HALLITUSTENVÄLINEN ILMASTONMUUTOSPANEELI (IPCC)

ILMASTONMUUTOS 2007: ILMASTONMUUTOKSEN HILLITSEMINEN

YHTEENVETO PÄÄTÖKSENTEKIJÖILLE

Kolmannen työryhmän osuus hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin neljännessä arviointiraportissa

Tämän päätöksentekijöille tarkoitetun yhteenvedon alkuperäinen englanninkielinen teksti on virallisesti hyväksytty IPCC:n kolmannen työryhmän yhdeksännessä istunnossa Bangkokissa, Thaimaassa toukokuussa 2007. Yhteenveto esittää IPCC:n virallisesti hyväksytyn lausunnon ilmastonmuutoksen hillitsemisestä.

Kirjoittajat:

Terry Barker, Igor Bashmakov, Lenny Bernstein, Jean Bogner, Peter Bosch, Rutu Dave, Ogunlade Davidson, Brian Fisher, Michael Grubb, Sujata Gupta, Kirsten Halsnaes, Bertjan Heij, Suzana Kahn Ribeiro, Shigeki Kobayashi, Mark Levine, Daniel Martino, Omar Masera Cerutti, Bert Metz, Leo Meyer, Gert-Jan Nabuurs, Adil Najam, Nebojsa Nakicenovic, Hans Holger Rogner, Joyashree Roy, Jayant Sathaye, Robert Schock, Priyaradshi Shukla, Ralph Sims, Pete Smith, Rob Swart, Dennis Tirpak, Diana Urge-Vorsatz, Zhou Dadi

Suomenkielisen tekstin ovat laatineet tutkija Johanna Kirkinen ja tutkimusprofessori Ilkka Savolainen (VTT).

Englanninkielinen yhteenveto saatavissa IPCC:n verkkosivulta (http://www.ipcc.ch). Tälle verkkosivulle ilmestyvät myös täydelliset versiot kaikkien kolmen työryhmän raporteista.

Kuvien käsittelyssä on avustanut Kaarina Takkunen (VTT).

SAATESANOJA:

Tämän suomennoksen tavoitteena on saavuttaa ymmärrettävä teksti samalla kunnioittaen alkuperäistä tekstiä. Myös ensimmäisen ja toisen työryhmän päätöksentekijöiden yhteenvetojen suomennoksissa on seurattu samaa tavoitetta.

Suomennoksessa on erityisesti painotettu ymmärrettävän ja sujuvan tekstin tuottamista. Kukin kappale on käsitelty kokonaisuutena ja ko. tekstin viesti on pyritty siirtämään vastaavaan kohtaan suomennoksessa. Englanninkielisiä lauserakenteita ei ole välttämättä seurattu sujuvuuden saavuttamiseksi.

Tämä suomennos on muodollisesti epävirallinen. Esimerkiksi virallisissa kansainvälisissä ilmastoneuvotteluissa on syytä käyttää pohjana alkuperäistä tekstiä. Suomenkielinen teksti on tarkoitettu yleisölle, jota kiinnostaa raportin asiasisältö (mm. poliitikot, tiedotusvälineet, virkamiehet, yksittäiset kansalaiset).

Päivitetty 27.10.2008

Sisällys

A. Johdanto 4

B. Kasvihuonekaasujen kehityssuunnat 4

C. Hillintä lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä (vuoteen 2030 saakka) 11

D. Hillintä pitkällä aikavälillä (vuoden 2030 jälkeen) 22

E. Politiikat, toimenpiteet ja ohjauskeinot 28

F. Kestävä kehitys ja ilmastonmuutoksen hillintä 32

G. Tietämyksen aukkokohdat 33

Loppulaatikko 1: Epävarmuuden kuvaus 34

A. Johdanto

1. Kolmannen työryhmän osuus IPCC:n neljännessä arviointiraportissa (AR4) keskittyy uusiin julkaisuihin, jotka käsittelevät tieteellisiä, teknologisia, ympäristöllisiä, taloudellisia ja sosiaalisia näkökulmia ilmastonmuutoksen hillinnästä ja jotka ovat ilmestyneet kolmannen arviointiraportin (IPCC TAR, Third Assessment Report) jälkeen. Lisäksi otetaan huomioon erikoisraportit hiilidioksidin talteenotosta ja varastoinnista (SRCCS) sekä otsonikerroksen ja globaalin ilmastojärjestelmän turvaamisesta (SROC).

Yhteenveto on jaettu tämän johdannon jälkeen seuraavaan viiteen osaan:

- Kasvihuonekaasupäästöjen kehityssuunnat
- Hillintä lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä talouden eri sektoreilla (vuoteen 2030 saakka)
- Hillintä pitkällä aikavälillä (vuoden 2030 jälkeen)
- Politiikat, toimenpiteet ja ohjauskeinot ilmastonmuutoksen hillinnässä
- Kestävä kehitys ja ilmastonmuutoksen hillintä
- Tietämyksen aukkokohdat.

Jokaisen kappaleen lopussa on hakasulkeissa merkitty ne varsinaisen raportin luvut ja kappaleet, joihin esitettävät tulokset perustuvat. Yhteenvedossa käytettyjen termien, lyhenteiden ja kemiallisten merkintöjen selitykset löytyvät pääraportin sanastosta.

B. Kasvihuonekaasujen kehityssuunnat

2. Maailmanlaajuiset kasvihuonekaasupäästöt ovat kasvaneet esiteollisesta ajasta lähtien. Kasvu oli 70 % vuosien 1970 ja 2004 välillä *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä)*[1]**.**

- Esiteollisesta ajasta lähtien ihmisen toiminnan seurauksena kasvaneet kasvihuonekaasujen (khk) päästöt ovat johtaneet ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuksien merkittävään lisääntymiseen [1.3; Työryhmä I, yhteenveto päätöksentekijöille].
- Maailmanlaajuiset CO_2-, CH_4-, N_2O-, HFC-, PFC- ja SF_6-päästöt painotettuina globaalilla lämmityspotentiaalilla (GWP-kertoimilla) ovat kasvaneet 70 % aikavälillä 1970–2004 (24 % välillä 1990–2004), 28,7:stä 49 gigatonniin CO_2-ekvivalenttina (Gt CO_2-ekv.)[2] (ks. kuva SPM.1). Näiden kaasujen päästöt ovat kasvaneet erilaisilla nopeuksilla. CO_2-päästöt ovat kasvaneet noin 80 % aikavälillä 1970–2004 (28 % välillä 1990–2004) ja ne kattoivat 77 % kaikista ihmisen aiheuttamista päästöistä vuonna 2004.
- Suurin kasvu khk-päästöissä on vuosien 1970–2004 välillä ollut energiasektorilla (kasvu 145 %). Suorien päästöjen[3] kasvu tällä aikavälillä on liikenteessä ollut 120 %, teollisuudessa 65 % sekä maankäytön ja maankäytön muutosten sektorilla (LULUCF)[4] 40 %[5]. Välillä 1970 ja 1990 maatalouden suorat päästöt kasvoivat 27 %. Rakennussektorilla päästöt kasvoivat em. aikavälillä 26 %, minkä jälkeen päästöt pysyivät suurin piirtein vuoden 1990 tasolla.

---

[1] Jokaiseen lihavoituun toteamukseen on liitetty arvio epävarmuudesta näkökohtina ”yksimielisyyden aste ja näytön laajuus”. Arviota tukevat lihavoidun tekstin alla olevat kohdat, mutta epävarmuusarvio ei kuitenkaan välttämättä koske jokaista alakohtaa. Yhteenvedon lopussa oleva laatikko selostaa tätä epävarmuuden esitystapaa.

[2] Hiilidioksidiekvivalentin (CO_2-ekv.) määritelmä on se määrä CO_2-päästöjä, jotka aiheuttaisivat saman säteilypakotteen kuin hyvin sekoittuneet kasvihuonekaasujen (khk) päästöt kerrottuna kunkin kaasun GWP-kertoimella, joka huomioi päästöjen eliniän ilmakehässä [WGI AR4 sanasto]

[3] Kunkin sektorin suorat päästöt eivät sisällä sähköntuotannon ja -jakelun päästöjä siitä sähköstä, joka on kulutettu rakennuksissa, teollisuudessa ja maataloudessa, tai päästöjä, jotka ovat syntyneet jalostustoiminnasta liikennesektorin polttoaineita varten.

[4] Maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous (LULUCF) kuvaavat tässä niitä CO_2-, CH_4- ja N_2O-kokonaispäästöjä, jotka syntyvät metsän hävityksestä, biomassan poltosta, hakkuissa ja metsän hävityksessä syntyneen biomassan hajoamisesta, turpeen hajoamisesta ja suopaloista [1.3.1]. Tämä käsittely on laajempi kuin päästöt metsän hävityksestä, joka on sisältyy osana tarkasteluun. Tässä raportoidut päästöt eivät sisällä hiilen sitoutumista (poistuma).

[5] Tämä LULUCF-päästöjen trendi on huomattavissa määrin epävarmempi kuin muiden sektoreiden trendit johtuen siitä, että suuret epävarmuudet sisältävän metsän hävityksen päästöt on laskettu mukaan osana tarkastelua. Maailmanlaajuisesti metsänhävitys oli jonkin verran vähäisempää jaksolla 2000–2005 kuin jaksolla 1990–2000.

Rakennussektorilla käytetään kuitenkin paljon sähköä, ja näin ollen yhteenlasketut suorat ja epäsuorat päästöt ovat paljon korkeammat (75 %) kuin suorat päästöt [1.3, 6.1, 11.3, kuvat 1.1 ja 1.3].

- Vuodesta 1970 vuoteen 2004 maailman energiaintensiteetin laskun (-33 %) vaikutus maailman päästöihin on ollut pienempi kuin maailmanlaajuisten tulojen (77 %) ja globaalin väestön kasvu (69 %) yhteensä. Sekä tulojen että väestön kasvu molemmat lisäävät energia-sektorin CO_2-päästöjä (kuva SPM.2). Pitkän ajan hiili-intensiteetin laskeva trendi kääntyi nousuun vuoden 2000 jälkeen. Erot eri maiden välillä tuloissa ja päästöissä henkeä kohden sekä energiaintensiteetissä säilyivät merkittävinä (kuva SPM.3). Vuonna 2004 UNFCCC Annex I -mailla oli 20 %:n osuus maailman väestöstä, ne tuottivat 57 % maailman bruttokansantuotteesta arvioituna ostovoimapariteettin avulla (BKT_{ppp})[6], ja näiden maiden osuus maailmanlaajuisista kasvihuonekaasujen päästöistä oli 46 % (kuva SPM.3a) [1.3].
- Otsonikatoa aiheuttavien aineiden (ODS) päästöt, joita säädellään Montrealin pöytäkirjan[7] avulla ja jotka ovat myös kasvihuonekaasuja, ovat vähentyneet merkittävästi sitten 1990-luvun. Vuoteen 2004 mennessä näiden kaasujen päästöt olivat noin 20 % niiden vuoden 1990 tasosta.
- Useat eri politiikat ja toimenpiteet liittyen ilmastonmuutokseen, energiavarmuuteen[8] ja kestävään kehitykseen ovat olleet tehokkaita kasvihuonekaasujen vähentäjiä eri sektoreilla useissa eri maissa. Em. toimien laajuus ei kuitenkaan ole vielä tarpeeksi suuri ehkäistäkseen päästöjen globaalin kasvun [1.3, 12.2].

3. Tämänhetkisillä ilmastonmuutoksen hillintätoimenpiteillä ja niihin liittyvien kestävän kehityksen käytännöillä maailmanlaajuiset kasvihuonekaasupäästöt jatkavat kasvamistaan seuraavien vuosikymmenten ajan *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

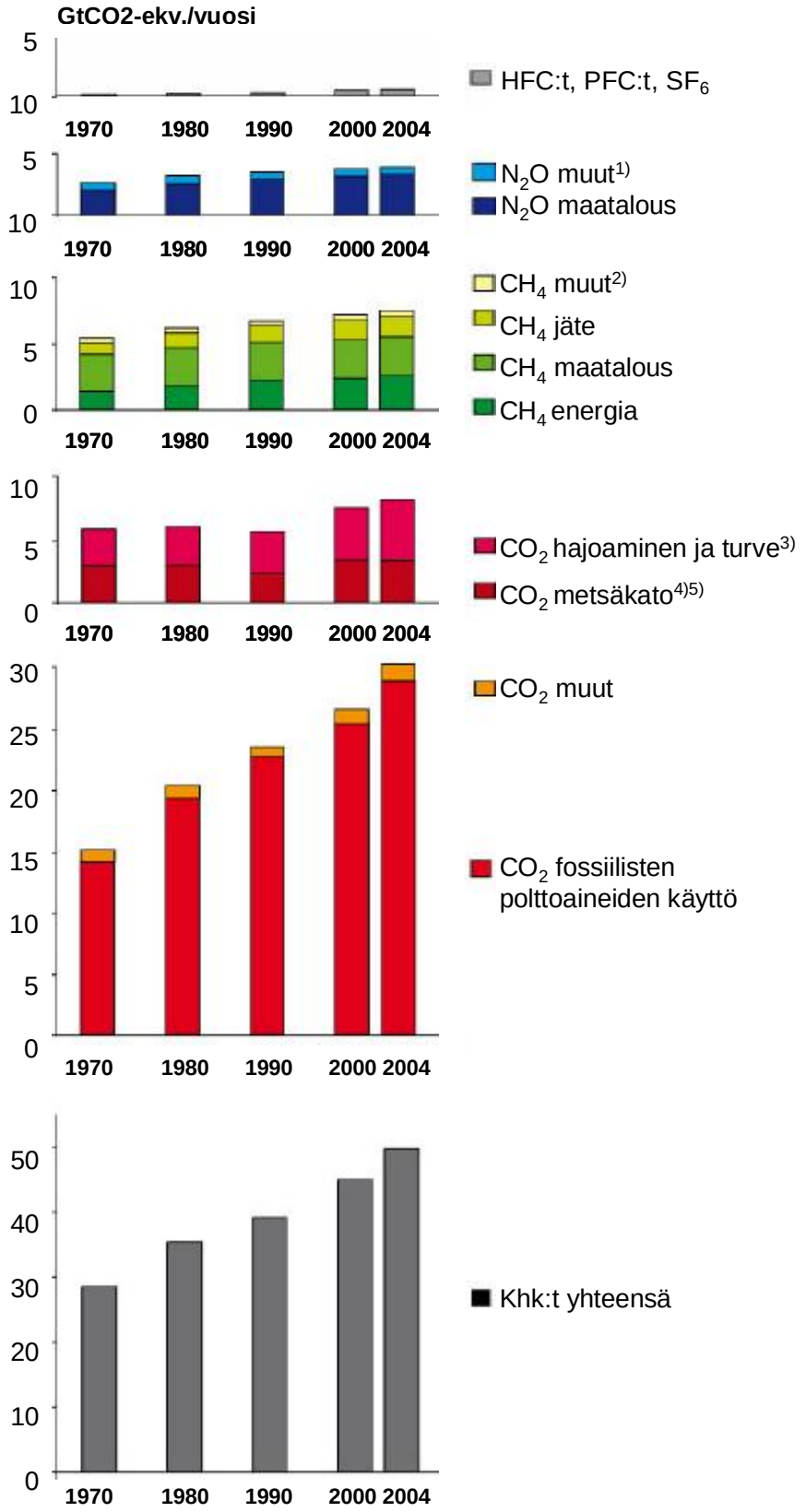
- SRES-skenaariot (ilmastonmuutoksen hillintää ei ole huomioitu) ennustavat globaalien kasvihuonekaasujen perusuran kasvavan 9,7 - 36,7 $GtCO_2$-ekv. (25–90 %) aikavälillä 2000–2030[9] (laatikko SPM.1 ja kuva SPM.4). Näissä skenaarioissa fossiilisten polttoaineiden on ennustettu säilyttävän määräävän aseman maailmanlaajuisessa energiantuotannon rakenteessa vuoteen 2030 ja kauemmin. Näin ollen energian käytön CO_2-päästöjen on ennustettu kasvavan 45–110 prosentilla aikavälillä 2000–2030. Kahdesta kolmasosasta kolmeen neljäsosaan energiankäytön CO_2-päästöjen kasvusta on ennustettu tulevan ei-Annex I -alueilta, joissa keskimääräisten henkeä kohden laskettujen CO_2-päästöjen on ennustettu pysyvän huomattavasti alempana (2,8–5,1 tCO_2/hlö) kuin Annex I -maiden (9,6–15,1 tCO_2/hlö) vuoteen 2030 mennessä. SRES-skenaarioiden mukaan Annex I maiden taloudessa on arvioitu olevan alhaisempi energian käyttö per BKT (6,2–9,9 MJ/US$ BKT) kuin ei-Annex I -maissa (11,0–21,6 MJ/US$ BKT) [1.3, 3.2].

[6] BKT_{ppp}-yksikköä käytetään vain havainnollistamistarkoituksessa tässä raportissa. Ostovoimapariteetti (PPP, Purchasing Power Parity) ja markkinoiden valuuttakurssi (MER) BKT-laskennassa on selitetty alaviitteessä 12.

[7] Halonit, kloorifluorihiilet (CFC:t), vetykloorifluorihiilet (HCFC:t), metyylikloroformi (CH_3CCl_3), hiilitetrakloridi (CCl_4) ja metyylibromidi (CH_3Br).

[8] Energiavarmuus viittaa tässä yhteydessä energian tuotannon ja toimituksen varmuuteen.

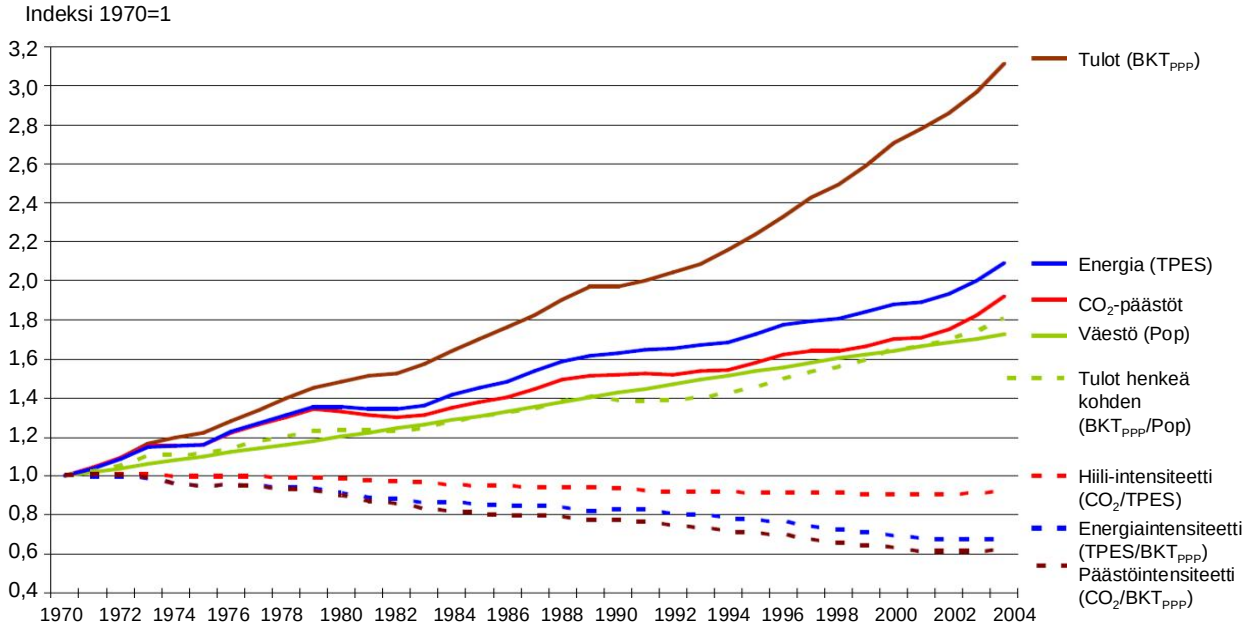
[9] SRES–skenaarioiden vuoden 2000 khk-päästöjen oletetaan olevan tässä 39,8 $GtCO_2$-ekv., mikä on alhaisempi kuin EDGAR-tietokannassa raportoidut päästöt vuodelle 2000 (45 $GtCO_2$-ekv.). Tämä johtuu pääosin eroista LULUCF-sektorin päästöissä.



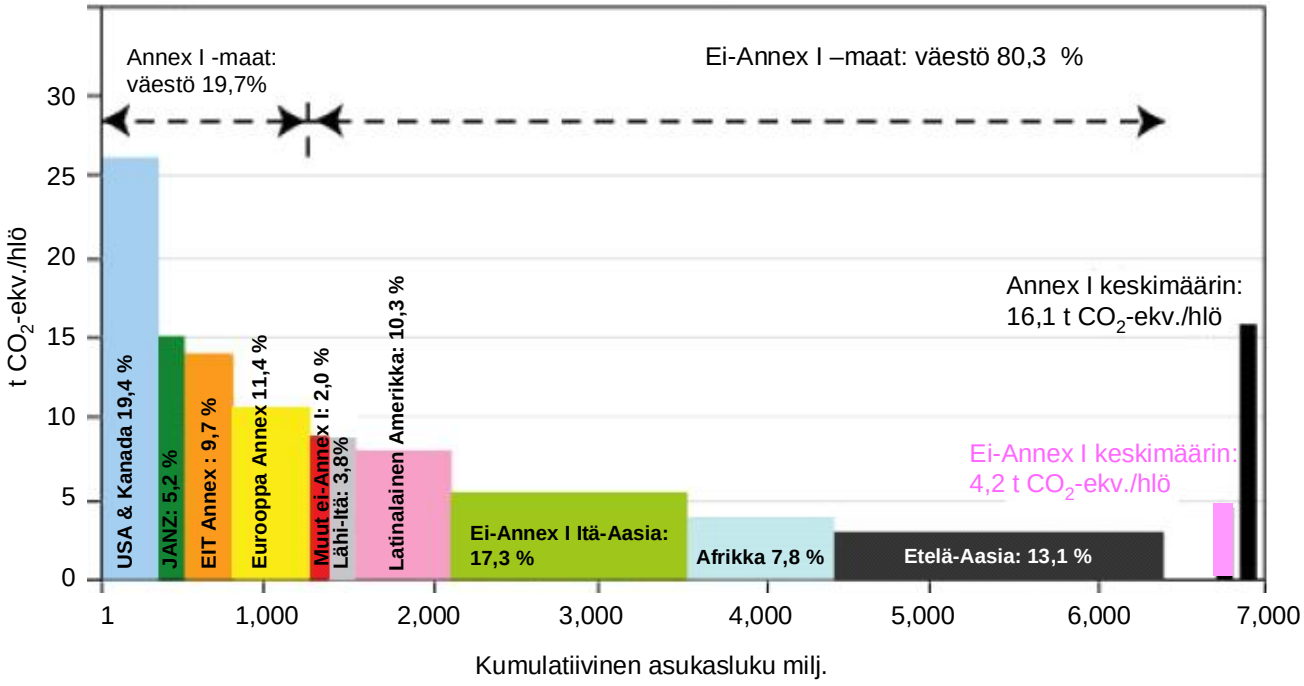
Kuva SPM 1. *Globaalilla lämmityspotentiaalilla (GWP) painotetut maailman kasvihuonekaasupäästöt vuosina 1970–2004. GWP-arvot, joita käytettiin muutettaessa päästöt CO_2-ekvivalenteiksi, ovat 100 vuoden arvoja IPCC:n vuoden 1996 raportista (SAR) (vrt. UNFCCC:n raportointiohjeet). Kaikkien lähteiden CO_2-, CH_4-, N_2O-, HFC-, PFC- ja SF_6-päästöt on sisällytetty kuvaan.*

Kaksi eri CO_2-päästöluokkaa kuvastavat CO_2-päästöjä energian tuotannosta ja käytöstä (toinen ryhmä alhaalta) ja maankäytön muutoksista (kolmas ryhmä alhaalta) [Kuva 1.1a].

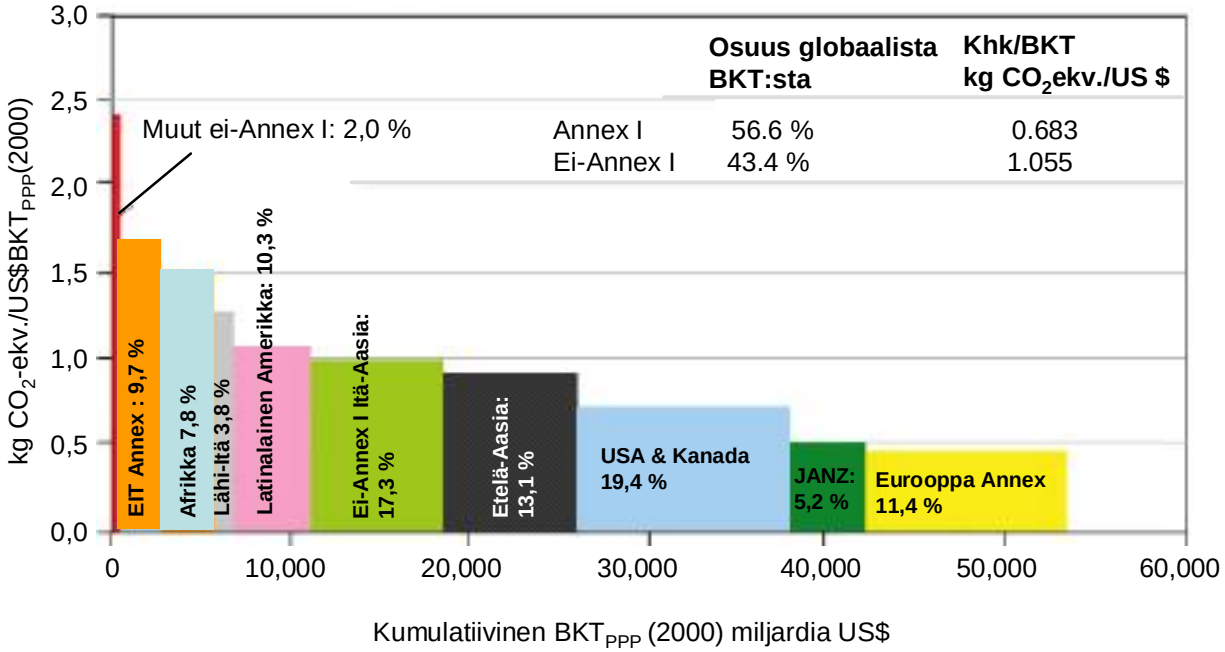
Huom.
1. Muut N_2O sisältää teolliset prosessit, metsänhävityksen ja savannin polttamisen, jätevedet sekä jätteen polton.
2. Muut CH4 aiheutuvat teollisista prosesseista ja savannin poltosta.
3. Hakkuista aiheutuneen maanpinnan yläpuolella olevan biomassan hajoamisen CO_2-päästöt (päästöt maatumisesta) sekä turvepalojen ja kuivattujen turvemaiden CO_2-päästöt.
4. Myös perinteinen biomassan käyttö (10 % kokonaiskäytöstä) on sisällytetty, olettaen, että 90 % on kestävästä biomassan tuotannosta. Mukaan on laskettu korjaus olettaen, että 10 % hiilimäärästä jää hiiltyneenä maahan.
5. Tiedot laajan mittakaavan biomassan ja pensasmaiden poltosta perustuvat satelliittitietoon (Global Fire Emissions Data base) ja tietoon vuosien 1997–2002 keskiarvosta.
6. Sementin tuotanto ja maakaasun soihdutuspäästöt.
7. Fossiilisten polttoaineiden käyttö sisältää päästöt raaka-aineista.



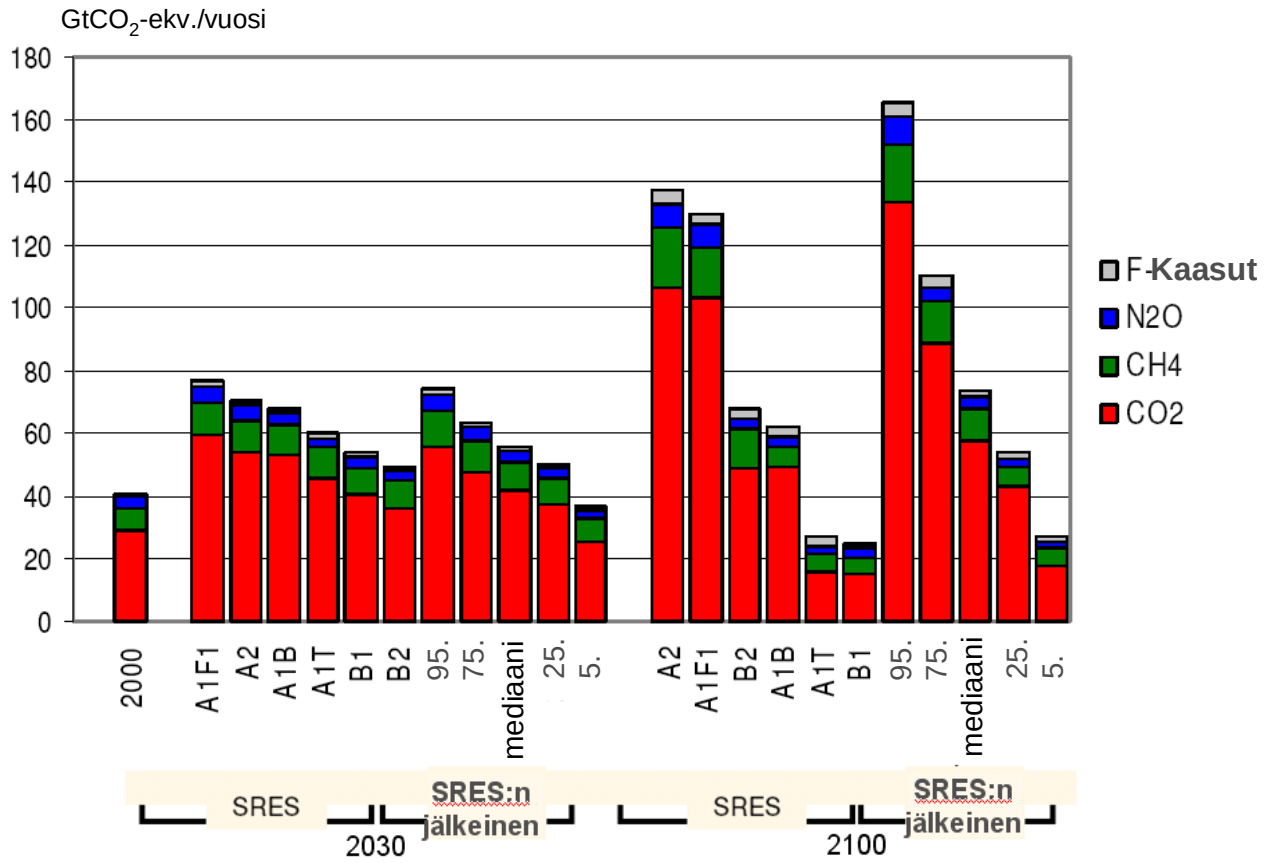
Kuva SPM 2. *Suhteellinen ostovoimapariteettikorjattu bruttokansantuotteen kehitys (BKT_{PPP}), kokonaisprimäärienergiantuotanto (TPES), CO_2-päästöt (fossiiliset polttoaineet, kaasun soihdutus ja sementin valmistus) ja väestö (Pop). Lisänä katkoviivoilla on esitetty tulot henkeä kohden (BKT_{PPP}/Pop), energiaintensiteetti (TPES/BKT_{PPP}), energiantuotannon hiili-intensiteetti (CO_2/TPES) ja taloudellisen tuotannon päästöintensiteetti (CO_2/BKT_{PPP}) vuosina 1970–2004. [Kuva 1.5].*



Kuva SPM 3a. *Alueellisten henkilöä kohti laskettujen khk-päästöjen jakautuminen vuonna 2004 (kaikki Kioton kaasut sisältäen maankäytön päästöt) ja eri maaryhmien väestö. Nelikulmioihin liittyvä prosenttimäärä tarkoittaa eri alueiden osuutta globaaleista khk-päästöistä [kuva 1.4a].*



Kuva SPM 3b. *Alueellisten BKT_{PPP}:tä kohti laskettujen khk-päästöjen jakautuminen vuonna 2004 (kaikki Kioton kaasut sisältäen maankäytön päästöt) ja eri maanryhmien BKT_{PPP}. Nelikulmioihin liittyvä prosenttimäärä tarkoittaa eri alueiden osuutta globaaleista khk-päästöistä [kuva 1.4b].*



Kuva SPM 4. *Maailmanlaajuiset khk-päästöt vuonna 2000 ja ennustetut perusskenaarioiden päästöt vuosille 2030 ja 2100 IPCC SRES -skenaarioiden sekä niiden jälkeisen kirjallisuuden perusteella. Kuva esittää kuutta havainnollistavaa SRES-skenaariota. Se myös esittää SRES:in jälkeisten skenaarioiden frekvenssijakautuman (5. ja 25. persentiili, mediaani, sekä 75. ja 95. persentiili) luvun 3 mukaisesti. F-kaasut kattavat HFC:t, PFC:t ja SF6:n. [1.3, 3.2, kuva 1.7]*

4. SRES-skenaarioiden[10] jälkeen julkaistut perusskenaariot päästöjen kehityksestä ovat päästöalueen suhteen rinnastettavissa niihin, jotka on esitetty IPCC:n päästöskenaarioiden erikoisraportissa (Special Report on Emission Scenarios (SRES)) (25–135 $GtCO_2$-ekv./vuosi vuonna 2100, ks. kuva SPM.4). *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä)*

- SRES:n jälkeiset tutkimukset käyttivät alhaisempia arvoja joillekin päästöihin vaikuttaville tekijöille, erityisesti väestöennusteille. Kuitenkin niissä tutkimuksissa, jotka sisällyttivät uusia väestöennusteita, muutokset muissa tekijöissä, kuten talouden kasvussa, vaikuttivat siihen, että kokonaispäästötasot muuttuivat vain vähän. Talouden kasvun ennusteet Afrikalle, Latinalaiselle Amerikalle ja Lähi-idälle vuoteen 2030 SRES:n jälkeisissä perusskenaarioissa ovat alhaisempia kuin SRES:ssä, mutta sillä on vain vähäisiä vaikutuksia globaaliin talouden kasvuun ja kokonaispäästöihin [3.2].
- Aerosolien ja aerosoleja edeltävien aineiden päästöjen (sisältäen rikkidioksidin, mustan hiilen (noen) ja orgaanisen hiilen) kuvaus on parantunut. Kokonaisuutena nämä aiheuttavat jäähdyttävän vaikutuksen[11]. Yleisesti ottaen niiden määrien oletetaan olevan alhaisempia kuin mitä on raportoitu SRES:ssä [3.2].
- Saatavilla olevat tutkimukset osoittavat, että valuuttakurssin laskentatavan valinta BKT:lle (MER tai PPP) ei merkittävästi vaikuta ennustettuihin päästöihin, kun valinnat tehdään yhdenmukaisesti[12]. Jos eroja on, ne ovat pieniä verrattaessa epävarmuuksiin, joita

[10] Perusskenaariot eivät sisällä nykyisten toimien lisäksi tehtyjä ilmastotoimenpiteitä; uusimmat tutkimukset vaihtelevat UNFCCC:n ja Kioton pöytäkirjan sisällyttämisen suhteen.
[11] Ks. AR4 WGI raportti, kpl. 10.2.
[12] TAR:n jälkeen on ollut keskustelua eri valuuttakurssien käytöstä päästöskenaarioissa. Kahta mittaa käytetään eri maiden BKT:n vertailussa. Analyyseissa, jotka sisältävät kansainvälisessä kaupassa olevia tuotteita, on parempi käyttää MER:iä. Analyyseissä, jotka sisältävät eri kehitysvaiheessa olevien maiden tulojen vertailua, on parempi käyttää PPP.tä.

aiheuttavat skenaarioissa tehdyt oletukset muista muuttujista, kuten mm. teknologisesta muutoksesta.

Laatikko SPM.1: *IPCC:n päästöskenaarioiden erikoisraportin (SRES) päästöskenaariot (käännös Kimmo Ruosteenoja).*

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. Kansainvälisen vuorovaikutuksen oletetaan olevan vilkasta sekä maapallon eri alueiden kehityserojen kaventuvan ja tulonjaon tasaantuvan. A1-skenaarioperhe jakaantuu kolmeen eri alaskenaarioon. A1FI-skenaariossa oletetaan tulevan energiantuotannon perustuvan edelleenkin nimenomaan fossiilisten polttoaineiden käyttöön, A1T-skenaariossa taas ei-fossiilisiin energianlähteisiin. A1B-skenaario edustaa näitten vaihtoehtojen välimuotoa.

A2-skenaarioperheessä teollisuusmaiden (kehittyneiden maiden) ja kehitysmaiden kehityserot säilyvät suurina. Maapallon eri alueet pyrkivät omavaraisuuteen ja oman erikoislaatunsa säilyttämiseen. Teknologian siirto kehitysmaihin on vähäistä, ja eri maitten väliset tuloerot säilyvät suurina. Koko maapalloa ajatellen taloudellinen kehitys on hitaampaa kuin A1-skenaarioissa. Väestönkasvu jatkuu kehitysmaissa nopeana ja maapallon väkiluku kasvaa nopeasti.

B1-skenaarioperheessä teollisuus- ja kehitysmaiden 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-skenaarioperheessä pyritään myös ottamaan ympäristönäkökohdat huomioon päätöksenteossa, mutta päätökset määräytyvät enemmän paikallisten etujen perusteella kuin B1-skenaarioissa. Eri alueiden kehityserot säilyvät suurina ja väestönkasvu jatkuu, tosin ei yhtä nopeana kuin A2-skenaarioissa. Talouden ja tekniikan kehitys on kohtuullisen nopeaa, mutta jakautuu epätasaisesti maapallon eri alueille.

IPCC:n näkemyksen mukaan kaikki nämä tulevaisuuden skenaariot ovat mahdollista, eikä mitään tiettyä skenaariota voida pitää muita todennäköisempänä.

SRES-skenaariot eivät sisällä nykyisten lisäksi tehtyjä ilmastotoimenpiteitä, mikä tarkoittaa, että SRES-skenaarioihin ei ole sisällytetty skenaarioita, jotka olettavat ilmastosopimuksen toteutumisen tai Kioton pöytäkirjan mukaiset päästötavoitteet.

Tämä laatikko kokoaa yhteen IPCC:n (2001) 3. arviointiraportin skenaariot, jotka paneeli on aiemmin ehdoin hyväksynyt rivi riviltä.

Useimmat tässä raportissa olevat rahalliset yksiköt on ilmastu MER:ssä. Tämä johtuu päästöjen hillinnän kirjallisuudesta, joissa käytetään eniten MER:iä. Kun rahalliset yksiköt ilmaistaan PPP:llä, tämä merkitään BKT_{PPP}.

C. Hillintä lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä (vuoteen 2030 saakka)

Laatikko SPM 2. *Hillintäpotentiaali ja analyyttiset lähestymistavat*

Kasvihuonekaasujen ”hillintäpotentiaali” on käsite, jolla arvioidaan kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämisen suuruutta, joka voitaisiin toteuttaa tietyllä päästöyksikön hinnalla (ilmaistuna vältetyn tai vähennetyn hiilidioksidiekvivalentin kustannusta kohden). Potentiaali lasketaan suhteessa päästöjen vähentämättömään tasoon. Hillintäpotentiaali on edelleen eroteltu termeihin ”markkinapotentiaali” ja ”taloudellinen potentiaali”.

Markkinapotentiaali on hillintäpotentiaali, joka perustuu yksityisiin kustannuksiin ja yksityisiin diskonttauskorkoihin[13], joiden voidaan olettaa esiintyvän ennustetuissa markkinaolosuhteissa tämänhetkiset käytössä olevat ohjauskeinot ja toimenpiteet huomioon ottaen ja unohtamatta esteiden rajoittavaa vaikutusta [2.4].

Taloudellinen potentiaali on hillintäpotentiaali, joka huomioi yhteiskunnalliset kustannukset ja hyödyt sekä yhteiskunnallisen diskonttauskoron[14] olettaen, että markkinoiden tehokkuutta parannetaan ohjauskeinoin ja toimin sekä esteiden poistoin [2.4].

Markkinapotentiaaliarvioita voidaan käyttää päätöksentekijöiden valistamiseen nykyisten ohjauskeinojen ja esteiden rajaamasta hillintäpotentiaalista. Arviot taloudellisesta potentiaalista puolestaan osoittavat, mihin voitaisiin päästä, jos sopivia uusia ohjaustoimenpiteitä otettaisiin käyttöön esteiden poistamiseksi ottaen huomioon samalla yhteiskunnalliset kustannukset ja hyödyt. Taloudellinen potentiaali on sen vuoksi suurempi kuin markkinapotentiaali.

Hillintäpotentiaalia arvioidaan useilla eri lähestymistavoilla. Yleisesti on olemassa kaksi pääluokkaa: ”bottom-up” eli kokoava ja ”top-down” eli jäsentävä lähestymistapa, joita molempia käytetään taloudellisen potentiaalin arvioimiseen.

Bottom-up -tutkimukset perustuvat hillintävaihtoehtojen arviointiin korostaen tiettyjä teknologioita ja säännöksiä. Ne ovat tyypillisesti sektorikohtaisia tutkimuksia, jotka olettavat makrotalouden muuttumattomana. Sektorikohtaiset arviot on yhdistetty, kuten TAR:ssa, globaalin hillintäpotentiaalin arvioimiseksi tätä arviointiraporttia varten.

Top-down -tutkimuksissa arvioidaan hillintävaihtoehtojen koko talouden kattavaa potentiaalia. Niissä käytetään globaalia johdonmukaista tarkastelukehikkoa ja yhdistettyä tietoa hillintävaihtoehdoista samalla, kun ne ottavat huomioon kokonaistalouden ja markkinoiden takaisinkytkennät.

Bottom-up- ja top-down -mallit ovat kehittyneet yhä enemmän toistensa kaltaisiksi sitten kolmannen arviointiraportin (TAR). Top-down -mallit ovat sisällyttäneet enemmän teknologisia hillintävaihtoehtoja ja bottom-up -mallit ovat sisällyttäneet enemmän makrotaloudellisia piirteitä ja markkinoiden takaisinkytkentöjä. Myös näiden mallien rakenteeseen on omaksuttu esteiden analysointi.

Bottom-up -tutkimukset ovat hyödyllisiä erityisesti tiettyjen politiikkavaihtoehtojen arvioimiseen sektoritasolla, mm. energiatehokkuuden parantamisen vaihtoehtojen vertailuun, kun taas top-down -tutkimukset ovat hyödyllisiä arvioitaessa sektoreita leikkaavia ja koko talouden kattavia

[13] Yksityiset kustannukset ja diskonttauskorko heijastavat yksityisten kuluttajien ja yritysten näkökulmaa: ks. sanasto tarkemman kuvauksen saamiseksi.

[14] Yhteiskunnalliset kustannukset ja diskonttauskorko heijastavat yhteiskunnan näkökulmaa. Yhteiskunnallinen diskonttauskorko on alempi kuin yksityisillä sijoittajilla; ks. sanasto tarkemman kuvauksen saamiseksi.

ilmastonmuutosta koskevia toimenpideohjelmia, kuten päästöyksikön veroja ja pitoisuuden vakautusohjelmia.

Nykyisillä taloudellista potentiaalia koskevilla bottom-up- ja top-down -tutkimuksilla on kuitenkin rajoituksia, kun tarkastellaan elämäntyylin valintaa ja kun tarkasteluun sisällytetään ulkoisvaikutuksia, kuten esim. paikalliset ilmansaasteet. Malleissa on rajoitettuja kuvauksia joillekin sektoreille, maille, kaasuille ja esteille. Arvioidut hillintäkustannukset eivät ota huomioon mahdollisia hyötyjä vältetystä ilmaston muuttumisesta.

Laatikko SPM 3. *Hillintävaihtoehtoja ja makrotaloudellisia kustannuksia koskevien tutkimusten taustaoletukset*

Tässä raportissa arvioitujen hillintätoimenpiteiden ja makrotaloudellisten kustannusten tutkimukset perustuvat top-down -mallintamiseen. Useimmat mallit perustuvat tavoitteen saavuttamiseen tarvittavien hillintätoimenpiteiden globaalin kustannuksen minimointiin. Maailmanlaajuisen päästökaupan oletetaan olevan läpinäkyvää, markkinoilla ei oleteta olevan kaupankäyntikuluja, ja näin hillintätoimenpiteiden täytäntöönpano on täydellistä koko vuosisadan. Kustannustiedot annetaan tiettyyn ajanhetkeen liittyen.

Mallinnetut globaalit kustannukset nousevat, jos tarkasteluun ei sisällytetä joitain alueita, sektoreita (esim. maankäyttö), vaihtoehtoja tai kaasuja. Globaalit kustannukset laskevat, jos tarkastelussa käytetään alhaisempaa perusuraa, jos päästöveroista ja huutokaupatuista päästöluvista saatuja tuloja hyödynnetään ja jos teknologista oppimista sisällytetään malliin. Nämä mallit eivät ota huomioon ilmastohyötyjä, eivät yleensä muitakaan hillinnästä saatuja hyötyjä tai oikeudenmukaisuuteen liittyviä asioita.

5. Sekä bottom-up että top-down -tutkimukset osoittavat, että on olemassa merkittävä taloudellinen hillintäpotentiaali, jolla voidaan vähentää globaaleja khk-päästöjä seuraavien vuosikymmenten aikana ja joka kykenisi kumoamaan ennustetun globaalin päästöjen kasvun tai vähentämään päästöjä alle nykyisen tason *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*
Päästönrajoituspotentiaalia kuvaavien arvioiden epävarmuusvälit on esitetty alla olevassa taulukossa. Arviot heijastavat perusurien vaihteluvälejä, teknologisen muutoksen nopeutta ja muita tekijöitä, jotka ovat ominaisia erilaisille lähestymistavoille. Lisäksi epävarmuudet johtuvat myös siitä, että eri maista, sektoreista ja kaasuista on saatavilla maailmanlaajuista tietoa rajoitetusti.

Bottom-up -tutkimukset:

- Vuonna 2030 bottom-up -lähestymistavalla arvioitu taloudellinen potentiaali (ks. laatikko SPM.2) on esitetty alla olevassa taulukossa SPM.1 sekä kuvassa SPM 5A. Vertailukohtana voidaan pitää, että vuoden 2000 päästöt olivat 43 $GtCO_2$-ekv. [11.3]:

Taulukko SPM 1: *Bottom-up -tutkimusten mukainen globaali taloudellinen hillitsemispotentiaali vuonna 2030.*

Päästöyksikön hinta (US$/t$CO_2$-ekv.)	Taloudellinen potentiaali (GtCO_2-ekv./vuosi)	Vähennys suhteessa skenaarioon SRES A1B (68 GtCO_2-ekv./vuosi) %	Vähennys suhteessa skenaarioon SRES B2 (49 GtCO_2-ekv./vuosi) %
0	5–7	7–10	10–14
20	9–17	14–25	19–35
50	13–26	20–38	27–52
100	16–31	23–46	32–63

- Tutkimukset esittävät, että negatiivisten nettokustannuksien[15] hillintämahdollisuuksilla on potentiaalia vähentää päästöjä noin 6 GtCO_2-ekv./vuosi vuonna 2030. Tämän toteuttaminen vaatii toimeenpanon esteiden poistamista.
- Ei mikään yksi teknologia tai sektori riitä vastaamaan koko hillintään liittyvään haasteeseen. Kaikki tarkastellut sektorit tuovat osuutensa hillintään (ks. kuva SPM.6). Kunkin sektorin suurimmat taloudelliset potentiaalit sisältävät teknologiat on esitetty taulukossa SPM.3 [4.3, 4.4, 5.4, 6.5, 7.5, 8.4, 9.4, 10.4].

Top-down -tutkimukset:

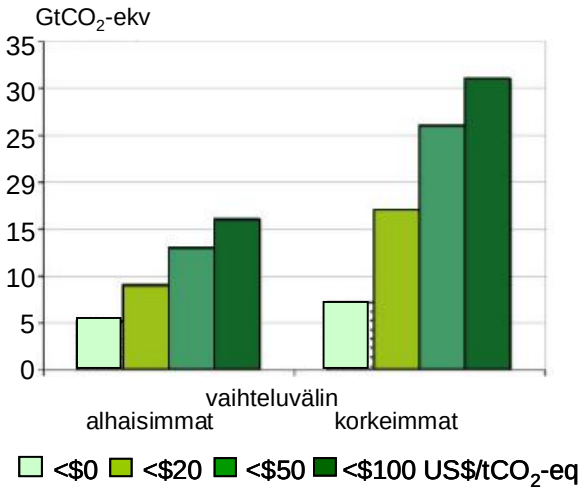
- Top-down -tutkimusten mukaan laskettu päästövähennys vuonna 2030 on esitetty alla olevassa taulukossa SPM 2 ja kuvassa SPM 5B. Top-down -tutkimusten mukainen globaali taloudellinen potentiaali sopivat yhteen bottom-up -tutkimusten kanssa (ks. laatikko SPM 2), vaikka sektoritasolla on merkittäviä eroavaisuuksia.

Taulukko SPM 2: *Top-down -tutkimusten mukainen globaali taloudellinen hillitsemispotentiaali vuonna 2030.*

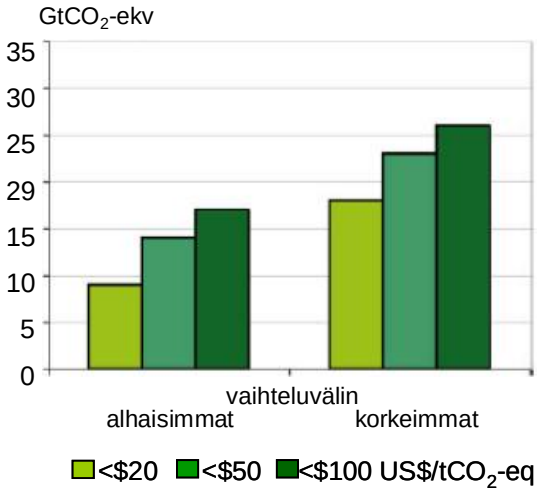
Päästöyksikön hinta (US$/t$CO_2$-ekv.)	Taloudellinen potentiaali (GtCO_2-ekv./vuosi)	Vähennys suhteessa skenaarioon SRES A1B (68 GtCO_2-ekv./vuosi) %	Vähennys suhteessa skenaarioon SRES B2 (49 GtCO_2-ekv./vuosi) %
20	9–18	13–27	18–37
50	14–23	21–34	29–47
100	17–26	25–38	35–53

- Taulukossa SPM 2 annetut arviot on johdettu vakautusskenaariolaskelmista, joissa edetään kohti ilmakehän khk-pitoisuuksien vakautusta pitkällä aikavälillä [3.6].

[15] SAR:n ja TAR:n tapaan on myös tässä raportissa määritelty negatiivisten nettokustannusten vaihtoehdot (ei pahoiteltavat vaihtoehdot, ”no regrets opportunities”). Näistä vaihtoehdoista tulevat edut, kuten energiakustannusten vähennys ja paikallisten tai alueellisten saasteiden väheneminen, ylittävät yhteiskunnalle aiheutuvat kustannukset, vakkei huomioida vältetyn ilmastonmuutoksen hyötyjä.



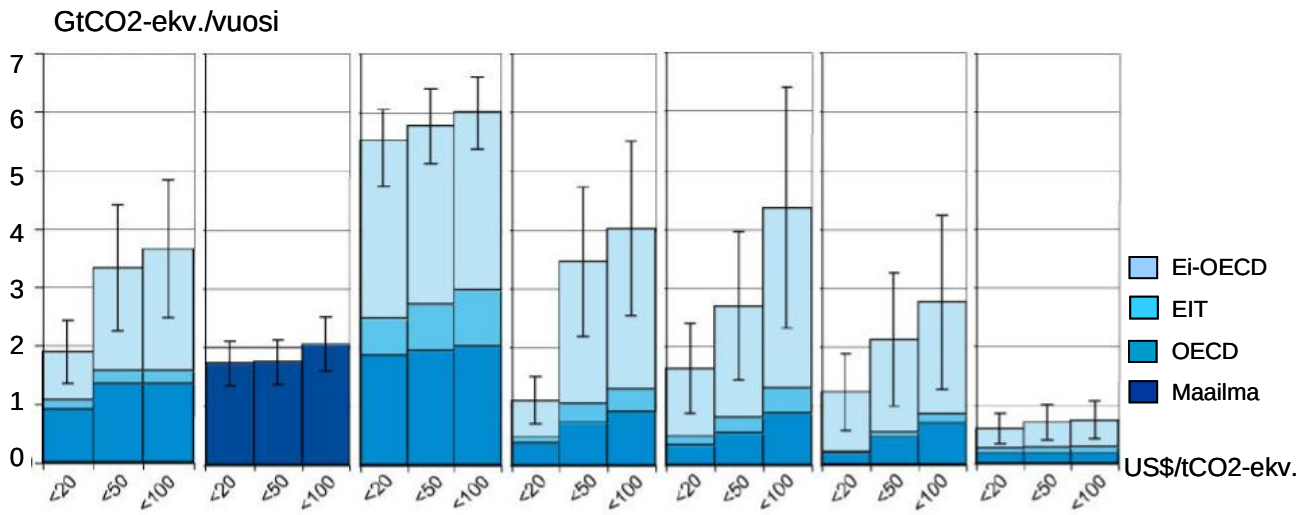
Kuva SPM 5A: *Bottom-up -tutkimusten mukainen globaali taloudellinen potentiaali vuonna 2030 (tieto taulukosta SPM 1)*



Kuva SPM 5B: *Top-down -tutkimusten mukainen globaali taloudellinen potentiaali vuonna 2030 (tieto taulukosta SPM 2)*

Taulukko SPM 3: Sektoreiden tärkeimmät hillintäteknologiat ja toimenpiteet. Sektorit ja teknologiat on listattu satunnaisessa järjestyksessä. Moniin sektoreihin vaikuttavat ei-teknologiset toimenpiteet, kuten elämäntyylin muutokset, eivät ole mukana taulukossa (mutta ovat esitetty kappaleessa 7 tässä SPM:ssä).

Sektori	**Tärkeimmät hillintäteknologiat ja toimenpiteet, jotka ovat tällä hetkellä kaupallisesti saatavilla**	**Tärkeimmät hillintäteknologiat ja toimenpiteet, joiden ennustetaan olevan kaupallistettu ennen vuotta 2030**
Energian tuotanto [4.3, 4.4]	Tuotannon ja jakelun tehokkuuden parantaminen, kivihiilen korvaaminen maakaasulla, ydinvoima, uusiutuvaan energiaan perustuva sähkö ja lämpö (vesivoima, aurinkoenergia, tuulivoima, geoterminen energia ja bioenergia), yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto, hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin (Carbon Capture and Storage, CCS) varhaiset sovellukset (mm. maakaasusta poistetun CO_2:n varastointi)	Hiilidioksidin erotuksen ja varastoinnin (CCS) käyttö kaasu-, biomassa- ja kivihiilikäyttöisessä sähköntuotannossa, kehittynyt ydinvoima, kehittynyt uusiutuva energia sisältäen vuorovesi- ja aaltoenergian, keskittävä aurinkoenergia ja aurinkokennot
Liikenne [5.4]	Polttoainetehokkaammat ajoneuvot, hybridiajoneuvot, puhtaammat dieselajoneuvot, biopolttoaineet, kulkumuodon vaihto tieliikenteestä raiteille ja julkisen liikenteen järjestelmiin, kevyt liikenne (pyöräily, kävely), maankäytön ja liikenteen suunnittelu	Toisen sukupolven biopolttoaineet, tehokkaammat lentokoneet, kehittyneet sähkö- ja hybridiajoneuvot, joissa on voimakkaammat ja luotettavammat akut
Rakennukset [6.5]	Tehokas valaistus ja päivänvalon hyödyntäminen, tehokkaammat sähkölaitteet sekä lämmitys- ja jäähdytyslaitteet, tehokkaammat liedet, tehokkaampi eristys, passiivinen ja aktiivinen auringon hyödyntäminen lämmitykseen ja jäähdytykseen, vaihtoehtoiset kylmäaineet, fluorattujen kaasujen talteenotto ja kierrätys	Liikerakennusten integroitu suunnittelu, johon sisällytetään älykkäät mittausjärjestelmät, joissa on takaisinkytkentä ja hallinta, rakennuksiin integroidut aurinkokennot
Teollisuus [7.5]	Säästeliäämmät sähkölaitteet loppukäytössä, lämmön ja sähkön talteenotto, materiaalien kierrätys ja korvaus, muiden kasvihuonekaasujen kuin hiilidioksidin päästöjen rajoitus, useita eri prosessikohtaisia teknologioita	Parantunut energiatehokkuus, CCS:n käyttö sementin, ammoniakin ja raudan valmistuksessa, inertit elektrodit alumiinin valmistuksessa.
Maatalous [8.4]	Maaperän hiilivaraston kasvattaminen kehittyneemmillä viljely- ja laidunmenetelmillä, viljeltyjen turvemaiden ja kuluneiden maiden ennallistaminen, kehittyneemmät riisin viljelymenetelmät, metaanipäästöjen rajoittaminen riisinviljelyssä, karjataloudessa ja lannankäsittelyssä, dityppioksidipäästöjen vähennys parannetuilla lannoitusmenettelyillä, fossiilisten polttoaineiden korvaaminen energiakasveilla, parannettu energiatehokkuus	Viljasatojen parannukset
Metsätalous/metsät [9.4]	Metsitys, uudelleenmetsitys, metsänhoito, metsäkadon vähentäminen, metsien puutuotteiden hallinta, puumassan käyttö bioenergiana korvaamassa fossiilisia polttoaineita	Puulajikkeiden kehittämisellä saavutettava biomassan tuotannon ja hiilen sidonnan parannus, parannetut kaukokartoitusteknologiat kasvillisuuden/maaperän hiilen sitoutumispotentiaalin analysoimiseen ja maankäytön muutoksen kartoitukseen
Jätehuolto	Kaatopaikkojen metaanipäästöjen talteenotto, jätteiden energiakäyttö, orgaanisen jätteen kompostointi, jätevesien käsittely, kierrätys ja jätteiden minimointi	Biopeitteet ja biosuodattimet metaanin hapettamisen optimoinnissa



Energian tuotanto	Liikenne	Rakennukset	Teollisuus	Maatalous	Metsätalous	Jätehuolto
(potentiaali <US$100/t CO_2-ekv.: 2.4-4.7 Gt CO2-ekv./vuosi)	(potentiaali <US$100/t CO_2-ekv.: 1.6-2.5 Gt CO2-ekv./vuosi)	(potentiaali <US$100/t CO_2-ekv.: 5.3-6.7 Gt CO2-ekv./vuosi)	(potentiaali <US$100/t CO_2-ekv.: 2.5-5.5 Gt CO2-ekv./vuosi)	(potentiaali <US$100/t CO_2-ekv.: 2.3-6.4 Gt CO2-ekv./vuosi)	(potentiaali <US$100/t CO_2-ekv.: 1.3-4.2 Gt CO2-ekv./vuosi)	(potentiaali <US$100/t CO_2-ekv.: 0.4-1 Gt CO2-ekv./vuosi)

Kuva SPM 6. *Eri sektoreiden arvioitu taloudellinen globaali hillintäpotentiaali eri alueilla esitettynä päästöyksikön hinnan suhteen vuonna 2030 bottom up -tutkimusten mukaan. Lähtötasona on perusura eri sektoreilla. Täydellinen selitys kuvan laskelmista löytyy luvusta 11.3.*

Huom.
1. *Kunkin sektorin globaalin taloudellisen potentiaalin arvioitu vaihteluväli on esitetty pystysuuntaisilla viivoilla. Vaihteluvälit perustuvat siihen, miten loppukäytön päästöt on jaettu eli miten sähkön käytön päästöt on laskettu kutakin loppukäytön sektoria kohden.*
2. *Arvioituja hillintäpotentiaaleja rajoittaa erityisesti korkeiden päästöyksikön hintojen osalta tutkimusten puute.*
3. *Sektoreilla on erilaisia perusuria. Teollisuudessa käytettiin SRES A2 -perusuraa, energian tuotannolle ja liikenteelle käytettiin WEO 2004 -perusuraa, rakennussektori käytti SRES B2- ja A1B-skenaarioiden välistä perusuraa, jätteelle käytettiin SRES A1B:n ajavia tekijöitä rakennettaessa jätehuoltoon erikoistunutta perusuraa, maatalous ja metsätalous käyttivät pääasiassa B2:n ajavia tekijöitä.*
4. *Liikenne-sektorilla otetaan huomioon vain globaali kokonaismäärä johtuen lentoliikenteen sisällyttämisestä sektoriin [5.4].*
5. *Luokat evät pidä sisällään seuraavia: rakennusten ja liikenteen muita kuin CO_2-päästöjä, osaa materiaalitehokkuuden vaihtoehdoista, energiantuotannossa lämmön tuotantoa ja yhteistuotantoa, raskaita ajoneuvoja, laivaliikenteen ja korkeasti kuormitettua henkilöliikennettä, useimpia rakennusten korkeakustannuksisia vaihtoehtoja, jäteveden käsittelyä, hiilikaivosten ja kaasuputkistojen päästöjä ja energian tuotannon ja kuljetuksen fluorattuja kaasuja. Näiden päästöjen kokonaistaloudellisen potentiaalin huomioon ottamatta jättäminen alentaa arviota luokkaa 10–15 %.*

6. Kun tarkastellaan päästöjen kehitystä pitoisuuksien vakautustasoille 445–710 ppm CO_2-ekv., useita kaasuja käsittävän hillinnän makrotaloudelliset kustannukset vuonna 2030 ovat perusuraan verrattuna tällöin globaalin bruttokansantuotteen 3 prosentin aleneman ja

vähäisen kasvun välillä (ks. taulukko SPM.4). Kuitenkin alueelliset kustannukset voivat poiketa huomattavasti globaaleista keskiarvoista *(korkea yksimielisyys, keskimääräisesti näyttöä)* (ks. laatikko SPM.3 näiden tulosten menetelmistä ja oletuksista)**.**

- Suuri osa tutkimuksista tuli johtopäätökseen, että BKT:n vähennys suhteessa BKT:n perusuraan kasvaa vakautustavoitteen tiukkuuden mukana.

Taulukko SPM.4. *Globaalit makrotaloudelliset kustannukset vuonna 2030[a)] arvioituna minimi-kustannusmalleilla erilaisissa pitkän aikavälin vakautusskenaarioissa.[b), c)]*

Vakautumistaso (ppm CO_2-ekv.)	BKT:n vähennyksen mediaani[d)] (%)	BKT:n vähennyksen vaihteluväli[d), e)] (%)	Keskimääräisen BKT:n kasvuvauhdin vuosittainen vähennys[d), f)] (prosenttiyksikkö)
590–710	0,2	-0,6–1,2	< 0,06
535–590	0,6	0,2–2,5	< 0,1
445–535[g)]	Ei saatavilla	< 3	< 0,12

a) BKT:n vähennys nousee annetuilla vakautustasoilla useimmissa malleissa vuoden 2030 jälkeen. Pitkän aikavälin kustannukset ovat myös epävarmempia. [kuva 3.25]

b) Tulokset perustuvat erilaisia perusuria käyttäviin tutkimuksiin.

c) Tutkimukset vaihtelevat sen ajan hetken suhteen, kun pitoisuuden vakautuminen saavutetaan: yleisesti tämä on vuonna 2100 tai myöhemmin.

d) Tämä on globaali BKT perustuen markkinavaluuttakurssiin.

e) Analysoidusta tiedosta on annettu mediaani sekä 10. ja 90. persentiili.

f) Vuosittaisen kasvuvauhdin pienentymisen laskeminen perustuu keskimääräiseen vähennykseen ajanjaksolla vuoteen 2030 asti. Tämä johtaisi osoitettuun BKT:n vähennykseen vuonna 2030.

g) BKT:n kehitystä käsittelevien tutkimusten määrä on suhteellisen pieni ja ne yleensä käyttävät alhaisia perusuria.

- Mallinnustutkimukset osoittavat, että olemassa olevasta verojärjestelmästä ja tulojen käyttämisestä riippuen voivat kustannukset olla merkittävästi pienempiä, kun oletukset ovat seuraavat: tulot päästöyksikön veroista tai päästökaupassa huutokaupatuista oikeuksista käytetään vähäpäästöisten teknologioiden edistämiseen tai olemassa olevan verojärjestelmän parantamiseen [11.4]
- Tutkimukset, jotka olettavat, että hillintätoimenpiteet aiheuttavat vauhdittuvan teknologisen muutoksen, johtavat myös alempiin kustannuksiin. Tämä voi kuitenkin vaatia etupainotteisia investointeja, jotta kustannusten alennukset voidaan saavuttaa myöhemmin [3.3, 3.4, 11.4, 11.5, 11.6].
- Vaikka useimmat mallit osoittavat BKT:n vähentyvän, näyttävät jotkut mallit BKT:n kasvua. Nämä mallit olettavat, että perusurat eivät ole optimaalisia ja hillintätoimenpiteet parantavat markkinoiden tehokkuutta. Tai sitten ne olettavat, että hillintätoimenpiteillä saadaan lisää teknologisia muutoksia [3.3, 11.4]. Esimerkkejä markkinoiden epätehokkuudesta ovat käyttämättömät voimavarat sekä vääristävät verot ja tuet.
- Monien kaasujen huomioiminen sekä hiilinielujen sisällyttäminen yleisesti ottaen alentaa kustannuksia huomattavasti verrattuna vain pelkän CO_2:n vähentämiseen.
- Alueelliset kustannukset ovat hyvin riippuvaisia oletetusta vakautustasosta ja perusskenaariosta. Toimien kohdentaminen on myös tärkeä, mutta useille maille vähemmässä määrin kuin vakautustaso [11.4, 13.3].

7. Muutokset elämäntyylissä ja käyttäytymismalleissa voivat vaikuttaa ilmastonmuutoksen hillintään kaikilla sektoreilla. Johtamiskäytännöillä voi myös olla positiivista vaikutusta. *(korkea yksimielisyys, keskimääräisesti näyttöä)*.

- Elämäntyylin muutokset voivat vähentää khk-päästöjä. Muutokset elämäntyylissä ja kulutustottumuksissa, jotka korostavat luonnonvarojen säilyttämistä, voivat vaikuttaa kehitykseen kohti alhaisten päästöjen taloutta, joka on sekä oikeudenmukainen että kestävä [4.1, 6.7].
- Koulutus- ja harjoitteluohjelmat voivat auttaa voittamaan esteitä, jotka rajoittavat energiatehokkuuden parannusta markkinaehtoisesti. Näitä esteitä voidaan poistaa erityisesti muiden toimenpiteiden yhteydessä.
- Muutokset asukaskäyttäytymisessä, kulttuurisissa malleissa ja kuluttajavalinnoissa sekä teknologian käytössä voivat johtaa CO_2-päästöjen huomattavaan vähentymiseen rakennusten energiankäytössä.
- Khk-päästöjen hillintää voi tukea liikenteen kysynnän hallinta, joka sisältää kaupunkisuunnittelun (joka voi vähentää liikkumisen tarvetta) sekä informaation ja koulutustekniikoiden tarjoamisen (jotka vähentävät auton käyttöä ja johtavat tehokkaampaan ajotapaan) [7.3].
- Teollisuudessa johtamistyökalut voivat auttaa voittamaan esteet teollisuuden organisaatioissa, vähentämään energian käyttöä ja khk-päästöjä. Nämä työkalut sisältävät henkilökunnan koulutusta, palkitsemisjärjestelmiä, säännöllistä palautetta ja olemassa olevien työtapojen dokumentoimista [7.3].

8. Kasvihuonekaasujen vähentämistoimet aiheuttavat lähitulevaisuudessa terveyttä koskevia sivuhyötyjä, koska ilmansaasteet vähenevät. Hyödyt voivat olla merkittäviä, ja ne voivat kumota huomattavan osan ilmastonmuutoksen hillintäkustannuksista kaikilla tarkastelluilla maailman alueilla, vaikka tutkimukset käyttävät erilaisia menetelmiä. *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

- Kustannussäästöjä suurentavat edelleen muut sivuhyödyt kuin terveyttä koskevat, kuten energiavarmuuden lisääntyminen, maataloustuotannon lisääntyminen ja luonnon ekosysteemin kuorman keventyminen johtuen troposfäärin otsonipitoisuuksien vähentymisestä [11.8].
- Integroitu ilmansaasteiden vähennys ja ilmastonmuutoksen hillintä tarjoaa potentiaalisesti suuria kustannussäästöjä verrattuna näiden toimenpiteiden käsittelemiseen erillään [11.8].

9. TAR:n jälkeinen kirjallisuus vahvistaa, että Annex I -maiden toimilla saattaa olla vaikutusta globaaliin talouteen ja globaaleihin päästöihin, vaikka hiilivuodon laajuus jää epävarmaksi *(korkea yksimielisyys, keskimääräisesti näyttöä).*

- TAR:ssa[16] osoitettiin, että fossiilisia polttoaineita vievät maat (sekä Annex I- että ei-Annex I -ryhmissä) voivat odottaa hillintätoimenpiteistä johtuvaa alhaisempaa kysyntää ja hintoja sekä alhaisempaa BKT:n kasvua. Toimien aiheuttaman epäsuoran vaikutuksen[17] laajuus muissa maissa riippuu voimakkaasti niistä oletuksista, jotka liittyvät päätöksiin toimenpiteistä ja öljymarkkinoiden olosuhteista [11.7]
- Hiilivuodon[18] arvioimisessa on kriittisiä epävarmuuksia. Useimmat tasapainotilan mallinnukset tukevat TAR:ssa tehtyä johtopäätöstä, jossa arvioitiin Kioton toiminnasta johtuvan koko talouden kattavan vuodon olevan luokkaa 5–20 %. Tämä olisi paljon vähemmän, jos kilpailukykyistä alhaisten päästöjen teknologiaa levitettäisiin tehokkaasti [11.7].

[16] Ks. TAR WG III (2001) SPM kappale 16.

[17] Sektoreiden poikki ulottuvan tarkastelun näkökulmasta hillinnän epäsuora vaikutus (”spill over”) on yhden maan tai maaryhmän hillintätoimenpiteiden vaikutukset sektoreihin muissa maissa

[18] Hiilivuodon on määritelty olevan sisäisiä hillintätoimenpiteitä tekevien maiden ulkopuolella olevien CO_2-päästöjen kasvu jaettuna näiden maiden päästöjen vähennyksellä.

10. Uudet investoinnit energiainfrastruktuuriin kehittyvissä maissa, energiainfrastruktuurin parannus teollistuneissa maissa sekä toimenpiteet, jotka edistävät energiavarmuutta, voivat monissa tapauksissa luoda mahdollisuuksia saavuttaa khk-päästövähennyksiä[21] verrattuna perusskenaarioihin. Lisäksi saavutettavat sivuhyödyt ovat maakohtaisia, mutta usein sisältävät ilmansaasteiden vähentymisen, kauppataseen parantumisen, mahdollisuuden hankkia moderneja energiapalveluita maaseudulla sekä työllisyyden lisääntymisen *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

- Tulevaisuuden energiainfrastruktuurin investointipäätöksillä tulee olemaan vaikutuksia khk-päästöihin pitkällä aikavälillä johtuen energialaitoksiin ja muuhun infrastruktuuriin sijoitetun pääoman pitkästä käyttöajasta. Investointien odotetaan olevan kokonaisuudessaan yli 20 biljoonaa US$[19] nykyhetkestä vuoteen 2030 mennessä. Alhaisten päästöjen teknologioiden levittäminen saattaa viedä aikaa useita vuosikymmeniä, vaikka näihin teknologioihin tehdyt varhaisen vaiheen investoinnit on tehty houkuttelevaksi. Alustavien arvioiden mukaan globaalien energiaan liittyvien CO_2-päästöjen palauttaminen vuoden 2005 tasolle vuoteen 2030 mennessä vaatisi suuren muutoksen investointimalleihin, vaikka vaadittu lisä nettoinvestointeihin vaihtelee mitättömästä 5–10 prosenttiin [4.1, 4.4, 11.6].
- Usein on kustannustehokkaampaa investoida loppukäytön energiatehokkuuden parantamiseen kuin kasvavaan energiantuotantoon energiapalveluiden tarpeen tyydyttämiseksi. Tehokkuuden parantamisella on positiivinen vaikutus energiavarmuuteen, paikalliseen ja alueelliseen ilmansaasteiden vähentämiseen sekä työllisyyteen [4.2, 4.3, 6.5, 7.7, 11.3, 11.8].
- Uusiutuvalla energialla on yleensä positiivinen vaikutus energiavarmuuteen, työllisyyteen ja ilmanlaatuun. Suhteutettuna muiden energiantuotantovaihtoehtojen kustannuksiin uusiutuvalla sähköllä, joka vastasi 18 % sähkön tuotannosta vuonna 2005, voi olla 30–35 %:n osuus kokonaissähköntuotannosta vuonna 2030 päästöyksikön hinnan lähestyessä tasoa 50 US$/t$CO_2$-ekv. [4.3, 4.4, 11.3, 11.6, 11.8].
- Mitä korkeammat fossiilisten polttoaineiden markkinahinnat, sitä kilpailukykyisempiä ovat alhaisten päästöjen vaihtoehdot, vaikka hintojen epävakaisuus on esteenä investoijille. Korkeampihintaiset tavanomaiset öljyvarat saatetaan toisaalta korvata suuripäästöisillä vaihtoehdoilla kuten öljyhiekalla, raskailla öljyillä tai hiilestä ja kaasusta tehdyillä synteettisillä polttoaineilla. Tämä johtaa kasvaviin khk-päästöihin, jollei tuotantolaitosta varusteta hiilidioksidin talteenotolla ja varastoinnilla (CCS) [4.2, 4.3, 4.4, 4.5].
- Suhteutettuna muiden energiatuotantovaihtoehtojen kustannuksiin, ydinvoimalla, joka vastasi 16 % sähköntuotannosta vuonna 2005, voi olla 18 %:n osuus kokonaisenergiantuotannosta vuonna 2030 päästöyksikön hinnan lähestyessä tasoa 50 US$/t$CO_2$-ekv. Turvallisuus, aseiden leviäminen ja jätehuolto pysyvät kuitenkin rajoitteina [4.2, 4.3, 4.4][20].
- CCS maanalaisissa geologisissa muodostumissa on uutta teknologiaa, jolla on mahdollisuus tehdä tärkeä lisä hillintäpotentiaaliin vuoteen 2030 mennessä. Teknologian, taloudellisuuden ja säännösten kehittyminen vaikuttaa todelliseen merkitykseen [4.3, 4.4, 7.3].

11. Liikennesektorilla[21] on useita hillintävaihtoehtoja, mutta niiden vaikutusta voi vähentää sektorin kasvu. Hillintävaihtoehtoja rajoittavat useat esteet, kuten kuluttajien mieltymykset ja toimenpideohjelmien puitteiden puuttuminen *(keskimääräinen yksimielisyys, keskimääräisesti näyttöä).*

[19] 20 biljoonaa = 20 000 miljardia = $20*10^{12}$
[20] Itävalta ei voinut yhtyä tähän lausumaan.
[21] Ks. taulukko SPM.1 ja kuva SPM.6.

- Parantuneet ajoneuvojen tehokkuustoimet johtavat polttoainesäästöihin, jotka ovat monissa tapauksissa nettoetuja (ainakin kevyille ajoneuvoille). Markkinapotentiaali on kuitenkin paljon alhaisempi kuin taloudellinen potentiaali, koska kuluttajat ottavat huomioon muita näkökulmia, kuten auton suorituskyky ja koko. Raskaiden ajoneuvojen hillintäpotentiaalin arvioimiseen ei ole riittävästi tietoa. Markkinavoimien yksistään ei odoteta ohjaavan merkittäviin päästönvähennyksiin, vaikka nousevat polttoainekulut otettaisiin huomioon [5.3, 5.4].
- Biopolttoaineet saattavat niiden tuotantotavoista riippuen olla merkittävässä asemassa hillittäessä khk-päästöjä liikennesektorilla. Biopolttoaineiden, joita käytetään bensiinin ja dieselin lisänä/korvikkeena, on ennustettu kasvavan osuuttaan liikenteen perusuralla 3 prosenttiin kokonaisenergiatarpeesta vuonna 2030. Tämä voisi nousta tasolle 5–10 % riippuen tulevaisuuden öljyn ja hiilen hinnoista, ajoneuvojen tehokkuuden paranemisesta sekä selluloosa-biomassan hyödyntämisteknologioiden menestyksestä [5.3, 5.4].
- Keinoja khk-päästöjen hillintään tarjoavat kulkumuodon vaihto tieltä raiteille sekä sisävesiliikenne että henkilöliikenteen muutos matalakuormitetusta korkeakuormitettuun liikenteeseen[22], kuten myös maankäyttö, kaupunkisuunnittelu ja kevyt liikenne. Ratkaisut riippuvat paikallisista olosuhteista ja toimenpiteistä [5.3, 5.5].
- Lentoliikenteessä keskipitkän aikavälin CO_2-päästöjen hillintämahdollisuudet voivat tulla parannetusta polttoainetehokkuudesta, joka voidaan saavuttaa eri toimenpidevalikoimilla sisältäen teknologian, toimintojen ja lentoliikenteen hallinnan. Kuitenkin tällaiset parannukset voivat vain osaksi kumota lentoliikenteen päästöjen kasvun [5.3, 5.4]. Sektorin kokonaispäästönvähennyspotentiaalissa tulisi ottaa huomioon lentoliikenteen päästöjen muutkin ilmastovaikutukset kuin CO_2:sta aiheutuvat.
- Päästöjen aleneminen liikennesektorilla on usein lisähyöty, joka seuraa ruuhkien vähentämisestä sekä ilmanlaadun ja energiavarmuuden parantamisesta ko. sektorin toimilla [5.5].

12. Uusien ja olemassa olevien rakennusten energiatehokkaat vaihtoehdot[21] voivat merkittävästi vähentää CO_2-päästöjä ja samalla tuottaa taloudellista hyötyä. Tämän potentiaalin hyödyntämisen tiellä on monia esteitä, mutta on olemassa myös suuria lisähyötyjä *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

- Vuoteen 2030 mennessä noin 30 % ennustetuista khk-päästöistä rakennussektorilla voidaan välttää saavuttaen taloudellisia nettohyötyjä [6.4, 6.5].
- Energiatehokkaat rakennukset, edistävät yhteiskunnan hyvinvointia ja lisäävät energiavarmuutta samalla kun ne sekä rajoittavat CO_2-päästöjen kasvua että voivat myös parantaa sisä- ja ulkoilmanlaatua, [6.6, 6.7].
- Khk-vähennyksiin rakennussektorilla löytyy mahdollisuuksia maailmanlaajuisesti. Kuitenkin moninaiset esteet saattavat tehdä tämän potentiaalin toteuttamisen hankalaksi. Nämä esteet sisältävät teknologian saatavuuden ja rahoituksen, köyhyyden, luotettavan tiedon korkeammat kustannukset, rakennussuunnitteluun kuuluvat luontaiset rajoitukset sekä sopivat toimenpiteet ja ohjelmat [6.7, 6.8].
- Yllä mainittujen esteiden suuruus on korkeampi kehittyvissä maissa ja tämä tekee vaikeammaksi niille saavuttaa khk-vähennyspotentiaalin rakennussektorilla [6.7].

13. Teollisuussektorin[21] taloudellinen potentiaali on etupäässä energiaintensiivisessä teollisuudessa. Saatavilla olevien hillintävaihtoehtojen täyttä hyödyntämistä ei tapahdu teollistuneissa maissa eikä kehitysmaissa *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

[22] Sisältää raide-, tie- ja merijoukkoliikenteen ja yhteiskyydit.

- Monet kehitysmaiden teollisuuslaitokset ovat uusia ja sisältävät uusimman toknologian, jolla on alhaisimmat ominaispäästöt. Kuitenkin sekä teollistuneissa että kehitysmaissa on useita vanhoja ja tehottomia laitoksia. Näiden laitosten uudistaminen voi johtaa merkittäviin päästöjen vähennyksiin [7.1, 7.3, 7.4].
- Tärkeimmät esteet saatavilla olevien hillintäkeinojen täydelle hyödyntämiselle ovat pääoman hidas takaisinmaksuvauhti, rahoituksen ja teknisten voimavarojen puute sekä erityisesti pienissä ja keskisuurissa yrityksissä olevat rajoitetut mahdollisuudet hankkia ja omaksua teknologista tietoa, ovat [7.6].

14. Kokonaisuutena maataloudessa tehtävät toimet voivat vaikuttaa merkittävästi alhaisin kustannuksin[21] maaperän hiilivaraston lisäämiseen, khk-päästöjen vähentämiseen ja biomassan energiakäytön raaka-aineen saantiin *(keskimääräinen yksimielisyys, keskimääräisesti näyttöä).*

- Maatalouden hillintäpotentiaalista suuri osa (pois lukien bioenergia) tulee hiilen sitoutumisesta maaperään, millä on voimakas synergia kestävän maanviljelyksen kanssa ja mikä yleisesti ottaen vähentää alttiutta ilmastonmuutoksen haitoille [8.4, 8.5, 8.8].
- Maaperään varastoitu hiili on herkkä häviämään sekä maankäytön muutoksen että ilmastonmuutoksen vuoksi [8.10].
- Huomattava hillintäpotentiaali on myös saavutettavissa metaani- ja typpioksiduulipäästöjen vähennyksistä joistakin maatalousjärjestelmistä [8.4, 8.5].
- Ei ole mitään yleisesti sovellettavaa listaa hillintäkäytännöistä: toimia pitää arvioida jokaista yksilöllistä maatalousjärjestelmää ja sen puitteita kohden [8.4].
- Maataloustähteistä ja erityisistä energiakasveista saatava biomassa voi olla tärkeä bioenergian raaka-aine, mutta sen hyödyntäminen hillinnässä riippuu liikenteen ja energiantuotannon bioenergian tarpeesta, veden saatavuudesta sekä maankäytöstä ruoan ja kuidun tuotantoon. Laajalle levinnyt maatalousmaan käyttö bioenergian tuotantoon saattaa kilpailla muiden maankäytön muotojen kanssa ja sillä voi olla positiivisia sekä negatiivisia vaikutuksia ja seurauksia ruoan saannin varmuuteen [8.4, 8.8].

15. Metsiin liittyvät hillintätoimenpiteet voivat alhaisilla kustannuksilla[21] merkittävästi vähentää päästöjä lähteistä ja lisätä CO_2-poistumaa nieluilla. Toimenpiteet voidaan suunnitella luomaan synergioita sopeutumisen ja kestävään kehityksen kanssa *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä)*[23].

- Noin 65 % kokonaishillintäpotentiaalista (100 US$/t$CO_2$-ekv. asti) sijaitsee tropiikissa ja noin 50 % kokonaisuudesta voitaisiin saavuttaa vähentämällä päästöjä metsäkadosta [9.4].
- Ilmastonmuutos voi vaikuttaa metsäsektorin hillintäpotentiaaliin (luontaisiin ja istutettuihin metsiin) ja vaikutuksen oletetaan olevan erilainen eri alueilla sekä laajuuden että suunnan suhteen [9.5].
- Metsiin liittyvät hillintävaihtoehdot voidaan suunnitella ja toteuttaa yhteensopivasti sopeutumisen kanssa. Niillä voi olla huomattavia hyödyllisiä sivuvaikutuksia työllisyyteen, tulojen muodostumiseen, biodiversiteettiin, valuma-alueiden suojeluun, uusiutuvan energian tuotantoon ja köyhyyden poistamiseen [9.5, 9.6, 9.7].

[23] Tuvalu havaitsi ongelmia viittauksessa ”alhaisilla kustannuksilla”, sillä kappaleessa 9 sivu 15 WGIII raportti esittää, että ”Metsiin liittyvät hillintäprojektien kustannukset nousevat merkittävästi, kun mahdolliset maan kustannukset otetaan huomioon”.

16. Kulutusjäte[24] on pieni tekijä globaaleissa khk-päästöissä[25] (< 5 %), mutta jätesektori voi alhaisilla kustannuksilla olla positiivisesti mukana khk-päästöjen hillinnässä ja edistää kestävää kehitystä *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

- Olemassa oleva jätehuolto voi edesauttaa tehokasta khk-päästöjen hillintää tällä sektorilla: kaupallisesti on saatavilla täysin kehittyneitä, ympäristöllisesti tehokkaita teknologioita päästöjen hillintään. Ne voivat tuoda lisähyötyjä yleisen terveyden ja turvallisuuden parantamiseen, maaperän suojeluun ja saastumisen estämiseen sekä paikalliseen energiantuotantoon [10.3, 10.4, 10.5].
- Jätteen minimointi ja kierrätys aikaansaavat tärkeitä epäsuoria hyötyjä energian ja materiaalien säästön kautta [10,4]
- Paikallisen pääoman puute on avainrajoite jätteiden ja jäteveden huollossa kehitysmaissa ja muutoksessa olevissa talouksissa. Kestävän teknologian asiantuntemuksen puute on myös tärkeä este [10.6]

17. Vaihtoehdot, jossa muutetaan maapallon geofysikaalisia ominaisuuksia (geo-engineering) esimerkiksi lannoittamalla merta CO_2:n poistamiseksi suoraan ilmakehästä tai rajoittamalla auringonsäteilyä tuomalla materiaalia yläilmakehään, ovat hyvin spekulatiivisia ja toteen näyttämättömiä. Lisäksi niissä on tuntemattomien sivuilmiöiden riski. Luotettavia kustannusarvioita näille vaihtoehdoille ei ole julkaistu *(keskimääräinen yksimielisyys, rajoitetusti näyttöä)* [11.2].

D. Hillintä pitkällä aikavälillä (vuoden 2030 jälkeen)

18. Kasvihuonekaasujen pitoisuuksien vakauttamisen edellytyksenä on päästöjen kääntyminen laskuun. Mitä alhaisempi vakautustaso, sitä nopeammin päästöjen tulisi kääntyä laskuun. Seuraavien kahden tai kolmen vuosikymmenen aikana tehtävillä hillintätoimilla tulee olemaan suuri vaikutus mahdollisuuksiin saavuttaa alhaisia pitoisuustasoja (ks. taulukko SPM.5 ja kuva SPM.8)[26] *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

- Uusimmat tutkimukset, jotka käsittelevät useiden kaasujen vähentämistä, ovat tarkastelleet alhaisempia vakautustasoja kuin on esitetty TAR:ssa.
- Arvioidut tutkimukset sisältävät useita khk-pitoisuuksien[27] vakauttamisen saavuttamiseen liittyviä päästöprofiileja. Useimmat näistä tutkimuksista käyttivät minimikustannusten lähestymistapaa ja sisälsivät päästöjen vähennyksen sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä (kuva SPM.7) [laatikko SPM 2]. Taulukko SPM.5 kokoaa yhteen vaadittuja päästötasoja eri vakautumispitoisuuksien ryhmille ja niihin liittyvän maapallon keskilämpötilan nousun[28], joka saadaan käyttämällä ”parasta arviota” ilmaston herkkyydestä (ks. myös kuva SPM.8 ilmaston herkkyyden todennäköisen epävarmuusalueen vaikutuksesta)[29]. Vakautuminen alemmille pitoisuuksille ja niihin liittyville tasapainolämpötilatasoille aikaistaa sitä ajankohtaa, jolloin päästöjen pitää kääntyä laskuun. Se myös vaatii suurempia päästöjen vähennyksiä vuoteen 2050 mennessä.

---

[24] Teollinen jäte käsitellään teollisuussektorilla.

[25] Jätteen khk-päästöt sisältävät kaatopaikkojen ja jätevesien metaanin, jäteveden N_2O-päästöt ja fossiilisen hiilen jätteenpolton CO_2-päästöistä

[26] Luvussa 2A esitetään esiteollisen ajan jälkeiset khk-päästöt.

[27] Tutkimukset vaihtelevat sen ajan suhteen, jolloin vakautuminen saavutetaan: yleisesti ottaen tämä on noin vuonna 2100 tai myöhemmin.

[28] Tieto globaalista keskilämpötilasta on saatu AR4 WGI -raportista, luku 10.8. Nämä lämpötilat saavutetaan paljon sen jälkeen kun pitoisuudet ovat vakautuneet.

[29] Tasapainotilan ilmaston herkkyys on ilmastojärjestelmän vasteen mitta jatkuvan säteilypakotteen vaikutuksesta. Se ei ole ennuste, mutta on määritelty globaalina keskimääräisenä maanpinnan lämpenemisenä, joka johtuu hiilidioksidipitoisuuden kaksinkertaistumisesta [AR4 WGI SPM].

Taulukko SPM.5: *TAR:n jälkeisten vakautusskenaarioiden ominaisuuksia [Taulukko TS 2, 3.10]*[a)]

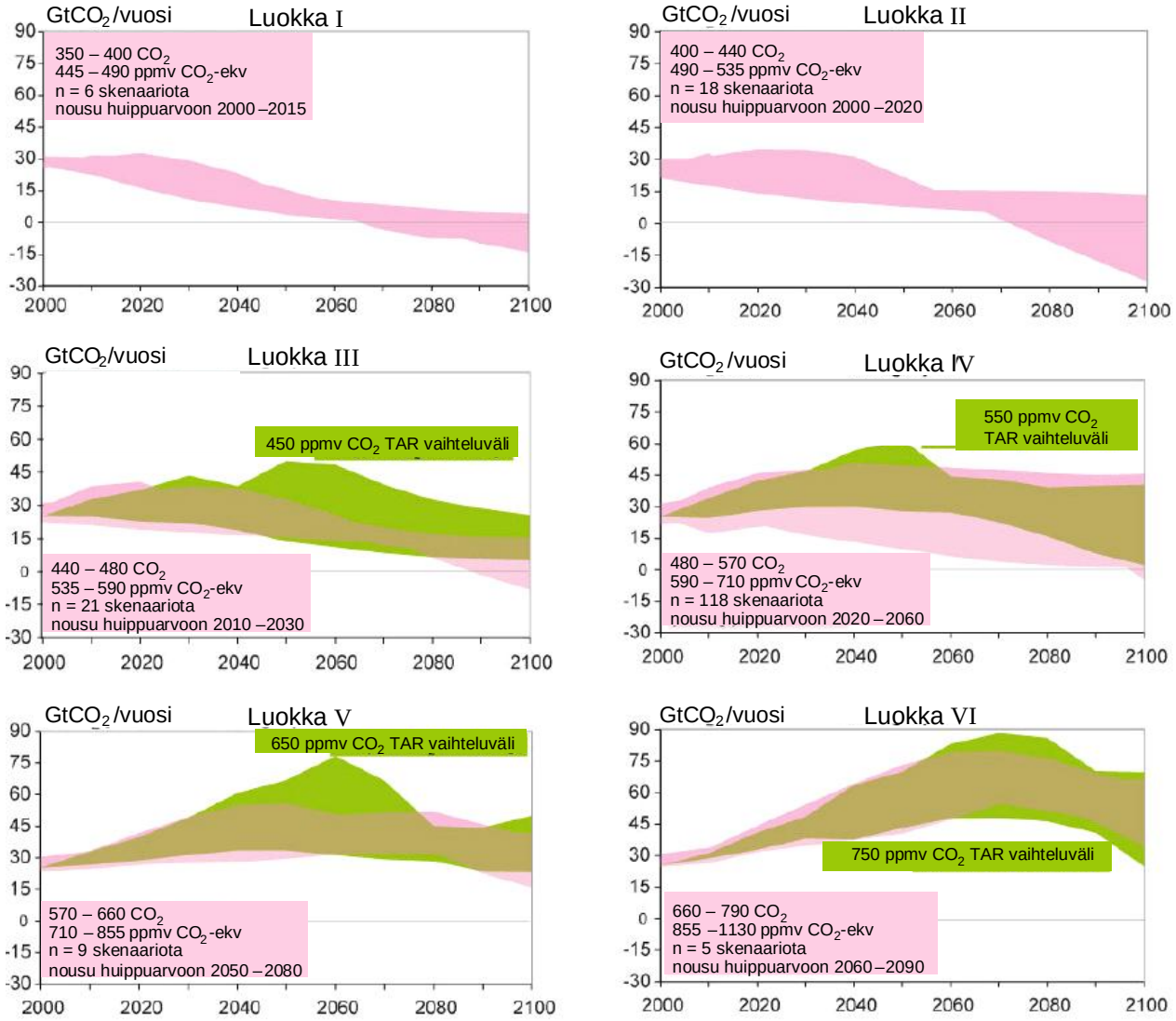
Luokka	Säteilypakote	CO_2-pitoisuus[c)]	CO_2-ekv. pitoisuus[c)]	Globaalin keskilämpötilan nousu esiteollisesta ajasta tasapainoarvossa käyttäen ”parasta arviota” ilmaston herkkyydestä[b), c)]	CO_2-päästöjen kääntyminen laskuun[d)]	Globaalien CO_2-päästöjen muutos vuonna 2050 (% vuoden 2000 päästöistä)[d)]	Arvioitujen skenaarioiden lkm
	W/m^2	ppm	Ppm	ºC	vuosi	prosenttia	
I	2,5–3,0	350–400	445–490	2,0–2,4	2000–2015	-85…-50	6
II	3,0–3,5	400–440	490–535	2,4–2,8	2000–2020	-60…-30	18
III	3,5–4,0	440–485	535–590	2,8–3,2	2010–2030	-30…+5	21
IV	4,0–5,0	485–570	590–710	3,2–4,0	2020–2060	+10…+60	118
V	5,0–6,0	570–660	710–855	4,0–4,9	2050–2080	+25…+85	9
VI	6,0–7,5	660–790	855–1130	4,9–6,1	2060–2090	+90…+140	5
Yhteensä							177

a) Tuntemusta ilmastojärjestelmän vasteesta säteilypakotteeseen samoin kuin takaisinkytkennöistä on arvioitu yksityiskohtaisesti AR4 WGI -raportissa. Takaisinkytkennät hiilen kierron ja ilmastonmuutoksen välillä vaikuttavat päästöjen hillinnän laajuuteen, joka vaaditaan tietyn ilmakehän pitoisuustason saavuttamiseksi. Näiden takaisinkytkentöjen oletetaan kasvattavan sitä ihmisen toiminnasta aiheutuvaa päästöjen osuutta, joka säilyy ilmakehässä, kun ilmasto lämpenee. Tämän vuoksi hillintätutkimuksissa esitetyt päästöjen vähennykset tiettyjä pitoisuuden vakautustasoja kohden saattavat olla aliarvioituja.

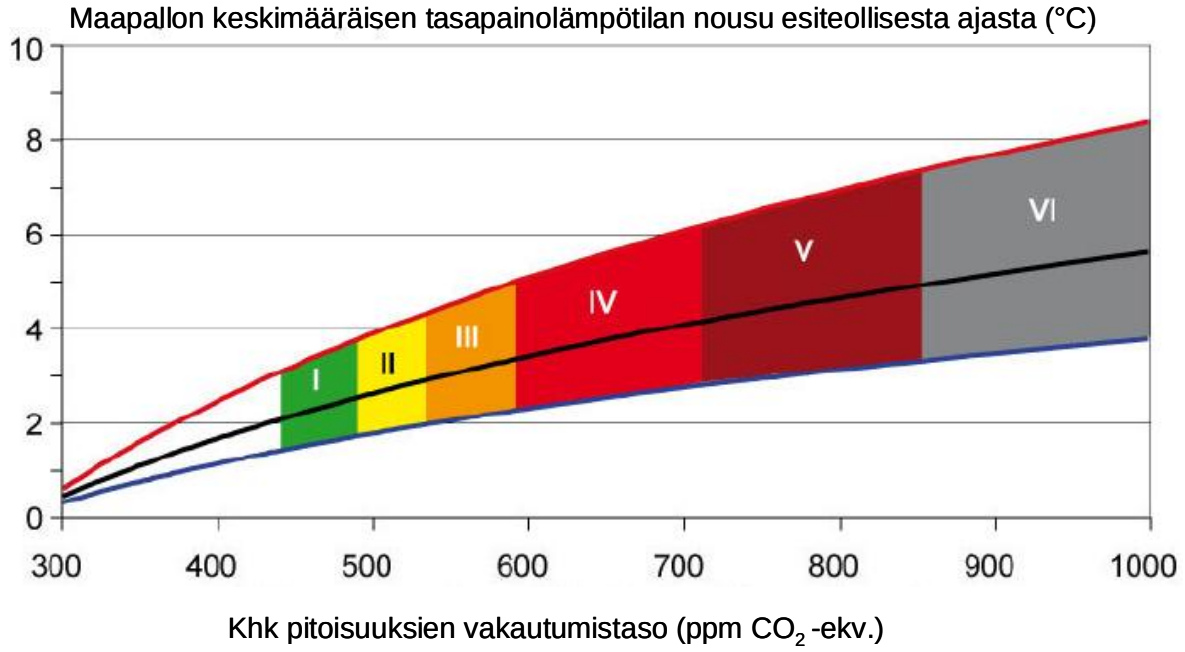
b) Ilmaston herkkyyden paras arvio on 3 °C [AR4 WGI SPM].

c) Ilmastonmuutoksen hitauden takia globaali keskilämpötila tasapainotilassa on eri kuin odotettu globaali keskilämpötila, kun khk:jen pitoisuudet vakautuvat. Suurimmassa osassa arvioituja skenaarioita khk:jen pitoisuuksien vakautuminen tapahtuu vuosien 2100 ja 2150 välillä.

d) Vaihteluvälit vastaavat TAR:n jälkeisten skenaarioiden jakauman 15. ja 80. persentiiliä. Vain CO_2-päästöt on esitetty, joten useiden kaasujen skenaarioita voidaan verrata skenaarioihin, joissa on tarkasteltu vain CO_2:ta.



Kuva SPM 7: *Hillintäskenaarioiden päästöjen kehityspolut eri vaihtoehtoisten vakautustasojen luokille (luokasta I luokkaan VI kuten on määritelty laatikossa kussakin paneelissa). Kehityspolut on esitetty vain CO_2-päästöille. Vaaleanpunaisella varjostettu alue kertoo TAR:n jälkeisten tutkimusten skenaarioiden CO_2-päästöjen kehittymisestä. Vihreällä varjostettu alue kuvaa yli 80:tä eri TAR:n vakautusskenaariota. Perusvuoden päästöt voivat vaihdella malleittain johtuen eroavaisuuksista eri sektoreiden ja teollisuuden kattavuudessa. Jotta voidaan saavuttaa alhaisia vakautustasoja, joissakin skenaarioissa käytetään hyväksi CO_2:n poistoa ilmakehästä (negatiivisia päästöjä). Sellainen teknologia on esimerkiksi biomassaan perustuva energiantuotanto, jossa on hiilidioksidin talteenotto ja varastointi [kuva 3.17].*



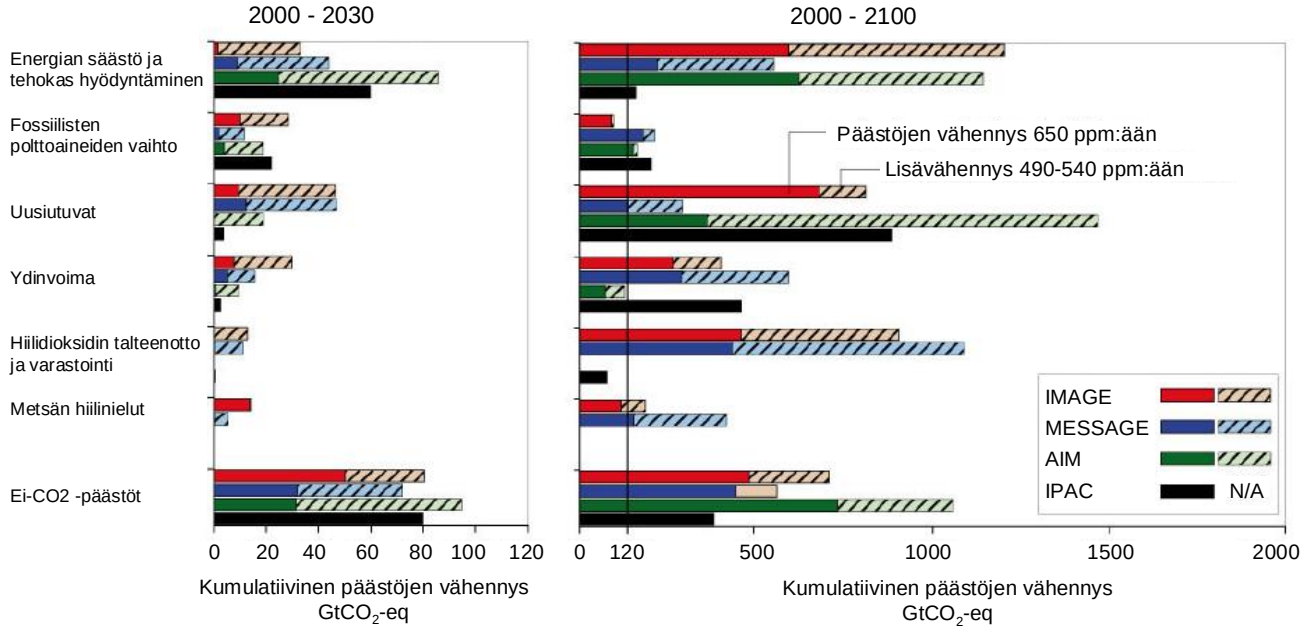
Kuva SPM 8: *Vakautusskenaarioiden luokat samoin ilmoitettuna kuin kuvassa SPM.7 (väritetyt alueet) ja niiden kytkentä maapallon keskimääräiseen tasapainolämpötilan muutokseen esiteolliselta ajalta. Kuvassa (i) paras 3 °C asteen arvio ilmaston herkkyydestä (musta viiva varjostetun alueen keskellä), (ii) yläraja todennäköisimmälle 4,5 °C ilmastonherkkyyden alueelle (punainen viiva varjostetun alueen yläosassa), (iii) alaraja todennäköisimmälle 2 °C ilmastonherkkyyden alueelle (sininen viiva varjostetun alueen alaosassa). Väritetyt varjostukset kuvaavat eri pitoisuusalueita. Nämä kasvihuonekaasujen pitoisuudet ilmakehässä vastaavat vakautusskenaarioita luokissa I:stä VI:een kuten kuvassa SPM.7. Aineisto on piirretty AR4 WGI:n pohjalta, luku 10.8.*

19. Arvioitujen vakautustasojen alue voidaan saavuttaa käyttämällä niitä teknologioita, jotka ovat tällä hetkellä saatavilla tai joiden oletetaan kaupallistuvan tulevien vuosikymmenten aikana. Tällöin oletetaan, että on käytössä sopivia ja tehokkaita kannustimia teknologioiden kehitykseen, hankintaan sekä levittämiseen ja että teknologioiden käyttöönottoon liittyvät esteet poistetaan *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

- Erilaisten teknologioiden vaikutus pitoisuuksien vakauttamiseen tarvittavaan päästöjen vähennykseen vaihtelee ajan, paikan ja vakautustason suhteen.
    - Energiatehokkuudella on tärkeä osuus monilla sektoreilla useimpien alueiden ja tarkasteluaikojen suhteen.
    - Alemmilla vakautustasoilla skenaariot korostavat energianlähteitä, joilla on alhaiset päästöt, kuten uusiutuvaa energiaa ja ydinvoimaa sekä CO_2:n talteenottoa ja varastointia (CCS). Näissä skenaarioissa energiantuotannon ja koko talouden hiili-intensiteetin alenemisen tulee olla paljon nopeampaa kuin ollut menneisyydessä.
    - Ei-CO_2-päästöjen sekä maankäytön muutoksista ja metsätaloudesta tulevien CO_2-päästöjen sisällyttäminen hillintävaihtoehtoihin tuo suuremman jouston ja kustannustehokkuuden vakauttamisen saavuttamiseen. Moderni bioenergia voisi merkittävästi lisätä uusiutuvan energian osuutta hillintätoimenpiteissä.
    - Havainnollistava esimerkki hillintätoimenpidevaihtoehdoista ks. kuva SPM.9 [3.3, 3.4].
- Vakautustasojen saavuttamiseen samoin kuin kustannuksien vähentämiseen vaadittaisiin investointeja alhaisten khk-päästöjen teknologioihin ja niiden käyttöönottoa

maailmanlaajuisesti. Samoin tarvittaisiin teknologian parantamista julkisen ja yksityisen tutkimuksen, kehityksen ja demonstraation (RD&D) avulla. Mitä alhaisemmat vakautustasot, erityisesti 550 ppm CO_2-ekv. tai alemmat, sitä suurempi on tarve tehokkaalle RD&D-työlle ja investoinneille uusiin teknologioihin seuraavien vuosikymmenten aikana. Tämä vaatii eri teknologioiden kehittämisen, hankkimisen, käyttämisen ja levittämisen vastaisten esteiden tunnistamista

- Sopivat kannusteet voivat voittaa nämä esteet ja auttavat toteuttamaan tavoitteet laajojen teknologiapakettien kautta. [2.7, 3.3, 3.4, 3.6, 4.3, 4.4, 4.6].



Kuva SPM 9: *Kumulatiiviset päästöjen vähennykset eri hillintätoimenpiteille aikavälillä 2000–2030 (vasen paneeli) ja 2000–2100 (oikean paneeli). Kuva esittää neljän mallin avulla laskettuja (AIM, IMAGE, IPAC ja MESSAGE) havainnollistavia skenaarioita, joissa pyritään joko 490–540 ppm CO_2-ekv. tai 650 ppm CO_2-ekv. -vakautustasoihin. Tummat palkit merkitsevät vähennystavoitetta tasolle 650 ppm CO_2-ekv. ja vaaleat palkit merkitsevät lisävähennystä saavuttamaan taso 490–540 ppm CO_2-ekv. Jotkut mallit eivät ota huomioon metsän nielujen lisäämistä hillintätoimenpiteenä (AIM ja IPAC) tai CCS:ää (AIM). Samoin kokonaisenergiantuotannon alhaisten päästöjen teknologioiden osuus on myös oletettu näideni osalta jo perusurassa. CCS sisältää hiilen talteenoton ja varastoinnin myös biomassasta. Metsän hiilinielut sisältävät päästövähennykset myös metsän hävittämisestä [Kuva 3.23].*

20. Vuonna 2050[30] globaalit keskimääräiset makrotaloudelliset vaikutukset useiden kaasujen hillinnästä kohti vakautustasoa välillä 710 ja 445 ppm CO_2-ekv ovat 1 % lisäyksestä 5,5 % vähennykseen globaalista BKT:stä (ks. taulukko SPM.6). Tietyille maille ja sektoreille arvioidut kustannukset vaihtelevat huomattavasti verrattuna globaaliin keskiarvoon. (Ks. laatikko SPM.3 menetelmät ja oletukset sekä kappale 5 negatiivisten kustannusten selitykselle) *(korkea yksimielisyys, keskimääräisesti näyttöä).*

[30] Vuoden 2030 kustannusarviot on esitetty kappaleessa 5.

Taulukko SPM.6. *Arvioidut makrotaloudelliset kustannukset vuonna 2050 perusuraan verrattuna minimikustannusmalleilla tehdyissä arvioissa kohti erilaisia pitkän aikavälin vakautustavoitteita*[a)] *[3.3, 13.3].*

Vakautustasot (ppm CO_2-ekv.)	Mediaani BKT:n vähennys[b)] (%)	BKT:n vähentymisen vaihtelualue[b), c)] (%)	Keskimääräisen vuosittaisen BKT:n kasvunopeuden vähennys [b), d)] (prosenttiyksikköä)
590–710	0,5	-1…+2	< 0,05
535–590	1,3	Hieman negatiivinen…+4	< 0,1
445–535[e)]	Ei saatavilla	< 5,5	< 0,12

a) Kaikki perusurat ja hillintäskenaariot kattavat tutkimukset, joissa raportoitiin BKT.
b) Maailman BKT, joka perustuu markkinoiden valuuttakursseihin.
c) Analysoidun tiedon mediaani sekä 10. ja 90. persentiili on annettu.
d) Vuosittaisen kasvunopeuden vähennyksen laskeminen perustuu keskimääräiseen vähennykseen vuoteen 2050 saakka, mikä johtaisi osoitettuun BKT:n laskuun vuonna 2050.
e) Tutkimusten lukumäärä on suhteellisen pieni ja niissä on käytetty tavallisesti alhaisia perusuria. Korkeampien päästöjen perusurat yleisesti ottaen johtavat korkeampiin kustannuksiin.

21. Päätöksenteko sopivasta globaalin hillinnän tasosta ajan suhteen sisältää iteratiivisen riskienhallintaprosessin. Tämä prosessi sisältää hillinnän ja sopeutumisen, ottaa huomioon toteutuneet ja vältetyt ilmastonmuutoksen vahingot, sivuhyödyt, kestävyyden, tasa-arvoisuuden ja asenteet riskeihin. Khk-hillinnän laajuuteen ja ajoitukseen liittyvät päätökset sisältävät nopean päästöjen vähennyksen taloudellisten kustannusten tasapainottamisen keskipitkän ja pitkän aikavälin ilmastoriskejä vastaan *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

- Suppeat, ensimmäiset analyyttiset tulokset kustannuksista ja hillinnän eduista tehdyistä yhdistetyistä tarkasteluista osoittavat, että nämä ovat karkeasti vertailtavissa laajuuden suhteen. Ne eivät kuitenkaan vielä salli selkeää arviointia päästöjen kehityspoluista tai vakautustasoista, joissa hyödyt ylittävät kustannukset [3.5].
- Erilaisten hillinnän kehityspolkujen taloudellisten kustannusten ja hyötyjen yhdistetty arviointi osoittaa, että hillinnän ajoituksen ja tason taloudellinen optimointi riippuu oletetun ilmastonmuutoksen vahinkojen kustannuskäyrän epävarmasta muodosta ja luonteesta. Tätä riippuvuutta voidaan havainnollistaa seuraavasti:
    - Jos ilmastonmuutoksen vahinkojen kustannuskäyrä kasvaa hitaasti ja säännöllisesti ja siitä on hyvä ennakkokäsitys (joka lisää sopivasti ajoitetun sopeutumisen potentiaalia), myöhempi ja vähemmän tiukka hillintä on taloudellisesti perusteltua;
    - Vaihtoehtoisesti, jos vahinkojen kustannuskäyrä nousee jyrkästi tai sisältää epälineaarisuuksia (mm. rajoja altistumiselle tai jopa pieniä mahdollisuuksia katastrofisille tapahtumille), aikaisempi tai tiukempi hillintä on taloudellisesti perusteltua [3.6].
- Ilmaston herkkyys on hillintäskenaarioiden keskeinen epävarmuus, kun pyritään tavoittamaan tietty lämpötilataso. Tutkimukset osoittavat, että jos ilmaston herkkyys on korkea, tällöin hillinnän ajoitus ja taso on aikaisempi ja tiukempi, kuin jos se on alhainen [3.5, 3.6].
- Viivästyneet päästöjen vähennykset johtavat investointeihin, jotka lukkiutuvat päästöintensiivisempään infrastruktuuriin ja kehityspolkuihin. Tämä rajoittaa merkittävästi mahdollisuuksia saavuttaa alhaisia vakautustasoja sekä nostaa riskiä vakavammista ilmastonmuutoksen vaikutuksista [3.4, 3.1, 3.5, 3.6].

Laatikko SPM.4: *Vauhdittuvan teknologisen muutoksen mallintaminen*

Aihepiiriin liittyvä kirjallisuus antaa ymmärtää, että politiikat ja toimenpiteet saattavat kiihdyttää teknologista muutosta. Merkittävää edistystä on saavutettu vauhdittuvan teknologisen muutoksen lähestymistapojen soveltamisessa vakautustutkimukseen; periaatteellisia kysymyksiä on kuitenkin avoinna. Tämän lähestymistavan käyttöön ottaneissa malleissa ovat ennustetut kustannukset annetulle vakautustasolle vähentyneet ja vähennykset ovat suurempia alhaisemmille vakautustasoille.

E. Politiikat, toimenpiteet ja ohjauskeinot

22. Hallituksilla on käytettävissä monenlaisia kansallisia toimenpideohjelmia ja ohjauskeinoja, joilla ne voivat luoda kannustimia hillintätoimille. Keinojen käyttökelpoisuus riippuu kansallisista olosuhteista ja niiden keskinäisten vaikutusten ymmärtämisestä, mutta kokemus useista maista ja sektoreista osoittaa, että jokaisesta ohjauskeinosta löytyy etuja ja haittoja *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

- Politiikkojen ja ohjauskeinojen arvioimiseen käytetään neljää pääluokkaa: ympäristöllinen tehokkuus, kustannustehokkuus, ja vaikutusten jakauma (esim. tulonjakovaikutukset) sisältäen oikeudenmukaisuuden, sekä institutionaalinen toteutettavuus [13.2]
- Kaikki ohjauskeinot voidaan suunnitella hyvin tai huonosti ja ne voivat olla joko tiukkoja tai löysiä. Lisäksi valvonta on tärkeää toimeenpanon parantamiseksi kaikkien instrumenttien kohdalla. Toimeenpano-ohjelmien suorituskyvyn yleisiä tuloksia ovat: [7.9, 12.2, 13.2]
    - *Ilmastotoimenpiteiden integrointi laajempiin kehitysohjelmiin* tekee toimeenpanon ja esteiden ylittämisen helpommaksi.
    - *Säännökset ja standardit* yleisesti ottaen tuovat jotain varmuutta päästötasoista. Ne saattavat olla parempia kuin muut instrumentit, kun tieto ja muut esteet rajoittavat tuottajia ja kuluttajia reagoimasta hintasignaaleihin. Ne eivät kuitenkaan ehkä edistä innovaatioita tai kehittyneempiä teknologioita.
    - *Verot ja maksut* voivat asettaa hinnan päästöyksikölle, mutta eivät voi taata tiettyä päästötasoa. Kirjallisuus tunnistaa verot tehokkaana tapana sisäistää khk-päästöjen kustannukset.
    - *Kaupattavat päästöoikeudet* luovat hinnan päästöyksikölle. Myönnettyjen päästöoikeuksien määrä päättää niiden ympäristöllisen tehokkuuden samalla kun lupien jakamisella on tulonjaollisia vaikutuksia. Päästöyksikön hinnan vaihtelu tekee hankalaksi arvioida päästöoikeuksien noudattamisen kokonaiskustannusta.
    - *Taloudellisia kannusteita* (tukiaiset ja verohyvitykset) hallitukset käyttävät säännöllisesti kannustettaessa uusien teknologioiden kehittämistä ja levittämistä. Vaikka taloudelliset kustannukset ovat yleisesti ottaen korkeammat kuin edellä olevista ohjauskeinoista aiheutuvat, ne ovat usein tärkeitä esteiden voittamiseksi.
    - *Vapaaehtoiset sopimukset* teollisuuden ja hallitusten välillä ovat poliittisesti houkuttelevia, lisäävät sidosryhmien tietoisuutta ja ovat olleet osana useiden kansallisten toimenpideohjelmien kehityksessä. Suurin osa sopimuksista ei ole saavuttanut huomattavia päästöjen vähennyksiä tavanomaiseen toimintaan verrattuna.
    - *Informaatiotyökalut* (mm. tietoisuuden lisäämiskampanjat) saattavat vaikuttaa positiivisesti ympäristön laatuun edistämällä tietoisia valintoja ja mahdollisesti

vaikuttamalla käyttäytymisen muutokseen. Näiden keinojen vaikutusta päästöihin ei kuitenkaan vielä ole arvioitu.
    - *RD&D (tutkimus, kehitys & demonstraatio)* voivat kannustaa teknologiseen edistämiseen, vähentää kustannuksia ja mahdollistaa ilmakehän pitoisuuksien vakautumista kohti kulkevan kehityksen.
- Jotkut yritykset, paikalliset ja alueelliset viranomaiset, kansalaisjärjestöt ja -ryhmät ovat omaksumassa monenlaisia vapaaehtoisia toimia. Nämä vapaaehtoiset toimet saattavat rajoittaa khk-päästöjä, kannustaa innovatiivisiin toimenpiteisiin ja rohkaista uusien teknologioiden käyttöönottoa. Yksinään näillä toimilla on rajoittunut vaikutus kansallisen ja alueellisen tason päästöihin [13.4].
- Tiettyjen sektoreiden kansallisten toimenpideohjelmien ja ohjauskeinojen käytöstä opittuja kokemuksia on esitetty taulukossa SPM.7.

23. Toimenpideohjelmat, jotka aikaansaavat todellisen tai epäsuoran päästöyksikön hinnan, voivat luoda kannusteita tuottajille ja kuluttajille investoida merkittävästi alhaisen khk-tason tuotteisiin, teknologioihin ja prosesseihin. Tällaiset toimenpideohjelmat voivat sisältää taloudellisia instrumentteja, hallituksen rahoitusta ja sääntelyä *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

- Tehokas päästöyksikön hintasignaali voisi saada toteutumaan merkittävän hillintäpotentiaalin kaikilla sektoreilla [11.3, 13.2].
- Mallinnustutkimukset (ks. laatikko SPM.3) osoittavat päästöyksikön hinnan nousevan 20:stä 80:een US$/t$CO_2$-ekv. vuoteen 2030 mennessä ja 30:stä 155:een US$/t$CO_2$-ekv. vuoteen 2050 mennessä. Nämä arviot ovat yhdenmukaisia vakautustason 550 ppm CO_2-ekv. suhteen vuoteen 2100 mennessä. Samalla vakautustasolla TAR:n jälkeiset tutkimukset, jotka ottavat huomioon vauhdittuvan teknologisen muutoksen, alentavat hintahaitaria 5:stä 65:een US$/t$CO_2$-ekv. vuonna 2030 ja 15:sta 130:een US$/t$CO_2$-ekv. vuonna 2050 [3.3, 11.4, 11.5].
- Useimmat top-down- kuten myös jotkut vuoden 2050 bottom-up -arviot esittävät, että todellinen tai epäsuora päästöyksikön hinta 20:stä 50:een US$/t$CO_2$-ekv., joka pysyy tai kasvaa vuosikymmenten ajan, voisi johtaa alhaisten khk-päästöjen sähköntuotantosektoriin vuoteen 2050 mennessä. Samalla se tekisi monia loppukäyttösektoreiden hillintävaihtoehtoja taloudellisesti houkuttelevaksi [4.4, 11.6].
- Hillintävaihtoehtojen toimeenpanon esteitä on paljon, ja ne vaihtelevat maittain ja sektoreittain. Ne voivat olla yhteyksissä taloudellisiin, teknologisiin, institutionaalisiin, tiedollisiin sekä käyttäytymiseen liittyviin näkökohtiin [4.5, 5.5, 6.7, 7.6, 8.6, 9.6, 10.5].

Taulukko SPM.7: *Valitut sektorikohtaiset toimenpideohjelmat, toimenpiteet, ja ohjauskeinot, joiden on osoitettu olevan ympäristöllisesti tehokkaita kyseisellä sektorilla vähintään useissa kansallisissa tapauksissa.*

Sektori	**Toimenpideohjelmat[a)], toimenpiteet ja ohjauskeinot**	**Olennaiset rajoitukset ja mahdollisuudet**
Energian tuotanto [4.5]	Fossiilisten polttoaineiden tukien vähentäminen	Vastustus vakiintuneiden etujen saajilta saattaa tehdä nämä vaikeaksi toteuttaa
	Fossiilisten polttoaineiden verot tai päästömaksut	
	Uusiutuvan energian syöttötariffit	Voivat olla sopivia luomaan markkinat alhaisten päästöjen teknologioille
	Uusiutuvan energian velvoitteet/sitoumukset	
	Tuottajien tuet	

Liikenne [5.5]	Vaatimukset polttoaineiden kulutuksen taloudellisuudesta, biokomponenttien sekoittaminen polttoaineeseen, tieliikenteen CO_2 -päästönrajoitukset	Tehokkuutta voi haitata keinojen rajoittuminen vain osaan ajoneuvoista
	Verot ajoneuvon ostolle, rekisteröimiselle, käytölle sekä polttoaineelle, tie- ja pysäköintimaksut	Korkeampien tulojen myötä voi tehokkuus laskea
	Liikkumisen tarpeisiin vaikuttaminen maankäytön sääntelyllä ja infrastruktuurin suunnittelulla	Erityisesti sopiva maille, jotka ovat rakentamassa liikennejärjestelmiä
	Investoiminen houkuttelevaan julkisen liikenteeseen sekä kevyeen liikenteeseen	
Rakennukset [6.8]	Sähkölaitteiden standardit ja merkinnät	Standardien ajoittainen uudistaminen tarvitaan
	Rakennusten määräykset ja sertifioinnit (energiakatselmukset)	Houkutteleva uusille rakennuksille. Pakottaminen voi olla vaikeaa.
	Kysynnän hallintaohjelmat	Säännöksiä tarvitaan, jotta jakeluyhtiöt voisivat hyötyä
	Julkisen sektorin johtajuusohjelmat sisältäen hankinnat	Valtion ostot voivat lisätä energiatehokkaiden tuotteiden kysyntää
	Kannusteita energiansäästöyrityksiin (ESCOt)	Menestystekijä: kolmannen osapuolen rahoitus
Teollisuus	Benchmark-tiedon tarjoaminen	Voivat olla sopivia kannustamaan teknologian käyttöönottoa. Kansallisten toimien vakaus on tärkeää kansainvälisen kilpailukyvyn kannalta
	Suorituskyvyn standardit	
	Tuet, verohyvitykset	
	Huutokaupattavat päästöoikeudet	Ennustettavissa olevat jakoperiaatteet ja vakaat hintasignaalit ovat tärkeitä investoinneille
	Vapaaehtoiset sopimukset	Menestystekijöihin sisältyvät: selkeät tavoitteet, perusskenaario, kolmannen osapuolen osallistuminen suunnitteluun, arviointiin ja muodolliseen valvonnan järjestelyyn, hallituksen ja teollisuuden välinen läheinen yhteistyö.
Maatalous [8.6, 8.7, 8.8]	Taloudelliset kannusteet ja	Saattavat rohkaista

	säännökset, jotka edistävät parannettua maanhoitoa ylläpitämään maaperään sitoutunutta hiiltä sekä edistämään lannoitteiden ja kastelun tehokasta hyödyntämistä	toimeenpanon esteiden voittamiseen edistämällä synergiaa kestävän kehityksen suhteen sekä vähentämällä alttiutta ilmastonmuutoksen haitoille
Metsätalous / Metsät [9.6]	Metsäpinta-alan kasvattamiseen, metsäkadon vähentämiseen sekä metsien hoitoon ja ylläpitämiseen liittyvät taloudelliset kannusteet (kansalliset ja kansainväliset)	Rajoitteisiin sisältyvät sijoituspääoman puute ja maan hallintaoikeuteen liittyvät asiat. Voivat auttaa köyhyyden lieventämisessä.
	Maankäytön sääntely ja toimeenpano	
Jätehuolto [10.5]	Taloudelliset kannusteet parannetulle jäte- ja jätevesi-huollolle	Voi kannustaa teknologian leviämiseen
	Uusiutuvan energian kannusteet	Alhaisten kustannusten polttoaineen paikallinen saatavuus
	Jätehuollon säännökset	Tehokkaimmin sovellettavissa kansallisella tasolla toimeenpanostrategioiden kanssa

[a)] Julkisten RD&D-investointien alhaisten päästöjen teknologioihin on todistettu olevan tehokas kaikilla sektoreilla.

24. Hallituksen tuki käyttäen taloudellisia avustuksia, verohyvityksiä, standardien asettamista ja markkinoiden luomista ovat tärkeitä tehokkaan teknologian kehittämiselle, innovaatioille ja hyödyntämiselle. Teknologian siirto kehittyviin maihin riippuu mahdollistavista olosuhteista ja rahoituksesta *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

- RD&D-investointien julkiset hyödyt ovat suurempia kuin ne hyödyt, joita saadaan yksityisellä sektorilla. Tämä oikeuttaa hallituksen tukeen RD&D:lle.
- Hallituksen rahoitus ilmaistuna reaaliarvossa useimmille energian tutkimusohjelmille on ollut laimeaa tai on ollut laskussa melkein kaksi vuosikymmentä (jopa sen jälkeen kun ilmastosopimus (UNFCCC) astui voimaan) ja on nyt noin puolet vuoden 1980 tasosta [2.7, 3.4, 4.5, 11.5, 13.2].
- Hallituksilla on ratkaiseva kannustava rooli sopivaa mahdollistavaa ympäristöä luodessa mm. institutionaalisten, poliittisten, lainsäädännöllisten ja säätelevien puitteiden[31] kautta. Samoin hallituksilla on tärkeä osa investointivirtojen ylläpitämisessä ja tehokkaassa teknologian siirrossa – jota ilman saattaa olla vaikeaa saavuttaa päästöjen vähentymistä merkittävässä mittakaavassa. On tärkeää saattaa liikkeelle lisäkustannusten rahoitus teknologioille, jotka aiheuttavat alhaisia päästöjä. Kansainväliset teknologiset sopimukset voisivat vahvistaa tiedollista infrastruktuuria [13.3].

[31] Ks. IPCC:n erikoisraportti teknologian siirtoon liittyvistä metodologisista ja teknologisista kysymyksistä (Special Report on Methodological and Technological Issues in Technology Transfer).

- Annex I -maiden teknologian siirrolla kehittyviin maihin voi olla merkittävä potentiaalinen hyödyllinen vaikutus, mutta kunnollisia arvioita ei ole tehty [11.7].
- CDM-projektien kautta kehitysmaihin kulkevien rahoitusvirtojen on mahdollista saavuttaa useiden miljardien US$ tasot per vuosi[32], mikä on enemmän kuin virrat GEF:n kautta (Global Environment Facility). Rahoitusvirrat ovat myös verrannollisia energiaan suuntautuneen kehityksen tuen virtoihin, mutta vähintään suuruuskuokkaa alhaisempia kuin ulkomaiset suorat kokonaisinvestointivirrat. Taloudelliset virrat teknologian siirtoon CDM:n, GEF:n ja kehitysavun kautta ovat olleet rajoitettuja ja maantieteellisesti epätasaisesti jakautuneita [12.3, 13.3].

25. Ilmastosopimuksen (UNFCCC) ja Kioton pöytäkirjan merkittävimmät saavutukset ovat globaalin vastatoimen muodostaminen ilmasto-ongelmaan, kannustaminen lukuisiin kansallisiin toimenpideohjelmiin, kansainvälisen päästökaupan luominen ja uusien institutionaalisten mekanismien perustaminen, joiden kautta voidaan luoda perustaa tulevaisuuden hillintätyölle.

- Pöytäkirjan ensimmäisen kauden vaikutuksen globaaleihin päästöihin on arvioitu olevan rajoitettu. Sen taloudellisen vaikutuksen Annex-B -maihin on ennustettu olevan pienempi kuin on esitetty TAR:ssa, joka osoitti 0,2–2 % alhaisempaa BKT:tä vuonna 2012 ilman päästökauppaa ja 0,1–1,1 % pienempää BKT:tä, kun tarkasteluun sisällytetään Annex-B -maiden päästökauppa [1.4, 11.4, 13.3].

26. Kirjallisuus tunnistaa monia vaihtoehtoja globaalien khk-päästöjen vähennysten aikaansaamiseksi kansainvälisellä tasolla yhteistyön kautta. Se myös esittää, että onnistuneet sopimukset ovat ympäristöllisesti tehokkaita, kustannustehokkaita, ne sisältävät jakaumavaikutusten ja tasa-arvon huomioon ottamisen sekä ovat institutionaalisesti toteutuskelpoisia *(korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

- Suurempi pyrkimys yhteistyöhön päästöjen vähentämisessä auttaa vähentämään globaaleja kustannuksia pyrittäessä tiettyyn hillintätasoon tai se parantaa ympäristöllistä tehokkuutta [13.3].
- Parantamalla ja laajentamalla markkinamekanismien (kuten päästökauppa, yhteistoteutus ja CDM) laajuutta voitaisiin vähentää hillinnän kokonaiskustannuksia [13.3].
- Pyrkimykset hillitä ilmastonmuutosta voivat sisältää monenlaisia tekijöitä kuten päästötavoitteet, sektorikohtainen, paikallinen, kansallinen ja alueellinen toiminta, RD&D-ohjelmat, yhteisten toimenpideohjelmien käyttöönotto, kehitykseen suuntautuvan toiminnon toteuttaminen tai taloudellisten ohjauskeinojen laajentaminen. Nämä tekijät voidaan toteuttaa yhdistettyyn tapaan, mutta eri maissa tehdyn toiminnan vertailu kvantitatiivisesti olisi monimutkaista ja vaatisi resursseja [13.3].
- Toimet, joihin osallistuvat maat voisivat ottaa osaa, voidaan eriyttää toiminnan ajoituksen, osallistumisen tai tehtävän suhteen. Toimet voivat olla sitovia tai ei-sitovia sisältäen kiinteät tai muuttuvat tavoitteet, ja osallistuminen voi olla muuttumatonta tai vaihdella ajan mukaan [13.3].

F. Kestävä kehitys ja ilmastonmuutoksen hillintä

27. Muuttamalla kehityspolkuja voidaan kehitystä viedä kestävämpään suuntaan. Tämä vaikuttaa huomattavasti ilmastonmuutoksen hillintään, mutta toimeenpaneminen vaatii

[32] Tämä riippuu voimakkaasti markkinahinnasta, joka vaihtelee 4 ja 26 US$/t$CO_2$-ekv. välillä. Arvio perustuu suunnilleen 1000 ehdotettuun ja rekisteröityyn CDM-projektiin, jotka todennäköisesti luovat enemmän kuin 1,3 miljardia päästöjen vähennyksen hyvitysyksikköä (CER) ennen vuotta 2012.

voimavaroja, jotta voidaan voittaa tiellä olevat useat esteet. Mahdollisuuksista valita ja toimeenpanna hillintävaihtoehtoja ymmärretään yhä enemmän useilla sektoreilla, niin että voidaan toteuttaa synergiaa ja välttää ristiriitoja kestävän kehityksen muiden ulottuvuuksien kanssa *(Korkea yksimielisyys, paljon näyttöä).*

- Riippumatta hillintätoimenpiteiden laajuudesta tarvitaan sopeutumistoimenpiteitä [1.2].
- Ilmastonmuutoksen rajoittamista voidaan harkita kestävän kehityksen toimenpideohjelmiin integroituna tekijänä. Kansalliset olosuhteet ja instituutioiden vahvuus määräävät, kuinka kehitystoimenpideohjelmat vaikuttavat khk-päästöihin. Muutokset kehityspoluissa tulevat esiin julkisen ja yksityisen päätöksentekoprosessin vuorovaikutuksessa. Tämä pitää sisällään hallituksen, liike-elämän ja muun yhteiskunnan. Monet muutokset ovat sellaisia, joita ei perinteisesti mielletä ilmastotoimenpiteiksi. Tämä prosessi on tehokkain, kun toimijat osallistuvat tasa-arvoisesti ja hajautettua päätöksentekoprosessia koordinoidaan [2.2, 3.3, 12.2].
- Ilmastonmuutos ja muut kestävän kehityksen toimenpideohjelmat ovat usein synergistisiä, mutta eivät aina. On olemassa kasvavasti näyttöä siitä, että päätökset, joita usein käsitellään erillisinä ilmastopolitiikasta, voivat merkittävästi vähentää päästöjä. Tällaiset päätökset koskevat esimerkiksi makrotalouspolitiikkaa, maatalouspolitiikkaa, monenkeskisten pankkien lainoja, vakuutustoimia, sähkömarkkinoiden uudistumista, energiavarmuutta ja metsien suojelemista, Toisaalta päätöksillä, jotka koskevat esimerkiksi moderneihin energianlähteisiin pääsyn parantamista maaseudulla, ei välttämättä ole suurta vaikutusta maailman khk-päästöihin [12.2].
- Ilmastonmuutostoimenpiteet, jotka ovat yhteydessä energiatehokkuuteen ja uusiutuvaan energiaan, ovat usein taloudellisesti hyödyllisiä, parantavat energiavarmuutta ja vähentävät paikallisia ilmansaasteita. Muut energiantuotannon hillintätoimenpidevaihtoehdot voidaan suunnitella saavuttamaan myös muita kestävän kehityksen hyötyjä kuten paikallisen asutuksen siirtojen välttäminen, työpaikkojen muodostuminen ja terveyshyödyt [4.5, 12.3].
- Luonnollisen ympäristön ja metsän hävityksen vähentämisellä voi olla merkittäviä hyötyjä biodiversiteetin sekä maaperän ja vesivarojen suojelun kannalta. Muutokset voidaan toteuttaa sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävällä tavalla. Metsitys ja bioenergian viljely voivat johtaa tuhoutuneen maan ennallistumiseen, tulvien hallintaan, maaperän hiilen säilyttämiseen ja taloudellisiin hyötyihin maaseudulla. Mutta ne voivat myös kilpailla maasta ruoan tuotannon kanssa ja saattavat vaikuttaa biodiversiteettiin negatiivisesti, jos niitä ei ole suunniteltu asianmukaisesti [9.7, 12.3].
- Kestävää kehitystä on myös hyvät mahdollisuudet vahvistaa ilmastonmuutoksen hillintätoimilla, jotka koskevat jätehuolto-, liikenne- ja rakennussektoreita [5.4, 6.6, 10.5, 12.3].
- Muuttamalla kehitystä kestävämmäksi voidaan sekä hillintä ilmastonmuutosta että parantaa sopeutumiskykyä, vähentää sekä päästöjä että alttiutta ilmastonmuutoksen haitoille. Hillinnän ja sopeutumisen välisiä positiivisia yhteisvaikutuksia voidaan löytää, esimerkkinä asianmukaisesti suunniteltu biomassan tuotanto, suojeltujen alueiden muodostaminen, maankäyttö, rakennusten energiankäyttö ja metsätalous. Toisissa tilanteissa saattaa olla vastakkaisia vaikutuksia, kuten lisääntyneet khk-päästöt sopeuttaviin toimiin liittyvän lisääntyneen energiankulutuksen takia.

G. Tietämyksen aukkokohdat

28. On vielä olennaisia aukkoja saatavilla olevassa tiedossa, jotka koskevat joitakin ilmastonmuutoksen hillinnän näkökohtia erityisesti kehitysmaissa. Tutkimalla lisää näitä aukkokohtia vähennettäisiin edelleen epävarmuuksia ja näin tehtäisiin ilmastonmuutoksen hillintää koskevaa päätöksentekoa helpommaksi.

Loppulaatikko 1: Epävarmuuden kuvaus

Epävarmuus on jokaisen arvioinnin luontainen ominaisuus. Neljäs arviointiraportti selkeyttää olennaisiin toteamuksiin liittyviä epävarmuuksia.

Perustavaa laatua olevat erot eri tieteenalojen välillä kolmessa AR4:n työryhmässä tekevät yhteisen lähestymistavan mahdottomaksi. ”Ilmastonmuutos 2007, ilmastotieteellinen perusta” käyttää todennäköisyyttä (eng. likelihood), kun taas ”Ilmastonmuutos 2007, vaikutukset, sopeutuminen ja haavoittuvuus” käyttää luotettavuutta ja todennäköisyyttä (eng. confidence, likelihood). Nämä lähestymistavat arvioitiin puutteellisiksi kuvaamaan kolmannen työryhmän ”Ilmastonmuutoksen hillintä” -raportin tiettyjä epävarmuuksia, joihin liittyy ihmisen valintoja.

Tässä raportissa epävarmuutta arvioidaan kaksiulotteisella asteikolla. Asteikko perustuu ensiksikin työryhmän kirjoittajien asiantuntija-arvioon kirjallisuuden yksimielisyydestä koskien käsiteltyä tulosta (yksimielisyyden aste). Toiseksi asteikko perustuu niiden riippumattomien lähteiden määrään ja laatuun (näytön laajuus[33]), joihin tulokset pohjautuvat ja jotka ovat täyttäneet IPCC:n tieteellisyys- ja julkaisuvaatimukset. Tämä ei ole kvantitatiivinen lähestymistapa, josta todennäköisyyksiin liittyvät epävarmuudet voidaan johtaa (ks. taulukko SPM.E.1).

***Taulukko SPM E.1**. Epävarmuuden laadullinen määrittely*

Yksimielisyyden aste (kyseisestä tuloksesta)	Korkea yksimielisyys, rajoitetusti näyttöä	Korkea yksimielisyys, keskimääräisesti näyttöä	Korkea yksimielisyys, paljon näyttöä
	Keskimääräinen yksimielisyys, rajoitetusti näyttöä	Keskimääräinen yksimielisyys, keskimääräisesti näyttöä	Keskimääräinen yksimielisyys, paljon näyttöä
	Alhainen yksimielisyys, rajoitetusti näyttöä	Alhainen yksimielisyys, keskimääräisesti näyttöä	Alhainen yksimielisyys, paljon näyttöä
	Näytön laajuus[a)] (riippumattomien lähteiden määrä ja laatu)		

[a)] ”Näyttö” (eng. evidence) on määritelty tässä raportissa seuraavasti: Tieto, joka osoittaa onko uskomus tai väite totta tai paikkansapitäviä. Ks. sanasto.

Tulevaisuus on luontaisesti epävarma. Tämän vuoksi on tässä raportissa käytetty laajasti skenaarioita, jotka ovat sisäisesti johdonmukaisia kuvia tulevaisuudesta, ei tulevaisuuden ennusteita.

[33] ”Näyttö” (eng. evidence) on määritelty tässä raportissa seuraavasti: Tieto, joka osoittaa onko uskomus tai väite totta tai paikkansapitäviä. Ks. sanasto.