

Ilmastopolitiikan hyötyjen arviointi epävarmuuden vallitessa

Matti Liski

Helsingin kauppakorkeakoulu

Yhteenvedo. Tarkastelen ilmastonmuutokseen ja ilmastopolitiikkaan liittyviä epävarmuuksia akateemisen kirjallisuuden pohjalta. Ilmastopolitiikan kannattavuutta ei ole mahdollista arvioida pelkästään esitettyjen odotettujen rahallisten hyötyjen ja kustannusten avulla, vaan tarvitaan lisäinformaatiota siitä, kuinka riskipitoisista numeroista on kysymys. Esitetyt arviot eivät ota kantaa riskiltä suojautumisen yhteiskunnalliseen arvoon. Ilmastopolitiikka voi olla kannattavaa, vaikka rahalliset odotetut tuotot eivät ylitä kustannuksia, jos yhteiskunta on valmis maksamaan ilmatoriskin pienentymisestä eli ottamaan ”ilmastovakuutuksen”. Riskiltä suojautumisen arvo on sitä suurempi mitä epämääräisempi on ilmatoriski. Varovaisuusperiaate ilmastonmuutoksessa tarkoittaa varautumista tulevaan epävarmuuteen, jota tieteellisen tiedon tuleva tarkentuminen ei poista. Periaate voidaan perustella taloudellisen kustannus-hyötyanalyysin näkökulmasta. Ilmastomuutoksen pitkän aikavälin haittojen epävarmuus on peruste käyttää alhaista diskonttokorkoa näiden haittojen taloudellisessa arvottamisessa.

1. Johdanto

Tällä selvityksellä on kaksi päätavoitetta. Ensimmäinen on auttaa hyödyntämään EU:n komission teknisluontoisen raportin ”The Impacts and Costs of Climate Change”¹ tuloksia ilmastopoliittisessa päätöksenteossa. Pyrkimyksenä ei ole referoida raportin tuloksia vaan osoittaa, mitkä raportin johtopäätökset tai tulosten tulkinnat sopivat ilmastopoliittisten perusteluiden pohjaksi. Toinen tavoite on esitellä uusimmat akateemiset näkökulmat ilmastopoliittiseen päätöksentekoon. Uusien akateemisten tutkimustulosten esittely jäsenyyty komission raportin avulla, koska uusien tutkimus keskittyy juuri pitkän aikavälin hyötyjen analyysiin epävarmuuden vallitessa, mistä komission raportissa on pääsääntöisesti kysymys.

Komission raportti koostuu karkeasti ottaen kolmesta osasta. Ensimmäisessä osassa luodaan katsaus ilmastonmuutoksen vaikutuksiin. Katsauksen tavoitteena näyttää olleen listata mahdolliset tulevat liittyen merenpinnan nousuun, energian kulutukseen, ihmisten terveyteen, maatalouteen, ekosysteemeihin, vesihuoltoon, kuivuuteen, tulviin, äärimmäisiin sääilmiöihin, sosio-ekonomisiin kysymyksiin ja katastrofeihin. Lisäksi katsauksessa kartoitetaan, miten ilmastopoliittiset tavoitteet kasvihuonekaasujen pitoisuuden ja lämpötilan suhteen linkittyvät vaikutuksiin. Vaikutusten yhteenvedo on kuvattu taulukossa 1.

Komission raportin toisessa osassa luodaan katsaus ilmastonmuutoksen vaikutusten arvottamiseen. Katsauksen mukaan vaikutusten kustannusarvioiden haitari on kaventunut. Samalla arvioissa on trendi kohti alempia arvoja. Kirjallisuus on kuitenkin keskittynyt tarkastelemaan vaikutuksia, jotka ovat selkeimmin ennustettavissa, markkinapohjaisia ja mittakaavaltaan suhteellisen rajoitettuja. Tästä syystä katsaukseen valikoitunut otos arvioista on vääristynyt, sillä systeemitason muutoksia ei juuri löydy kustannusarvioita. Komission raportin toisessa osassa luodaan myös varsin perusteellinen katsaus arvioissa käytettävien taloudellisten avainparametrien valintaan. Näistä keskeisin on diskonttokoron valinta, sillä tavanomaisen markkinakoron käyttö yli 100 vuoden päästä saatavien haittojen arvottamisessa johtaa ilmastopoliittisten tavoitteiden hylkäämiseen. Ellei alemmaa

¹ Tästä eteenpäin käytän viittausta ”komission raportti”. Se on luettavissa osoitteesta:
http://europa.eu.int/comm/environment/climat/pdf/final_report2.pdf

korkotasoa voida perustella, tulisi ilmastomuutoksen torjunnan vaatimat yhteiskunnalliset resurssit ohjata esimerkiksi köyhyyden poistamiseen, josta hyötyjä saadaan nopeammalla aikataululla.

LÄMPÖTILATAVOITE JA VAIKUTUS			
	alle 2 °C	2-2.5 °C	yli 3 °C
terveys	ennenaikaisten kuolemien lisääntyminen	malariariskille altistuu satoja miljoonia	malariariski lisääntyy merkittävästi
ekosysteemit	maltillisia muutoksia	muutoksia alle 20% alueista	muutoksia yli 20% alueista
maatalous	tuottavuus EU:ssa ja Yhdysvalloissa kasvaa	tuottavuus EU:ssa ja Yhdysvalloissa laskee; trooppisilla alueilla todennäköisesti laskee	nälänhätäriski kasvaa merkittävästi
vesi	vesihuollon ongelmat koskettavat 400-800 miljoonaa jo 1 asteen nousun vuoksi	2.4-3.1 miljardia kärsii vesihuollon ongelmista	ei merkittävää lisävaikutusta
systemitaso	1.5 asteen nousun tuntumassa Grönlannin jäätiköiden sulaminen alkaa; täydellinen sulaminen johtaa noin 7 metrin merenpinnan nousuun	katastrofien mahdollisuus kasvaa merkittävästi; läntisen Antarktiksien jääpeitteen sulaminen alkaa 2-4.5 asteen lämpenemisen jälkeen, mikä voi nostaa merenpintaa 5-6 metriä	katastrofien todennäköisyys hyvin suuri

Taulukko 1: Yhteenveto ilmastonlämpenemisen vaikutuksista. Lähde: Komission raportti "The Impacts and Costs of Climate Change", 2005.

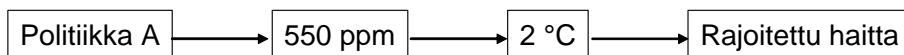
Komission raportin kolmannessa osassa käsitellään lyhyesti ilmastopolitiikan oheishyödyt, jotka liittyvät ilmanlaadun välittömään parantumiseen, yleisen ympäristöystävällisyyden lisääntymiseen, energiahuollon riskien vähentymiseen ja muutamainkin kansantaloudellisiin hyötyihin joita ilmastopolitiikka voi tuoda tullessaan.

Tämän selvityksen lähtökohtana on huomio siitä, että komission esittämät arviot ovat erittäin epävarmoja. Ilmastomuutoksen mahdolliset vaikutukset voidaan listata, mutta mitä täsmälleen seuraa esimerkiksi 2 °C tavoitteesta jää melko summittaisen haarukoinnin varaan. Sama epävarmuus liittyy siihen, mitä ilmastolle tapahtuu, kun seurataan valittua päästöuraa tai mikä on vaikutusten taloudellinen arvo. Ennen kaikkea systeemitason muutoksille on vaikea määrittää todennäköisyyksiä ja taloudellisia arvoja. Jaksossa 2 selvitän, kuinka epävarmuus ilmastopolitiikan vaikutusketjun eri vaiheissa kertaantuu ja kuinka tämä kertaantunut epävarmuus voidaan ottaa huomioon politiikan kustannus-hyötyanalyysissä. Tärkeä johtopäätös on se, että politiikkaa ei voida arvioida yhden numeron (odotetut rahalliset tuotot) avulla vaan tarvitaan lisäinformaatiota siitä, kuinka riskipitoisesta numerosta on kysymys. Ilmastopolitiikka voi olla kannattavaa vaikka rahalliset odotetut tuotot eivät ylitä kustannuksia, jos yhteiskunta on valmis maksamaan siitä, että ilmastoriski pienenee. Tästä vakuutushyödyistä ei komission raportissa keskustella. Jaksossa 3 tarkastelen varovaisuusperiaatetta ilmastomuutoksen yhteydessä. Komission raportissa todetaan,

että melkoisella varmuudella tieteellinen näyttö ilmastonmuutoksen luonteesta tarkentuu tulevaisuudessa. Onko tämä peruste lykätä päätöksiä vai tulisiko ilmastonmuutosta torjua odottamatta näyttöä varovaisuusperiaatteen mukaisesti? Jaksossa 4 selvitän kuinka ilmatoriskin epämääräisyys on lisäperuste toteuttaa politiikkaa, vaikka odotetut rahalliset hyödyt eivät riitäkään kattamaan kustannuksia. Jaksossa 5 selvitän, kuinka epävarmuus pitkän aikavälin tapahtumista vaikuttaa diskonttokoron valitaan. Akateeminen tutkimus etenee voimakkaasti juuri tällä osa-alueella. Jaksossa 6 esitän päätelmät.

2. Yhden numeron mahdottomuus

Komission tavoite on ilmoittaa ilmastopolitiikan hyödyt rahassa, mikä auttaa tekemään ”täysin informoituja päätöksiä” (lainaus komission raportista, sivut 1-2). Tällöin ilmastopolitiikkaa voitaisiin arvioida kuten muitakin julkisia hankkeita eli perinteisen kustannus-hyötyanalyysin keinoin. Tämän periaatteen mukaisesti voimme verrata kahta numeroa eli markkinoiden tarjoamaa tuottoa julkisille varoille ja toisaalta politiikan tuottoa. Olen toisaalla selvittänyt, että perinteinen kustannus-hyötyanalyysi ei ilmastopolitiikan kohdalla toimi, koska tarkasteltava aikaväli on liian pitkä markkinoiden tarjoaman tuoton ja politiikan tuoton suoraan vertailuun.² Epävarmuus on toinen syy, miksi komission tavoite tehdä informoituja päätöksiä ilmastopolitiikan tuottoa kuvaavan numeroarvion avulla on epärealistinen. Havainnollistan tätä seuraavan hypoteettisen kuvion avulla.



Kuvio 1

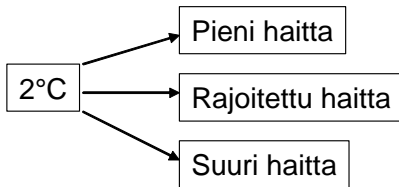
Kuviossa politiikka A, esimerkiksi 50 prosentin päästöleikkaukset vuoteen 2050 mennessä ja 70 prosentin leikkaukset vuoteen 2100 mennessä, johtaa kasvihuonepäästöjen pitoisuuden vakiintumiseen 550 ppm tasolle. Tämä pitoisuus johtaa 2 °C ilmakehän keskimääräiseen lämpenemiseen,³ mikä puolestaan tarkoittaa rajoitettua haittaa eli haittaa, joka voidaan kohtuudellisella tarkkuudella ilmaista rahassa (merenpinnan rajoitetusta noususta aiheutuneet suojaamistoimenpiteet, energiankulutuksen lievät muutokset, yms.). Suurin osa komission raportin kartoittamasta kirjallisuudesta keskittyy näihin kustannuksiin.⁴ Jos kuvion mukainen seurausten ketju olisi hyvin tunnettu, voisimme siis laskea politiikan A hyödyt, joita kustannusten ei tulisi ylittää.

Komission raportista ja ilmastokirjallisuudesta yleensä kuitenkin tiedämme, että kuvion 1 mukainen ketju ei ole tunnettu. Kuhunkin lämpötilatavoitteeseen liittyvä mahdollisten tulemien joukko kuten seuraava kuva havainnollistaa.

² Matti Liski, Ilmastopolitiikan kustannusten ja hyötyjen arviointi eri aikaväleillä, YM 2004.

³ Tämä pitoisuustavoite ja 2 °C lämpeneminen ovat hypoteettisia, vaikkakin nämä luvut voidaan Komission raportin mukaan mahdollisesti perustella. Kiitän tohtori Jouni Räisästä arvokkaista kommentteista liittyen pitoisuuden ja lämpötilan väliseen yhteyteen. Yhteys on epävarma, koska maapallon keskilämpötilan ja säteilypakotteen välistä relaatiota ei tarkalleen tunneta. Hiilidioksikaasujen pitoisuuden lisäksi siihen vaikuttavat muut kasvihuonekaasut, hiukkaset ja muutoksen auringon säteilytehossa sekä tulivuoritoiminta.

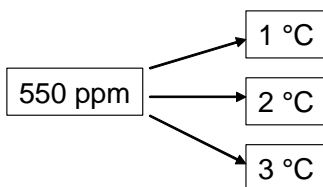
⁴ Raportin sivut 30-32.



Kuvio 2

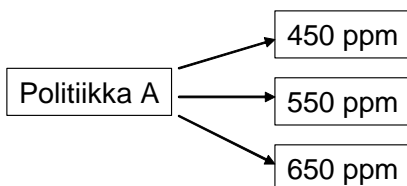
Tässä kuviossa alkuperäinen rajoitettu haitta on edelleen mahdollinen, mutta ilmastonmuutoksen luonteesta seuraa, että haitta voikin olla paljon pienempi tai sitten suurempi. Komission raportissa käsitellään tarkemmin ilmastonmuutoksen aiheuttamaa kasvanutta riskiä sairastua malariaan (sivut 18-20). Pitoisuustavoite 550 ppm vähentää riskille altistumista huomattavasti, mutta lopullinen lisääntymis voidaan rajata vain kymmenien miljoonien ihmisten tarkkuudella.

Toinen epävarmuuden lähde liittyy ilmaston luonnontieteeseen eli pitoisuuden ja lämpötilan väliseen yhteyteen. Kirjallisuuden perusteella kahden asteen tavoite saavutetaan melko todennäköisesti vasta kun kasvihuonekaasujen pitoisuus on alle 400 ppm.⁵ Tavoite 550 ppm voi siis johtaa parempaan yhden asteen lämpenemiseen tai (todennäköisemmin) huonompaan 3 asteen lämpenemiseen kuten kuviossa 3 (yksinkertaisuuden vuoksi oletan taas vain kaksi poikkeamaa).



Kuvio 3

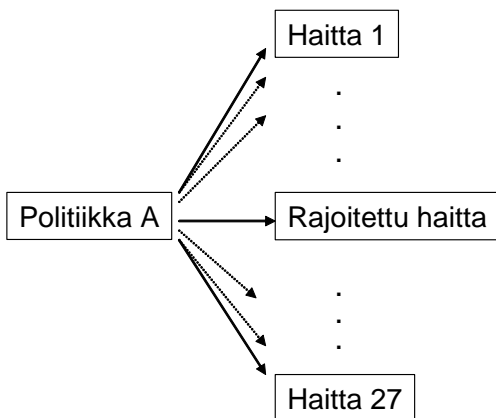
Viimeinen epävarmuus liittyy valitun politiikan ja pitoisuuden väliseen suhteeseen. Ilmakehän pitoisuudet eivät ole suoraan tulevien päästöurien avulla ohjattavissa. Havainnollistan tätä epävarmuutta kuvion 4 avulla.



Kuvio 4

Todellisuudessa kuvion 1 ketjun jokaiseen vaiheeseen liittyy huomattavasti suurempaa epävarmuutta kuin edellä kuvatut kolme vaihtoehtoa. Kuitenkin jo nämä kolme vaihtoehtoa ketjun jokaisessa vaiheessa muuttavat politiikan seurauksen huomattavan epävarmaksi. Kuviossa 5 on kuvattu kaikki 27 tulemaa, joihin jokaiseen liittyy oma haitta. Epävarmuus on siis kertaantunut niin, että tulemien joukossa on täysin olematon haitta, esimerkiksi haitta 1, mutta myös katastrofin mahdollisuus, joka voi olla esimerkiksi haitta 27.

⁵ Yhteenveto eri arvioista on esimerkiksi Haren ja Meihäusen raportissa (2004); ks. myös alaviite 3.



Kuvio 5

Tämän ajatuskokeen opetus on se, että ilmastopolitiikan hyötyjä ei voi esittää yhden numeron eli odotetun rahallisen tuoton avulla (politiikan kautta vältetyt haittakustannukset). Odotettu haitta kuviossa 5 voi nimittäin olla täsmälleen sama kuin varmuudella saatu haitta kuviossa 1, mutta on selvää, että kuvion 5 tilanne on huomattavasti riskipitoisempi. Harvat päätöksentekijät suhtautuvat neutraalisti riskiin, jota siirtymä kuvioista 1 kuvioon 5 merkitsee. Siksi päätöksiä ei voi tehdä yhden numeron perusteella vaan tarvitaan lisäinformaatiota siitä, kuinka riskipitoisesta numerosta on kysymys.

Kuinka riskipitoisia selvitysten esittämät arviot ilmastopolitiikan hyödyistä sitten ovat? Tähän on mahdoton vastata, koska raportit tarkastelevat riskejä kuvion 1 eri vaiheissa erikseen, mutta eivät ota huomioon epävarmuuden kertaantumista. Koska relevantteja tulemia eri vaiheissa on huomattavasti enemmän kuin edellä esitetyissä kuvioissa, on epävarmuuden kertaantuminen paljon suurempaa kuin kuviossa 5. Siksi **komission raportissa esitetyt numerot eivät kuvaa ilmastopolitiikan hyötyjä suoraan. Niitä tulisi korjattava summalla, jonka päätöksentekijä on valmis maksamaan päästäkseen riskistä eroon.** Tätä summaa kutsutaan riskipreemioksi. Toisin sanoen riskiä karttava päätöksentekijä, joka olisi valmis toteuttamaan kuvion 5 riskipitoisen politiikan olisi valmis toteuttamaan myös kuvion 1 riskittömän politiikan, vaikka jälkimmäinen maksaisi enemmän. Riskipreemio kertoo, kuinka paljon enemmän riskittömästä politiikasta ollaan valmiita maksamaan. Koska odotusarvoinen tuotto ilmastopolitiikalle on vain yksi numero – aivan kuin politiikka tuottaisi tämän numeron varmuudella – on siitä vähennettävä arvion riskipitoisuudesta kertova riskipreemio. Esimerkiksi jos politiikka A vähentää ilmatoriskiiä verrattuna tilanteeseen, jossa mitään politiikkaa ei ole, niin politiikka A:n riskipreemio on pienempi kuin vaihtoehdon. Tällöin politiikka A:n odotettua tuottoa tulisi korjata ylöspäin. Politiikka saattaa siis olla kannattava, vaikka sen pelkkä odotettu rahallinen tuotto ei ylitäkään kustannuksia.

Komission toive tehdä informoituja päätöksiä kustannus-hyötyanalyysin avulla edellyttää siis kannanottoa siihen paljonko riskin vähentymisestä ollaan valmiita maksamaan. Valitettavasti komission raportista puuttuu tämän tyyppinen riskianalyysi. Yleisesti voidaan sanoa, että taloudellisten päätöksentekijöiden riskin karttaminen vähenee varallisuuden kasvaessa.⁶ Tämän kirjoittajalle 10 000 euron heilahdus vuotuisissa tuloissa on sen verran suuri, että sen poistamisesta olisin valmis jotain maksamaan (esimerkiksi välttämällä nykyistä hieman tuottoisempia työtehtäviä, joihin tuo riski liittyy). Toisaalta optiomiljonäärille edellä mainittu heilahtelu ei merkitse

⁶ The economics of risk and time, Christian Gollier, the MIT Press 2001.

paljoakaan, joten hän ei sen poistamisesta ole valmis maksamaan.⁷ Sama järkeily pätee myös ilmastonmuutoksessa: riskit jotka ovat suuria taloudelliseen varallisuuteen nähden johtavat suurimpaan korjaukseen odotetuissa tuotoissa. Tästä näkökulmasta ilmastopolitiikan odotettuja rahallisia hyötyjä tulisi korjata sitä enemmän ylöspäin, mitä enemmän politiikalla suojataan varallisuudeltaan köyhiä maita ilmastonmuutoksen aiheuttamalta taloudelliselta riskiltä. Jos taas riskit koskettavat lähinnä rikkaita talouksia, riskin suojaukselle tulisi antaa pienempi paino. Näiden argumenttien lähempi tarkastelu puuttuu komission raportista ja ilmastokirjallisuudesta yleensä.

3. Varovaisuusperiaate ilmastonmuutoksessa

Komission raportin yksi johtopäätös on, että informaatio ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja kustannuksista tarkentuu ajan myötä. Esimerkiksi sivulta 28 alkava kirjallisuuskatsaus haittakustannuksiin toteaa, että arvioiden haitari on kaventunut ja lisäksi kustannusarviot ovat laskeneet ajan myötä. Tämä johtopäätös näyttää tosin koskevan vain rajattujen haittojen kustannuksia, sillä systeemitason äkillisistä muutosten kustannuksista on edelleen vähän arvioita. Ilmastomuutos kuuluu samaan ongelmaluokkaan kuin asbesti, maasäteily, hullun lehmän tauti tai lintuinfluenssa: näiden ongelmien kohdalla tiedetään, että tulevaisuus tuo varmuudella tieteellistä lisätietoa ongelman luonteesta. Kuinka tieto siitä, että tulevaisuudessa ongelman luonne tarkentuu vaikuttaa päätöksiin tänään? Pitäisikö lisätietoa odottaa ennen kalliita toimenpiteitä? Varovaisuusperiaate, joka on ilmaistu useissa kansainvälisissä sopimuksissa, on Rion julkilausumassa (artikla 15) ilmaistu seuraavasti:

”where there are threats of serious and irreversible damage, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation”

Ilmastonmuutokseen sovellettuna periaatetta tarkoittaa, että panostus muutoksen torjuntaan ei saisi vähentyä, vaikka huomioisimme sen seikan, että tulevaisuudessa tiedämme ongelmasta enemmän. Voidaanko tämä periaate perustella taloudellisen kustannus-hyötyanalyysin näkökulmasta?

Yksi tapa perustella välittömät toimet odottamatta lisäinformaatiota on vedota kuluttajien säästämiskäyttäytymiseen yleensä. On nimittäin yleisesti hyväksytty tosiasia, että kuluttajat haluavat säästää varautukseen epävarmaan tulevaisuuteen.⁸ Säästämiseen luonnollisesti vaikuttaa säästöille saatava tuotto, joka lisää tulevaa varallisuutta ja kulutusmahdollisuuksia. Mutta säästämiseen vaikuttaa myös, kuinka suurta on tulevan tulotason heilahtelu. Kun heilahtelu eli epävarmuus tulevasta lisääntyy, on kuluttajilla tapana lisätä säästämistään, jonka avulla heilahteluiden vaikutuksia voidaan tasata. Tässä mielessä kuluttajat noudattavat ”varovaisuusperiaatetta” kulutusvalinnoissaan. Koska kuluttajat ovat riskin karttajia ja näyttävät seuraavan varovaisuusperiaatetta, on aivan perusteltua, että julkinen valta politiikkavalinnoissaan käyttäytyy samoin. Panostus ilmastonmuutoksen torjuntaan on julkisen vallan säästämistä ja varautumista epävarmaan tulevaisuuteen.

⁷ Yritykset voivat suojautua esimerkiksi panos- tai lopputuotehintojen heilahtelulta etukäteissopimuksin. Sopimusten tehtävänä on jakaa riskiä markkinaosapuolten kesken, elleivät toimijat voi muuten hajauttaa riskiä. Parhaat mahdollisuudet riskin hajautukseen on suurilla yrityksillä tai yhteisöillä, jolloin niiden ei tarvitse maksaa ulkopuolisille riskin suojauksesta. Hajautus syntyy suuren yrityksen tapauksessa esimerkiksi mahdollisuudesta säästää matkavakuutuksissa, koska yritys voi toimia itse omien työntekijöidensä vakuutusyhtiönä. Ilmatoriskiä on luonnollisesti kenenkään vaikea hajauttaa, joten riskin suojauksen hintaa ei voida havaita markkinoilta.

⁸ The economics of risk and time, Christian Gollier, the MIT Press 2001.

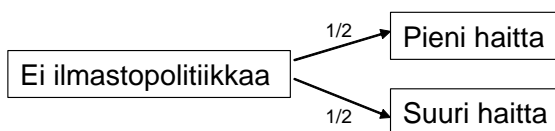
Valitettavasti edellä kuvattu varovaisuusperiaatteen sovellus on hieman liian yksioikoinen. Vaikka panostus ilmastonmuutoksen torjuntaan pienentää peruuttamattoman vahingon mahdollisuutta ja siten kasvattaa joustavuutta valita tulevaisuudessa oikeat toimet, ovat investoinnit muutoksen torjuntaan itsessään peruuttamattomia.⁹ Joustavuutta ei siis lisää se, että teemme peruuttamattomasti investointeja, jotka voivatkin osoittautua tarpeettomiksi (ilmastonmuutoksen näkökulmasta). Investointien peruuttamattomuus on siis tekijä, joka näyttää toimivan varovaisuusperiaatetta vastaan – olisi parempi odottaa ja antaa epävarmuuden tulevasta ratketa riittävästi ennen panostusta.

Riskin karttaminen ja varautuminen tulevaan epävarmuuteen on siis yksi syy noudattaa varovaisuusperiaatetta ilmastonmuutoksessa. Vahingon peruuttamattomuus on toinen syy. Mutta torjuntainvestointien peruuttamattomuus on usein käytetty argumentti varovaisuusperiaatetta vastaan.¹⁰ Tämän näkökulman kannattajat katsovat, että on parempi valita torjunnassa toimia, jotka eivät ole peruuttamattomia ja oppia enemmän ilmasto-ongelman luonteesta ennen laajamittaisia peruuttamattomia toimia. Lisäksi torjunnan vaihtoehtona on aina sopeutuminen eli sopeutumiskustannusten maksaminen. Näitä sopeutumiskustannuksia on lyhyesti arvioitu myös komission raportissa.

Mielestäni argumentit varovaisuusperiaatetta vastaan ovat heikkoja kahdesta syystä. Ensimmäkin investoinnit ilmastonmuutoksen torjuntaan ovat pitkälle investointeja energian kysyntä- ja tarjontainfrastruktuuriin. Vaikka saastuttavan tuotantomuodon taloudellista asemaa heikennetään ilmastopoliittisin keinoin, vanha saastuttavien panosten kysyntäinfrastruktuuri säilyy politiikan toimeenpanon jälkeen vielä pitkään, koska pääomahyödykkeitä ei kannata romuttaa ennen kuin ilmastopolitiikka on varmuudella tullut jäädäkseen. Tästä syystä investoinnit uuteen teknologiaan eivät tule suoraan korvaamaan peruuttamattomasti vanhaa teknologiaa, vaan siirtymää kuvaa teknologioiden yhteiselo, mikä lieventää investointeihin liittyvää peruuttamattomuutta.¹¹ Kun epävarmuus ongelman luonteesta selviää, voidaan panostusta uusiin teknologioihin edelleen lisätä vanhan poistuessa markkinoilta tai vaihtoehtoisesti vanha teknologia voi jatkaa uuden väistyessä. Toinen syy suhtautua epäilevästi argumentteihin varovaisuusperiaatetta vastaan on se, että myös ilmastonmuutokseen sopeutuminen vaatii aikaa. Sopeutumiskustannusten välitön maksaminen on tuskin vaihtoehto, jos ilmasto-ongelma tuo tullessaan systeemitason muutoksia.

4. Ilmatoriskien epämääräisyys¹²

Ajatelkaamme hypoteettisesti että kansainvälinen asiantuntijajaneeli päätyy vertaamaan ilmatoriskin kolikon heittoon eli 50/50 todennäköisyyksillä ilmasto-ongelmasta seuraa pieni tai suuri haitta kuten kuviossa 6. Tämän riskin ymmärrämme samalla tavalla, koska tiedämme kolikon heittoon liittyvät todennäköisyydet ilman erityisiä koejärjestelyitä.



Kuvio 6

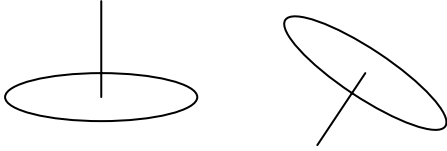
⁹ Peruuttamaton investointi on esimerkiksi investointi laitteistoon, jota ei voi myöhemmin myydä markkinoille käypään arvoonsa. Tällöin laitteistoon laitettavat varat tai osa niistä ovat peruuttamattomasti menetetty.

¹⁰ Niiden kohdalla toimii käänteinen varovaisuusperiaate: investoinnin lykkäämisellä eli toimitettomuudella on arvo, koska odottamalla opitaan lisää investoinnin kannattavuudesta.

¹¹ Tätä kuvataan tutkimuksessa Liski-Murto, Backstop Technology Adoption, HECER-WP-94, 2006.

¹² Kutsun ilmatoriskin epämääräiseksi, koska tulevien todennäköisyyksiä ei tiedetä (vrt. englannin kielen sanaan ”ambiguity”).

Entäpä jos asiantuntijajaneeli päätyykin vertaamaan ilmastoriskiä nastan heittoon? Johtopäätös voisi olla, että haitta on pieni kun nasta on terä alaspäin ja pieni kun terä on ylöspäin kuten tässä kuvassa:



Kuvio 7

Useimmilla meistä ei ole kokemusta nastan heitosta, joten asiantuntijoiden suositus heijastelee ilmastoriskin epämääräisyyttä eli sitä, että riskin todennäköisyyksistä ei ole tietoa. Nastan käyttäytymisestä voimme oppia toistamalla nastan heittoa, mutta ilmastopolitiikan päätökset on tehtävä ilman mahdollisuutta oppia todennäköisyyksiä. Kuinka tämä epämääräisyys vaikuttaa ilmastopolitiikan valintaan?

Kustannus-hyötyanalyysin periaatteiden mukaan julkisten hankkeiden, kuten ilmastopolitiikan, tulisi toteuttaa samat tuottovaatimukset kuin yksityisten,¹³ joten on hyödyllistä tarkastella, kuinka riskin epämääräisyys vaikuttaa yksityisiin investointeihin. Makrotaloustieteen yksi keskeisiä arvoituksia (selittämätön ilmiö) on niin sanottu osakkeiden ylituotto (equity premium puzzle).¹⁴ Arvoitus syntyy siitä, että osakkeiden havaittu tuotto viimeisen vuosisadan aikana ylittää riskittömien sijoituskohteiden tuoton 5-6 prosentilla vuodessa, vaikka osaketuottojen riskiominaisuudet näyttäisivät perustelevan ehkä vain noin puolen prosentin ylituoton. Miksi investoijat haluavat näin suuren ylituoton kompensationsa siitä riskistä, jota varallisuuden pitäminen osakkeissa synnyttää? Yksi erityisesti viimeaikaisessa kirjallisuudessa käytetty selitys on osakeriskin epämääräisyys.¹⁵ Sijoittajat kohtaavat todellisuudessa riskin, jota voisi verrata tuohon edellä kuvattuun nastan heittoon – kenelläkään ei ole tarkkaa käsitystä talouden kehitykseen liittyvistä todennäköisyyksistä. Teorian mukaan sijoittajat karttavat epämääräistä riskiä ja vaativat siksi suuremman tuoton. Sama epämääräisyyden karttaminen näkyy koetilanteissa, joissa kohdehenkilöt kohtaavat epämääräistä riskiä. Tyypillisesti koehenkilöt käyttäytyvät ylipessimistisesti eli tekevät päätöksiä ikään kuin tietäisivät todennäköisyyksien olevan heille epäedullisia.¹⁶ Tällöin he ovat esimerkiksi valmiita luopumaan korkeammasta rahallisesta tuotosta välttääkseen epämääräisyyttä.

Jos edellä kuvattua todistusaineistoa sovelletaan ilmastopoliittiseen päätöksentekoon, niin ilmastoriskin epämääräisyys on mahdollinen lisäsyys korjata ilmastopolitiikan rahallisia hyötyjä ylöspäin. Näin silloin jos voimme ajatella, että ”ei politiikkaa” vaihtoehto on kaikista epämääräisin. Tiukkojen päästöleikkausten politiikka on taas sellainen, joka poistaa ilmaston kehitykseen liittyvän epämääräisyyden. Tällöin epämääräisyyttä karttava päätöksentekijä on valmis maksamaan ylimääräistä siitä, että politiikka poistaa epämääräisyyttä. Tämä maksuhalukkuus epämääräisyyden

¹³ Matti Liski, Ilmastopolitiikan kustannusten ja hyötyjen arviointi eri aikaväleillä, YM 2004.

¹⁴ Mehra and Prescott (1985), ”The equity premium: a puzzle”, *Journal of Monetary Economics*, 15, 145-161.

¹⁵ Esimerkiksi Chen ja Estein (2002), Ambiguity, risk, and asset returns in continuous time, *Econometrica* 70, 1403-1443 ja Klibanoff, Marinacchi, ja Mukerji (2005), A smooth model of decision making under ambiguity, *Econometrica*, painossa.

¹⁶ Tulosta kutsutaan Ellsbergin paradoksiksi.

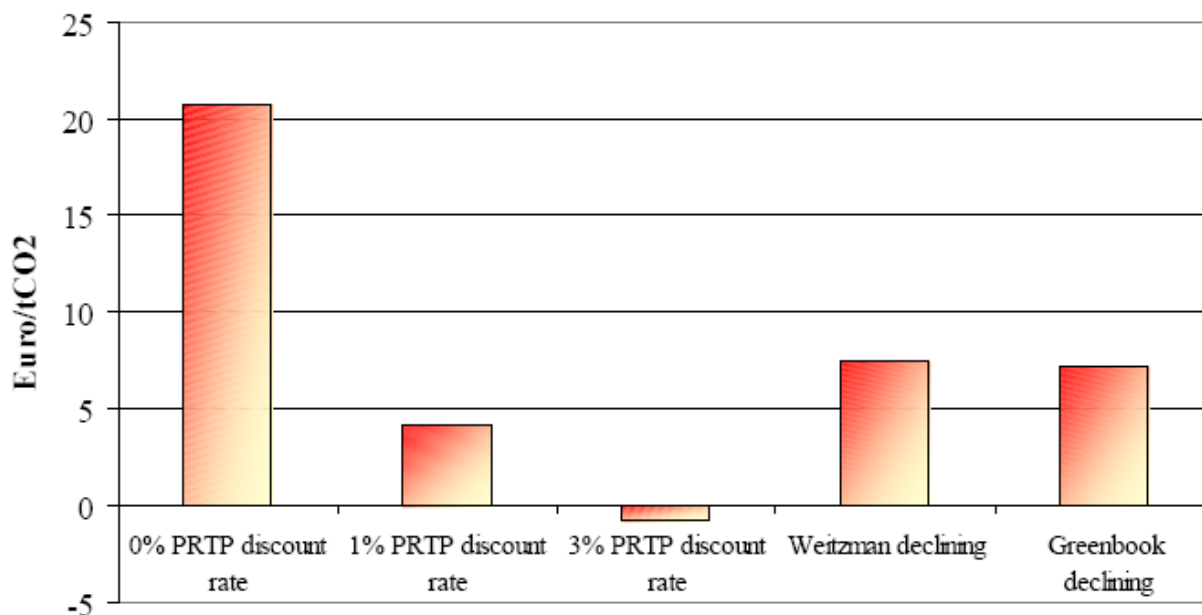
häviämisestä kasvattaa riskipremioita – mikä osakemarkkinoilla näkyy siinä, että sijoittajat ovat valmiita pitämään varallisuutta riskittömissä sijoituksissa, vaikka osakemarkkinat tarjoavat suuremman tuoton. Samasta syystä ilmastopolitiikka saattaa hyvinkin olla kannattavaa, vaikka sen pelkkä odotettu rahallinen tuotto ei ylitäkään odotettuja kustannuksia. Nämä odotetut tuotot, joita komission raportti käsittelee, eivät anna painoa hyödyille, joita saadaan epämääräisyyden ja riskin vähentymisestä.

5. Epävarmuus ja diskonttokorko

Kuinka paljon olemme valmiita tänään uhraamaan paremman tulevaisuuden vuoksi? Yksilöt kohtaavat tämän kysymyksen tehdessään koulutukseen, eläkesäästöihin ja terveyteen liittyviä valintoja. Valintoja tehdessään yksilöt paljastavat oman henkilökohtaisen vaihtosuhteensa nykyisten uhrausten ja tulevien odotettujen hyötyjen välillä. Nykyisen ja tulevan kulutuksen vaihtosuhteen keskeinen määrittäjä on diskonttokorko, joka on kunkin yksilön henkilökohtainen kärsimättömyyden mitta. Kärsimättömät yksilöt diskonttaavat tulevaisuutta voimakkaasti eivätkä siksi ole nyt halukkaita suuriin uhrauksiin paremman tulevaisuuden vuoksi. Markkinakorko on yksi numero, joka tasapainottaa erot yksilöiden vaihtosuhteissa nykyisen ja tulevan välillä. Karkeasti ottaen kärsivälliset voivat säästää ja rahoittaa kärsimättömien kulutusta, kunnes lisähyödyt tästä kulutuksen ajallisesti vaihtamisesta yksilöiden kesken tasoittuvat.

Yhteisön tasolla joudumme pohtimaan vaihtosuhdetta nykyisen ja tulevan välillä, kun keskustelemme valtion budjettivajeen vähentämisestä, infrastruktuuri-investoinneista, rokotusohjelmista, ikimetsien suojelusta jne. Ydinjätteiden loppusijoituksen ongelmat ja ilmastonmuutos ovat hankkeita, joiden aikajänne ylittää sen mihin perinteisessä kustannus-hyötyanalyysissä on totuttu. Pitkästä aikajänneestä johtuen ilmastopolitiikan tulevia hyötyjä ei voida diskontata markkinakorolla, vaikka se paljastaakin yksilöiden vaihtosuhteen nykyisyyden ja välittömän tulevaisuuden välillä. Näin siksi, että markkinakorot eivät yleensä määrittele tuottoja yli 30 vuoden sijoituksille. Lyhyiden markkinakorkojen käyttö julkisten pitkäikäisten hankkeiden tuottojen arviointiin olisi karkea virhe. Saman vakioisen koron käyttö ilmastomuutoksen kannattavuuden arviointiin johtaisi heti siihen johtopäätökseen, että julkisia varoja tulisi käyttää enemmänkin kehitysapuun, malarian torjuntaan ja muiden nopeammin hyötyjä tuottaviin hankkeisiin. On hyvä muistaa, että ilmastonmuutoksen torjunta syö kansantaloudellisia resursseja, jotka eivät ole käytettävissä muihin yleishyödyllisiin tarkoituksiin. Koron valinta on avaintekijä, joka määrää minkä aikajänneen ongelmista yhteiskunnan tulisi ensisijaisesti olla kiinnostunut.

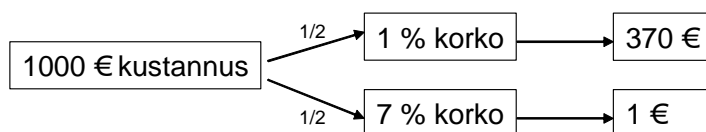
Komission raportissa on koron merkitys hyvin ymmärretty, vaikkakin sen valintaan ei oteta selkeästi kantaa eikä valintaperusteista keskustella järjestelmällisesti. Oheisessa kuvassa on FUND mallilla tuotettu ilmastomuutoksen haitta per CO2 tonni aikavälillä 2000-2300, kun diskonttokorko vaihtelee (yksityiskohdat löytyvät raportin sivulta 35). Kolme ensimmäistä pylvästä perustuvat saman vakioisen koron käyttöön kaikille ajanjänneille (0,1 ja 3 prosenttia) ja viimeiset kaksi pylvästä korkojen aikarakenteeseen, joka laskee ajan myötä. Kolmannen pylvään mukaan ilmastomuutoksesta voi syntyä hyötyjä, kun korko on suhteellisen korkea. Tämä johtuu siitä, että malli ennustaa muutoksesta oheishyötyjä lyhyellä aikavälillä, joille tulee suuri merkitys, koska diskonttaus poistaa pitkän aikavälin haittojen merkityksen.



Kuvio 8. Lähde: “The Impacts and Costs of Climate Change”, EU:n komissio, sivu 35.

Akateeminen kirjallisuus on päätyvässä johtopäätökseen, että korkojen tulisi laskea ajan myötä. Siksi kuvion kaksi viimeistä pylvästä ovat ehkä tärkeimmät (ensimmäinen pylväs ei ole järkevä, koska se on ristiriidassa havaittujen lyhyen aikavälin markkinakorkojen kanssa). Tarkastelen seuraavaksi, miksi korkojen tulee laskea ajan myötä.

Epävarmuus. Yksi syy koron laskuun aikavälin kasvaessa on puhdas epävarmuus. Kuviossa 9 on kuvattu 1000 euron kustannusta, joka koetaan 100 vuoden päästä. Poliitikantekijä voi torjua kustannuksen maksamalla 50 euroa tänään, mutta korkotasosta vallitsee epävarmuus. Korko voi olla 50/50 todennäköisyydellä 1 tai 7 prosenttia. Tämä epävarmuus ratkeaa, kun päätös torjuntainvestoinnista on tehty. Keskimääräinen korko on 4 prosenttia, jota käyttämällä 100 vuoden päässä koettu kustannus on nykyarvoisena vain 10 euroa. Investointi ei siis näytä kannattavan, koska 50 > 10 euroa. Tämä on kuitenkin väärä johtopäätös, sillä kustannuksen nykyarvo on joko 370 tai 1 euroa, kuten kuviosta 9 näemme. Keskimäärin kyseessä on siis 185 euron nykyarvoinen kustannus, joka kyllä perustelee 50 euron torjuntainvestoinnin tänään.



Kuvio 9

Tämä esimerkki havainnollistaa, kuinka epävarmuus talouden kehityksestä (ja siten koroista) vaikuttaa nykyarvolaskelmiin. Esimerkki on hyvin yksinkertainen, sillä epävarmuus on äärimmäisen pysyvää luonnetta – talouden korkokanta pysähtyy 1 tai 7 prosenttiin pitkällä aikavälillä. Havainnon luonne on kuitenkin yleinen, sillä epävarmuus pitkän aikavälin kehityksestä johtaa laskeviin korkoihin useimpien tutkimusten mukaan. Esimerkissä vain alin korko lopulta merkitsee, kun aikajänne kasvaa riittävästi, koska korkeamman koron mukainen kustannus painuu nolnaan. Tämä esimerkki on nimetty Weitzmanin mukaan, sillä hän osoitti asian ensimmäisenä.¹⁷

¹⁷ Martin Weitzman (1998), "Why the far-distant future should be discounted at its lowest possible rate?", Journal of Environmental Economics and Management, 36, 201-208.

Varovaisuusperiaate. Toinen syy laskea käytettävää korkoa aikavälin kasvaessa liittyy aiemmin mainitsemaani varovaisuusperiaatteeseen säästämässä (epävarmuuden lisääntyessä tulevasta säästämistä kasvaa). Aikajänteen kasvaessa tulemme useimpien ennusteiden mukaan odotusarvoisesti rikkaammiksi, mikä on puhdas taloudellinen syy diskontata tulevaisuutta – tämän hetken kulutuksen uhraaminen tulevaisuuden rikkaan sukupolven hyväksi tuntuu vähemmän perustellulta kuin saman uhrauksen tekeminen esimerkiksi nykyisten kehitysmaiden hyväksi. Aikajänteen kasvaessa kuitenkin myös epävarmuus tulevaisuudesta lisääntyy, jolloin varovaisuusperiaatteen mukaan tulee epävarmuuteen varautua. Varautuminen tarkoittaa sitä, että tulevaisuudesta välitetään sitä enemmän mitä suurempi epävarmuus siihen liittyy. Useimpien tutkimusten mukaan tarpeeksi pitkällä aikavälillä varovaisuusperiaate on tärkeämpi kuin varallisuusvaikutus, joten diskonttokorko laskee tarpeeksi pitkällä aikavälillä. Näiden ajatusten keskeinen esittäjä on Christian Gollier.¹⁸

Havainnollistan varovaisuusperiaatteen merkitystä tulevaisuuden arvottamisessa seuraava taulukon avulla. Taulukossa on maailman tulotason indikaattorina BKT per henkilö 7000 vuotta ajassa taaksepäin sekä tämän indikaattorin keskimääräinen vuotuinen kasvuprosentti kahden perättäisen ajankohdan välillä.¹⁹ Tulotason kasvu tämän taulukon mukaan pysyi käytännössä nollassa aina 1800-luvun alkuun asti ja on ollut 1900-luvulla keskimäärin noin 2 prosenttia vuodessa. Tämän historiallisen todistusaineiston valossa maailma voi kehittyä tuolla 2 prosentin vauhdilla ilmastomuutokselle relevanteilla aikajänteillä, mutta voi yhtä hyvin pudota takaisin nolllakasvu-uralle. Taulukko havainnollistaa muutosten suhteellista pysyvyyttä, mikä tarkoittaa, että tämän hetkinen varallisuuden kasvuvaihe merkitsee kasvun todennäköistä jatkumista lähitulevaisuudessa. Mutta pysyvyys tarkoittaa myös sitä, että putoaminen nolllakasvu-uralle merkitsee pitkää viipymistä tällä uralla. Muutosten pysyvyys on tutkimusten mukaan varovaisuusperiaatteen merkitystä lisäävä tekijä. Ilmastomuutokseen sovellettuna tulos tarkoittaa seuraavaa. Ilmastomuutos voi osoittautua pieneksi tai suureksi ongelmaksi 100 vuoden aikajänteellä, mutta ongelman ollessa suuri se on myös pysyvä, mikä lisää epävarmuuden vaikutusta ja kasvattaa varovaisuusperiaatteen merkitystä.

vuosi	BKT/henkilö	kasvu%
-5 000		
-1000	160	0.005
1	135	-0.017
1000	165	0.020
1500	175	0.012
1800	250	0.119
1900	850	1.224
1950	2030	1.741
1975	4640	3.307
2000	8175	2.265

Taulukko 2: Maailman bruttokansantuotteen historiallinen kehitys.

Lähde: Bradford de Long (2004), *The reality of economic growth: History and prospect*, luku 5

¹⁸ Christian Gollier: (2002), "Discounting uncertain future", *Journal of Public Economics*, 85, 149-166; (2002), "Time horizon and the discount rate", *Journal of Economic Theory*, 107, 463-473; (2005), "the consumption-based determinants of the term structure of discount rates", käsikirjoitus.

¹⁹ Lähde: Bradford de Long (2004), *The reality of economic growth: History and prospect*, luku 5, http://www.j-bradford-delong.net/macro_online/ms/ch5/Chapter_5.pdf

Tulevaisuuden ennustaminen. Viimeinen tutkimuksissa havaittu syy valita alhaiset korot pitkän aikavälin projekteille liittyy talouskehityksen ennustamiseen. Kuviossa 9 ajattelimme, että korot määräytyvät eksogeenisesti. Todellisuudessa korot riippuvat talouden yleisestä kehityksestä, johon vaikuttavat investoinnit, teknologinen kehitys, väestön kasvu, säästämishalukkuus ja muut talouden perusrakenteen määrittäjät. Jos siis halutaan haarukoida tulevaisuuden korkoja kustannus-hyötyanalyysin pohjaksi, on ryhdyttävä ennustamaan tulevaa talouskehitystä. Kun talouskehitystä ennustetaan, pyritään haarukoimaan talouden perusrakenteen kehitystä. Ennustus perustuu aina epätarkkoihin signaaleihin asioiden todellisesta tilasta (esimerkiksi siitä kuinka tuottavaa on informaatioteknologia). Ennustus vaikuttaa talouskäyttäytymiseen (kuten säästämiseen), joten ennustus määrää osittain sen miltä tulevaisuus näyttää. Tällöin epätäydelliset signaalit talouden todellisesta rakenteesta aiheuttavat epävarmuuden kertaantumista, mikä osaltaan lisää tulevaan talouskehitykseen liittyvää riskiä. Tämä puolestaan kasvattaa varovaisuusperiaatteen merkitystä, kuten jo aiemmin totesimme. Johtopäätös on, että tarve ennustaa on itsessään syy, joka johtaa lisääntyneeseen varovaisuuteen tulevaisuuden suhteen. Tällöin yhteiskunta välittää enemmän tulevaisuudesta eli pitkän aikavälin korko laskee.²⁰

6. Päätelmät

Ilmastomuutoksen vaikutukset, vaikutusten taloudellinen merkitys ja muutoksen torjunnan kustannukset ovat luonteeltaan hyvin epävarmoja. Epävarmuus ilmiön eri vaiheissa kertaantuu siten, että tulevien joukossa on äärimmäisiä tapahtumia. Harvat päätöksentekijät suhtautuvat elämän perusedellytyksiin vaikuttaviin riskeihin neutraalisti. Siksi yhteiskunnallisessa päätöksenteossa on otettava kantaa riskiltä suojautumisen arvolle, kun julkisen politiikan kannattavuutta arvioidaan. Komission raportin perusteella arviot ilmastopolitiikan hyödyistä kertovan vain osan hyödyistä, koska ne keskittyvät ilmastonmuutoksen odotettujen rahallisten kustannusten arviointiin. Ilmastopolitiikka on taloudellisesti kannattavaa, vaikka politiikan odotetut nykyarvoiset kustannukset ylittävät odotetut nykyarvoiset rahalliset tuotot, jos politiikka pienentää ilmatoriskii riittävästi ja jos vältetyille riskille annetaan riittävä arvo.

Politiikan tuomaa riskinsuojausta ei ole kirjallisuudessa arvoitettu. Yksilöiden säästämiskäyttäytyminen, pääomamarkkinoilla havaitut riskikorvaukset, sekä ilmatoriskin mahdollinen äärimmäisyys ovat syitä olettaa, että vältetyn riskin arvo saattaa olla merkittävä. Ilmastopolitiikan kannattavuuden arvioinneissa olisikin tuottavampaa keskittyä tähän kuin tarkempien numeroarvioiden tuottamiseen tulevista ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Numeroarviot pyrkivät nimittäin tarkentumaan niiden vaikutusten kohdalla, jotka ovat suhteellisen ennustettavia. Jos kuitenkin mahdollisten vaikutusten joukkoon kuuluu äärimmäinen muutos kuten Golf-virran pysähtyminen, tarkempien arvioiden merkitys pienten muutosten osalta pyyhkiytyy pois, kun riskianalyysi toteutetaan. Sama johtopäätös pätee diskonttokoron valintaan. Vasta kun korko täsmälleen nolla, ovat tulevien haittojen tarkat numeroarvot yhtä tärkeitä kuin esimerkiksi nykyisen hallituksen toteuttaman aluepolitiikan vaikutukset. Koron valinta on riskianalyysin ohella toinen ilmastopolitiikan perusteluiden kulmakivistä. Nollakorkoa on vaikea perustella, koska tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi resurssien suuntausta ajankohtaisten polttavien ongelmien ratkaisusta kohti ilmastonmuutoksen torjuntaa. Toisaalta markkinakoron käyttö johtaisi koko ongelman yhteiskunnallisten kustannusten poistumiseen. Tutkimus on päätenyt suosittamaan korkojen laskevaa aikarakennetta, mutta mitä täsmällistä korkoa tulisi käyttää 100, 200, tai 300 vuoden päästä saatavien hyötyjen laskemisessa? Tähän ei ole vielä olemassa vakiovastausta.

²⁰ Näitä teemoja tutkii Martin Weitzman (2004), *Statistical discounting of an uncertain distant future*, käsikirjoitus.

