuoden keskilämpötila kohoaa enemmän kuin muutaman asteen.
- Vedensaannin vaikeutuminen monilla vesipulasta kärsivillä alueilla, erityisesti subtrooppisella vyöhykkeellä.
- Hyönteisvälitteisten tautien (mm. malaria) ja veden kautta leviävien tautien (mm. kolera) yleistymisen sekä kasvava kuolleisuus lämpöstressiin.
- Tulvariskin laaja kasvu monilla asutuilla alueilla sekä rankkasateiden lisääntymisen että merenpinnan nousun takia. Tämä ongelma koskee tutkimuskohteina olleilla alueilla kymmeniä miljoonia ihmisiä.
- Kesäajan lämpötilojen kohoamisesta aiheutuva ilmastointienergian kysynnän kasvu.

Mallit ja muut tutkimukset viittaavat seuraaviin hyötyihin:

- Satojen kasvu keskileveysasteiden joillakin alueilla, kun vuoden keskilämpötila kohoaa vähemmän kuin muutaman asteen.
- Maapallon puuvarannon kasvu oikein hoidetuista talousmetsistä.
- Vedensaannin helpottuminen joillakin vesipulasta kärsivillä alueilla, esimerkiksi Kaakkois-Aasiassa.
- Talviajan kuolleisuuden väheneminen korkeilla ja keskileveysasteilla.
- Lämmitysenergian kysynnän pieneneminen talviajan lämpötilojen kohoamisen myötä.

2.5. Ilmastollisten ääriarvojen muutoksilla voi olla merkittäviä seurauksia

Ihmisen ja luonnon haavoittuvuus ilmastollisten ääriarvojen suhteen ilmenee vahingoista, vaikeuksista ja kuolemantapauksista, joita kuivuudet, tulvat, lämpöaallot, lumivyöryt ja myrskyt ovat aiheuttaneet. Osa näistä ilmiöistä tulee yleistymään ja/tai äärevöitymään tämän vuosisadan kuluessa ilmastollisten keskiarvojen ja/tai vaihtelevuuden muuttuessa.

Näin ollen on odotettavissa, että myös ääri-ilmiöiden vaikutukset kasvavat ilmaston lämpenemisen myötä (Kuva SPM-2). Mataliin lämpötiloihin liittyvien ääri-ilmiöiden, kuten kovi-en pakkasjaksojen, arvioidaan puolestaan harvinaistuvan tulevaisuudessa. Tällä on sekä hyödyllisiä että haitallisia seurauksia.

Ilmaston ääri-ilmiöiden vaikutusten arvioidaan kohdistuvan suhteellisesti eniten maapallon köyhiin. – Esimerkkejä ilmaston vaihtelevuuden ja ääri-ilmiöiden muutosten seurauksista on esitetty taulukossa SPM-1.

2.6. Laaja-alaisten ja peruuttamattomien vaikutusten mahdollisuus luo vaikeasti mitattavia riskejä

Tälle vuosisadalle ennustettu ilmastonmuutos⁷ voi myöhemmin laukaista laajoja ja mahdollisesti peruuttamattomia muutoksia, jotka koskevat kokonaisia mantereita ja koko maapalloa. Tällaisten muutosten mahdollisuus vaihtelee eri ilmastoskenaarioissa, eikä kaikkia mahdollisia skenaarioita ole vielä arvioitu. Esimerkkeinä näistä muutoksista ovat Pohjois-Atlantille kulkeutuvan lämpimän veden määrän väheneminen, Grönlannin ja Länsi-Antarktiksien mannerjäätikön vetäytyminen sekä laajamittainen hiilen tai metaanihydraattien vapautuminen ikiroudasta tai mannerjalustojen sedimenteistä. Näiden muutosten todennäköisyyttä ei luotettavasti tunneta, mutta se lienee useimpien ilmiöiden osalta hyvin alhainen. Todennäköisyys kuitenkin kasvaa ilmastonmuutoksen nopeuden, suuruuden ja keston myötä.

Jos näitä muutoksia tapahtuisi, niiden vaikutukset olisivat laajoja ja pysyviä. Esimerkiksi valtamerten termohaliinisen kierron heikkeneminen vaikuttaisi syvän veden happipitoisuuksiin sekä merten ja meriekosysteemien hiilinieluun. Se myös vähentäisi lämpenemistä osissa Eurooppaa. Länsi-Antarktiksien mannerjäätikön hajoaminen ja jään sulaminen Grönlannissa⁸ voisivat kumpikin nostaa valtamerten pintaa jopa kolme metriä seuraavan vuosituhannen kuluessa. Monet saaret sekä laajat rannikkoalueet peittyisivät veden alle. Ilmiön nopeus voisi olla niin suuri, että merenpinnan nousu ylittäisi niin ekosysteemien kuin ihmisen kyvyn

⁷ Työryhmä I:n Yhteenveto päätöksentekijöille sisältää ennakoitujen ilmastonmuutosten yksityiskohdat. Ne on pääpiirteissään esitetty myös kuvassa SPM-2.

⁸ Työryhmä I:n Yhteenveto päätöksentekijöille sisältää yksityiskohtaiset arviot Länsi-Antarktiksien ja Grönlannin mannerjäätiköiden vaikutuksista merenpinnan korkeuteen.

sopeutua tilanteeseen ilman huomattavia vaikutuksia. Lämpenemisen aiheuttama hiilen ja metaanihydraattien voimakas vapautuminen ikiroudasta ja rannikkomerien sedimenteistä kasvattaisi edelleen ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuutta ja voimistaisi ilmastonmuutosta.

2.7. Sopeutuminen on kaikilla tasoilla välttämätöntä ilmastonmuutoksen vaikutusten vähentämiseksi

Sopeutuminen voi vähentää monia ilmastonmuutoksen haittavaikutuksia ja voimistaa hyötyjä, mutta se maksaa eikä sillä voida estää kaikkia vahinkoja. Ilmastonmuutoksen haavoittavuutta ja siihen sopeutumista arvioitaessa on keskimääräisen muutoksen ohella otettava huomioon ääri-ilmiöt, vaihtelevuus ja muutoksen nopeus. Sekä ihminen että luonto sopeutuvat omaehtoisesti jossakin määrin ilmastonmuutoksen. Suunniteltu sopeutuminen voi täydentää tätä; ihmisen elinolojen osalta vaihtoehdot ja elvytysmahdollisuudet ovat suuremmat kuin ekosysteemien suojelussa. Sopeutuminen on kaikilla tasoilla välttämätön strategia pyrittäessä lieventämään ilmastonmuutoksen vaikutuksia.

Ilmaston vaihteluun ja ääri-ilmiöihin sopeutumisesta kertynyttä kokemusta voidaan hyödyntää, kun kehitetään toimintatapoja tulevan ilmastonmuutoksen varalle. Nykyinen sopeutuminen tuottaa usein hyötyjä ja muodostaa perustan tulevan ilmastonmuutoksen varalle. Kokemus kuitenkin myös osoittaa, että kaikkia sopeutumismahdollisuuksia ei voida rajoituksitta hyödyntää. Lisäksi voi esiintyä sopeutumiselle vastakkaisia ilmiöitä, kuten riskialttiiden alueiden kehittämistä. Näiden syynä ovat lyhytnäköiset päätökset, tunnetun ilmastollisen vaihtelun jättäminen huomiotta sekä liiallinen luottamus vakuutusjärjestelmiin.

2.8. Heikoimmat sopeutuvat huonoiten ja kärsivät eniten

Kykyyn sopeutua ilmastonmuutokseen ja selviytyä siitä vaikuttavat vauraus, teknologia, koulutus, tieto, taidot, infrastruktuuri, resurssien saatavuus sekä hallinnon kyvykkyys. Eri kansat ja yhteisöt ovat näiden tekijöiden suhteen hyvin eri asemassa; vähiten kehittyneet ovat yleensä heikoimmilla. Heillä on näin ollen muita vähäisempi kyky sopeutua ilmastonmuutoksen vaikutuksiin ja suurempi alttius niille, samoin kuin muille ongelmille. Köyhimmän väestöosan tilanne on vaikein.

Ilmastonmuutoksen hyödyt ja kustannukset on arvioitu rahallisesti ja esitetty maittain, alueille ja maapallon laajuisesti. Näihin arvioihin ei yleensä ole sisällytetty ilmaston vaihteluiden, ääri-ilmiöiden eikä muutosnopeuden erojen vaikutuksia. Arviot myös heijastelevat vain osittain vaikutuksia sellaisiin tuotteisiin tai palveluihin, joilla ei ole maailmanmarkkinoita. Nämä puutteet johtavat yleisesti ilmastonmuutoksen haittojen aliarviointiin ja taloudellisten hyötyjen yliarviointiin. Arvioituja vaikutuksia ei voida ristiriidatta laskea yhteen, koska laskelmissa joidenkin osapuolten hyödyt ovat toisille haittoja. Myös käytettyjen painokerrointen arvot ovat väistämättä harkintaan perustuvia.

Näistä rajoituksista huolimatta julkaistut arviot osoittavat, että maapallon keskilämpötilan⁹ nousu johtaa taloudellisiin nettomenetyksiin monissa kehitysmaissa kaikilla tutkituilla lämpenemisillä (*matala luotettavuus*); menetykset kasvavat lämpenemisen voimistuessa (*keskitason luotettavuus*). Monille kehittyneille maille ennustetaan sekä hyötyjä että haittoja muutaman asteen suuruiseen lämpenemiseen saakka (*matala luotettavuus*), mutta suuremmilla lämpenemisillä haittoja (*keskitason luotettavuus*).

Taloudellisten vaikutusten arvioitu jakautuminen lisää hyvinvointieroja kehitysmaiden ja kehittyneiden maiden välillä. Tämä eriarvoisuus kasvaa lämpötilan nousun myötä (*keskitason luotettavuus*). Haitallisemmat vaikutukset kehitysmailla heijastelevat osittain niiden kehittyneitä maita heikompaa sopeutumiskykyä.

Globaalisti summattuina ilmastonmuutoksen hyödyt ja kustannukset ovat joitakin prosentteja maailman bruttokansantuotteesta muutaman asteen suuruiseen lämpenemiseen saakka (*matala luotettavuus*). Sen jälkeen nettohaitat muodostuvat suuremmiksi (*keskitason luotettavuus*). Lukumääräisesti useammille ihmisille aiheutuu haittaa kuin hyötyä myös muutamaa astetta pienemmästä lämpenemisestä (*matala luotettavuus*). Nämä tulokset ovat herkkiä monille tekijöille: alueellisen ilmastonmuutoksen suuruus ja nopeus, alueen kehitystaso ja sopeutumiskyky, vaikutusten arvottaminen sekä rahallisten hyötyjen ja haittojen arviointimenetelmät, mukaan lukien korkotasot.

Sekä ihmishenkien menetyksen että taloudellisten tekijöiden osalta ilmastonmuutoksen vaikutukset arvioidaan suurimmiksi kehitysmaissa. Ilmaston ääri-ilmiöiden aiheuttama BKT:n suhteellinen alenema on jo tähän mennessä ollut kehitysmaissa selvästi suurempi kuin kehittyneissä maissa.

2.9. Varautuminen, kestävä kehitys ja tasa-arvon tukeminen voivat vahvistaa toisiinsa

Monet ilmastonmuutokselle alttiit yhteisöt ja alueet kärsivät myös esimerkiksi väestönkasvusta, luonnonvarojen ehtymisestä ja köyhyydestä. Luonnonvaroihin kohdistuvia paineita ja ympäristöriskejä vähentävät toimet sekä köyhimpien ihmisten elintason kohentaminen voivat edistää kestävästä kehitystä ja tasa-arvoa. Ne myös vahvistavat sopeutumista ilmastonmuutokseen sekä vähentävät sen ja muiden ongelmien haavoittavuutta.

Ilmastoriskien sisällyttäminen kansallisten ja kansainvälisten kehityshankkeiden suunnitteluun ja toteuttamiseen voivat johtaa kestävämpään kehitykseen, joka myös vähentää alttiutta ilmastonmuutoksen haittoille.

⁹ Maapallon keskilämpötilan muutosta käytetään ilmastonmuutoksen suuruuden indikaattorina, vaikka skenaarioihin sisältyy alueellisesti eriytettyjä lämpötilan, sademäärän ja muiden ilmastosuureiden muutoksia.

3. Vaikutukset luontoon ja ihmisen elinoloihin; haavoittuvuus

3.1. Hydrologia ja vesivarat

Ilmastonmuutoksen vaikutukset virtaamiin ja pohjaveden muodostumiseen vaihtelevat alueittain ja skenaarioittain, paljolti sademäärän muutosarvioiden mukaan. Yhtenevänä piirteenä monet muutoskenaariot ja mallit ennakoivat virtaamien kasvua korkeilla leveysasteilla sekä Kaakkois-Aasiassa, ja niiden alenemista Keski-Aasiassa, Välimeren alueella, eteläisessä Afrikassa ja Australiassa (*keskitason luotettavuus*; katso kuva SPM-3). Muilla alueilla, muun muassa keskileveysasteilla, virtaaman muutosarviot eivät ole yhteneviä. Tämä johtuu osin sademäärän muutosarvioiden eroista, osin haihdunta-arvioiden vaihtelusta, joka voi kompensoida sademäärän kasvun.

Eri ilmastomallien antamat keskivirtaaman muutosarviot ovat yleensä pienemmät kuin pelkkiin lämpötilan muutoksiin perustuvat, koska sademäärän muutos tasoittaa tilannetta. Tietyn suuruisen ilmastonmuutoksen vaikutus vaihtelee vesistöittäin riippuen fysikaalisista tekijöistä ja kasvillisuudesta, eikä sitä voi aina erottaa maankäytön muutosten vaikutuksesta.

Kolmasosa maapallon väestöstä, noin 1,7 miljardia ihmistä, asuu nykyään vesipulasta kärsivissä maissa (so. vedenkäyttö ylittää 20 % uusiutuvista vesivaroista, mikä on yleisesti käytetty määritelmä). Väestönkasvun ja vedenkulutuksen lisääntymisen ennakoidaan nostavan tämän lukumäärän noin viiteen miljardiin vuoteen 2025 mennessä. Arvio on riippuvainen väestönkasvusta. Ilmastonmuutos niukentaa vesivaroja monissa jo nykyisin vesipulasta kärsivissä maissa, erityisesti Keski-Aasiassa, eteläisessä Afrikassa ja Välimeren alueella. Eräillä alueilla vesivarat voivat lisääntyä.

Tulvat voimistuvat ja niitä sattuu nykyistä useammin monilla alueilla rankkojen sateiden yleistymisen myötä. Haihdunnan kasvaessa kuivakausien virtaamat todennäköisesti pienenevät monilla alueilla. Sademäärän muutokset voivat pahentaa tai parantaa tätä tilannetta. Ilmastonmuutos heikentänee veden laatua; syinä voivat olla veden lämpötilan nousu, huuhtoumien kasvu ja jätealueiden tulviminen, tai virtaamien pieneneminen. Päinvastainen vaikutus voi olla virtaamien kasvulla eräillä alueilla. Siellä missä lumi on nykyään vesitaseen olennainen osatekijä, kasvava osuus talvisateista voi tulla vetenä, ja tulvahuippu siirtyy kevästä talvea kohti.

Veden tarve on yleisesti lisääntymässä väestönkasvun ja taloudellisen kehityksen myötä. Poikkeuksina ovat maat, joissa vedenkäyttö on tehostunut. Ilmastonmuutos ei todennäköisesti vaikuta suuresti asutuksen ja teollisuuden vedenkulutukseen, mutta tilanne on toinen kasteluveden tarpeen osalta. Tämä on myös riippuvainen sademäärän muutoksista, mutta kasvien haihdunnan tehostuminen nousevien lämpötilojen myötä lisäänee kasteluveden tarvetta.

Suurimmat uhat kohdistuvat hoitamattomiin sekä heikosti ja kestävästi hoidettuihin vesihuoltojärjestelmiin. Näiden laiminlyöntien syinä ovat:

- sellainen hinnoittelu tai muu politiikka, joka ei kannusta vesiensuojeluun ja veden laadun kohentamiseen

- epäonnistuminen vedentarpeen ja vesivarojen vaihteluiden hoidossa
- tekniset heikkoudet
- oikean ammatillisen ohjauksen puute.

Hoitamattomissa vesihuoltojärjestelmissä on vähän tai ei lainkaan rakenteita, jotka puskuvoivat hydrologisen vaihtelun vaikutuksia veden laatuun ja määrään. Kestämättömästi hoidetuissa järjestelmissä vedenkäyttö ja maankäytön muodot ovat sellaiset, että ilmastonmuutoksen haavoittavuus kasvaa.

Erityisesti integroidut vesivarojen hoitomenetelmät ovat käyttökelpoisia sopeuduttaessa ilmastonmuutoksen hydrologisiin vaikutuksiin ja lisääntyneeseen epävarmuuteen, jolloin haavoittuvuus vähenee. Nykyään vesihuollossa kiinnitetään paljon laajemmin huomiota itse vesivaroihin eikä pyritä vähentämään herkkyyttä niiden vaihteluille. Jälkimmäistä lähestymistapaa tulee vahvistaa esimerkiksi veden monihintajärjestelmällä, valistuskampanjoilla sekä erilaisin säädöksin. Kyky tehokkaihin toimenpiteisiin vaihtelee kuitenkin suuresti eri maissa. Monissa kehitysmaissa ja siirtymätalouden maissa se on alhainen.

3.2. Maatalous ja ravinnonsaannin turvaaminen

Ilmastonmuutoksen vaikutukset viljelyskasvien satoihin vaihtelevat suuresti. Tärkeitä tekijöitä ovat:

- kasvilaji ja lajike
- maaperän ominaisuudet,
- tuholaiset ja patogeenit
- hiilidioksidin suora vaikutus kasveihin
- hiilidioksidin, ilman lämpötilan, veden ja ravinteiden saatavuuden sekä ilman laadun väliset riippuvuudet
- sopeutumismuutokset.

Vaikka kohonnut ilman CO₂-pitoisuus voi kiihdyttää kasvua ja lisätä satoa, tämä hyöty ei aina riitä kumoamaan kohonneen lämpötilan ja kuivuuden aiheuttamia haittoja (*keskitason luotettavuus*). Tähän liittyvät tutkimustulokset sekä maatalouden sopeutumista koskevat selvitykset on IPCC:n toisen raportin jälkeen sisällytetty malleihin, joilla on tutkittu ilmastonmuutoksen vaikutuksia satoihin, ruokahuoltoon, viljelijöiden tuloihin sekä ruoan hintaan.

Kustannuksia syntyy satomenetyksen takia sekä sopeutettaessa karjataloutta ilmastonmuutokseen. Maatalouden varautumiskeinoja ovat esimerkiksi kylvöaikojen ja kotieläinten lisääntymisaikojen säätely, kastelujärjestelmän muutokset, kasvinjalostus sekä kotieläinlajien vaihtaminen.

Muutamaa astetta vähäisempi lämpeneminen lisää yleisesti satoja keskileveysasteilla, kun maatalouden omaehtoinen sopeutuminen otetaan huomioon, mutta tätä suurempi lämpeneminen synnyttää haittoja (*keskitason tai matala luotettavuus*). Trooppisissa eräitä kasveja viljellään lähellä niiden lämmönsietorajaa ja pelkkään sademäärään perustuva viljely on yleistä; siellä pienikin lämpötilan nousu voi pienentää satoja. Niillä trooppisilla alueilla, missä sademäärä alenee selvästi, satojen pieneneminen on vielä ilmeisempää. Maatalouden

omaehtoinen sopeutuminen vähentänee haittoja tropiikissa, mutta silti satotaso tullee pysyttelemään nykyisen alapuolella.

Jos ilmastonmuutosta ei oteta huomioon, useimmat globaalit ja alueelliset selvitykset viittaavat siihen, että viime vuosisadalla alkanut maataloustuotteiden reaalihintojen aleneminen jatkuu tulevaisuudessa. Taloudellisten mallien mukaan ilmastonmuutos johtanee pienehköihin globaalin maataloustulon muutoksiin. Kehittyneillä alueilla muutokset ovat positiivisia, heikommin kehittyneillä niukasti positiivisia tai negatiivisia (*matala luotettavuus*). Näiden johtopäätösten tarkentaminen edellyttää jatkotutkimuksia, joissa selvitetään erityisesti taloudellisten mallien herkkyyttä lähtöoletuksilleen.

Olemassaolevat tutkimukset viittaavat *melko luotettavasti* siihen, että maapallon keskilämpötilan muutamaa astetta suurempi nousu voisi kääntää ruoan hinnan nopeaan nousuun. Tämä johtuisi siitä, että maapallon ruoantuotantokyky kasvaisi hitaammin kuin elintarvikkeiden kysyntä. Muutamaa astetta pienemmällä lämpenemisellä ilmastonmuutosta ei voida erottaa muista vaikuttavista tekijöistä. Eräät viimeaikaiset yhteenvedot viittaavat taloudellisiin seurauksiin haavoittuvissa väestöryhmissä, joita ovat esim. pienviljelijät ja kaupunkien köyhät. Ilmastonmuutos alentaisi näiden väestöryhmien tulotasoa ja lisäisi nälkäriskille altistuvien lukumäärää. Tätä aihetta koskeva tieteellinen tutkimus on kuitenkin erittäin puutteellista. On kuitenkin melko selviä viitteitä, että ääri-ilmiöiden lisääntyminen ja ilmasto-työhykkeiden siirtyminen heikentää ruokahuollon turvallisuutta Afrikassa.

3.3. Maaekosysteemit ja sisävesikosteikot

Kasvillisuusmallit viittaavat yhä siihen, että ilmastonmuutos aiheuttaa ekosysteemeille huomattavia vaurioita (*suuri luotettavuus*). Ekosysteemien tai suureloyhteisöjen (biomien) maantieteellinen siirtyminen sellaisinaan on epätodennäköistä; sen sijaan lajistokoostumus ja lajien valtasuhteet tietyllä paikalla muuttuvat. Nämä ilmiöt seuraavat ilmastonmuutosta vuosien, vuosikymmenten tai jopa vuosisatojen viiveellä (*suuri luotettavuus*).

Eläinten alueellinen esiintyminen, populaatioiden koot ja tiheydet sekä eläinten käyttäytyminen tulevat todennäköisesti yhä riippumaan suoraan ilmaston globaalista ja alueellisista muutoksista, ja välillisesti kasvillisuuden muutoksista. Makean vedet kalojen levinneisyysalueet siirtyvät navoille päin; kylmän ja viileän veden suosijoiden elinympäristöt supistuvat, ja lämpimän veden suosijat ovat hyötyjiä (*suuri luotettavuus*).

Monet eläinlajit ja populaatiot ovat jo nyt uhattuja. Riskin arvioidaan kasvavan, sillä ilmastonmuutos tekee nykyisistä elinalueista monille lajeille sopimattomia. Samalla maankäytön muutokset pirstovat elinalueita ja luovat esteitä lajien siirtymiselle. Ellei toimiin ryhdytä, useimmat nykyään erittäin uhanalaisiksi luokitelluista lajeista kuolevat sukupuuttoon. Valtiosa vaarantuneista lajeista harvinaistuu ja myös niitä uhkaa häviäminen tämän vuosisadan kuluessa (*suuri luotettavuus*).

Eläinlajien riskejä voidaan vähentää muun muassa perustamalla erityyppisiä suojelualueita ja niitä yhdistäviä ekologisia käytäviä, sekä tarhauksin ja siirtoistutuksin. Näiden kaikkien soveltamisella on taloudellisia rajoituksia.

Maaekosysteemit näyttäisivät varastoivan yhä suurempia määriä hiiltä. Tämän arvioitiin IPCC:n toisessa raportissa johtuvan siitä, että kohonneen CO₂-pitoisuuden, lämpötilan nousun ja maankosteuden muutosten vuorovaikutus lisää kasvibiomassan tuotantoa. Tuoreet tulokset varmentavat tuotannon lisääntyvän, mutta se jäänee luonnonoloissa pienemmäksi kuin koetilanteissa (*keskitason luotettavuus*). Maaekosysteemien hiilinielu voikin riippua enemmän maan käyttö- ja hoitotapojen muutoksista kuin kohonneen hiilidioksidin ja ilmaston suorista vaikutuksista. Näiden tekijöiden mutkikkaat vuorovaikutukset aiheuttavat terrestrisen hiilinielun suuruuteen ja pysyvyyteen epävarmuutta (esim. arktiset maaekosysteemit ja kosteikot voivat toimia sekä lähteinä että nieluina) (*keskitason luotettavuus*).

Pienehkön ilmastonmuutoksen arvioidaan lisäävän maapallon puuvarantoa ja vahvistavan kehitysmaiden osuuden kasvua maailmanmarkkinoilla (*keskitason luotettavuus*). Tämä IPCC:n toisesta raportista poikkeava tulos perustuu tutkimuksiin, joissa on otettu huomioon maankäytön ja tuotteiden hoidon kautta tapahtuva sopeutuminen, mutta ei hiilinielun tietoista voimistamista metsätaloudellisin hankkein. Kuluttajat hyötynevät alentuneista puutavaran hinnoista, tuottajille syntyy voittoa tai tappiota, riippuen puiden alueellisista kasvu- ja mahdollisista metsäkuolemista.

3.4. Rannikkovyöhykkeet ja meriekosysteemit

Valtamerien osalta ilmastonmuutos aiheuttanee pintalämpötilan kohoamista, korkeustason nousun, jääpeitteen kutistumista sekä suolaisuuden, aallokon ja kiertoliikkeen muutoksia. Valtameret ovat ilmastosysteemin keskeinen ja muutoksille altis osa, jolla on tärkeitä fyysikaalisia ja biokemiallisia takaisinkytkentöjä ilmastoon.

Monet meriekosysteemit ovat hyvin herkkiä ilmastonmuutokselle. Ilmastolliset trendit ja vaihtelut ilmenevät monivuotisinä ilmakehä-valtamerisysteemin jaksoina (esim. Pacific Decadal Oscillation) sekä heilahduksina tilasta toiseen. Näiden katsotaan nykyään vaikuttavan voimakkaasti kalakantojen runsauteen, jolla on huomattava merkitys monissa kalastuksesta riippuvissa yhteisöissä.

Ilmastonmuutoksen takia tulvat pahenevat monilla rannikkoalueilla, eroosio kiihtyy, kosteikot ja mangrovet häviävät, ja suolainen vesi tunkeutuu makean veden muodostumiin. Myrskyjen aiheuttamat haitat, kuten hyökyluovat ja rantaeroosio, kasvavat merenpinnan nousun ja ilmastonmuutoksen myötä. Korkeiden leveysasteiden rannikoilla haittoja tehostaa aaltoenergian kasvu ja ikeroudan sulaminen. Merenpinnan korkeusmuutokset vaihtelevat alueittain, koska maanpinta muista syistä kohoaa tai vajoaa.

Vaikutukset monimuotoisiin rannikoiden luontotyyppeihin (koralliriutat, suolavesikosteikot, mangrovet) riippuvat useista tekijöistä:

- merenpinnan nousunopeuden suhde eliöiden kasvunopeuteen sekä sedimentin kulkeutumiseen
- luontotyypin mahdollisuudet siirtyä uuteen paikkaan
- meriveden lämpötilan sekä myrskyisyyden muutokset
- ihmistoimien aiheuttamat paineet.

Korallien haalistumistapaukset viimeisen 20 vuoden aikana on yhdistetty useisiin tekijöihin, muun muassa meriveden lämpenemiseen. Tuleva lisälämpeneminen voi kasvattaa koralleihin kohdistuvaa uhkaa ja johtaa tautien lisääntymiseen (*suuri luotettavuus*). Rannikko-vyöhykkeiden varautumistoimissa painopiste on siirtynyt suojarakenteista (vallit, holvikaa-ret) pehmeisiin suojelumenetelmiin (esim. rantahiekan lisääminen). Samoin painotetaan nykyään hallittua rantaviivan vetäytymistä sekä rannikkoalueiden luonnon ja sosioekonomisten rakenteiden joustavuutta.

3.5. Ihmisen terveys

Tiedot lyhytaikaisten sääilmiöiden vaikutuksista ihmisen terveyteen ovat IPCC:n toisen raportin jälkeen yhä tarkentuneet. Tämä koskee erityisesti lämpöstressiä, ilmansaasteita, myrskyjen ja tulvien vaikutuksia sekä ilmaston vuodenaikais- ja vuosivaihteluiden vaikutusta tartuntatauteihin. Väestön altistuminen terveyshaitoille ja mahdollisuudet sopeutumisiin ymmärretään entistä paremmin.

Useat hyönteisten välittämät sekä ruoan ja veden mukana leviävät taudit ovat tunnetusti herkkiä ilmasto-olojen muutoksille. Mallien antamien tulosten mukaan¹⁰ malarian ja dengue-kuumeen esiintymisalueet laajenevat ilmastomuutoksen myötä (*keskitason tai suuri luotettavuus*). Jo nykyään 40-50 % ihmiskunnasta on altistuneena ainakin toiselle näistä hyönteisten kautta leviävistä taudeista. Nykyisillä esiintymisalueilla tautitapausten lukumäärä ja vuodenaikaisvaihtelun suuruus voivat kasvaa. Jotkut tartuntataudit saattavat paikoin käydä harvinaisemmiksi. Kaikissa tapauksissa taudin todelliseen esiintyvyyteen vaikuttavat voimakkaasti paikalliset ekologiset ja sosioekonomiset olot sekä terveydenhuollon taso.

Ennakoituun ilmastomuutokseen liittyy helleaaltojen yleistyminen. Sen vaikutuksia pahentavat usein kosteuden kasvu ja ilmansaasteet, jotka voivat lisätä kuolemantapausten ja sairastuneiden määrää. Vaikutukset ovat suurimmat kaupungeissa; erityisen alttiita ovat vanhukset, sairaat sekä ne, joilla ei ole mahdollisuutta hankkia ilmastointia (*suuri luotettavuus*). On jonkin verran näyttöä, että lauhkeassa ilmastossa talvikuolleisuuden alenema ylittäisi kesäkuolleisuuden kasvun (*keskitason luotettavuus*). Tehdyt tutkimukset, jotka pääosin rajoittuvat kehittyneisiin maihin, eivät kuitenkaan mahdollista kesä- ja talviajan kuolleisuusmuutosten kattavaa vertailua.

Laajan kokemuksen perusteella on selvää, että tulvien yleistyminen lisää hukkumiskuolemia, ripuli- ja hengityselinsairauksien riskejä sekä kehitysmaissa nälkää ja aliravitsemusta (*suuri luotettavuus*). Jos syklonit yleistyvät jollakin alueella, suuria tuhoja on myös usein odotettavissa erityisesti tiheästi asutuilla, köyhillä seuduilla. Ilmastomuutos pienentää satoja ja ruoantuotantoa eräillä alueilla, erityisesti tropiikissa. Tämä altistaa varsinkin köyhiä aliravitsemukselle, johtaa lasten kehityshäiriöihin ja passivoi aikuisväestöä. Paikoin voi aiheutua yhteiskunnallista levottomuutta, joka heikentää asuin ympäristön laatua ja terveyttä.

¹⁰ Ilmastomuutoksen vaikutuksia on selvitetty malarian osalta viidessä tutkimuksessa, dengue-kuumeen osalta kolmessa. Näistä kahdeksasta tutkimuksesta seitsemän on biologisia ja yksi tilastollinen.

Kaikkien terveyshaittojen osalta on olemassa yhteiskunnallisia, institutionaalisia, teknologisia sekä ihmisten käyttäytymiseen liittyviä sopeutumiskeinoja, joilla haittoja voidaan lieventää. Näitä keinoja ovat esimerkiksi julkisen terveydenhuollon tehostaminen, elinympäristön kohentaminen (ilman ja veden laatu, ravinnonsaannin turvaaminen, kaupunki- ja asuntopuunnittelu, pintavesivarojen hoito) sekä tyydyttävät lääkäri- ja sairaalapalvelut.

Yhteenvedon voidaan todeta, että ilmastonmuutoksen terveyshaitoista kärsii eniten heikosti toimeentuleva väestönosa, etenkin trooppisissa ja subtrooppisissa maissa. Näitä haittoja voidaan yleisesti vähentää varautumalla niihin.

3.6. Asutus, energia ja teollisuus

Lisääntyvä ja tarkentuva tieto osoittaa, että ilmastonmuutos vaikuttaa ihmisen asuinoloihin erityisesti kolmella tavalla:

- 1) Heikentämällä asutusta tukevia talouden sektoreita. Tämä voi tapahtua tuottavuuden muutosten tai tuotteiden ja palveluiden kysyntämuutosten kautta.
- 2) Vaikuttamalla suoraan infrastruktuuriin (mm. energian siirto ja jakelu), rakennuksiin, taajamapalveluihin (mm. liikenne) sekä tiettyihin teollisuudenhaaroihin (mm. agroteollisuus, turismi, rakentaminen).
- 3) Vaikuttamalla suoraan väestöön (sään ääri-ilmiöt, terveydentila, muuttoliike). Ongelmat ovat jossain määrin erilaisia suurimmissa asutuskeskuksissa (esim. yli miljoona asukasta) kuin pienissä tai keskisuurissa taajamissa.

Tulvat ja maanvyörymät muodostavat laajimman uhan asutukselle. Niitä aiheuttavat rannentuvat sateet sekä rannikoilla merenpinnan nousu. Jokivarsien ja rannikoiden asutus on suurimmassa vaarassa, mutta taajamatulvat voivat olla ongelmana kaikkialla, missä viemäröinti sekä vesi- ja jätehuolto ovat puutteelliset (*suuri luotettavuus*). Erityisen haavoittuvia ovat slummialueet ja muu epävirallinen taajama-asutus, missä väestötiheys on suuri, sopeutumiskyky alhainen ja veden sekä terveystalvelujen saatavuus heikko. Myös muut taajamia koettelevat ongelmat voivat lämpötilan nousun ja sademäärän kasvun myötä pahentua; tällaisia ovat veden ja energian saatavuus, jätehuolto ja liikenne.

Taajamien kasvu alavilla rannikkoalueilla on nopeaa sekä kehitys- että teollisuusmaissa. Tämä lisää voimakkaasti trooppisille myrskyille ja muille ilmastouhille alttiin väestön ja omaisuuden määrää. Merenpinnan nousun keskiskenaarion (40 cm vuoteen 2080 mennessä) toteutuessa arvioidaan rannikkoalueiden hyökyltulville altistuvan 75-200 miljoonaa ihmistä enemmän kuin tilanteessa, jossa merenpinta ei nousisi lainkaan. Sopeutumisvaste vaikuttaa tähän lukumäärään. Merenpinnan nousun aiheuttamat vahingot rannikkoalueiden infrastruktuurille voivat olla kymmeniä miljardeja dollareita yksittäisissä maissa, kuten Egyptissä, Puolassa ja Vietnamissa.

Haavoittuvimpia ovat yhteisöt, joiden talous perustuu pääosin ilmastolle herkkään perustuotantoon, kuten maa- ja metsätalouteen sekä kalastukseen (*suuri luotettavuus*). Kehitty-

neillä arktisilla alueilla, mikäli ikiroudan jääpitoisuus on suuri, on kiinnitettävä erityistä huomiota sulamishaittoihin, kuten rakennuksille ja liikenteelle aiheutuviin vakaviin vaurioihin (*hyvin suuri luotettavuus*).

Teollisuus, liikenne ja kauppa ovat yleensä alttiit samoille uhille kuin asutus. Ilmastointienergian tarve kasvaa, lämmitysenergian vähenee. Nettovaikutus vaihtelee alueittain ja skenaarioittain. Joillekin energian tuotanto- ja jakelujärjestelmille aiheutuu haittoja, jotka heikentävät energiahuollon tasoa ja luotettavuutta. Jotkut järjestelmät hyötyvät.

Mahdollisia sopeutumiskeinoja ovat:

- taajamien ja niiden infrastruktuurin oikea suunnittelu
- teollisuusrakenteiden sijoittaminen sopiviin paikkoihin
- pitkävaikutteisten päätösten tekeminen siten, että ilmastonmuutoksen myötä yleistyvien ja seurauksiltaan pahenevien ilmiöiden vaikutukset otetaan huomioon.

3.7. Vakuutus ja muut talouspalvelut

Sekä tavallisten sääilmiöiden että ääritilanteiden kustannukset ovat viime vuosikymmeninä nopeasti kasvaneet. Katastrofeiksi luonnehdittavien sääilmiöiden kustannukset olivat 1950-luvulla keskimäärin 3,9 miljardia dollaria vuodessa, mutta 1990-luvulla vastaava summa oli 40 miljardia dollaria (luvat vuoden 1999 dollarin arvon mukaan). Kasvu oli siis 10,3-kertainen, ja noin neljännes kustannuksista syntyi kehitysmaissa. Vakuutetun omaisuuden vahingot kohosivat samana aikana lähes nolasta 9,2 miljardiin dollariin vuodessa. Jos ei-katastrofaaliset sääilmiöt otetaan mukaan, kokonaismenetykset kaksinkertaistuvat. Vakuutussektorin haavoittuvuuden kasvua voidaan mitata sillä, että jaksolla 1985-1999 omaisuus- ja henkilövakuutusmaksujen suhde maksettuihin korvauksiin putosi kolmannekseen.

Sääilmiöiden aiheuttamat kustannukset ovat kasvaneet nopeasti, vaikka infrastruktuuria ja katastrofivalmiutta on merkittävästi ja kiihtyvällä vauhdilla vahvistettu. Osa katastrofien aiheuttamien kustannusten noususta 1900-luvun jälkipuoliskolla liittyy yhteiskunnallisiin tekijöihin, kuten väestönkasvuun, varallisuuden lisääntymiseen ja riskialttiille alueille rakentamiseen. Osa kustannusnoususta liittyy ilmastollisiin seikkoihin, kuten havaittuihin sademäärän ja tulvien muutoksiin. Kokonaiskustannusten jakaminen näiden kahden tekijäryhmän kesken on vaikeaa; jakauma myös vaihtelee alueittain ja ilmiöittäin.

Ilmastonmuutoksen ja siihen yhdistettävissä olevien säähän liittyvien ilmiöiden muutokset saattavat lisätä riskiarvioinnin vakuutusmatemaattista epävarmuutta (*suuri luotettavuus*). Tämä kehitys synnyttää vakuutusmaksujen korotuspaineita ja saattaa johtaa vakuutusten kattavuuden kaventumiseen. Tällöin kustannukset nousevat ja vakuutusten ulottaminen kehitysmaihin hidastuu. Vakuutusten rooli riskien hallinnassa voi vähetä ja hallituksilta odotetaan lisääntyvää taloudellista apua. Näiden muutosten myötä julkisen ja yksityisen sektorin roolien voi odottaa muuttuvan.

Talouspalvelut kokonaisuutena pystyvät selviytymään ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Historiallinen kokemus tosin osoittaa, että harvinaisimmat, suurinta tuhoa aiheuttavat ilmiöt tai usean katastrofin sattuminen lyhyellä aikaa voivat vakavasti koetella taloussektoria. Näin

käy varsinkin silloin, jos sektorin sopeutumiskyky on samanaikaisen, ilmastoon liittymättömän tekijän (esim. tiukkojen rahoitusmarkkinoiden) takia huono. Omaisuus- ja henkilövakuutusala, jälleenvakuutus sekä pienet erikoistuneet yhtiöt ovat osoittautuneet herkimmiksi, eikä heikentyneen kannattavuuden ja konkurssien mahdollisuus ole poissuljettu.

Ilmastonmuutokseen sopeutuminen luo taloussektorille monimutkaisia haasteita, mutta myös mahdollisuuksia. Hinnoittelun säätely, verotukselliset seikat ja yhtiöiden kyky/kyvyttömyys vetäytyä riskimarkkinoilta ovat esimerkkejä sektorin joustavuuteen vaikuttavista tekijöistä. Julkisen ja yksityisen sektorin toimijat myös edistävät sopeutumista tehostamalla katastrofivalmiutta ja vahinkojen ennaltaehkäisyä, rakennusmääräysten avulla sekä parantamalla maankäytön suunnittelua. Joissakin tapauksissa julkisen sektorin vakuutus- ja apuohjelmat ovat kuitenkin luoneet väärää turvallisuudentunnetta ja edistäneet riskialttiiden alueiden, kuten Yhdysvaltain tulvatasankojen sekä rannikkovyöhykkeiden kehittämistä.

Ilmastonmuutoksen vaikutusten arvioidaan olevan suurimmat kehittyvässä maailmassa, erityisesti perustuotannosta voimakkaasti riippuvissa maissa. Luonnonkatastrofit voivat joissakin maissa olla yksittäisissä tapauksissa niin rajuja, että vahingot nousevat puoleen bruttokansantuotteesta. Maiden välistä tasa-arvoa ja kehityksen rajoitteita koskeva pohdinta nousee esiin, jos säähän liittyvät riskit jäävät vakuutusten ulkopuolelle, tai jos vakuutusten hinnat nousevat tai niiden saatavuus vaikeutuu. Toisaalta vakuutusten laajempi saatavuus ja niiden sisällyttäminen pienrahoitushankkeisiin, samoin kuin kehityspankkien toiminta, parantaisivat kehitysmaiden kykyä sopeutua ilmastonmuutokseen.

4. Haavoittuvuus vaihtelee alueittain

Ihmisen ja luonnon haavoittuvuus ilmastonmuutokselle vaihtelee suuresti eri alueilla ja myös saman alueen eri väestöryhmien kesken. Sekä nykyilmaston että ilmastonmuutoksen alueelliset eroavuudet merkitsevät hyvin erilaista altistumisen astetta. Eri alueiden luonto ja yhteiskuntarakenne vaihtelevat suuresti, luonnonvaroihin ja instituutioihin kohdistuu erilaisia paineita. Näin syntyy alueellisia herkkyyden ja sopeutumiskyvyn eroja, joiden takia keskeiset huolenaiheet maapallon eri osissa poikkeavat toisistaan. Vaikutukset, sopeutumiskyky ja haavoittuvuus vaihtelevat kuitenkin myös näiden osien sisällä.

Näin ollen on todennäköistä, että ilmastonmuutoksella on kaikilla alueilla kielteisiä seurauksia. Taulukko SPM-2 sisältää eri alueiden keskeiset huolenaiheet hyvin tiivistetyssä muodossa. Eräät alueet ovat erityisen haavoittuvia, koska ne ovat fyysikaalisesti herkät ilmastonmuutoksen uhille ja/tai koska niiden sopeutumiskyky on rajoitettu. Useimmilla heikosti kehittyneillä seuduilla tämä haavoittuvuus johtuu siitä, että valtaosa niiden taloudesta on ilmastolle herkillä sektoreilla. Myös niiden sopeutumiskyky on alhainen väestön koulutustason, pääomien ja luonnonvarojen niukkuuden sekä yhteiskunnallisten ja teknologisten rajoitteiden takia.

Esimerkiksi pienet saarivaltiot ja alavat rannikkoseudut ovat erityisen alttiita merenpinnan nousulle ja myrskyjen voimistumiselle, ja niistä monien sopeutumiskyky on heikko. Napa-alueilla ilmastonmuutosten vaikutusten odotetaan olevan suuria ja äkillisiä; niihin kuuluu

merijään kutistuminen ja oheneminen sekä ikiroudan sulaminen. Afrikassa, Latinalaisessa Amerikassa ja Aasiassa keskeisiä haittoja ja huolenaiheita liittyy virtaaman vuodenaikaismuutoksiin, tulviin ja kuivakausiin, ruokahuollon turvaamiseen, kalastukseen, terveysvaikutuksiin sekä biodiversiteetin kapenemiseen. Sopeutumiskyky on näillä alueilla yleensä alhainen.

Myös korkean sopeutumiskyvyn alueilla, kuten Pohjois-Amerikassa, Australiassa ja Uudessa Seelannissa on haavoittuvia yhteisöjä, kuten alkuperäisväestö, ja ekosysteemien mahdollisuudet sopeutua ovat hyvin rajalliset. Euroopassa eteläosat ja arktiset alueet ovat selvästi haavoittuvammat kuin muut alueet.

5. Vaikutus-, haavoittuvuus- ja sopeutumisarvioiden tarkentaminen

Edellisten IPCC-raporttien jälkeen on edistytty elävää luontoa ja fysikaalisia muutoksia koskevissa arvioissa. Sopeutumiskyky, ilmastollisten ääri-ilmiöiden haavoittavuus ja muut kriittisiin vaikutuksiin liittyvät asiat tunnetaan melko hyvin. Nämä edistysaskeleet synnyttävät tarpeen aloittaa sopeutumisstrategioiden suunnittelu ja sopeutumiskyvyn rakentaminen. Lisää tutkimusta kuitenkin tarvitaan, jotta tulevia arvioita voidaan lujittaa ja niiden epävarmuuksia vähentää. Näin voidaan taata, että päätöksenteon tueksi on saatavilla riittävästi tietoa ilmastonmuutoksen seurauksista, mukaanlukien kehitysmaissa tehty ja niitä koskeva tutkimus.

Keskeisiä aihealueita nykytiedon ja päätöksenteon tarpeiden välisen aukon kaventamiseksi ovat seuraavat:

- Ekosysteemejä ja ihmisen elinoloja koskevat kvantitatiiviset vaikutus-, sopeutumis- ja haavoittuvuusarviot. Erityisesti on painotettava arvioita, joissa erisuuruiset ilmastonmuutokset sekä ääri-ilmiöiden yleisyyden ja voimakkuuden vaihtelu on otettu huomioon.
- Sellaisten kynnysarvojen selvittäminen, joiden kohdalla ilmastonmuutoksen vaikutus äkillisesti voimistuu ja uusia haittavaikutuksia ilmaantuu.
- Ekosysteemien globaali, alueellinen ja paikallinen vaste, kun niihin kohdistuu ilmastonmuutoksen ohella muita stressitekijöitä.
- Sopeutumisvasteiden ennakointi sekä sopeutumisvaihtoehtojen tehokkuuden ja kustannusten arviointi. Sopeutumisen mahdollisuuksien ja esteiden tutkimus alueittain, valtioittain ja väestöryhmittäin.
- Erisuuruisten ilmastonmuutosten kaikkien mahdollisten vaikutusten arviointi, erityisesti markkinoiden ulkopuolisten tuotteiden ja palvelujen osalta. Useita mittareita tulisi käyttää ja epävarmuuksia käsitellä yhtenevällä tavalla. Mittareina ovat muun muassa altistuvien ihmisten lukumäärä, vaikutusten alueellinen laajuus, uhattujen lajien lukumäärä sekä vaikutusten rahallinen arvo. Lisäksi on tarkasteltava ilmastonmuutoksen pysäytystason ja muiden politiikkaskenaarioiden merkitystä näiden mittareiden kannalta.
- Riskiarvion sisältävä kokonaisvaltainen tarkastelu, jolla selvitetään ekosysteemien ja ihmisen toiminnan väliset vuorovaikutukset sekä vaihtoehtoisten politiikkaskenaarioiden seuraukset.
- Arvio mahdollisuuksista sisällyttää päätöksentekoon, riskien hallintaan ja kestävä kehityksen hankkeisiin tieteellistä tietoa ilmastonmuutoksen vaikutuksista, sopeutumisesta ja haavoittavuudesta.

- Järjestelmien ja menetelmien parantaminen, jotta ilmastonmuutoksen sekä muiden luontoon ja ihmisen elinoloihin kohdistuvien uhkien pitkäaikaisseurantaa ja ymmärtämistä voidaan parantaa.

Kaikkiin näihin painopisteisiin liittyy erityisiä tarpeita kansainväliseen yhteistyöhön ja koordinaatioon, joiden avulla selvitetään alueellisia vaikutuksia, sopeutumista ja haavoittuvuutta. Näihin tarpeisiin sisältyy muun muassa seuranta-, arviointi ja tiedonkeruuvälineiden kehittäminen sekä koulutus, erityisesti kehitysmaissa tapahtuva ja niille suunnattu.

Taulukko SPM-1. Esimerkkejä ilmastollisten ääri-ilmiöiden ennakoitujen muutosten vaikutuksista.

Ennakoidut ääri-ilmiöiden muutokset tällä vuosisadalla ja niiden todennäköisyys^a	Tyypillisiä esimerkkejä muutosten vaikutuksista^b (kaikki esiintyvät suurella todennäköisyydellä joillakin alueilla^c)
Yksinkertaiset ilmiöt	
Maksimilämpötilojen nousu, kuumien päivien lukumäärän ja helleaaltojen lisääntyminen ^d lähes kaikilla maa-alueilla (<i>hyvin todennäköinen</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Kuolemantapausten ja vaikeiden sairauksien yleistymisen vanhusten ja kaupunkien köyhien keskuudessa - Karjan ja villieläinten lämpöstressin kasvu - Matkailukohteiden vaihtuminen - Useiden viljelyskasvien vahinkoriskin kasvu - Jäähdytysvähennyksen tarpeen kasvu ja energiahuollon luotettavuuden heikkeneminen
Minimilämpötilojen nousu, kylmien päivien sekä pakkaspäivien lukumäärän väheneminen ja kylmien jaksojen harvinaistuminen ^d lähes kaikilla maa-alueilla (<i>hyvin todennäköinen</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Kylmyyteen liittyvän kuolleisuuden ja sairastavuuden aleneminen - Joidenkin viljelyskasvien vahinkoriskin väheneminen/kasvu - Joidenkin tuholaisten ja taudinaiheuttajien alueellinen levittäytyminen ja aktiivisuuden kasvu - Lämmitysenergian tarpeen väheneminen
Rankkasateiden yleistymisen monilla alueilla (<i>hyvin todennäköinen</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Tulvien, maanvyörymien, lumivyöryjen ja mutavyöryjen aiheuttamien vahinkojen kasvu - Eroosion kiihtyminen - Tulvien voimistuminen saattaa lisätä pohjaveden muodostumista tulvatasangoilla - Tarve kehittää julkista ja yksityistä tulvavakuutusjärjestelmää ja katastrofiapua

Monimutkaiset ääri-ilmiöt	
Kesäsateiden väheneminen keskileveysasteilla mantereiden sisäosissa ja siihen liittyvä kuivuusriski (<i>todennäköinen^a</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Satojen heikkeneminen - Maaperän kutistuminen aiheuttaa vahinkoja rakennusten perustuksille - Vesivarojen määrällinen ja laadullinen heikkeneminen - Metsäpalojen riskin kasvu
Trooppisten myrskyjen maksimituulenopeuden sekä keski- ja maksimisademäärän kasvu (<i>todennäköinen^a</i> joillakin alueilla) ^e	<ul style="list-style-type: none"> - Kuolonuhrien ja tartuntatautien riski sekä monia muita riskejä - Rannikkoeroosion kiihtyminen sekä vahingot rannikoiden rakennuksille ja infrastruktuurille - Rannikkoekosysteemien kuten koralliriuttojen ja mangrovekasvustojen vahingoittuminen
El Nino –ilmiöön liittyvien tulvien ja kuivuuden paheneminen monilla alueilla (<i>todennäköinen^a</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Viljely- ja laidunmaiden tuottavuuden heikkeneminen tulville ja kuivuudelle alttiilla seuduilla - Vesivoimantuotannon väheneminen kuivuudelle alttiilla seuduilla
Aasian kesämonsuunin sademäärän vaihtelun kasvu (<i>todennäköinen^a</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Tulvien ja kuivuuden äärevöityminen ja vahinkojen kasvu Aasian lauhkeissa ja trooppisissa osissa
Keskileveysasteiden myrskyjen voimistuminen (nykyisten mallien tulokset poikkeavat selvästi toisistaan) ^d	<ul style="list-style-type: none"> - Lisääntynyt riski ihmishengille ja terveydelle - Omaisuudelle ja infrastruktuurille aiheutuvien vahinkojen kasvu - Rannikkoekosysteemien vaurioituminen

^a Luotettavuustaso viittaa Työryhmä I:n käyttämiin arvioihin: hyvin todennäköinen (90-99 %), todennäköinen (66-90 %).

^b Näitä vaikutuksia voidaan lieventää sopivin torjuntatoimin.

^c Suuri luotettavuus vastaa 67-90 % todennäköisyyttä.

^d Tietolähde: Työryhmä I, Technical Summary, Section F.5.

^e Trooppisten myrskyjen alueellisen jakauman muutokset ovat mahdollisia, mutta niitä ei ole luotettavasti todistettu.

Taulukko SPM-2. Alueellinen sopeutumiskapasiteetti, haavoittuvuus ja keskeiset huolet ^a.

Alue	
Afrikka	<ul style="list-style-type: none"> - Ihmisen sopeutumiskyky on heikko taloudellisten ja teknisten voimavarojen puuttuessa. Haavoittuvuus on suuri, koska maatalous riippuu pääasiassa sademäärästä (kastelua vain vähän), kuivuudet ja tulvat ovat yleisiä ja köyhyys piinaa. - Monet skenaariot ennakoivat satojen heikkenemistä, jolloin ravinnonsaanti vaikeutuu erityisesti pienissä, tuontiruoasta riippuvissa maissa (<i>keskitason tai suuri luotettavuus</i>). - Afrikan suuret joet ovat hyvin herkkiä ilmaston vaihteluille; keskivirtaama ja veden saatavuus vähenevät Välimereen rajoittuvissa maissa sekä eteläisessä Afrikassa (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Tartuntatautien maantieteellinen leviäminen vaikuttaa terveysoloihin haitallisesti (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Aavikoituminen kiihtyy sademäärän, valunnan ja maankosteuden vähenemisen myötä etenkin Afrikan etelä-, pohjois- ja länsiosissa (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Kuivuuden, tulvien ja muiden ääri-ilmiöiden yleistymisen kohdistaa paineita vesivaroihin, ruokahuoltoon, ihmisen terveyteen ja infrastruktuuriin. Tämä voi hidastaa kehitystä (<i>suuri luotettavuus</i>). - Kasvi- ja eläinlajeja kuolee merkittävässä määrin sukupuuttoon, mikä kaventaa geneettistä monimuotoisuutta ja vaikuttaa maaseudun elinoloihin sekä matkailuun (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Rannikkoasutukselle aiheutuu merenpinnan noustessa haittoja tulvien ja eroosion takia. Tämä ongelma koskee esimerkiksi Guineanlahden ranta- valtioita, Senegalia, Gambiaa, Egyptiä sekä maanosan kaakkoisrannikkoa (<i>suuri luotettavuus</i>).
Aasia	<ul style="list-style-type: none"> - Aasian kehitysmaissa ihmisen sopeutuvuus on heikko ja haavoittuvuus suuri, alueen kehittyneissä maissa tilanne on parempi. - Ääri-ilmiöt (tulvat, kuivuus, metsäpalot, trooppiset myrskyt) ovat yleistyneet lauhkeassa ja trooppisessa Aasiassa (<i>suuri luotettavuus</i>). - Maatalouden ja vesiviljelyn tuottavuuden väheneminen heikentää ravinnonsaantia sekä maanosan arideilla, trooppisilla että lauhkeilla alueilla. Syynä ovat kuumuus ja vesiongelmat, merenpinnan nousu, tulvat ja kuivuudet, sekä trooppiset myrskyt. Pohjoisessa maatalous laajenee ja sadot voivat lisääntyä (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Valunta ja veden saatavuus alenevat arideilla ja semi-arideilla alueilla, mutta pohjoisessa vesivarat kasvavat (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Osissa Aasiaa ihmisen terveyttä uhkaavat hellejaksot sekä mahdollinen lisääntymisen hyönteis- ja loisvälitteisille tartuntataudeille (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Merenpinnan nousu ja trooppisten myrskyjen voimistuminen voivat johtaa

	<p>kymmenien miljoonien ihmisten poismuuttoon alavilta rannikkoseuduilta Aasian lauhkealla ja trooppisella vyöhykkeellä. Sateiden rankentuminen lisää tulvariskejä samoilla vyöhykkeillä (<i>suuri luotettavuus</i>).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ilmastonmuutos lisää energian tarvetta, vähentää matkailun houkuttelevuutta ja vaikuttaa kuljetuksiin joillakin alueilla (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Ilmastonmuutos uhkaa luonnon monimuotoisuutta maankäytön ja maanpinnan muutosten sekä väestöpaineen takia (<i>keskitason luotettavuus</i>). Merenpinnan nousu vaarantaa rannikon luontotyyppisiä, kuten mangrovekasvustoja ja koralleja (<i>suuri luotettavuus</i>). - Ikiroutavyöhykkeiden etelärajan siirtyminen pohjoista kohti synnyttää termokarsteja ja maaperän lämpöeroosiota, joista aiheutuu haittaa infrastruktuurille ja teollisuudelle (<i>keskitason luotettavuus</i>).
<p>Australia ja Uusi Seelanti</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ihmisen sopeutumiskyky on yleisesti hyvä, mutta eräät ryhmät kuten alkuperäisväestö ovat hyvin haavoittuvia heikon sopeutumiskyvyn takia. - Ilmaston ja hiilidioksidin muutosten nettovaikutus voi aluksi olla suotuisa, mutta ilmastonmuutoksen edetessä se kääntyy epäsuotuisaksi joidenkin viljelyskasvien osalta joillakin alueilla (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Vesiongelmia tulevat todennäköisesti olemaan keskeisiä (<i>suuri luotettavuus</i>), koska kuivuuden ennakoitaan pahenevan ja El Nino-tilanteiden yleistyvän. - Rankkasateiden ja trooppisten myrskyjen voimakkuus kasvaa (<i>keskitason luotettavuus</i>). Alueittain vaihteleva myrskyjen esiintymistiheyden muutos vaikuttaa myös ihmisiin, omaisuuteen ja luontoon kohdistuviin riskeihin, joita tulvat, hyökyaallot ja tuulituhot luovat. - Rajoitetuilla alueilla esiintyvät lajit, jotka eivät pysty siirtymään maiseman pirstoutuneisuuden, maaperätekiijöiden tai topografian vuoksi, voivat uhanalaistua tai kuolla sukupuuttoon (<i>suuri luotettavuus</i>). Australiassa erityisen haavoittuvia ekosysteemejä ovat koralliriutat, mantereen sisä- ja kaakkoisosan aridit ja semi-aridit elinympäristöt, sekä Australian Alpit. Rannikkovyöhykkeen makeavesikosteikot ovat haavoittuvia sekä Australiassa että Uudessa Seelannissa; jälkimmäisessä on myös rikkakasvien invaasion takia haavoittuvia luontotyyppisiä.
<p>Eurooppa</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ihmisen sopeutumiskyky on yleisesti hyvä; Etelä-Eurooppa ja maanosan arktiset alueet ovat haavoittuvampia kuin muut alueet. - Kesäajan valunta, veden saatavuus ja maankosteus alenevat todennäköisesti Etelä-Euroopassa ja laajentavat kuilua pohjoisen ja kuivuudelle alttiin etelän välillä. Talvella päinvastaiset muutokset ovat todennäköisiä koko mantereella (<i>suuri luotettavuus</i>). - Puolet vuoristojäätiköistä ja laajat ikirouta-alueet voivat hävitä tämän vuosisadan loppuun mennessä (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Tulvariski kasvaa valtaosassa Eurooppaa (<i>keskitason tai suuri luotettavuus</i>). Rannikkoalueilla tulvimisen, eroosion ja kosteikoiden häviämisen riski vaikuttaa asutukseen, teollisuuteen, matkailuun, maatalouteen ja rannikon luontotyyppisiin. - Maatalous laajenee ja sen tuottavuus kasvaa Pohjois-Euroopassa (<i>keskita-</i>

	<p><i>son luotettavuus</i>), etelässä ja idässä käy päinvastoin (<i>keskitason luotettavuus</i>).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kasvillisuusvyöhykkeet siirtyvät pohjoista kohti ja vuoristoissa ylemmäs. Tärkeiden elinympäristöjen (kosteikot, tundra, erilliset saarekkeet) häviäminen uhkaa eräitä lajeja (<i>suuri luotettavuus</i>). - Korkeat lämpötilat ja helleaallot voivat muuttaa perinteisiä kesämatkojen kohteita, lumitilanteen epäluotettavuus voi haitata talvimatkailua (<i>keskitason luotettavuus</i>).
Latinalainen Amerikka	<ul style="list-style-type: none"> - Ihmisen sopeutumiskyky erityisesti ilmastollisiin ääri-ilmiöihin on alhainen ja haavoittuvuus suuri. - Jäätiköiden sulaminen ja vetäytyminen vaikuttaa haitallisesti valuntaan ja vesihuoltoon alueilla, joilla sulamisvesillä on ollut tärkeä merkitys (<i>suuri luotettavuus</i>). - Tulvat ja kuivuudet yleistyvät (<i>suuri luotettavuus</i>). Tulvien seurauksena sedimentinkuljetus lisääntyy ja veden laatu heikkenee joillakin alueilla. - Trooppisten myrskyjen voimakkuus kasvaa. Tämä vaikuttaa myös ihmisiin, omaisuuteen ja luontoon kohdistuviin riskeihin, joita tulvat, hyökyaallot ja tuulituhot luovat. - Tärkeiden viljelyskasvien sadot vähenevät monin paikoin, vaikka CO₂-pitoisuuden kasvu otetaan huomioon. Luontaistalous on joillakin alueilla uhattuna (<i>suuri luotettavuus</i>). - Hyönteisvälitteisten tartuntatautien maantieteellinen jakauma laajenee navoille päin ja vuoristoissa ylemmäs. Altistuminen esimerkiksi malarialle, dengue-kuumeelle ja koleralle yleistyy (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Merenpinnan nousu vaikuttaa haitallisesti rannikoiden asutukseen, elinkeinoihin ja infrastruktuuriin sekä mangrovekasvustoihin (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Luonnon monimuotoisuuden väheneminen kiihtyy (<i>suuri luotettavuus</i>).
Pohjois-Amerikka	<ul style="list-style-type: none"> - Ihmisen sopeutumiskyky on yleisesti hyvä ja haavoittuvuus alhainen, mutta esim. alkuperäisväestön yhteisöt sekä ilmastolle herkistä luonnonvaroista riippuvat väestöryhmät ovat haavoittuvampia. Sosiaaliset, taloudelliset ja väestölliset trendit muuttavat haavoittuvuutta eri osa-alueilla. - Kohtuullinen lämpeneminen ja CO₂-pitoisuuden nousu hyödyttävät joitakin viljelyskasveja, mutta alueelliset ja eri kasvien väliset erot ovat huomattavia (<i>suuri luotettavuus</i>). Esimerkiksi Kanadan preerioilla ja Yhdysvaltain Keski-Lännessä (Great Plains) kuivuus heikentää satoja. Kanadassa ruoantuotanto kasvaa nykyisten maatalousalueiden pohjoispuolella, ja lämpimänlauhkeiden sekametsien kasvu kiihtyy (<i>keskitason luotettavuus</i>). Lämpenemisen edetessä hyödyt kuitenkin heikkenevät ja muuttuvat ehkä menetyksiksi (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Mantereen länsiosien vesistöt, joissa sulamisvesien määrä on suuri, kokevat kevättulvan aikaistumisen (<i>suuri luotettavuus</i>) ja mahdollisesti kesäajan virtaamien alenemisen (<i>keskitason luotettavuus</i>). Suurille Järville useimmat skenaarit ennakoivat vedenpinnan ja menovirtaamien alene-

	<p>mista, samoin St. Lawrence-joelle (<i>keskitason luotettavuus</i>). Sopeutuminen voi poistaa osan vesien käyttäjille ja vesiekosysteemeille aiheutuvista haitoista (<i>keskitason luotettavuus</i>).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eräät ainutlaatuiset luontotyypit (preeriakosteikot, vuoriston tundra ja kylmän veden ekosysteemit) ovat uhattuja ja niiden tehokas sopeutuminen on epätodennäköistä (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Merenpinnan nousu kiihdyttää rannikon eroosiota, lisää tulvia, tuhoaa kosteikoita ja lisää hyökyluovien riskiä. Näin käy erityisesti Floridassa ja pitkin Yhdysvaltain itärannikkoa (<i>suuri luotettavuus</i>). - Säähän liittyvät vakuutuskorvaukset ja julkinen katastrofiapu ovat olleet kasvussa. Vakuutussektori ei ole vielä järjestelmällisesti ottanut ilmastomuutosta koskevaa tietoa huomioon, joten se voi kohdata yllätyksiä (<i>suuri luotettavuus</i>). - Hyönteisvälitteisten sairauksien (mm. malaria, dengue-kuume, Lymen tauti) esiintymisalue laajenee, ilmanlaadun heikkeneminen ja helleaallot voivat lisätä kuolleisuutta ja sairastavuutta (<i>keskitason luotettavuus</i>). Sosioekonomisilla tekijöillä ja kansanterveydellisillä toimilla voidaan tilanteen kehittymiseen huomattavasti vaikuttaa.
Napa-alueet	<ul style="list-style-type: none"> - Napa-alueiden ekosysteemit ovat hyvin haavoittuvia ilmastomuutokselle ja niiden sopeutumiskyky on huono. Teknisesti kehittyneet asuinyhteisöt sopeutunevat helposti ilmastomuutokseen, mutta alkuperäisväestön yhteisöissä, joissa noudatetaan perinteistä elämäntapaa, sekä sopeutumisen kyky että vaihtoehdot ovat heikot. - Ilmastomuutoksen odotetaan olevan napa-alueilla rajumman kuin missään muualla. Suuria fysikaalisia, ekologisia, yhteiskunnallisia ja taloudellisia vaikutuksia on odotettavissa erityisesti arktisilla alueilla, Antarktiksien niemimaalla ja Antarktista ympäröivillä merillä (<i>suuri luotettavuus</i>). - Jo tapahtuneita ilmastomuutoksia ovat arktisen merijään laajuuden ja paksuuden pieneneminen, ikiroudan sulaminen, rannikkoeroosio, mannerjäätiköiden ja jäätikköshelfien muutokset sekä lajien esiintymisalueiden ja runsauden muutokset (<i>suuri luotettavuus</i>). - Eräät polaariset ekosysteemit voivat sopeutua siirtymisen ja lajistorakenteen muutosten kautta, ja tuottavuuden yleinen kasvu on mahdollinen. Joidenkin lajien elinympäristöinä tärkeät jään reuna-alueiden ekosysteemit ovat uhattuina (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Napa-alueet ovat koko globaalin ilmastomuutoksen kannalta avainasemassa. Kun tietyt prosessit käynnistyvät, ne voivat jatkua vielä vuosisatoja ilmakehän CO₂-pitoisuuden tasaantumisen jälkeen ja aiheuttaa peruuntumattomia muutoksia mannerjäätiköihin, valtamerien kiertoliikkeeseen ja pinnankorkeuteen (<i>keskitason luotettavuus</i>).
Pienet saarivaltiot	<ul style="list-style-type: none"> - Ihmisen sopeutumiskyky on yleisesti huono ja haavoittuvuus korkea. Pienet saarivaltiot ovat todennäköisesti niiden maiden joukossa, joita ilmastomuutos koettelee eniten. - Merenpinnan nousu viidellä millimetrillä vuodessa seuraavan sadan vuo-

	<p>den aikana kiihdyttää rannikoiden eroosiota, maa-alueiden ja omaisuuden menetystä sekä ihmisten siirtämistä uusiin asuinpaikkoihin. Hyökyluovien riski kasvaa, rannikon luontotyyppien joustavuus alenee, suolainen vesi tunkeutuu makeanveden muodostumiin. Näihin muutoksiin varautuminen ja sopeutuminen on kallista (<i>suuri luotettavuus</i>).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Niukkojen vesivarojen saaret ovat vesitaseensa osalta erittäin haavoittuvia ilmastonmuutokselle (<i>suuri luotettavuus</i>). - Koralliriuttoja uhkaa haalistuminen ja kalkinsidonnan aleneminen, kun hiilidioksiditaso nousee (<i>keskitason luotettavuus</i>). Mangrovet, ruohostopohjat, muut rannikon ekosysteemit ja niiden biodiversiteetti ovat uhattuina kohoavien lämpötilojen ja merenpinnan kiihtyvän nousun takia (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Rannikkoekosysteemien heikkeneminen uhkaa riuttojen kaloja ja kalastusta. Koko kalastuselinkeino kokee menetyksiä (<i>keskitason luotettavuus</i>). - Maatalousmaan suppeasta pinta-alasta ja maaperän suolaantumisesta johtuen pienet saarivaltiot ovat erittäin haavoittuvia. Tämä koskee sekä kotimarkkinoiden ruoantuotantoa että vientiin tarkoitettuja elintarvikkeita (<i>suuri luotettavuus</i>). - Turismi on tärkeä elinkeino ja valuuttatulojen lähde monelle saarivaltiolle. Ilmastonmuutoksen ja merenpinnan nousun aiheuttamat haitat voivat olla erittäin huomattavat (<i>suuri luotettavuus</i>).
--	--

^a Tehdyissä tutkimuksissa ei ole käytetty yhteneviä ilmastoskenaarioita ja menetelmiä. Luonnon ja ihmisen elinolojen herkkyyteen ja sopeutumiskykyyn liittyy epävarmuuksia. Näistä syistä alueellisten haavoittuvuuk-sien arviointi on väistämättä kvalitatiivista.

Kuva SPM-2. Ennakoidun ilmastonmuutoksen synnyttämiä huolenaiheita. Haitallisten vaikutusten riskit kasvavat ilmastonmuutoksen voimistumisen myötä. Kuvan vasemmassa osassa on esitetty havaitut lämpötilat esiteolliseen aikaan verrattuna sekä ennakoitujen lämpötilan nousujen skenaariot (Työryhmä I, *SRES; Special Report on Emission Scenarios*).

Kuvan oikeassa osassa havainnollistetaan viittä eri syytä huolestua ilmastonmuutoksesta vuoteen 2100 ulottuvalla aikavälillä. Valkoinen tarkoittaa vähäisiä negatiivisia tai positiivisia vaikutuksia tai riskejä, keltainen viittaa joillekin systeemeille aiheutuviin haittoihin tai matalahkoon riskiin, punainen laajempiin ja/tai suurempiin haittoihin tai riskeihin.

Vaikutusten tai riskien arviointi ottaa huomioon vain muutoksen voimakkuuden, mutta ei sen nopeutta. Globaalista vuoden keskilämpötilan muutosta on käytetty kuvaamaan muutoksen voimakkuutta, vaikka ennakoituvat vaikutukset riippuvat monista tekijöistä. Tällaisia tekijöitä ovat muun muassa ilmastollisten keskiarvojen, vaihtelevuuden ja ääri-ilmiöiden globaalit ja alueelliset muutokset, sosioekonomiset olosuhteet sekä sopeutuminen.

- I Riskit ainutlaatuisille ja uhatuille systeemeille
- II Ilmastollisten ääri-ilmiöiden aiheuttamat riskit
- III Vaikutusten jakautuminen
- IV Kokonaisvaikutukset
- V Tulevien laaja-alaisten epäjatkuvuuksien aiheuttamat riskit

Kuva SPM-3. Ennakoidut vuoden keskivalunnan muutokset vuoteen 2050 mennessä (kauteen 1961-90 verrattuna) noudattelevat paljolti sademäärän muutosarvioita. Valuntamuutokset on laskettu hydrologisella mallilla, jonka lähtötietoina ovat olleet kahden Hadley-keskuksen ilmakehä-valtamerimallin (HadCM2, HadCM3) antamat ilmastoennusteet tapauksessa, jossa ilmakehän tehoisa CO₂-pitoisuus kasvaa yhdellä prosentilla vuodessa.

Tulokset ilmentävät valunnan kasvua korkeilla leveysasteilla ja Kaakkois-Aasiassa, sekä vähenemistä Keski-Aasiassa, Välimeren ympärillä, eteläisessä Afrikassa ja Australiassa. Molempien mallien antamat tulokset ovat melko yhtenevät, ja ne vastaavat pääpiirteissään myös muiden ilmakehä-valtamerimallien sademääräarvioita. Muilla maapallon alueilla sademäärän ja valunnan muutokset vaihtelevat malleittain ja skenaarioittain.

