



**TURUN  
YLIOPISTO**  
Kauppakorkeakoulu

## **Hiilen hinnoittelu päästöjen vähentämiskeinona**

Taloustiede, Taloustieteen laitos  
Kandidaatintutkielma

Laatija:  
Sanni Laaksonen

Ohjaaja:  
VTM, FM Kristian Martiskainen

7.5.2026

Turku

Opiskelijan lausunto tekoölyn käytöstä tähän tutkielmaan liittyen:

**En ole käyttänyt tekoölyä hyödyntäviä työkaluja** tätä tutkielmaa kirjoittaessani.

**Olen käyttänyt tekoölyä hyödyntäviä työkaluja** tätä tutkielmaa kirjoittaessani. Tämä käyttö on dokumentoitu tutkielman liitteessä. Vakuutan, että tekoölyä käytettiin yliopiston ohjeistuksen mukaisella tavalla.

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Kandidaatintutkielma

**Oppiaine:** Taloustiede

**Tekijä:** Sanni Laaksonen

**Otsikko:** Hiilen hinnoittelu päästöjen vähentämiskeinona

**Ohjaaja:** VTM, FM Kristian Martiskainen

**Sivumäärä:** 38 sivua (+ liitteet 2 sivua)

**Päivämäärä:** 7.5.2026

## **Tiivistelmä**

Ilmastonmuutos on yksi aikamme merkittävimmistä yhteiskunnallisista haasteista. Taloustieteessä sitä tarkastellaan erityisesti päästöjen aiheuttamana negatiivisena ulkoisvaikutuksena. Koska markkinat eivät itsessään huomioi ilmastonmuutoksen aiheuttamia kustannuksia, päästöjen vähentäminen edellyttää julkisia ohjauskeinoja. Tämän kandidaatintutkielman taustatutkielman aiheena on hiilen hinnoittelu ilmastopolitiikan välineenä, erityisesti hiiliveron ja päästökaupan muodossa. Tutkielman tarkoituksena on selvittää, missä määrin hiilen hinnoittelu on ollut tehokas keino kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä ja kuinka hyvin se onnistuu sisäistämään päästöjen yhteiskunnalliset kustannukset osaksi taloudellista päätöksentekoa.

Tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena, jonka aineisto koostuu taloustieteellisestä teoriakirjallisuudesta sekä empiirisistä tutkimuksista hiilen hinnoittelun vaikutuksista globaalisti. Teoreettinen tarkastelu perustuu ulkoisvaikutusteoriaan ja julkishyödykkeiden taloustieteeseen, minkä lisäksi tuodaan esille ilmastonmuutoksen keskeisiä haasteita 2020-luvulla. Hiilen hinnoittelu nähdään taloustieteilijöiden keskuudessa parhaana keinona sisäistää päästöjen aiheuttamat kustannukset toimijoille, mutta sekä hiiliveroon että päästökauppaan liittyy haasteita. Oikea instrumenttivalinta ei siten ole yksiselitteinen. Tulokset osoittavat, että hiilen hinnoittelu on yhteydessä tilastollisesti merkitseviin päästövähennyksiin, mutta ne ovat kuitenkin usein maltillisia. Lisäksi ne eivät ole ohjanneet investointeja ja innovaatiota puhtaisiin teknologioihin vastoin teorian oletuksia, vaan tuet ovat avainasemassa teknologiasiirtymässä. Usein hiilen hinnat jäävät myös selvästi alle sen tason, joka vastaisi päästöjen todellisia yhteiskunnallisia kustannuksia.

Hiilen hinnoittelu nykyisessä kattavuudessaan ja institutionaalisessa ympäristössään ei riitä hillitsemään ilmastonmuutosta Pariisin sopimuksen tavoitteiden mukaisesti. Sillä on kuitenkin keskeinen rooli ilmastopolitiikassa, sillä se tekee päästöjen aiheuttamat kustannukset näkyviksi ja ohjaa taloudellista toimintaa kustannustehokkaampiin päästövähennyksiin. Tehokas ilmastopolitiikka edellyttää hiilen hinnoittelun yhdistämistä muihin ohjauskeinoihin, kuten sääntelyyn, teknologiatukiin ja kansainväliseen yhteistyöhön sekä koordinaatioon. Laajemmin tarkasteltuna pitää myös pohtia, miten ympäristön arvo ymmärretään ja huomioidaan taloudellisessa päätöksenteossa, jos ilmastonmuutoksen hillintä halutaan ottaa vakavasti.

**Avainsanat:** ulkoisvaikutus, julkishyödyke, hiilidioksidipäästöt, ilmastonmuutos, hiilen hinnoittelu, hiilivero, päästökauppa

# SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Ulkoisvaikutukset</b>	<b>7</b>
	2.1 Teoria	7
	2.2 Julkishyödykkeet	9
	2.3 Julkiset instituutiot	11
	2.4 Ilmastonmuutoksen haasteet 2020-luvulla	13
<b>3</b>	<b>Hiilen hinnoittelu</b>	<b>18</b>
	3.1 Verot ja tuet	18
	3.2 Päästökauppa	21
	3.3 Instrumentin valinta	28
<b>4</b>	<b>Hiilen hinnoittelu päästöjen vähentämiskeinona</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>Yhteenveto</b>	<b>33</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>35</b>
	<b>Liitteet</b>	<b>39</b>
	Liite 1 Selvitys tekoälyn käytöstä	39

# 1 Johdanto

Yle uutisoi helmikuussa 2026 tuoreesta tutkimuksesta, jonka mukaan ilmaston keikahduspisteet ovat yhä todennäköisempiä ja ilmastonmuutosta vaikeampi pysäyttää. Nykyisellä tahdilla ilmasto on lämpenemässä 3–4 astetta, mikä tutkijoiden mukaan tarkoittaisi yhteiskunnan ja maailmantalouden radikaalia muutosta (Yle 2026). Ilmaston lämpeneminen ja hiilidioksidipäästöjen osuus ilmiössä on tunnettu jo 1800-luvulta asti, mutta keskustelu ilmastonmuutoksesta yleistyi vasta 1990-luvulla IPCC:n perustamisen ja ensimmäisen raportin jälkeen (Favier 2025). Vaikka päästöt ovat siitä lähtien olleet merkittävässä osassa poliittista keskustelua, ilmaston lämpenemistä ei ole onnistuttu edes hidastamaan merkittävästi (NASA 2026). Uudet sopimukset ja keskustelu hiilineutraaliustavoitteista tai jatkuva uutisvirta maastopaloista, tulvista ja muista tuhoisista sään ääri-ilmiöistä eivät ole saaneet yhteiskuntia toimimaan määrätietoisesti rikkaan tulevaisuuden turvaamiseksi. Onkin syytä pohtia, mitkä todella olisivat tehokkaita keinoja ohjata ihmisten ja yritysten toimintaa kohti hiilineutraalisuutta ja -negatiivisuutta.

Tutkielmassa tarkastellaan ilmastonmuutosta taloustieteellisestä näkökulmasta negatiivisena ulkoisvaikutuksena. Tavoitteena on selvittää, kuinka tehokkaasti hiilen hinnoittelu onnistuu päästöjen vähentämisessä. Tutkielmassa pohditaan, miksi julkisen instituution toimia tarvitaan ilmastonmuutoksen hallinnassa ja mitkä ovat 2020-luvun keskeisimmät haasteet sen torjunnassa. Keskeisenä aiheena perehdytään hiiliveron ja päästökaupan toimintaan sekä teoreettisesti että empiirisesti, minkä lisäksi käsitellään instrumenttivalintaa. Lopuksi vastataan tutkimuskysymykseen, ovatko hiilen hinnoittelun instrumentit onnistuneet vähentämään päästöjä. Tutkielma toteutetaan kirjallisuuskatsauksena.

Ilmastonmuutos on itsessään negatiivinen ulkoisvaikutus. Ilmaston lämpenemisestä johtuvat luontokato ja sään ääri-ilmiöt vaikuttavat ympäri maailmaa ja jokaiseen ihmiseen riippumatta siitä, miten itse elää elämäänsä. Vaikutukset näkyvät erityisesti Suomessa, koska lämpötila nousee lähes neljä kertaa keskiarvoa nopeammin arktisilla alueilla (WWF 2026). Ilmastonmuutos on rakenteeltaan epäoikeudenmukainen, koska köyhät maat ja ihmiset kärsivät ilmastonmuutoksen vaikutuksista merkittävästi enemmän siitäkkin huolimatta, että rikkaat maat saastuttavat eniten. Tulevat sukupolvet joutuvat kantamaan vastuun vahingoista ja peruuttamattomista muutoksista ympäristölle, ellei tilanteeseen puututa määrätietoisesti ja nopeasti. (Stern 2006, 27, 33.)

Stern (2006, xvi) huomauttaa laajalti arvostetussa raportissaan, että ilman hillitseviä toimia ilmastonmuutos aiheuttaa suuria taloudellisia menetyksiä. Raportin mukaan edullisempi ratkaisu sekä

talouden että ympäristön kannalta olisi kääntää ilmaston lämpeneminen laskuun jo ennalta ja estää 2 asteen rajan ylittyminen esiteolliseen aikaan verrattuna, jonka jälkeen riskit kasvavat merkittävästi. Ilmastonmuutoksen suurin vauhdittaja on hiilidioksidipäästöt (OECD 2025), minkä takia juuri hiilen ohjauskeinot ovat vahva vaste ilmastonmuutokselle. Sternin (2006, 242, 369) mukaan yksi merkittävimmistä politiikan ohjauskeinoista onkin hiilen hinnoittelu, joka voidaan toteuttaa verojen tai markkinaratkaisun kautta. Hiilen hinnoittelukeinoihin kuuluu myös päästöhyvitysmekanismi (World Bank 2025, 18), mutta sen tarkastelu jätetään pois vapaaehtoisuuteen perustuvana instrumenttina. Taloudellisilla ohjauskeinoilla voidaan vaikuttaa merkittävästi ihmisten ja yritysten kannustimiin, koska taloudelliset näkökulmat ovat lähes aina päätöksenteon keskiössä.

Nyky-yhteiskunnassa taloudellista menestystä pidetään keskeisenä edistyksen ja onnistumisen mittarina. Tämä herättää pohtimaan, mitä seuraa, kun elinympäristömme – maapallo ja sen ekosysteemit, joille nykyiset järjestelmämme perustuvat – heikentyy tai tuhoutuu ratkaisevasti. Mitä tapahtuu, kun ympäristöllä, elämän edellytyksellä, ei ole taloudellista arvoa ennen sen tuhoamista? Yhdistyneiden Kansakuntien pääsihteeri António Guterresin sanoin – kun tuhoamme metsän tai ylikalastamme, kasvatamme bruttokansantuotetta. Se mittaa kaiken kustannuksia, mutta ei minkään arvoa (United Nations 2022; Guardian 2026).

## 2 Ulkoisvaikutukset

### 2.1 Teoria

Ulkoisvaikutuksilla tarkoitetaan tilanteita, joissa taloudellinen toiminta vaikuttaa kolmansiin osapuoliin ilman, että he ovat voineet vaikuttaa siihen. Ulkoisvaikutusten teorian juuret ulottuvat Marshalliin (1890), joka tunnisti tuotannon mittakaavaedut alan laajetessa (Sola ym. 2024, 2151). Näitä etuja voidaan nykyään kutsua positiivisiksi ulkoisvaikutuksiksi. Negatiivisia ulkoisvaikutuksia taas käsitteli ensimmäisenä Pigou (1920), joka tarkasteli päästöjä ja niiden aiheuttamia ympäristövahinkoja. Hänen teoksensa ilmestymisestä vierähti vielä puoli vuosisataa, ennen kuin keskustelu luonnonvarojen ehtymisestä ja ilmaston lämpenemisestä kiihtyi (Perman ym. 2003, 8). Teoria muodosti kuitenkin perustan ympäristö- ja hyvinvointitaloustieteelle, jotka ovat keskiössä ilmastomuutoksen pysäyttämisessä.

Ulkoisvaikutus voi olla positiivinen tai negatiivinen, eli lisätä tai heikentää yhteiskunnallisen toimijan hyötyä, ja aiheutua joko tuotannosta tai kulutuksesta (Cornes & Sandler 1996, 9, 74). Meaden (1973) klassisen määritelmän mukaan ulkoisvaikutus syntyy, kun toiminta aiheuttaa tahattomasti hyötyä tai haittaa henkilöille, jotka eivät ole voineet vaikuttaa niihin johtaviin päätöksiin (Cornes & Sandler 1996, 39). Määritelmä on laajasti hyväksytty, mutta näkemyserojakin on. Baumol ja Oates (1988, 17–18) lisäävät, että vaikutuksen aiheuttaja ei saa korvausta tai joudu vastuuseen aiheuttamastaan hyödystä tai haitasta. He kuitenkin kommentoivat, että Meaden mukainen määritelmä on itse ulkoisvaikutuksille riittävä, koska korvaukset harvoin poistavat vaikutuksia kokonaan. Arrow (1969) taas näkee ulkoisvaikutukset markkinahäiriöinä – kaikkia taloudellisen toiminnan vaikutuksia ei hinnoitella hyödykkeisiin markkinoiden puutteen vuoksi. Cornes ja Sandler (1996, 39) huomauttavatkin, että Meaden määritelmä ei aseta taloudellista toimintakehystä, mikä voi vaikeuttaa esimerkiksi markkinavaikutusten, kuten hinnanmuutosten, tulkintaa.

Ulkoisvaikutuksilla nähdään olevan erilaisia syntymekanismia. Cornes ja Sandler (1996, 40–41) esittävät yhtenä syynä markkinoiden puutteen Arrowin (1969) määritelmää seuraten. Jos ulkoisvaikutukset nähdään kilpailullisen tasapainon teoriassa hyödykkeiden tavoin, ensimmäinen hyvinvointiteoreema pätee – kun jokaiselle hyödykkeelle on olemassa markkinat, kilpailullinen tasapaino on Pareto-tehokas. Tämä pätee silloinkin, kun yhden toimijan kulutus vaikuttaa toisen hyötyyn. Teorian mukaan se tarkoittaisi, että keskinäisriippuvuudesta huolimatta ulkoisvaikutuksia ei olisi, jos riittävän kattavat markkinat niille olisivat olemassa. Cornes ja Sandler (1996, 41–42) esittävät markkinoiden puutteelle useita syitä. He huomauttavat, että ensinnäkin hyödykkeen

omistusoikeudet tulee olla määriteltävissä ja valvottavissa kohtuullisin kustannuksin, kuten myös markkinoiden ylläpito. Haasteita aiheuttavat heidän mukaansa myös epäsymmetrinen informaatio ja todellinen ostajien ja myyjien määrä, joka voi olla liian pieni markkinoiden syntymiselle. Ulkoisvaikutusteorian uranuurtaja Pigou (1920) ajatteli myös, että markkinoiden epäonnistuminen tai niiden puute johtaa sosiaalisen ja yksityisen marginaalikustannuksen eroihin, eli positiivisiin tai negatiivisiin ulkoisvaikutuksiin.

Baumol ja Oates (1988, 15) huomauttavat, että tehokkaat markkinat eivät sovi kuvaamaan ratkaisua täydellisesti. Normaalien hyödykkeiden kohdalla hinta on symmetrinen – tuottajan saama ja kuluttajan maksama hinta ovat samat. Ulkoisvaikutuksen kulutus on aina ilmaista riippumatta siitä, onko se positiivinen vai negatiivinen, eikä sen tuottaja maksa tai saa korvausta vaikutuksesta. Toisaalta tehokas ratkaisu vaatii, että aiheuttaja vastaa ulkoisvaikutuksesta maksamalla tai saamalla korvauksen siitä. Tämän takia täydelliset markkinat eivät ota huomioon ulkoisvaikutuksia, mutta esimerkiksi vero tai tuki voisi täyttää tehokkuusvaatimuksen. (Baumol & Oates 1988, 15.)

Cornes ja Sandler (1996, 42) kommentoivat kuitenkin, että kilpailullisen tasapainon teoria olettaa, että hyödykkeiden omistus on määritelty alkuallokaation kautta. Coase (1960) näkikin ulkoisvaikutusten syntyvän omistusoikeuksien määrittelemättömyydestä ja korkeista neuvottelukustannuksista, jotka estävät markkinoiden syntymisen. Hän korosti julkisten instituutioiden roolia oikeuksien määrittelyssä sen sijaan, että ensisijaisena vaihtoehtona nähtäisiin verot. Kun resurssin omistaja ja tämän oikeudet olisi määritelty, neuvottelu osapuolien välillä mahdollistuu, kustannukset laskevat ja tehokas markkinaratkaisu voidaan löytää. Todellisuudessa tilanne on kuitenkin haastava. Coase painotti teoriassaan neuvottelukustannusten olemattomuutta, joka ei reaali maailmassa toteudu. Osapuolia on usein monia ja niiden neuvotteluvoima vaihtelee sekä informaatio on epäsuoraa ja sen hankinta kallista. Omistusoikeuksien määrittely voi kuitenkin toimia politiikan välineenä, sillä joissain tilanteissa se on tehokkaampi keino kuin ulkoisvaikutusten minimoiminen veroin (Baumol & Oates 1988, 28).

Ydinajatus ulkoisvaikutusten hallinnassa on, että niiden kustannukset pitäisi sisäistää, jotta yksityiset toimijat ottavat ne valinnoissaan huomioon. Ulkoisvaikutuksen hinta, kuten vero tai tuki, tulisi asettaa optimaaliseksi päästöjen aiheuttajalle, jotta se on tehokas ja sillä on haluttu vaikutus (Baumol & Oates, 22). Sisäistäminen kohdistaisi kustannukset niille toimijoille, jotka ovat ympäristöhaittojen aiheuttajia ja tasaisi näin sosiaalisen ja yksityisen rajakustannuksen eron (Cornes & Sandler 1996, 74–75). Tätä kautta markkinatoimijoiden päätökset ottaisivat huomioon hiilidioksidipäästöjen todelliset yhteiskunnalliset vaikutukset, jolloin teoriassa ulkoisvaikutukset poistuisivat.

## 2.2 Julkishyödykkeet

Ilmastonmuutoksen tarkastelussa erityisen tärkeää on huomioida luonnon resurssien ominaisuudet, jotka poikkeavat tavallisista hyödykkeistä merkittävällä tavalla. Suuri osa resursseista on julkishyödykkeitä. Cornes ja Sandler (1996, 6) nimittävätkin julkishyödykkeitä ulkoisvaikutusten erityistapaukseksi. Julkishyödykkeet synnyttävät usein positiivisia ulkoisvaikutuksia, mutta avoin saatavuus heikentää merkittävästi niiden tehokasta tuottamista. Koska omistusoikeuksia ei ole selkeästi määritelty, hyödykkeiden käyttöä on vaikea rajoittaa. Kulutus on yleensä vapaata, mikä ei kannusta yrityksiä tuottamaan tätä resurssia riittävästi. Julkishyödykkeisiin liittyy myös muita ongelmia, joiden seurauksena niitä sekä alituetetaan että ylikulutetaan. Jos julkishyödykkeitä tuotettaisiin tarpeeksi ja niitä käytettäisiin niiden kantokyvyn rajoissa, kokonaisyhyvinvointi kasvaisi entisestään positiivisten ulkoisvaikutusten ansiosta.

Julkishyödykkeitä tarkastellaan taloustieteessä niiden kilpailullisuuden ja poissuljettavuuden kehyksessä. Hyödyke on ei-kilpailullinen, kun yhden henkilön kulutus ei vähennä muiden mahdollisuutta käyttää sitä tai laske hyödykkeen laatua merkittävästi muilta. Poissuljettavuus puolestaan tarkoittaa sitä, voiko hyödykettä rajoittaa pois valituilta henkilöiltä tai ryhmiltä. Puhtaaksi julkishyödykkeeksi kutsutaan samaan aikaan ei-kilpailullista ja ei-poissuljettavaa resurssia, esimerkiksi puhdas ilma tai kansallinen puolustus. Julkishyödyke voi olla myös epäpuhdas, jolloin ehdot toteutuvat vain osittain, kuten internet, jossa yhden kulutus ei vähennä toisen mahdollisuutta käyttää sitä, mutta se on osin poissuljettava hinnan kautta. Näitä hyödykkeitä, jotka ovat ei-kilpailullisia mutta poissuljettavia, kutsutaan klubihyödykkeiksi. Yksityishyödyke taas on aina kilpailullinen ja poissuljettava. (Cornes & Sandler 1996, 8–9.)

Julkishyödykkeitä ja niiden ulkoisvaikutuksia voidaan arvioida myös muilla akseleilla. Yksi näkökulma on julkishyödykkeen maantieteellinen laajuus – paikallinen tai globaali (Cornes & Sandler 1996, 32–33). Esimerkiksi Aurajokiranta on paikallinen ja ei-poissuljettava, mutta ruuhkautuessaan kilpailullinen julkishyödyke. Kaul ym. (1999, 12) huomauttavat, että paikallinen voi tarkoittaa myös tiettyä kansallista tai alueellista julkishyödykettä, kuten Itämeren. Globaaleja julkishyödykkeitä ovat esimerkiksi tutkimustieto ja ilmasto, jotka ovat ei-kilpailullisia ja ei-poissuljettavia. Kaul ym. (1999, 12–13) sisällyttävät globaalin julkishyödykkeen määritelmään myös aikadimension. Aika-akseli onkin etenkin ilmastonmuutoksen kohdalla merkittävä mittari, sillä ulkoisvaikutukset ulottuvat sekä nykyhetkeen että tulevaisuuteen (Cornes & Sandler 1996, 281; Kaul ym. 1999, 12). Esimerkiksi ilmastonmuutoksen aiheuttamat vahingot kertyvät vasta tuleville sukupolville, mikä ei kannusta ihmisiä ennaltaehkäisemään vahinkoja tässä hetkessä. Myös päästöjä

vähentävien toimien ansiot näkyvät vasta tulevaisuudessa, joka nähdään vähemmän arvokkaana verrattuna nykyhetkeen (Stern 2006, 47, 50–51). Varsinkin sukupolvien väliset ilmastonmuutoksen vaikutukset voivat olla sekä odotettua että haluttua suuremmat, koska vaikutukset ulottuvat pitkälle tulevaisuuteen, mikä lisää epävarmuutta, eikä tulevilla sukupolvilla ole mahdollisuutta neuvotella resurssin kuluttajien kanssa (Cornes & Sandler 1996, 467).

Kun julkishyödykkeen kulutus tai tuotanto aiheuttaa ulkoisvaikutuksia poliittisen alueen ulkopuolella, niitä kutsutaan heijastevaikutuksiksi (Cornes & Sandler 1997, 33). Heijastevaikutukset ovat eräänlainen ulkoisvaikutus, jonka ei nähdä johtuvan markkinahäiriöistä (Kaul ym. 1999, 6), eikä siten välttämättä vaadi toimia niiden ehkäisemiseksi tai tuoton kannustamiseksi. Esimerkiksi toimet Itämeren vedenlaadun parantamiseksi Suomessa aiheuttavat positiivisia heijastevaikutuksia myös esimerkiksi Ruotsiin, Viroon ja Puolaan. Tämän takia julkishyödykkeet ja ulkoisvaikutukset luovat erilaisia ongelmia. Näistä yksi on vapaamatkustusongelma, joka syntyy, kun julkista resurssia kuluttavalla ja siitä hyötyvällä toimijalla ei ole taloudellista kannustinta osallistua sen tuottamiseen, koska se ei saa kaikkia hyötyjä itselleen. Tämä johtaa usein tehottomaan lopputulokseen, koska resurssia ylikulutetaan ja alituotetaan. (Hardin 1968, 1244; Cornes & Sandler 1996, 159.)

Buchholz ja Sandler (2021, 493) tarkentavatkin, että monet julkishyödykkeet ovat alttiita alitarjonnalle, koska ne eivät ole poissuljettavia, mikä estää hinnoittelun ja vastaavasti kannustaa vapaamatkustajuuteen. Alituotanto-ongelma liittyy läheisesti etenkin puhtaisiin julkishyödykkeisiin. Avoin saatavuus ei kannusta toimijoita ylläpitämään resurssia, mikä johtaa sen riittämättömyyteen, laadun tai määrän laskuun. Vastaavasti taloudellisten toimijoiden lyhytnäköisyys oman hyötynsä maksimoimisessa johtaa yhteisresurssien ylikulutukseen, mistä käytetään nimeä ”yhteismaan ongelma.” (Hardin 1968, 1244.) Itämeren tapauksessa sitä ympäröivillä mailla on vahva motiivi vapaamatkustukseen, koska muiden maiden panostukset vedenlaadun parantamiseksi hyödyttävät kaikkia ilman jokaiselle koituvia kustannuksia. Tämä johtaa vedenlaadun laskemiseen, koska jokainen maa vähentää toimiaan omien kustannusten laskemiseksi. Kannustimet pitkäjänteiseen yhteistyöhön vähenevät, kun kukaan osapuolista ei halua kantaa suurempaa osaa kustannuksista kuin toinen oman etunsa maksimoimiseksi. Niin kutsuttu vangin dilemma (engl. Prisoner’s dilemma) pätee myös ilmastonmuutoskysymyksessä – päästäisiin parempaan lopputulokseen, jos osapuolet tekisivät yhteistyötä sen sijaan, että maksimoisivat pelkästään omaa etuaan tiedon puutteen valossa (Cornes & Sandler 1996, 19; Kaul ym. 1999, 7–8).

Ulkoisvaikutuksia on vaikea kontrolloida erityisesti tilanteissa, joissa instituutionaaliset rajat ylitetään, minkä vuoksi ympäristöongelmien ratkaisut eivät ole yksinkertaisia (Baumol & Oates 1988,

287). Markkinaratkaisu ei ole mahdollinen puhtaissa ja globaaleissa julkishyödykkeissä, eikä myöskään pelkkä valtion sisäinen sääntely toimi. Sen lisäksi neuvottelun osapuolien erilaiset sääntelykyvyt ja poliittiset intressit voivat johtaa toimien tehottomuuteen, kun päätöksenteko hidastuu, eikä päästä ulkoisvaikutuksien hallinnassa optimaaliseen ratkaisuun. Lisäksi valtioidenvälisen toimien rahoitus on usein puutteellista juuri vapaamatkustusongelman takia.

### 2.3 Julkiset instituutiot

Merkittävä osa haasteista ilmenee ulkoisvaikutuksiin puuttumisessa, sillä julkisen instituution rooli ratkaisussa korostuu markkinoiden sijaan. Perinteisesti ekonomistit ovat ajatelleet, että jos markkinat toimivat tehokkaasti ja täydellisen kilpailun vallitessa, saavutetaan Pareto-optimaalinen ja tehokkain ensimmäisen parhaan vaihtoehto (engl. First-best). Markkinoiden sääntely laskisi siten kokonaishyvintä. Julkisen sektorin puuttumista markkinoihin pidetään perusteltuna vain silloin, kun markkinat epäonnistuvat esimerkiksi ulkoisvaikutusten tai julkishyödykkeiden vuoksi, jossa sen rooli on poistaa tai lieventää yksittäisiä markkinapuutteita (Stiglitz & Rosengard 2015, 10). Second-best-teorian mukaan näiden korjaaminen ei kuitenkaan välttämättä paranna hyvinvointia ja voi päinvastoin jopa laskea sitä entisestään. Optimaalinen ratkaisu voisi näin ollen vaatia vääristymien säilyttämistä tai jopa uusien luomista. (Lipsey & Lancaster 1956, 11.)

Julkisen sektorin rooli hyvinvoinnin maksimoinnissa ulottuu kuitenkin paljon markkinoiden ulkopuolelle. Sen tehtävänä on myös muun muassa määritellä ja turvata oikeudet, huolehtia oikeudenmukaisuuden ja tasa-arvon toteutumisesta, ylläpitää yhteiskunnallista järjestystä sääntelyn ja valvonnan avulla sekä tuottaa joitakin julkishyödykkeitä, kuten kansallinen puolustus tai terveydenhuolto (Stiglitz & Rosenberg 2015, 29). Schläpfer ja Vatn (2023, 5) huomauttavatkin, että ulkoisvaikutuksiin puuttuminen vaatii väistämättä poliittisia, arvopohjaisia päätöksiä kustannusten ja vastuun kohdentamisesta, mikä liittyy olennaisesti oikeudenmukaisuuteen eikä pelkästään rahallisen hyödyn maksimointiin. Ympäristöongelmat ovat moniulotteisia ja kytkeytyvät sosiaalisiin sekä poliittisiin ulottuvuuksiin. Sen takia myöskään niiden korjaaminen ei voi rajoittua vain markkinoihin ja taloudelliseen näkökulmaan tai yksittäisen toimijan hyödyn maksimointiin, missä julkista instituutiota tarvitaan. (Sola ym. 2024, 2157.)

Verotusoikeus mahdollistaa ulkoisvaikutusten sisäistämisen siirtämällä niiden aiheuttamat kustannukset toimijoiden hyötyfunktioihin. Koska saastuttaminen kallistuu, se luo toimijoille kannustimen vähentää päästöjä. Lisäksi veroista saadut tulot voidaan jakaa uudelleen tukien muodossa tai sijoittaa muualle hyvinvointieroja tasaamaan, mikä kuvaa niin sanottua kaksinkertaisen hyödyn ilmiötä (engl. Double dividend). (Cornes & Sandler 1996, 72; Stern 2006, 363.) Tämä edistää

tasapuolisuutta ja tukee instituution oikeudenmukaisuustavoitteita. Koska saastuttamisen hinta kallistuu, se johtaa teoriassa päästöjen vähenemiseen ja kannustaa esimerkiksi ympäristöystävällisemmän teknologian innovaatioihin ja investointeihin, jolloin negatiiviset ulkoisvaikutukset vähenevät. Toisaalta optimaalisia veroja on todellisuudessa mahdoton määrittää, koska Pigou-verot vaativat muun muassa marginaalihaitan tuntemista tasapainopisteessä ja osapuolien hyötyfunktiot, mikä ei ole mahdollista. (Baumol & Oates 1988, 8; Cornes & Sandler 1996, 73.)

Julkishyödykkeiden, kuten ympäristön, kohdalla omistusoikeudet voivat olla määrittelemättömät ja epäselvät, joita instituutio voi selventää lakien ja säädösten avulla. Koska neuvottelu monien osapuolien välillä on kallista ja aikaa vievää, Coasen (1960) ratkaisu ei käytännössä toimi. Julkinen taho voi myös osallistua alituotetun palvelun tuottamiseen, sillä se ottaa huomioon sekä kustannustehokkuuden että kokonaisyhyvinvoinnin muutoksen instituution rajojen sisällä, toisin kuin yksityiset toimijat, jotka maksimoivat vain omaa hyötyään. Julkisella instituutiolla on myös mahdollisuus asettaa määräkiintiö haitalliselle ulkoisvaikutukselle, kuten päästöille, mikäli esimerkiksi verotus on arvioitu tilanteeseen sopimattomaksi (Baumol & Oates 1988, 57).

Vaikka julkisella instituutiolla on merkittävä rooli ulkoisvaikutusten ja julkishyödykkeiden ongelman ratkaisussa, siihen liittyy myös haittoja ja haasteita. Derwort ym. (2019, 286) jakavat julkisten instituutioiden epäonnistumisen syyt aikaisemman tutkimuksen pohjalta yksilötasolle (mikro), instituutionaaliseksi (meso) ja yhteiskunnalliselle (makro) tasolle. Yksilötason syyt koskevat instituutioiden päätöksentekijöitä, kuten poliitikkoja, jotka voivat tiedostaen tavoitella yhteisen edun sijasta omaansa esimerkiksi korruption tai oman uran edistämisen muodossa. Tiedostamattomia syitä, jotka johtavat toimien epäonnistumiseen, ovat muun muassa osaamisvajaukset ja kognitiiviset rajoitteet tai omien taitojen yliarviointi ja virhearviot (Derwort ym. 2019, 287). Ihmissinä toimintaamme ohjaavat aina myös tunteet ja mielipiteet, vaikka ajattelisimme toimivamme objektiivisesti. Derwort ym. (2019, 287) lisäävät, että päättäjät ovat usein lyhytnäköisiä, keskittyen oman vaalikautensa onnistumiseen vain tietyillä mittareilla arvioituna ja arvottamalla tulevaisuuden tulemia nykyisyyttä vähemmän, kuten teoriassa.

Instituutionaalaisella tasolla toiminta on usein tehotonta. Se koostuu monista tekijöistä, joista tyypillinen ongelma on kannustimien puute. Koska julkinen sektori ei pyri voiton maksimointiin, resurssien käyttö on tehottomampaa ja niiden määrä ja kohdentuminen voi olla puutteellista. Lisäksi koordinaatio ja organisaatioiden välinen yhteistyö on heikkoa, mikä vaikeuttaa kokonaisvaltaista ja johdonmukaista toimeenpanoa. (Derwort ym. 2019, 287.) Vaikka ideaalitalanteessa julkisella

toimijalla olisi kattava ja ajantasainen tieto päätöksenteossa, käytännössä informaatio on usein puutteellista, epäsuoraa ja sen hankkiminen on kallista tai jopa mahdotonta (Hayek 1945, 519–520). Yksityisillä toimijoilla on monissa tilanteissa parempi tieto omista kannustimistaan ja toimintaympäristöstään (Derwort ym. 2019, 287), mikä voi mahdollistaa strategisen käyttäytymisen ja heikentää julkisen instituution toimien tehokkuutta. Jäykkyyttä vahvistavat myös pitkät päätöksentekoprosessit, joissa eriävät mielipiteet hidastavat uudistumista (Derwort ym. 2019, 287). Informaatio- ja koordinoitongelmat haastavat tilannetta, kun toimintatapoja ei muuteta, vaikka niiden tehostumuksesta tiedettäisiin. Lisäksi instituution toimeenpanot voivat olla vinoutuneita eri intressiryhmien, kuten poliittisten puolueiden, vaikutusvallan takia, jolloin päätöksenteko ei välttämättä perustu optimaalisiin ekologisiin tai taloudellisiin tavoitteisiin, jos niitä on edes mahdollista selvittää.

Yhteiskunnallisella tasolla instituution tehostumusta selittävät erityisesti ulkopuolelta tulevat paineet. Yksityinen sektori ja kansalaiset voivat hidastaa tai estää päätösten toimeenpanon, jos ne eivät ole linjassa heidän arvojensa kanssa (Derwort ym. 2019, 288). Tilanteen tekee haastavammaksi ihmisten lyhytnäköisyys ja oman edun tavoittelu, kun he voivat vastustaa päätöksiä, joiden pitkän aikavälin hyödyt ovat suuria, mutta joiden lyhyen aikavälin kustannukset kohdistuvat heihin. Poliittiset toimet eivät siten välttämättä heijasta yhteiskunnan kokonaisuutta, vaan tiettyjen yksityisten toimijoiden neuvotteluvoimaa ja sen hetkisiä preferenssejä. Derwort ym. (2019, 288) lisäävät myös, että makrotasolta tulevat kaikki eksogeeniset shokit, kuten luonnonkatastrofit ja taloudelliset kriisit, joiden vaikutukset leviävät koko maailmaan. Julkisen instituution tulisi vastata näihin kriiseihin mahdollisimman tehokkaasti minimoidakseen negatiiviset seuraukset, mikä vaatii ketteryyttä ja koordinoitukykyä. Kriisit voivat toisaalta tarjota myös mahdollisuuden uudistumiseen pakon edessä, mikä muuttaa tulevaisuuden toimintaa tehokkaammaksi (Derwort ym. 2019, 288).

## **2.4 Ilmastonmuutoksen haasteet 2020-luvulla**

Ilmastonmuutos on erityisen selkeä esimerkki päästöjen negatiivisesta ulkoisvaikutuksesta. Sen aiheuttamat vahingot vaikuttavat globaalisti jokaiseen ihmiseen riippumatta siitä, missä saastutetaan. Pahimmat vaikutukset näkyvät vasta tulevaisuudessa, joista kärsivät eniten ihmiset, jotka ovat saastuttaneet vähiten. Ilmastonmuutoksen vaikutukset voimistuvat sitä mukaa, kun maapallon keskilämpötila nousee. Riski suuriin, äkillisiin ja peruuttamattomiin ympäristön muutoksiin kasvaa ja epävarmuus lisääntyy. Siksi ilmastonmuutos on yksi merkittävimmistä aikamme haasteista – se on samanaikaisesti globaali ja pitkäkestoinen, rakenteeltaan epätasa-arvoinen ja altistaa jokaisen

ihmisen ja eliön sille riskille, että tulevaisuuden elämä ei näytä sellaiselta kuin tiedämme sen nyt. (Stern 2006.)

Ilmastonmuutosta koskevassa markkinahäiriökeskustelussa huomio kohdistuu usein aiheutuviin vahinkoihin ja rajoittuu päästölähteisiin sekä niiden kontrollointiin. Stern ym. (2022, 32–33) kuitenkin korostavat, että on paljon muutakin, mitä markkinat eivät ota huomioon, mutta jotka ovat tärkeitä tekijöitä ilmastonmuutoksen ratkaisussa. Tulisi huomioida, että pääomaa ei ohjaudu riittävästi uuden ympäristöystävällisemmän teknologian tutkimus- ja kehitystoimintaan, koska heijastevaikutusten takia niihin investoivat yritykset eivät saa kaikkia hyötyjä itselleen. Tämä kannustaa vapaamatkustamiseen, jossa yritykset vähentävät investointejaan oman hyötynsä maksimoimiseksi, joten uusia teknologioita alituetetaan. Pääomamarkkinat eivät toistaiseksi hinnoitele hiiltä ja ilmastonmuutoksen riskejä oikein. (Stern ym. 2022, 32–33.) Muun muassa sen takia vihreiden investointien rahoitus on puutteellista, minkä takia monet vähäpäästöiset teknologiat jäävät toteutumatta, vaikka pitkällä aikavälillä ne olisivat rahoitusyhtiöidenkin näkökulmasta kannattavia. Stern ym. (2022, 36) varoittavatkin, että hiilen väärä hinnoittelu nyt voi jo 2020-luvulla johtaa tilanteeseen, jossa fossiili-intensiivisten omaisuuksien arvo romahtaa, kun markkinat hinnoittelevatkin hiilen todellisten riskien mukaan.

Ympäristön arvottaminen on keskeinen osa sen huomioimisessa päätöksenteossa. Ilman rahassa laskettua arvoa sitä ei nyky-yhteiskunnassa otettaisi oikein, jos ollenkaan, huomioon. Permanin ym. (2003, 402) mukaan ympäristön arvo muodostuu käyttöarvon ja olemassaoloarvon kautta. Ihminen tai eläin voi saada luonnon kuluttamisesta hyötyä, konkreettisesti rahana tai henkisenä hyvinvointina, ja esimerkiksi vain lajin olemassaolosta nyt tai tulevaisuudessa. Koska ilmastonmuutos voi aiheuttaa peruuttamattomia ja ennakoimattomia muutoksia, pelkkä kustannus-hyöty-ajattelu ei riitä, sillä tulevaisuuden kustannukset voivat olla moninkertaiset epävarmuutta unohtamatta. Arvottamiseen liittyy paljon eettisiä kiistoja ja eriäviä mielipiteitä, mutta se on välttämätöntä myös ilmastotoimien suunnittelussa ja tehokkaassa toteuttamisessa (Perman ym. 2003, 399). Tulisi kuitenkin kysyä, voiko elämän perusedellytyksellä olla rahassa mitattavaa arvoa?

Stern ym. (2022, 3) korostavat, että ympäristön ja ilmaston taloudellisessa arvioinnissa käytettävät integroidut arviointimallit (engl. Integrated Assessment Models, IAM's) ovat systemaattisesti vinoutuneita. Ne olettavat ilmastonmuutoksen aiheuttamat vahingot lineaarisiksi ja tasaisesti kasvaviksi lämpötilan noustessa, vaikka todellisuudessa vaikutukset ovat epälineaarisia ja sisältävät paljon epävarmuutta. Mallit eivät pysty kuvaamaan uskottavasti esimerkiksi kynnysarvoja, ympäristön keikahduspisteitä tai ekologisten järjestelmien romahduksia. Sen seurauksena mallit

esittävät taloudellisesti optimaalisena lämpötilan nousuna 3–4 astetta, mitä pidetään erittäin vaarallisena. (Stern ym. 2022, 48–49.) Stern ym. (2022, 23) korostavatkin riskienhallintaa optimoinnin sijaan etenkin, kun ilmastonmuutoksen tapauksessa epävarmuus ja riskit ovat suuria. Kansainvälisen yhteisön hyväksymä lämpötilan nousun rajoittaminen 1,5 asteeseen perustuukin moraaliseen ja käytännölliseen harkintaan riskit huomioiden, eikä integroitujen arviointimallien antamiin keskimääräisiin arvoihin, mitkä eivät huomioi ääriarvoja (Stern ym. 2022, 51).

Integroidut arviointimallit ovat virheellisiä muiltakin ominaisuuksiltaan. Ne tyypillisesti olettavat, että markkinat toimivat tehokkaasti lukuun ottamatta yhtä päästövaikutusta. Todellisuudessa markkinat epäonnistuvat monilla muilla relevanteilla tavoilla, kuten innovaatioiden heijastevaikutuksien, rahoituksen puutteen ja epätäydellisen informaation kautta. (Stern ym. 2022, 7–8.) Teknologian kehitys oletetaan hitaana ja ulkoisena, vaikka esimerkiksi uusiutuvan energian nopea määrän kasvu Pariisin sopimuksen jälkeen ja niiden kustannusten lasku osoittaa, että poliittiset säädökset voivat kiihdyttää muutosta voimakkaasti (Stern ym. 2022, 9; Dogan & Li 2025, 425). Tulosta vääristävät myös mallien riippuvuus yksittäisistä parametriarvoista, joiden pieni heilahdus voi aiheuttaa suuren muutoksen lopullisessa arvossa. Arviointimallien vinoumat johtavat riskien aliarviointiin ja liian heikkoihin, hitaisiin ja vähäisiin politiikkasuosituksiin. (Stern ym. 2022, 7, 29.)

Ajan diskonttaus on taloustieteessä, myös integroiduissa arviointimalleissa, tyypillistä. Se tarkoittaa, että tulevaisuus on niiden näkökulmasta vähemmän arvokasta nykyhetkeen verrattuna. Stern (2006, 25, 37) huomauttaa, että ilmastonmuutos on luonteeltaan pitkäikäinen, jonka suurimmat vahingot vasta tulevat sukupolvet joutuvat kantamaan, mutta arviointimalleissa käytetään korkeita diskonttokorkoja, mikä arvottaa tulevaisuuden elämän merkittävästi matalammalle. Hän lisää, että diskonttaus toimii marginaalisia muutoksia arvioidessa, mutta ei merkittävää epävarmuutta ja suuria vahinkoja aiheuttavan ilmiön kohdalla. Stern ym. (2022, 24–25) pitävätkin sitä moraalisesti kestämättömänä. Diskonttaaminen vaikuttaa satojen miljoonien ihmisten elämään, ekosysteemin pysyvyyteen ja aiheuttaa peruuttamattomia vahinkoja tulevaisuudessa. Sen lisäksi ilmastonmuutos on luonteeltaan epätasa-arvoinen nyky-yhteiskunnallemme tyypillisesti. Alueelliset erot ovat merkittäviä, mikä käytännössä tarkoittaa, että köyhät kärsivät enemmän ja ovat vähemmän suojattuja siitäkin huolimatta, että rikkaat maat ja ihmiset saastuttavat eniten. (Stern 2006, 33; Stern ym. 2022, 41.) Kun arviointimallit keskittyvät keskiarvoiseen laskemiseen, oikeudenmukaisuuskysymys sivuutetaan kokonaan. Tämä johtaa vääristyneisiin politiikkatoimiin (Stern ym. 2022, 7), mikä laskee niiden tehokkuutta. Sen lisäksi tasa-arvokysymykset pysyvät valtavirralla piilossa, mikä palvelee tiettyjen intressiryhmien, kuten rikkaiden maiden ja suurten saastuttajien, etua. IPBES (2022, xvi) huomauttaakin, että ympäristön arvottamiseen käytetyt mallit painottavat eri asioita eri tavalla, mutta

erityisesti alkuperäiskansojen ja kansallisyhteisöjen näkökulma vaatii erityishuomiota. Eroavaisuuksien takia arviointimalleja tulisi käyttää monipuolisesti ja huomioida paikalliset ominaisuudet (IPBES 2022, xvi).

Keskeinen ongelma ilmastonmuutoksen torjunnassa 2020-luvulla ovat politiikka- ja toimeenpanokuilut. Poliittikkakuilut kuvaavat toimien ja tavoitteiden välistä eroa ja toimeenpanokuilut taas lakien ja todellisten toimien väliä johtuen tehottomasta täytäntöönpanosta. Vaikka ilmastokysymykset otetaan päätöksenteossa enenevässä määrin huomioon, niiden toimeenpano ei vastaa asetettuja tavoitteita. (IPCC 2022, 69; Fransen ym. 2023, 752–753.) Esimerkiksi Pariisin sopimuksessa asetettu raja lämpenemiselle ei ole toteutumassa nykyisillä toimilla, mitä hankaloittaa vapaaehtoisuuteen perustuva mekanismi ja sanktioiden puute (Dogan & Li 2025, 427). IPBES (2022, xvi) raportoi myös, että julkaistuista arviointimalleista vain 5 % on huomioitu päätöksenteossa. Lisäksi koordinoitua haasteita ja yhteistyön puute kansainvälisellä, kansallisella, alueellisella ja paikallisella tasolla syventävät toimeenpanokuilua entisestään, mitkä ovat kuitenkin välttämättömiä tehokkaissa ilmastotoimissa (Dogan & Li 2025, 430).

Ilmastonmuutoskysymyksen juuret ulottuvat pohjimmiltaan nyky-yhteiskunnan järjestelmiä syvemmälle. Plumwood (1993, 121, 202) huomauttaa, että länsimainen dualismi erottaa ihmisen jyrkästi luonnosta ja oikeuttaa näkemään sen pelkästään ihmisen tarpeiden täyttäjänä. Hän pitää ekologisen kriisin yhtenä taustatekijänä juuri tätä ajatusmaailmaa. Tämän dualistisen ajattelutavan pani alulle Descartes (François 2013, 205), jonka jälkeen on unohdettu, että se ei ole neutraali näkökulma vaan kulttuurin tuote. Ihmiset ovat kuitenkin osa luontoa siinä missä muutkin eläimet ja eliöt, ja elävät jatkuvassa vuorovaikutuksessa sen kanssa. Ympäristö ei ole vain metsää ja merta, vaan myös kaupunkien mikrobiologisia systeemejä, maaperää, ilmakehää ja materiaalisia prosesseja, jotka ovat kaiken ihmiselämänkin perusta. Kaikki elämä ja tavara juontavat juurensa ympäristöön ja sen monimutkaisiin prosesseihin, vaikka tätä ei markkinapainotteisessa päätöksenteossa otetakaan huomioon (IPBES 2022, xiv–xv). Kun ihminen ymmärtää itsensä muusta luonnosta erilliseksi ja sitä ylemmäksi toimijaksi ilman vastuuta teoistaan, syntyy kestävästi elämän edellytysten kanssa.

Nyky-yhteiskunnassa määrällinen, matemaattinen ja mitattava tieto mielletään usein neutraaliksi ja objektiiviseksi, kun taas subjektiivinen kokemus sekä moraaliset ja eettiset perustelut sivuutetaan helposti vähemmän luotettavina tai vähemmän merkityksellisinä. IPBES (2022, xxii) kuitenkin osoittaa, että luonnon taloudellinen arvottaminen kattaa vain kapean osan tasoista, joilla ihmiset kokevat ja arvostavat luontoa, jättäen huomiotta sen keskeiset ekologiset ja eettiset ulottuvuudet.

Poliittiset päätökset painottavat kvantitatiivisia mittareita, minkä takia myös ekologiset ongelmat, prosessit ja niiden arvo on muutettava mittareiksi, rahallisiksi tuloiksi ja menoiksi. Suurin osa luonnon merkityksestä menetetään, kun esimerkiksi lajien monimuotoisuus ja niiden välinen riippuvuus sivuutetaan. Tämän takia ympäristön arvo kutistuu siihen, mikä voidaan laskea rahassa ja mikä voidaan teollisesti jalostaa hyödykkeiksi. Se on yksi ilmastonmuutoskriisin juurisyistä – kapeat ympäristöarvot ja rajalliset arvonn mittarit vääristävät näkökulmaa sekä itse ongelmaan että sen ratkaisuihin (IPBES 2022, xiv). Kuvittelemme tekevämme neutraaleja päätöksiä, kun rajaamme eettiset ja moraaliset perustelut pois epäluotettavina. Tällöin elämän perusta kuitenkin pelkistyy hallittavaksi kustannuseräksi muiden joukossa, vaikka todellisuudessa juuri ne määrittävät taloudellisen toiminnan rajat ja mahdollisuudet, eivätkä päinvastoin.

Kokonaisia kulttuureita ja syvälle juurtuneita maailmankuvia on hidasta muuttaa, minkä vuoksi hiilidioksidipäästöjen hinnoittelu on toistaiseksi välttämätöntä, jotta päästöt ja ympäristövahingot otettaisiin päätöksenteossa huomioon. Julkiseen keskusteluun tarvitaan kuitenkin myös laajempi näkökulma ilmastonmuutoskriisin juurisyistä ja ympäristön todellisesta arvosta, ei ainoastaan talousnäkökulman näennäistä objektiivisuutta. Hiilen hinnoittelu ei ratkaise ympäristön arvottamisen perusongelmaa, ja mittaritkin ovat vain suuntaa antavia. Siitä huolimatta se tekee aiemmin näkymättömistä kustannuksista näkyviä poliittisesti ja taloudellisesti. On tärkeää huomata, ettei hiilen hinnoittelu yksin riitä ilmastonmuutoksen hillintään, vaan lisäksi tarvitaan laajempaa sääntelyä, rakenteellisia muutoksia ja sitoutuneita politiikkatoimia kansallisesti sekä kansainvälisesti. Ilmastokriisin ratkaiseminen edellyttää pitkäjänteisiä toimia ja kärsivällistä yhteistyötä, jotta päästöjen vähentäminen on riittävän nopeaa ja vaikuttavaa.

### 3 Hiilen hinnoittelu

#### 3.1 Verot ja tuet

Hiilen hinnoittelu tarkoittaa hinnan asettamista suoraan hiilidioksidipäästöille, ja se voidaan toteuttaa hiiliveron tai päästökaupan kautta (World Bank 2025, 18). Hinnoittelun tavoitteena on sisäistää kasvihuonekaasupäästöjen yhteiskunnalle aiheuttamat ulkoiskustannukset suoraan päästöjen aiheuttajille. Hiilivero perustuu Pigoun (1920) esittämään ajatukseen siitä, että ulkoisvaikutusten vuoksi saastuttamisen yksityinen rajakustannus alittaa sosiaalisen rajakustannuksen. Vero kaventaa tämän kuilun sekä ohjaa markkinatoimijoita kohti vähäpäästöisempiä teknologioita ja kustannustehokkaampia päästövähennyksiä. Se nähdään yhtenä tärkeimmistä taloudellisista ohjauskeinoista, koska hiilidioksiditonin hinta on selkeä ja kannustaa sekä tuottajia että kuluttajia siirtymään vähäpäästöisempiin ratkaisuihin, luomalla samalla ennustettavan investointiympäristön puhtaille teknologioille. Monet taloudet hyödyntävät hiiliveroja sekä päästöjen vähentämiseen että julkisen talouden vahvistamiseen. (World Bank 2025, 14–15.)

Hiilivero, jota voidaan kutsua myös Pigou-veroksi, on taloudellinen ohjauskeino, jonka tavoitteena on sisäistää ulkoisvaikutukset toimijoiden päätöksentekoon. Teoriassa se poistaa yksityisen ja sosiaalisen rajakustannuksen eron asettamalla hinnan hiilidioksidipäästöille, joita markkinat eivät muutoin hinnoittele. Siten vastuu päästöistä siirtyy niiden aiheuttajalle yhteiskunnan sijaan. Veron ei tarvitse siirtyä täysin kuluttajahintoihin, mutta jonkin suuruinen veron siirto hintoihin on välttämätön kulutuksen ohjausvaikutukselle. Veron kohtaannon teoriassa verorasitus jakautuu kuluttajien ja tuottajien välillä riippuen kysynnän ja tarjonnan joustoista sekä markkinarakenteesta ja -voimista (Weyl & Fabinger 2013, 532, 534–535). Epätäydellinen kilpailu voi joko vahvistaa tai heikentää veron siirtymistä kuluttajahintoihin, mutta joka tapauksessa täydellinen siirtyminen on vain erikoistapaus (Adachi & Fabinger 2022, 7–8). Siten olennaista hiiliverossa on, että se muuttaa taloudellisia kannustimia ja lisää päästöjen kustannusta.

Timilsina (2022, 1460) kokoaa, että taloudelliset ohjauskeinot ovat taloustieteilijöiden keskuudessa laajalti hyväksi, jopa parhaiksi, todettuja päästöjen vähennyskeinoja. Hiiliveron keskeinen etu on sen tasainen ja yhtenäinen hintasignaali, ja se nähdään tehokkaampana ohjauskeinona kuin epäsuorat politiikkatoimet, koska se kohdistuu suoraan ulkoishaittaan ja luo saman kannustimen kaikille toimijoille. Kun kaikille päästöille toimialasta tai tuotantoteknologiasta riippumatta on sama hinta, se kannustaa vähentämään päästöjä tehokkaasti siellä, missä se on halvinta. Hiilivero on siten kustannustehokas verrattuna muihin sääntelyyn perustuviin toimiin, jotka voivat olla esimerkiksi

sektorikohtaisia ja vaatia valvontaa tai monimutkaisia allokointijärjestelmiä. (Timilsina 2022, 1460–1461.)

Hiiliveron asettamiseen ja toimeenpanoon liittyy kuitenkin erilaisia haasteita. Usein uuden veron asettaminen tai olemassa olevan nostaminen kohtaa vastustusta sekä poliitikoilta että kuluttajilta, mutta hyvä viestintä ja kuluttajille näkyvät hyödyt voivat kuitenkin lieventää vastustusta. (Timilsina 2022, 1479, 1481–1482.) Yksi merkittävimmistä haasteista veron optimaalisessa asettamisessa on informaation puute. Pigou-veron teoreettisessa mallissa oletetaan, että sekä yksityinen että sosiaalinen päästön rajakustannus tiedetään, ja se vaatii tietoa myös yksilöiden preferensseistä ja toimijoiden käyttäytymisestä (Baumol & Oates 1988, 160; Cornes & Sandler 1996, 73). Myöskään hiilidioksidipäästöjen aiheuttamia vahinkoja ei tiedetä varmuudella, sillä se on varastoituva saaste, jonka vaikutukset näkyvät vasta tulevaisuudessa. Sen takia myös mallit sosiaalisesta hiilen hinnasta sisältävät epävarmuutta, eikä optimaalista hiiliveron tasoa voida siten määrittää. (Setiabudi & Suhardianto 2025, 3.)

Hallinnolliset esteet aiheuttavat merkittäviä haasteita hiiliveron tehokkaaseen toimimiseen. Verojen vastustuksen takia niiden taso määritetään usein lyhytnäköisesti ja poliittisesti hyväksyttäväksi sen sijaan, että se vastaisi todellista yhteiskunnallista kustannusta. Lisäksi vaihtoehtoisten energiamuotojen puute estää hiiliveron tehokkaan toimimisen samalla, kun energiaintensiivisten alojen hintajousto on matalaa. Sektorikohtaiset verovapautukset ovat myös yleisiä, jotka kohdistuvat monesti juuri näihin energiavaltaisiin teollisuusaloihin. Hiiliveron kokonaistehokkuuden heikentämisen lisäksi se luo epätasaisen ohjausvaikutuksen talouden eri toimijoille. (Setiabudi & Suhardianto 2025, 6, 17.) Myös fossiilisten polttoaineiden tuet tai säädelty energian hinta laskevat hiiliveron tehokkuutta ja kokonaisvaltaista kustannustehokkuutta (Timilsina 2022, 1480).

Saadut verotulot voidaan laittaa uudelleen kiertoön, mikä kuvaa niin sanottua kaksoishyödyn ilmiötä (engl. Double dividend). Sen takia on tärkeää käsitellä myös tukia ja muita helpotuksia, koska ne muodostavat tärkeän ulottuvuuden taloudellisissa päästöjen hallintakeinoissa. Tulojen uudelleenjakotavalla on kuitenkin merkitystä lopputulemaan. Baumol ja Oates (1988, 23) huomauttavat, että verotulojen maksaminen suoraan haitan kärsijöille ei olisi tehokas ratkaisu, koska se voisi vääristää kannustimia jopa lisäten altistumista haitalle. Sen seurauksena päästöt eivät välttämättä laskisi. Tulojen palauttaminen kotitalouksille tasakorvauksina tekee verosta progressiivisemmän vähentäen pienituloisten kustannusrasitusta, kun taas esimerkiksi tulo- tai pääomaverotuksen keventäminen usein nostaa kokonaisyötyä ja -tehokkuutta, mutta tekee

hiiliverosta regressiivisemmän (Timilsina 2022, 1473). Siten uudelleenjaon yhteydessä pitää tasapainoilla progressiivisuuden ja kokonaisuudyn välillä.

Hiiliveroa voidaan tukea esimerkiksi uusiutuvan energian tuotantuilla, mikä lisää puhtaan energian kilpailukykyä suhteessa fossiilisiin polttoaineisiin (Kotchen & Maggi 2026, 13). Tuet eivät kuitenkaan voi korvata hiiliveroa. Ne eivät hinnoittele ulkoishaittaa suoraan vaan ainoastaan laskevat vaihtoehtoisen teknologian kustannuksia. Jos tukia maksetaan myös sinne, missä haittaa ei synny muutenkaan, kustannustehokkuus laskee resurssien kohdistuessa virheellisesti ja voi johtaa jopa päästöjen kasvuun. (Baumol & Oates 1988, 212.) Kun ulkoishaittaa ei ole mahdollista hinnoitella suoraan, tuet voivat tarjota vaihtoehtoisen mekanismin erityisesti, jos hiiliveroa ei voida nostaa riittävän korkealle tai jos halutaan edistää esimerkiksi puhtaan teknologian kehitystä hiiliveroa nopeammin. Tällöin on kuitenkin otettava huomioon markkinavääristymien ja ylituotannon riskit. (Timilsina 2022, 1471.)

Kotchen ja Maggi (2026, 11–12) täydentävät verojen ja tukien vuorovaikutuskuvaa. He huomauttavat, että molempiin liittyy vuotoilmiö. Hiiliveroja nostettaessa päästöt vuotavat halvemman tuotannon maihin ja nostavat hiilen markkinahintaa, mutta toisaalta puhtaan energian tuet vähentävät päästöjä myös muissa maissa ja laskevat puhtaan energian hintoja. Valtioilla on siten kannustin asettaa hiilivero optimia matalammaksi, koska ne haluavat välttää kilpailukyyn heikkenemisen ja hiilivuodon sekä hyötyä vapaamatkustamisesta. Avoimessa taloudessa tuet voivatkin parantaa kokonaisuhyvinvointia, jos niiden takia hiilivero ei laske liian matalaksi (Kotchen & Maggi 2026, 16). Verojen ja tukien vuorovaikutuksen takia toimien tehokkuutta ei voida arvioida vain valtion rajojen sisällä, vaan se vaatii kansainvälisen näkökulman ja yhteistyötä.

Hiiliverojen määrä ja taso ovat nykyisellään riittämättömiä saavuttamaan päästötavoitteita. Kehittyneissä maissa hiiliverojen todetut päästövähennykset ovat 5–21 %, mutta suurimmat vähennykset saadaan veron ja päästökaupan yhdistelmillä. Todetut vaikutukset vaihtelevat myös merkittävästi eri maiden ja sektorien välillä. (Setiabudi & Suhardianto 2025, 1, 15.) Vain 5 % kaikista päästöistä olivat hiiliveron piirissä vuonna 2025 kuten aikaisempinakin vuosina, ja veron tasot olivat kaukana vähimmäisvaatimuksista. Nykyistä kuvaa täydentää myös se, että vuosina 2024–2025 noin 28 % maailman päästöistä oli suoraan hiilen hinnan piirissä. Lisäksi maat, joissa hiiltä hinnoitellaan, muodostavat kaksi kolmasosaa maailman bruttokansantuotteesta. (World Bank 2025, 21, 34, 24.) Tämä kuvastaa ilmastonmuutoksen epätasa-arvo-ongelmaa, koska vain vauraimmilla valtioilla on taloudelliset tai instituutionaaliset resurssit ottaa hiilen hinnoittelumeکانismit käyttöön samalla, kun ne saastuttavat eniten. Suurimmat vahingot kärsivät kuitenkin köyhät ja kehittyvät maat, joilla ei ole

näitä resursseja, eivätkä siten voi hyötyä esimerkiksi verotuloista tai ohjausvaikutuksista. Kun hiilen hinnoittelujärjestelmät kehittyvät, köyhät maat jäävät markkinoiden ulkopuolelle riittämättömien resurssien takia. Tämä johtaa epätasa-arvokuilun syvenemiseen entisestään.

Hiilivuoto muodostaa merkittävän hidasteen verojen toimivuudelle ja niiden korottamiselle lähemmäksi optimia. Tiukemman ilmastopolitiikan maissa saavutetuista päästövähennyksistä keskimäärin 25 % valuu hukkaan, kun tuotanto siirtyy halvemmän saastuttamisen maihin. Toisaalta myös vaatimusten laskeminen voi kasvattaa hiilivuodon määrää entisestään. (IISD 2025, 1.) Tämän takia hiilitullimekanismit ovat tärkeässä osassa verojen tehokkaassa toiminnassa. EU:n hiilitullimekanismi (engl. Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) vuodesta 2026 eteenpäin asettaa hiilivuotoriskisille tuontituotteille EU:n päästökauppaa vastaavan hiilen hinnan, jonka maksaa alueen maahantuojat. Vaikka itse tuottaja EU:n ulkopuolella ei maksa tullia, kilpailukyky EU-markkinoilla säilyy vain vähäpäästöisillä tuotteilla. Tämä ohjaa myös ulkomaisia tuottajia vähentämään päästöjään, investoimaan puhtaampiin teknologioihin ja tuottamaan vähähiilisempiä hyödykkeitä. Monet maat ovatkin EU:n hiilitullin seurauksena alkaneet kehittää omia hiilen hinnoittelujärjestelmiään, sillä jos päästöt hinnoitellaan lähtömaassa, EU-maahantuojat joutuu maksamaan vain hiilen hinnan erotuksen. (ODI 2025, 6–7.)

Monissa maissa hallinnolliset rajoitteet, tehottomat energiamarkkinat ja verovapaudet estävät veron siirtymisen kuluttajahintoihin, mikä heikentää kannustimia vähentää päästöjä. Siten hiiliveron tehokkuuteen vaikuttaa olennaisesti markkinoiden ja instituutioiden kypsyyt. Hiilen hinnoittelun tehokkaimmat ratkaisut perustuvat kuitenkin yhä useammin hybridimalleihin, joissa yhdistyy hiilivero, päästökauppa ja muu teknologiapolitiikka, joiden arvioidaan tuottavan jopa 32,5 % päästövähennyksiä vuoteen 2060 mennessä. (Setiabudi & Suhardianto 2025, 30.) Myös World Bank ym. (2016, 109) sekä Goulder ja Schein (2013, 14–15) korostavat, että veron tulisi täydentää päästökauppaa ja toimia esimerkiksi lattiahintana, jotta päästökaupan hinnanvaihtelut eivät romahduta päästöohjausta.

### **3.2 Päästökauppa**

Päästökauppa (engl. Emissions Trading System, ETS) on markkinoihin ja niiden tehokkuuteen perustuva ilmastopolitiikan ohjauskeino. Se juontaa juurensa Pigoun (1920) ulkoisvaikutusteoriaan ja Coasen (1960) painottamaan markkinaratkaisuuksiin omistusoikeuksien määrittelyn kautta. Montgomery (1972) taas osoitti matemaattisesti, että vapaasti vaihdettavien päästöoikeuksien markkina kohdentaa päästövähennykset yrityksille, joille vähennyskustannus on alhaisin. Käytännössä päästökaupassa määritellään siis kokonaispäästökatto, jonka jälkeen markkinoille

jaetaan rajallinen määrä päästöoikeuksia. Kun niillä käydään kauppaa, hinta muuttuu sen mukaan, miten vaikeaa ja kallista yrityksille on vähentää päästöjään. Tätä kutsutaan yleisesti nimellä Cap-and-Trade. Sen sijaan että alueen päättävä elin asettaa hinnan päästöille, kuten hiiliveron tapauksessa, se päättää päästöjen tason ja saastuttamisen hinta muodostuu markkinoilla. Tämä tekee päästökaupasta tehokkaan tavan saavuttaa määräperusteinen päästövähennystavoite. (World Bank ym. 2016, 3–4.)

Päästökauppajärjestelmän ensimmäinen ja rakenteellisesti keskeinen suunnitteluvaihe on järjestelmän laajuuden määrittäminen. Se ratkaisee, mitkä talouden sektorit, päästölähteet ja kasvihuonekaasut kuuluvat päästökauppajärjestelmän piiriin. Laajuus vaikuttaa järjestelmän kattavuuteen, sen kustannustehokkuuteen, hallinnolliseen kuormitukseen ja markkinoiden likviditeettiin, eli kuinka aktiivisesti kauppaa käydään. Laaja kattavuus lisää vähennysmahdollisuuksia ja helpottaa kustannustehokkaiden päästövähennysten löytämistä eri toimijoiden välillä, minkä lisäksi se tukee ilmastotavoitteiden saavuttamista, mutta kustannukset kasvavat. Sääntely voidaan kohdistaa joko tiettyyn polttoaineeseen niin kutsutulla upstream-mallilla tai yksittäisiin suurien päästöjen aiheuttajiin downstream-mallilla. Jälkimmäisellä saadaan usein suurin vähennyskannustin, mutta se voi olla kalliimpaa verrattuna ensimmäiseen. Upstream-malli lisää kattavuutta, mutta voi heikommin kannustaa muuttamaan toimintaa. (World Bank ym. 2016, 30.)

Järjestelmien linkittämisellä maiden tai alueiden välillä voidaan lisätä kattavuutta, mihin liittyy sekä hyötyjä että riskejä. Linkittämisen avulla maantieteellinen sekä sektorikohtainen laajuus kasvaa, mikä laskee kokonaiskustannuksia ja mahdollistaa tehokkaammat päästövähennykset siellä, missä ne ovat halvimpia. Lisäksi hintavaihtelu voi tasoittua, minkä lisäksi hiilivuodon riski ja kilpailuhaitat vähenevät. Toisaalta linkittäminen lisää hallinnollista monimutkaisuutta, kun järjestelmät pitää yhteensovittaa ja toimijoiden oma päätösvalta heikkenee. Shokit yhdessä järjestelmässä voivat levitä helpommin myös toiseen, mikä saattaa heikentää ympäristövaikuttavuutta. Riskien ja hallinnollisen monimutkaisuuden takia linkittäminen kannattaa tehdä harkitusti sopivan kansatoimijan välillä ja vaihtoehtoisesti rajoitetusti, jotta riskit pienenevät, mutta voidaan silti hyötyä kustannustehokkuuden kasvusta. Niin kutsuttu “networking”, jossa kaksi erilaista päästökauppajärjestelmää linkittyvät yhtenäistämisen sijasta, on myös nähty mahdollisena vaihtoehtona saavuttaa tehokkaita päästövähennyksiä. Sen avulla linkittämisestä hyötyisivät useammat, ja eroavaisuudet tunnistettaisiin ja niitä arvostettaisiin sen sijaan, että pyrittäisiin rakentamaan yksi laaja ja yhtenäinen järjestelmä, jonka saavuttaminen on haastavaa. (World Bank ym. 2016, 152, 158–160.)

Päästökaton (engl. Cap) asettaminen on seuraava suunnittelupäätöksistä, ja se määrittää järjestelmän ympäristöllisen kunnianhimon ja vaikuttaa syntyviin päästömärkkinoihin. Yleisimmät päästökatot ovat absoluuttisia, eli määrittävät tarkan hiilidioksidipäästöjen määrän. Katto voidaan kuitenkin määrittää myös intensiivisenä, eli suhteuttaa tuotannon määrään esimerkiksi bruttokansantuotteen kautta, mikä luo joustavuutta taloussuhdanteisiin, mutta heikentää varmuutta päästöjen tasosta. Jotta päästökauppajärjestelmä voidaan toteuttaa poliittisesti, yleisesti hyväksyttävien kustannusten lisäksi päästökaton tulisi siis vastata kansallisia ja kansainvälisiä ilmastotavoitteita ollakseen uskottava. (World Bank ym. 2016, 44–45.)

Markkinat reagoivat herkästi liian niukkiin päästörajoitteisiin, minkä takia tietopohjan tulisi olla kattava ja päästökaton tason päätöksen perustua useisiin eri lähteisiin, kuten historiallisiin päästöihin ja niiden sekä talouskasvun tuleviin ennusteisiin, vähennysmahdollisuuksien arvioihin sekä muiden ilmastotoimien vaikutusten huomiointiin. Puutteellinen tietopohja voi johtaa lupien yli- tai alitarjontaan, jolloin järjestelmä ei toimi tehokkaasti tai halutulla tavalla. Toimeenpanon aikana on tarpeellista selvittää myös tarkistusprosessit päästökatoille ja määrittää pitkän aikavälin päästövähennysura. Pitkän aikavälin tasainen ja ennustettava hintasignaali parantaa puhtaiden investointien ennustettavuutta ja lisää uskottavuutta ja luotettavuutta. Useimmissa moderneissa päästökauppajärjestelmissä onkin käytössä aleneva kattorajoite, kuten EU ETS:ssä lineaarinen vähennyskerroin. Hyvin määritelty ja asetettu päästökatto on tietoon perustuva ja tiukka, mutta ennakoitava ja joustava. (World Bank ym. 2016, 44–61.)

Kun päästökatto on asetettu, allokoidaan päästöoikeudet hiilitonnilta tai hiilitonnivastaavilta muiden kuin hiilidioksidipäästöjen osalta. Vaikka jakotapa ei muuta lopullista päästömäärää, se vaikuttaa kustannusten kohdistumiseen talouden toimijoille ja päästövähennyskannustimiin. Näiden onnistuminen on avainasemassa järjestelmän toimivuuteen ja yleiseen hyväksyttävyyteen. Valittu allokointimenetelmä vaikuttaa myös markkinahinnan muodostumiseen. Esimerkiksi laaja ilmaisjako voi johtaa alhaisempaan hiilen hintaan, mikä heikentää vähennyskannustinta koko taloudessa, mutta toisaalta se ehkäisee hiilivuotoa. Markkinaehtoisessa huutokauppanamenetelmässä taas päästöoikeuksien niukkuus välittyy suoraan hintoihin, mutta voi johtaa suurempaan hiilivuotoon ja kilpailukyvyn heikentymiseen. On kuitenkin huomioitava, että alussa ilmaisjako on välttämätöntä järjestelmän hyväksymisen kannalta etenkin energiaintensiivisillä aloilla, joilla kustannukset voivat nousta merkittävästi. Monet järjestelmät siirtyvätkin vähitellen huutokauppaan tai vähintäänkin hybridijärjestelmiin päästöoikeuksien jaon osalta, koska asteittainen siirtymä antaa toimijoille sopeutumisaikaa ja parantaa järjestelmän pitkän aikavälin tehokkuutta. (World Bank ym. 2016, 64–67.)

Luvat voidaan allokoida ilmaiseksi päästömäärän, tehokkuuden tai tuotantomäärän perusteella, tai huutokaupata. Niin kutsuttu grandparenting-jakotapa allokoii luvat ilmaiseksi historiallisten päästöjen perusteella, ja sitä voidaan verrata könttäsommajakoon. Tätä allokointitapaa on käytetty paljon päästökauppajärjestelmien alkuvaiheessa, sillä poliittinen hyväksyttävyyden on korkea ja toimijoiden kustannukset siirtymävaiheessa laskevat. Jakotapa on yksinkertainen varsinkin downstream-mallissa, mikä vähentää hallinnollisia kustannuksia ja lisää ennustettavuutta, minkä lisäksi se ehkäisee hiilivuotoa. Grandparenting voi kuitenkin johtaa niin sanottuihin windfall-voittoihin, jolloin yritys saa enemmän oikeuksia kuin tarvitsee ja voi myydä ne eteenpäin. (World Bank ym. 2016, 72–73.) Empiirinen tutkimus löytää tukea windfall-voitoista esimerkiksi EU ETS:n alkuvaiheilta. Sijm ym. (2006, 67) osoittavat sekä mallinnuksen että empiirisen aineiston perusteella, että päästöoikeuksien hinta siirtyi energian kuluttajahintoihin noin 60–100 %. Tämän seurauksena alan yritysten voitot Alankomaissa kasvavoivat jopa 300–600 miljoonaa euroa vuodessa, mikä puolestaan kasvattaa kynnystä vähentää päästöjä. Grandparenting-jakotapa voi myös suosia historiallisesti suuria saastuttajia, mikä ei kannusta toimijoita vähentämään päästöjä (Fischer & Fox 2007, 575).

Benchmarking-jakotapa taas perustuu tuote- tai toimialakohtaisiin tehokkuusstandardeihin, mikä kannustaa tuotannon tehostamiseen, kun oikeuksia jaetaan tehokkaammille yrityksille enemmän. Tämä jakotapa tukee puhtaan teknologian kehitystä ja päästöjen vähentämistä. Lisäksi windfall-voittojen riski laskee, ja paikallisesti toimivat yritykset voivat siirtää osan päästöoikeuden hinnasta kuuttajahintoihin, minkä seurauksena myös kysyntä hiili-intensiivisille tuotteille laskee. Merkittävänä haasteena on kuitenkin hallinnolliset ja tietovaatimukset, joita luotettavien ja uskottavien tehokkuusstandardien määrittäminen vaatii. (World Bank ym. 2016, 73–74.) Tuotantomäärän mukainen allokointi (engl. Output-Based Allocation, OBA) perustuu yrityksen toteutuneeseen tuotantomäärään. Se on etenkin kansainvälisille yrityksille toimiva, koska ne saavat suhteellisesti saman määrän oikeuksia. Tämä vähentää hiilivuotoriskiä, kun yrityksillä ei ole tarvetta siirtyä päästökauppajärjestelmän ulkopuoliseen maahan säilyttääkseen markkina-asemansa. Esimerkiksi Kalifornian ja Uuden-Seelannin järjestelmissä OBA-mentelmä on ollut käytössä juuri hiilivuotoriskin takia. Lisäksi kannustin vähentää päästöjä säilyy. Toisaalta tämä jakotapa kannustaa tuottamaan enemmän, jotta yritys saa mahdollisimman paljon päästöoikeuksia, mikä toimii järjestelmän tavoitteiden vastaisesti ja voi lisätä painetta pysyä päästökaton alla. (World Bank ym. 2016, 74–75.) Tuotantomääriin perustuvan allokointin onkin nähty olevan kompromissi tehokkuuden ja kilpailukykyyn suojaamisen välillä (Fischer & Fox 2007, 575).

Tehokkaimpana ja läpinäkyvimpänä allokointimenetelmänä pidetään kuitenkin huutokauppaa, sillä markkinat määrittävät päästöoikeuden hinnan. Lisäksi se on helppo järjestää verrattuna

ilmaisjakotapoihin, jotka voivat vaatia paljon tietoa ja hallinnollisia resursseja. Huutokauppa sopii erityisesti pienen hiilivuotoriskin sektoreille, kuten sähköntuotannolle. Koska yritykset maksavat päästöoikeuksistaan, se mahdollistaa niiden kustannusten siirtämisen kuluttajahintoihin ja kannustaa kehittämään puhtaampia tuotantoprosesseja. (World Bank ym. 2016, 67–71.) Tehokkuutensa lisäksi huutokaupasta saatavat tulot voidaan käyttää hyvinvoinnin tai kokonaishyödyn parantamiseksi, kuten ilmastotoimiin tai verojen regressiivisyyden vähentämiseen (Goulder & Schein 2013, 6). Huutokauppa ei kuitenkaan estä hiilivuotoa ja lisäksi pienten yritysten mahdollisuutta osallistua siihen voidaan pitää rajallisena. Toimivat ja likvidit toissijaiset markkinat voivat kuitenkin poistaa ongelman, jossa kaupankäynnin kustannukset voivat laskea jopa alle muiden ilmaisallokointien kustannuksien. (World Bank ym. 2016, 71.)

Markkinoilla päästöoikeuksien hinta muodostuu kysynnän ja tarjonnan perusteella. Kysyntä muodostuu yritysten päästövähennyskustannuksien kautta, koska ne ostavat lupia vain, jos vähennyskustannus on korkeampi kuin päästöluvan hinta, ja vastoin kehittävät toimintaansa ympäristöystävällisemmäksi kustannuksen ollessa matalampi. Tämä johtaa tehokkaaseen lopputulokseen, koska kaikki toimijat kohtaavat saman hiilen hinnan, mikä kannustaa vähentämään päästöjä siellä, missä se on halvinta. (Goulder & Schein 2013, 4.) Kysyntä reagoi herkästi muutoksiin ympäristössä tai järjestelmässä. Esimerkiksi suhdannevaihtelut tai energiakriisit voivat vaikuttaa voimakkaasti hiilen hintaan, mutta myös muut ilmastopolitiikat ja niiden vaikutukset tulee ottaa huomioon. Esimerkiksi uusiutuvan energian tuet voivat vähentää päästöjä yhdessä päästökauppajärjestelmän kanssa, mutta se voi heikentää päästökauppajärjestelmän tehokkuutta, kun yritykset eivät tarvitse yhtä paljon lupia. (World Bank ym. 2016, 107–108.) Goulder ja Schein (2013, 13–14) korostavat myös poliittisen epävarmuuden asemaa hinnanvaihtelussa, minkä takia ennakoitava ja läpinäkyvä päätöksenteko sekä muutokset ovat tärkeitä.

Tarjonta on lyhyellä aikavälillä joustamatonta päästökaton ja rajallisen päästölupien määrän takia. Tämä johtaa hiilen hinnan epävakauteen eli volatilitettiin, koska kysynnänvaihtelut heijastuvat suoraan hintaan, kun tarjonta ei jousta niiden mukana. Epävakautta pyritään kuitenkin hillitsemään esimerkiksi hintalattioilla ja -katoilla tai päästöoikeusreserveillä (engl. Allowance reserve), joilla voidaan estää hintojen romahdus tai korkeat hintapiikit ja näin taata järjestelmän toimivuus. Hintalattiat ylläpitävät investointikannustimia, ja ne voidaan toteuttaa esimerkiksi huutokaupan reservihintana, kun taas hintakatot laskevat yritysten kustannusriskejä, missä yksi keinoista on vapauttaa markkinoille päästölupia tietyn hintarajan ylittyessä päästöoikeusreservin turvin. Tämä tasaa hintaa tarjonnan muutoksen kautta. (World Bank ym. 2016, 110.) Goulder ja Schein (2013, 14–

15) nimittävät näitä hybridimalleiksi, joissa päästökaupan määrärajoite ja veron tasainen hinta yhdistyvät.

Päästökauppajärjestelmän toimivuutta ja hinnan vakautta tukevat myös erilaiset joustomekanismit. Sekä World Bank ym. (2016, 100) että Goulder ja Schein (2013, 14) korostavat etenkin päästöoikeuksien säästämistä (engl. Banking), jonka avulla yritykset voivat siirtää lupien käyttämistä myöhemmälle. Tämä usein tasaa hintavaihtelua ja mahdollistaa päästövähennykset silloin, kun se on taloudellisesti tehokkainta. Toisaalta säästäminen voi johtaa oikeuksien liialliseen määrään tulevaisuudessa ja varsinkin epävarmojen politiikkasignaalien kanssa suurempaan volatilitettiin. Päästöoikeuksia voi vastaavasti myös lainata eli ottaa velaksi (engl. Borrowing), mikä voi tukea lyhyen aikavälin kustannusten hallintaa, mutta sääntelyepävarmuus lisääntyy, koska tulevat velvoitteet voivat kasvaa. Lisäksi päästöhyvityksillä (engl. Offsets) voidaan mahdollistaa vähennykset myös päästökauppajärjestelmän ulkopuolelta laajentaen vähennysmahdollisuuksien tarjontaa ja laskien kokonaiskustannuksia. (World Bank ym. 2016, 81, 98–102.) Goulder ja Schein (2013, 10–11) kuitenkin lisäävät, että tutkijoiden keskuudessa on erimielisyyttä hyvitysten lisäyksellisyydestä eli siitä, vastaavatko ne vaihtoehtoisia kotimaan päästövähennyksiä. Heikkolaatuiset päästöhyvitykset voivat laskea ympäristötehokkuutta ja vääristää hinnanmuodostusta, minkä takia niiden valvonta ja lisäyksellisyyden varmistus ovat keskeisiä päästöhyvitysjärjestelmän uskottavuudelle.

Uskottavassa päästökauppajärjestelmässä sääntöjen noudattamista valvotaan ja niiden rikkomisesta koituu sanktioita. World Bank ym. (2016, 120) korostavat, että MRV-järjestelmät (engl. Monitoring, Reporting and Verification) muodostavat päästökaupan kriittisen lopullisen vaiheen, joka määrittää sen poliittisen hyväksyttävyyden, uskottavuuden ja ympäristötehokkuuden. Järjestelmät kattavat sekä toimijoiden itse tuottaman päästödatan että viranomaisten valvonta- ja seurantamekanismit, joiden avulla päästöoikeuksien käyttöä seurataan ja väärinkäytöksiä ehkäistään (World Bank ym. 2016, 120). Markkinoihin perustuva järjestelmä toimii vain, jos toimijoiden päästömäärät ja niiden vähennystoimenpiteet voidaan todentaa luotettavasti, jolloin hiilitonnin hinta todella heijastaa päästövähennyskustannuksia. Siten puutteet MRV-järjestelmissä heikentävät koko järjestelmän tehokkuutta. Jos raportointia ei valvota tehokkaasti, toimijoille syntyy kannustin kiertää sääntöjä tai aliraportoida päästöjään, jolloin järjestelmän ohjausvaikutus laskee merkittävästi. Uskottavan päästökaupan ytimessä on siis sen rakentamisen viimeinen vaihe, joka takaa tasapuolisen kilpailun ja selkeät säännöt, joiden kiertäminen sanktioiden uhalla ei ole toimijoille kannattavaa.

Päästökauppajärjestelmät ovat 2020-luvulla vakiintuneet merkittäväksi ilmastopolitiikan ohjauskeinoksi. Maailmalla on tällä hetkellä toiminnassa 41 järjestelmää, jotka kattavat noin 26 % globaaleista kasviuonekaasuista. Yhteensä 16 maassa päästökauppa on kehitteillä tai harkinnassa, joista monet ovat kehittyviä maita. Samaan aikaan monia järjestelmiä, kuten EU:n ja Kiinan päästökauppaa, laajennetaan koskemaan yhä useampia sektoreita ja toimijoita. Ensimmäisten vuosien päästöoikeuksien ilmaisjaosta pyritään luopumaan ja siirtymään huutokauppapainotteiseen allokointiin päästökattojen kiristyessä, mikä on vahvistanut järjestelmien taloudellista merkitystä. EU ETS 2 -järjestelmässä vuodesta 2027 tai 2028 alkaen kaikki oikeudet huutokaupataan, ja tulot laitetaan sosiaalista oikeudenmukaisuutta edistävään rahastoon. Globaalisti päästökaupat tuottivat 79 miljardia dollaria vuonna 2025. Suurin osa päästöoikeuksista liikkuu 10–80 USD/tCO<sub>2</sub> välillä, mutta EU:ssa hinta on vakiintunut tätäkin korkeammalle. (ICAP 2026, 9–12, 26, 48.)

Päästökauppajärjestelmien haasteet ovat monitasoisia ja liittyvät sekä kilpailuvaikutuksiin että instituutionaalisiin rakenteisiin. Erityisesti hiilivuodon ehkäisy, sosiaalisen hyväksyttävyyden varmistaminen ja kansainvälisen koordinaation puute korostuvat keskeisinä haasteina 2020-luvulla. Hiilivuotoriski kasvaa päästökattojen kiristyessä ja hiilen hintojen eriytyessä maiden välillä, mikä on johtanut erilaisten hiilirajatullimekanismien kehittämiseen ja käyttöönottoon, kuten EU:ssa ja Iso-Britanniassa. Myös päästölupien ilmaisjakoa pyritään vähentämään hiilivuodon ehkäisemiseksi, mutta tehokas ratkaisu vaatii tasapainoilua kilpailukyvyyn säilyttämisen välillä. Sosiaalinen hyväksyttävyys muodostaa keskeisen haasteen, sillä hintasignaalin vahvistuminen niukkuuden lisääntyessä voi lisätä kotitalouksien kustannuksia erityisesti lämmityksen ja liikenteen sektoreilla. Tämän vuoksi on luotu erilaisia kompensatiomekanismeja, kuten EU:ssa sosiaalinen ilmastorahasto (engl. Social Climate Fund), johon ohjataan osa päästökauppatuloista vähentämään regressiivisyyttä. (ICAP 2026, 9–12.)

Tulevaisuuden kannalta ratkaisevia kysymyksiä ovat siten järjestelmien välisten linkitysten mahdollistaminen koordinaatiota ja yhteistyötä vahvistamalla niin kansallisesti kuin kansainvälisesti, sekä investointeja ohjaavan ja ennakoitavan hiilen hinnan turvaaminen. Näiden onnistunut yhdistäminen määrittää pitkälti, miten päästökauppajärjestelmät pystyvät globaalisti vaikuttamaan siirtymään kohti hiilineutraalisuutta. Päästökauppa toimii aina vuorovaikutuksessa muiden politiikka- ja ilmastotoimien kanssa, eikä se yksinään riitä vähentämään päästöjä riittävästi. Sen takia myös muut pitkäjänteiset toimet ja määrätietoinen tavoitteiden asettaminen ovat välttämättömiä. On kuitenkin pohdittava, milloin hintaohjaus veroin, määräohjaus päästökaupan avulla tai näiden yhdistelmä tuottaa tehokkaimman lopputuloksen kussakin tilanteessa.

### 3.3 Instrumentin valinta

Oikean hiilen hinnoittelun instrumentin valinta eri tilanteissa ei ole yksiselitteistä, mutta sillä voi olla merkittävä vaikutus toteutuneisiin päästövähennyksiin ja instrumentin tehokkuuteen. Weitzmanin (1974) analyysin mukaan hinnan tai määrärajoitteen asettaminen ei ole neutraalia epävarmuuden vallitessa, vaan siihen vaikuttavat keskeisesti marginaaliset ympäristövahingot ja päästövähennyksien kustannukset päästötason muuttuessa. Epävarmuus päästöjen aiheuttamista vahingoista ja torjuntakustannuksista on kuitenkin merkittävää, mikä tekee valinnasta haastavan. Valittu ohjausmuoto kuitenkin määrittää, missä epävarmuus realisoituu – kustannuksissa vai päästömäärässä. Hiilen hinnoittelun väline on siten vahvasti konteksti- ja tilannesidonnainen, jossa vaikuttavat ilmastoriskien ja kustannusten rakenteen lisäksi erilaiset intressit.

Weitzmanin (1974, 485) mukaan, kun marginaaliset vahingot päästöjen kasvaessa nousevat jyrkästi, päästokiintiö on parempi valinta. Kustannukset voivat heilahdella, mutta päästömäärä tiedetään ja on asetettu. Sen takia päättäjät voivat suosia määriä välttääkseen ilmastonmuutoksen riskit suuriin ja peruuttamattomiin ympäristön muutoksiin. Sen sijaan marginaalisten kustannusten ollessa jyrkästi nousevat päästöjen lisääntyessä, on tärkeämpää asettaa kustannukset ennustettaviksi. (Weitzman 1974, 485–486.) Tämä minimoi mahdolliset hyvinvointitappiot. Siten instrumenttivalinta voi perustua myös päätöksentekijöiden riskinsietokykyyn sekä intresseihin siitä, halutaanko taata ennustettava päästöjen taso vai kustannukset toimijoille. Goulder ja Schein (2013, 17) muistuttavat kuitenkin, että Weitzmanin analyysi keskittyy kokonaishyödyn maksimointiin, kun taas ilmastotoimissa kustannushyötyajattelu on keskiössä.

Nykyään yhä useammin käytetään niin sanottuja hybridijärjestelmiä, joissa päästökauppaan yhdistetään hintalattia tai -katto päästöoikeuksille. Niiden pyrkimyksenä on yhdistää sekä hinta- että määrärajoitteiden hyödyt. Riskit voivat vähentyä etenkin epävarmuuden vallitessa, koska hintojen jyrkkä nousu tai niiden romahtaminen estyvät. Toisaalta päästömäärän epävarmuus lisääntyy päästökaupassa, kun lisälupia voidaan joutua laskemaan lisää liikkeelle tai ottamaan markkinoilta pois hintapiikkien tasaamiseksi. (Goulder & Schein 2013, 17–18). Goulder ja Schein (2013, 2, 18–19) kuitenkin esittävät, että epävarmuuden huomioiminen ei suosi yhtä menetelmää yli toisen, ja myös instrumentin suunnittelulla on merkittävä osuus sen tehokkaassa toiminnassa. Kun pyritään kokonaishyödyn maksimointiin, hiilivero tai hybridijärjestelmä tuottaa tehokkaan lopputuleman, mutta kun halutaan mahdollistaa hyvä reagointikyky uuden informaation edessä, puhdas päästökauppa- tai hybridijärjestelmä voivat toimia veroa paremmin. (Goulder & Schein 2013, 18–19.)

Todellisuudessa myös aikadimensio ja useasti peräkkäin tehtävät päätökset sekä markkinatoimijoiden odotukset vaikuttavat päätösten tulemaan. Pizer ja Prest (2020, 484) osoittavat, että kun päästökauppajärjestelmässä on mahdollista siirtää oikeuksien käyttöä myöhemmälle ja yritykset reagoivat ennalta tuleviin politiikkamuutoksiin, määräsääntely voi heijastaa tulevia kiristysten vaikutuksia jo nykyhetkessä. Tämä johtuu siitä, että yritykset optimoivat toimintaansa yli ajan. Määräsääntely ei mallissa toimi enää staattisena kiintiönä, vaan se muodostuu odotusten kautta, mikä voi teoriassa johtaa jopa ensimmäisen parhaan ratkaisuun. Tuloksen mukaan hintarajoitteelle ei siis olisi käyttöä, koska määrärajoite on aina parempi sen reagointikyvyn takia. Se vaatii kuitenkin sitä, että yritysten odotukset ja politiikan toimet ovat linjassa yhteiskunnan hyvinvoinnin maksimoinnin kanssa. Mallissa ei myöskään esimerkiksi huomioida vuorovaikutusta muiden toimien ja säädösten kanssa. (Pizer & Prest 2020, 514–516.)

Goulder ja Schein (2013, 19–20) huomauttavatkin, että hiiliveron kanssa muut säädökset tuottavat lisävähennyksiä päästöissä. Näin ei välttämättä tapahdu päästökauppajärjestelmässä, koska päästökatto on jo asetettu. Muut toimet, esimerkiksi teknologiatuet, voivat vähentävät päästöoikeuksien kysyntää ja siten laskea koko järjestelmän kustannustehokkuutta. Koska kysyntä ja sen mukana myös hinta laskee, se kannustaa hankkimaan oikeuksia enemmän ja saastuttamaan. Muilla toimilla ja säädöksillä voidaan saada lisävähennyksiä päästöissä, kun käytetään hiiliveroa tai vaihtoehtoisesti hybridijärjestelmää, jossa on hintalattia. Tulos pätee myös muissa järjestelmissä, joissa toimijat kohtaavat hiilen hinnan ulkopuolelta annettuna markkinoiden sijaan. (Goulder & Schein 2013, 19–20.)

Tärkeää on huomioida myös fossiilisten polttoaineiden, erityisesti öljyn, maailmanmarkkinat. Päästökauppajärjestelmässä markkinavoimaa omaavat öljyntuottajat voivat saada osan päästökaupan tuotoista vähentämällä tuotantoaan ja nostamalla hintoja. Toisaalta öljy ei ole ainoa polttoaine eikä sen tuotanto ole täysin monopolin tai kartellin hallussa, joten päästömäärän lasku ei olisi suoraan verrannollinen siihen. Myöskään päästöoikeuksien hinnat eivät laskisi suorassa suhteessa öljyn saatavuuteen, koska sitä kompensoitaisiin muita polttoaineita käyttämällä. Vaikutus vähenee, mitä kilpaillummat fossiilisten polttoaineiden markkinat ovat. Hiiliveron tapauksessa tulonsiirtoa ei tapahdu, koska verotulot jäävät kotimaahan, mikä tekee siitä paremman ohjauskeinon, jos halutaan välttää tulonsiirrot fossiilisten polttoaineiden tuottajille. (Goulder & Schein 2013, 20–22.)

## 4 Hiilen hinnoittelu päästöjen vähentämiskeinona

Lopulta, keskiössä on kuitenkin hiilen hinnoittelun todelliset päästövähennykset, kun arvioidaan kummarkaan instrumentin kannattavuutta. Hinnoittelun todellisista vaikutuksista on pitkään ollut niukasti laaja-alaista empiiristä näyttöä (Rafaty ym. 2025, 3). Vaikka teoreettinen kirjallisuus korostaa hiiliverojen ja päästökauppajärjestelmien kustannustehokkuutta ulkoishaittojen sisäistämiseksi, vasta viimeaikainen empiirinen tutkimus on mahdollistanut niiden vaikutusten arvioinnin toteutuneiden päästökehitysten perusteella. Samalla tutkimukset korostavat, että hiilen hinnoittelun teho ei riipu pelkästään hintamekanismista, vaan myös politiikan laajemmasta kontekstista ja muista ilmastotoimista.

Kohlscheen ym. (2025, 2) tarkastelevat hiilen hinnoittelun päästövaikutuksia laajassa ex post -analyysissä, joka kattaa 121 maan aineistot vuosilta 1971–2016. Heidän tuloksensa osoittavat, että hiilen hinnoittelu on yhteydessä tilastollisesti merkittäviin päästövähennyksiin. Hiiliveron 10 dollarin korotus hiilitonnilta vähentää päästöjä noin 1,3 % lyhyellä aikavälillä ja 4,6 % pitkällä aikavälillä. Päästökauppajärjestelmässä sama korotus taas laskee päästöjä keskimäärin 1,4 % lyhyellä ja 5 % pitkällä aikavälillä, mutta tilastollinen merkitsevyys sen osalta vaihtelee mallista ja otoksesta riippuen. Lisäksi myös muiden ilmastopolitiikkojen kiristymisen havaittiin vähentävän päästöjä merkittävästi, minkä perusteella hiilen hinnoittelun yhdistäminen muihin ohjauskeinoihin vahvistaisi päästövähennysvaikutuksia. (Kohlscheen ym. 2025, 2.) Colmer ym. (2025, 1641) taas havaitsivat EU ETS:n vähentäneen päästöjä ensimmäisellä kaudella noin 14 % ja toisella kaudella 16 % ilman suuria negatiivisia vaikutuksia säänneltyjen yritysten talouteen.

Rafaty ym. (2025, 3) erottelevat selkeästi hinnoittelun käyttöönoton ja hinnan tason vaikutukset, ja osoittavat, että suurin osa päästövähennyksistä selittyy hiilen hinnoittelun käyttöönotosta ja sen luomista odotus- ja signaalivaikutuksista, eikä niinkään hinnan muutoksista. He osoittavat, että hiilen hinnoittelu on vähentänyt vuosittaista päästöjen kasvuvauhtia 0,6–1,5 %. Suurin osa vähennyksistä saatiin sähkö- ja lämmityssektoreilta, mikä kertoo vaihtoehtoisten energiamuotojen saatavuudesta näillä aloilla ja päästövähennysten kohdistumisesta sinne, missä se on halvinta. Hiilen hinnan vaikutus päästövähennyksiin jää pieneksi matalasta hintajoustopa ja tilastollisesta epävarmuudesta johtuen. Lisäksi hinnoittelun tulisi olla kattavampaa ja tiukempaa, ja hinnan nousta ennustettavasti ilman suurta volatilitteettia, jotta päästövähennykset olisivat merkittäviä. (Rafaty ym. 2025, 19–21.) Wolde-Rufael ja Mulat-Weldemeskel (2021, 22403) havaitsivat myös empiirisessä analyysissään, että tehokkaat ympäristötoimet voivat edellyttää tietyn minimitiukkuuden ylittymistä, jotta niillä saavutetaan merkittäviä päästövähennyksiä. Kohlscheen ym. (2025, 13) lisäävät, että tutkimusten

mukaan hiilen hinnan nousu vaikuttaa kuluttajahintoihin vain vähän, minkä takia sen nostamista ei tulisi pelätä.

Lilliestamin ym. (2020, 18–19) keskeisen tuloksen mukaan päästövähennykset ovat seurausta lyhyen aikavälin operatiivisista muutoksista. Ex post -analyysin mukaan päästövähennykset ovat aiheutuneet lähinnä energiatehokkuuden paranemisen ja muiden sisäisten sopeutusten kautta esimerkiksi sähkösektorilla, jossa muutokset nopealla aikataululla ovat mahdollisia. Tämä näkyy esimerkiksi EU:n päästökaupassa ja Pohjoismaiden hiiliverossa, joiden päästövähennykset painottuvat myös sähkö- ja lämpösektoreille. Toisaalta analyysissä ei löydy näyttöä siitä, että hiilen hinnoittelu olisi ohjannut investointeja puhtaisiin teknologioihin, ja myös innovaatiovaikutukset ovat olleet vähäisiä, vastoin teorian oletuksia. Sen sijaan puhtaan teknologian tuilla on osoitettu olevan suurempi vaikutus investointeihin sekä innovaatioihin. (Lilliestam ym. 2020, 18–19.) Lilliestam ym. (2020, 18) pitävät tämän perusteella hiilen hinnoittelua ohjauskeinona, joka pitää yhdistää muihin ilmastotoimiin, jotta hiilineutraalius on mahdollinen. Myös Rafaty ym. (2025, 21) korostavat ohjauskeinojen monipuolisuutta ja niiden laajentamista useammille talouden sektoreille ja maantieteellisille alueille, jotta vähennykset ovat riittäviä.

Tutkimuskirjallisuuden lisäksi yleisessä kuvassa korostuu se, etteivät toimet riitä saavuttamaan asetettuja päästötavoitteita. Vaikka hiilen hinnoittelu on onnistunut vähentämään päästöjä ja hidastamaan niiden kasvua useampien ex post -analyysien mukaan, vaikutukset ovat vähäisiä ja toteutuvat lähinnä sisäisten sopeutusten kautta. Bergh ym. (2020, 1058) korostavat, että yksittäiset kansalliset hiilen hinnoittelujärjestelmät jäävät usein tehottomiksi, minkä vuoksi empiirisesti vaikuttavat päästövähennykset edellyttävät kansainvälisesti koordinoitua ja asteittain kiristyvää hiilen hinnoittelua muiden ilmastopolitiikkojen lisäksi. Rafaty ym. (2025, 21) huomauttavatkin, että hiilen hinnoittelun nykyinen kattavuus on kaukana Pariisin sopimuksen sovitusta 1,5–2 asteen lämpenemisrajasta. Sen saavuttamiseen tarvitaan muita toimia sekä hiilen hinnoittelun tukena että siellä, missä se ei ole mahdollista (Rafaty ym. 2025, 21).

Tutkimuskirjallisuudessa korostuu tarve laajentaa hiilen hinnoittelujärjestelmiä maailmanlaajuisesti ja eri sektoreille ilman erityisiä vapautuksia, kun tavoitellaan vaikuttavia päästövähennyksiä. Erityisesti hiili- ja päästöintenssiivisten alojen ja toimijoiden poissulkua tulisi välttää (Rafaty ym. 2025, 21). Myös järjestelmien linkittäminen on nähty vaihtoehtona laajentamiselle. Bergh ym. (2020) ehdottavat mahdollisena ratkaisuna maidenvälisen koalition muodostamista, jossa toimii yhtenäinen hiilen hinnoittelu- ja hiilitullijärjestelmä. Green (2021, 14) huomauttaa kuitenkin, että laajat järjestelmät voivat kustannusten kasvamisen lisäksi aiheuttaa instituutionaalisia haasteita ja luoda

uusia ongelmia, joiden ratkaisu voi osoittautua vaikeaksi, minkä takia järjestelmien linkittämiseen ja laajentamiseen tulisi suhtautua varauksella.

Hiilen hinnoittelu ei analyysien mukaan yksinään tai nykyisenä riitä hillitsemään ilmastonmuutosta, vaan järjestelmien täytyy muuttua uuden informaation edessä. Nykyisillä voimassaolevilla ilmastotoimilla lämpeneminen yltää vuosisadan loppuun mennessä keskimäärin 2,8 asteeseen esiteolliseen aikaan verrattuna, eikä ennuste ole laskenut edellisestä vuodesta. Tälle lämpenemiselle arvioidaan 66 % todennäköisyys, ja vaihteluväli ulottuu 2,1 asteesta 3,9 asteeseen. (UNEP 2025, 12.) On siis selvää, etteivät nykyiset ohjausjärjestelmät riitä tai toimi tarvittavalla tavalla saavuttaakseen edes 2 asteen rajaa. Bergh ym. (2020, 1065) esittävät, että olisi hyödyllistä ja helpompaa määrittää maailmanlaajuinen hiilen hinta määrällisten tai laadullisten tavoitteiden sijaan. Sen pystyy sopimaan ja yhtenäistämään eri maiden ja alueiden välillä, mikä vähentää vapaamatkustuksen ja hiilivuodon ongelmia. Sen lisäksi tulot voidaan jakaa heikommassa asemassa oleville kansallisesti tai kansainvälisesti. (Bergh ym. 2020, 1057–1058.) Lopulta keskustelu vaatii realistisia ja yhteisesti jaettuja ratkaisuja ilmastonmuutoksen ratkaisemiseksi. Tämä vaatii valtioilta siirtymistä kohti yhteisen edun tavoittelua omansa sijaan sekä aitoa ymmärrystä ympäristön ja maapallon merkityksestä kaiken elämän ja taloudellisen toiminnan perustana.

## 5 Yhteenveto

Tutkielman tavoitteena oli tarkastella ilmastonmuutosta ulkoisvaikutusteorian näkökulmasta ja selvittää, toimiiko hiilen hinnoittelu päästöjen vähentämiskeinona. Ilmastonmuutos hahmotettiin negatiivisena ulkoisvaikutuksena päästöjen aiheuttamana, jonka vaikutukset ulottuvat ajallisesti tuleville sukupolville ja maantieteellisesti valtioiden rajojen yli (Stern 2006). Ympäristön resurssit nähtiin julkishyödykkeinä, mikä aiheuttaa merkittäviä instituutionaalisia haasteita ulkoisvaikutusten hallinnassa. Tutkielmassa tarkasteltiin erityisesti sitä, millä tavoin hiilivero ja päästökauppa pyrkivät vastaamaan ulkoisvaikutusongelmaan ja sisäistämään yhteiskunnalliset kustannukset, sekä miten tehokkaita nämä ohjaukskeinot ovat olleet käytännössä.

Teoreettinen tarkastelu osoitti, että ilmastonmuutoksen juurisyy liittyy markkinoiden puutteeseen ja kyvyttömyyteen hinnoitella päästöjen aiheuttamia haittoja, mikä johtaa yksityisen ja sosiaalisen rajakustannuksen eriytymiseen eli ulkoisvaikutuksiin, jotka ilmastonmuutoksen tapauksessa ovat negatiivisia (Pigou 1920; Baumol & Oates 1988). Monet ympäristön resurssit, kuten ilmasto ja ilmakehä, täyttävät globaalin julkishyödykkeen tunnusmerkit, minkä vuoksi niihin liittyy vapaamatkustusongelmia, heijastevaikutuksia sekä alituotantoa ja ylikulutusta (Cornes & Sandler 1996; Kaul ym. 1999). Näistä syistä markkinaehtoiset ratkaisut eivät yksinään riitä, vaan ulkoisvaikutusten hallinta edellyttää myös julkisten instituutioiden aktiivista roolia. Samalla julkiseen sääntelyyn liittyy kuitenkin merkittäviä institutionaalisia, poliittisia ja tiedollisia rajoitteita, jotka voivat heikentää ilmastotoimien tehokkuutta (Derwort ym. 2019).

Hiilen hinnoittelun instrumenttien, hiiliveron ja päästökaupan, tarkastelu osoitti, että ne perustuvat samaan teoreettiseen ydinajatukseseen hiilidioksidin kustannusten sisäistämisestä, mutta eroavat toisistaan siinä, asetetaanko ensisijaisesti hinta vai päästöjen määrä. Hiiliveron etuna on tasainen ja ennustettava hintasignaali, joka ohjaa päästövähennykset kustannustehokkaasti sinne, missä ne ovat halvimpia (Timilsina 2022). Sen käyttöä rajoittavat kuitenkin poliittinen vastustus, jakovaikutuksiin liittyvät huolenaiheet sekä epävarmuus päästöjen aiheuttamien vahinkojen ja vähennyskustannusten suuruudesta (Weitzman 1974; Setiabudi & Suhardianto 2025). Päästökauppa puolestaan mahdollistaa määrällisesti varman päästökaton ja markkinaehtoisin hinnanmuodostuksen, mutta altistuu hinnan vaihtelulle ja vaatii huolellista suunnittelua ja valvontaa toimiakseen tehokkaasti (World Bank 2016). Hybridijärjestelmä yhdistää molempien hyödyt, ja sen on nähty olevan paras vaihtoehto reagointikykyä takia (Goulder & Schein 2013).

Empiirisen tutkimuskirjallisuuden perusteella hiilen hinnoittelulla on ollut tilastollisesti merkitseviä, mutta määrältään rajallisia päästövähennysvaikutuksia. Hiiliverojen ja päästökaupan on havaittu hidastaneen päästöjen kasvua ja vähentäneen päästöjä erityisesti sähkö- ja lämpösektoreilla, joissa lyhyen aikavälin sopeutukset ovat mahdollisia (Kohlscheen ym. 2025). Rafaty ym. (2025) kuitenkin korostavat, etteivät hintojen muutokset yksin selitä havaittuja vähennyksiä, vaan merkittävä osa vaikutuksista syntyy itse hinnoittelujärjestelmien käyttöönotosta ja niiden luomista odotus- ja signaali-vaikutuksista. Empiiristä tutkimusta hiilen hinnoittelun todellisista päästövähennyksistä on kuitenkin toistaiseksi vähän, minkä lisäksi ex ante -arviot antavat usein suurempia päästövähennysennusteita, mitä ex post -analyysit ovat osoittaneet. (Rafaty ym. 2025.) Teorian vastaisesti hiilen hinnoittelulla ei ole havaittu olevan merkittäviä innovaatio- tai investointivaikutuksia puhtaampiin teknologioihin, vaan tutkimuskirjallisuus korostaa tukien ja muun sääntelyn roolia teknologiasiirtymässä (Lilliestam ym. 2020).

Tutkielman keskeinen johtopäätös on, ettei hiilen hinnoittelu nykyisessä kattavuudessaan ja institutionaalisessa kehyksessään riitä hillitsemään ilmastonmuutosta Pariisin sopimuksen tavoitteiden mukaisesti. Tehokas ilmastopolitiikka edellyttää hiilen hinnoittelun yhdistämistä muihin politiikkatoimiin, kuten teknologiatukiin, sääntelyyn ja kansainväliseen koordinaatioon. Hiilen hinnoittelulla on kuitenkin keskeinen rooli ilmastopolitiikassa, sillä se tekee aiemmin näkymättömistä ympäristökustannuksista näkyviä ja ohjaa taloudellista toimintaa kohti vähäpäästöisempiä ratkaisuja. Pitkällä aikavälillä ilmastokriisin ratkaiseminen edellyttää myös laajempaa muutosta siinä, miten ympäristön arvo ymmärretään ja huomioidaan taloudellisessa ja poliittisessa päätöksenteossa.

## Lähteet

- Adachi, T. – Fabinger, M. (2022) Pass-through, welfare, and incidence under imperfect competition. *Journal of Public Economics*, Vol. 211, 104589.
- Arrow, K. J. (1969) The organization of economic activity: issues pertinent to the choice of market versus non-market allocation. Teoksessa: *Public Expenditures and Policy Analysis*, toim. R. H. Haveman – J. Margolis, 59–73. Markham, Chicago.
- Baumol, W. J. – Oates, W. E. (1988) *The theory of environmental Policy*. 2. p. Cambridge University Press, Cambridge.
- Buchholz, W. – Sandler, T. (2021) Global public goods. *Journal of Economic Literature*, Vol. 59 (2), 488–545.
- Coase, R. H. (1960) The problem of social cost. *Journal of Law and Economics*, Vol. 3, 1–44.
- Colmer, J. – Martin, R. – Muûls, M. – Wagner, U. J. (2025) Does pricing carbon mitigate climate change? Firm-level evidence from the European Union Emissions Trading System. *Review of Economic Studies*, Vol. 92 (3), 1625–1660.
- Cornes, R. – Sandler, T. (1996) *The theory of externalities, public goods and club goods*. 2 uud. p. Cambridge University Press, Cambridge.
- Derwort, P. – Jager, N. – Newig, J. (2019) Towards productive functions? A systematic review of institutional failure, its causes and consequences. *Policy Sciences*, Vol. 52 (2), 281–298.
- Dogan, I. C. – Li, X. (2025) The effectiveness of the Paris Agreement: Successes, challenges and future directions. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, Vol. 25 (3), 420–433.
- Favier, R. (2025) Thinking about climate change (16th–21st centuries). *Encyclopedia of the Environment*. <<https://www.encyclopedie-environnement.org/en/climate/thinking-about-climate-change-16th-21st-centuries-2/>>, haettu 12.3.2026.
- Fischer, C. – Fox, A. K. (2007) Output-based allocation of emissions permits for mitigating tax and trade interactions. *Land Economics*, Vol. 83 (4), 575–599.
- Fransen, T. – Meckling, J. – Stünzi, A. – Schmidt, T. S. – Egli, F. – Schmid, N. – Beaton, C. (2023) Taking stock of the implementation gap in climate policy. *Nature Climate Change*, Vol. 13 (8), 752–755.
- François, K. (2013) Beyond the human-nature dualism: Towards a concept of nature as part of the life-world. Teoksessa: *Phenomenology and the Human Positioning in the Cosmos: The Life-world, Nature, Earth*, toim. A.-T. Tymieniecka, 205–216. Springer, Dordrecht.
- Goulder, L. H. – Schein, A. (2013) Carbon taxes vs. cap and trade: A critical review. *NBER Working Paper*, No. 19338. National Bureau of Economic Research.

- Green, J. F. (2021) Does carbon pricing reduce emissions? A review of ex-post analyses. *Environmental Research Letters*, Vol. 16 (4), 043004.
- Hardin, Garrett (1968) The tragedy of the commons. *Science*, Vol. 162 (3859), 1243–1248.
- Hayek, Friedrich A. (1945) The use of knowledge in society. *The American Economic Review*, Vol. 35 (4), 519–530.
- ICAP (2026) *Emissions trading worldwide: Status report 2026*. ICAP, Berlin.
- IISD (2025) *The State of BCAs 2025*. IISD Report. IISD, Winnipeg
- IPBES (2022) *Methodological assessment report on the diverse values and valuation of nature*. Toim. Balvanera, P. – Pascual, U. – Christie, M. – Baptiste, B. – González-Jiménez, D. IPBES Secretariat, Bonn, Germany.
- IPCC (2022) *Climate Change 2022: Mitigation of climate change. Contribution of working group III to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Toim. P.R. Shukla ym. Cambridge University Press, Cambridge, UK ja New York, NY, USA.
- Kaul, I. – Grunberg, I. – Stern, M. A. (1999) *Global public goods: international cooperation in the 21st century*. Oxford University Press, New York.
- Kohlscheen, E. – Moessner, R. – Takats, E. (2025) Effects of carbon pricing and other climate policies on CO<sub>2</sub> emissions. *National Institute Economic Review*, 2025, 1–16.
- Kotchen, M. J. – Maggi, G. (2026) Carbon taxes and green subsidies in a world economy. *Working paper*, Yale University, National Bureau of Research.
- Lilliestam, J. – Patt, A. – Bersalli, G. (2021) The effect of carbon pricing on technological change for full energy decarbonization: A review of empirical ex-post evidence. *WIREs Climate Change*, Vol. 12 (4), e681.
- Lipsey, R. G. – Lancaster, K. (1956) The general theory of second best. *Review of Economic Studies*, Vol. 24 (1), 11–32.
- Montgomery, W. D. (1972) Markets in Licenses and Efficient Pollution Control Programs. *Journal of Economic Theory*, Vol. 5, 395–418.
- NASA (2026) Global Temperature – Earth Indicators [Verkkosivu]. <<https://science.nasa.gov/earth/explore/earth-indicators/global-temperature/>>, haettu 24.2.2026.
- ODI (2025) *EU CBAM in 2025: reform and implementation. Simplification, third-country policy responses and international impacts*. ODI Briefing Paper. ODI Europe, Brussels.
- OECD (2025). Environment at a glance: Indicators. OECD Publishing. <<https://doi.org/10.1787/ac4b8b89-en>>, haettu 8.4.2026

- Perman, R. – Ma, Y. – McGilvray, J. – Common, M. (2003) *Natural Resource and Environmental Economics*. 3. p. Pearson Education, Harlow.
- Pigou, A. C. (1920) *The Economics of Welfare*. Macmillan, London.
- Pizer, W. A. – Prest, B. C. (2020) Prices versus quantities with policy updating. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, Vol. 7(3), 483–518.
- Plumwood, V. (1993) *Feminism and the mastery of nature*. Routledge, London – New York.
- Rafaty, R. – Dolphin, G. – Pretis, F. (2025) Carbon pricing and the elasticity of CO<sub>2</sub> emissions. *Energy Economics*, Vol. 144, 108298.
- Schläpfer, F. – Vatn, A. (2023) Regulation of externalities: rights, options, and procedure. *Frontiers in Environmental Economics*, Vol. 2, 1188700.
- Setiabudi, A. – Suhardianto, N. (2025) Is carbon tax really working for reducing carbon emissions? – A bibliometric and systematic literature review. *International Journal of Law and Management*, ahead-of-print.
- Sijm, J. – Neuhoff, K. – Chen, Y. (2006) CO<sub>2</sub> cost pass-through and windfall profits in the power sector. *Climate Policy*, Vol. 6 (1), 49–72.
- Sola, F. – Costa, J. A. F. – D'Isep, C. F. M. (2024) Externalities and public goods: uses and limits of neoclassical analysis of environmental issues. *Beijing Law Review*, Vol. 15 (4), 2149–2162.
- Stern, N. (2006) *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Stern, N. – Stiglitz, J. E. – Taylor, C. (2022) The Economics of immense risk, urgent action and radical change: Towards new approaches to the economics of climate change. *NBER Working Paper*, No. 28472. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Stiglitz, J. E. – Rosengard, J. K. (2015) *Economics of the public sector*. 4. p. W. W. Norton & Company, New York – London.
- The Guardian (2026) Global economy must be transformed to secure humanity's future, says UN chief António Guterres [Uutinen].  
<<https://www.theguardian.com/environment/2026/feb/09/global-economy-transformed-humanity-future-un-chief-antonio-guterres>>, haettu 10.3.2026.
- Timilsina, G. R. (2022) Carbon taxes. *Journal of Economic Literature*, Vol. 60 (4), 1456–1502.
- United Nations (2022) Secretary-General's remarks at Stockholm+50 international meeting [Puhe].  
<<https://www.un.org/sg/en/content/sg/statements/2022-06-02/secretary-generals-remarks-stockholm50-international-meeting-delivered>>, haettu 10.3.2026.
- UNEP (2025) *Emissions gap report 2025: Off target – Continued collective inaction puts global temperature goal at risk*. UNEP, Nairobi.

- Bergh, J. C. J. M., van den – Angelsen, A. – Baranzini, A. – Botzen, W. J. W. – Carattini, S. – Drews, S. – Dunlop, T. – Galbraith, E. – Gsottbauer, E. – Howarth, R. B. – Padilla, E. – Roca, J. – Schmidt, R. C. (2020) A dual-track transition to global carbon pricing. *Climate Policy*, Vol. 20 (9), 1057–1069.
- Weitzman, M. L. (1974) Prices vs. quantities. *The Review of Economic Studies*, Vol. 41 (4), 477–491.
- Weyl, E. G. – Fabinger, M. (2013) Pass-through as an economic tool: Principles of incidence under imperfect competition. *Journal of Political Economy*, Vol. 121 (3), 528–583.
- Wolde-Rufael, Y. – Mulat-Weldemeskel, E. (2021) Do environmental taxes and environmental stringency policies reduce CO<sub>2</sub> emissions? Evidence from 7 emerging economies. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 28, 22392–22408.
- World Bank (2025) *State and Trends of Carbon Pricing 2025*. World Bank, Washington, DC.
- World Bank – PMR (Partnership for Market Readiness) – ICAP (International Carbon Action Partnership) (2016) *Emissions trading in practice: A handbook on design and implementation*. World Bank, Washington, DC.
- World Bank (2026) Carbon pricing dashboard – Compliance instruments: Price [Verkkosivu]. <<https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/compliance/price>>, haettu 3.4.2026.
- WWF Suomi (2026) Ilmastonmuutos [Verkkosivu]. <<https://wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/>>, haettu 24.2.2026.
- Yle (2026) Huippututkijat: Maapallo on siirtymässä aikaan, joka ei enää tue ihmiskunnan selviytymistä [Uutinen]. <<https://yle.fi/a/74-20209804>>, haettu 23.2.2026.

## Liitteet

### Liite 1 Selvitys tekoälyn käytöstä

Tämän opinnäytetyön laatimisessa olen hyödyntänyt generatiivista tekoälyä useissa tukitehtävissä. Käytetyt työkalut, niiden käyttötarkoitus ja varmistustoimet on kuvattu alla. Vakuutan, että olen käyttänyt kaikkia tekoälytyökaluja huolellisesti ja varoen, ilmoittanut niiden käytöstä täysin yliopiston ohjeiden mukaisesti sekä otan täyden vastuun kaikesta tässä työssä esitetystä sisällöstä.

#### Microsoft 365 Copilot (yliopiston tunnuksilla)

- **Käyttövaihe:** Aiheen ja rakenteen ideointi
- **Käyttötarkoitus:** Käytin Copilotia tutkielman aiheen ja myöhemmin rakenteen ideointiin
- **Esimerkkikehote** (15.1.2026, 22.2.2026): "Mistä aiheista voisin tehdä kandidaatintutkielmani, joka liittyy ilmastonmuutokseen ja ulkoisvaikutuksiin?" ja "Mitä asioita pitäisi käsitellä tutkielmassa, jossa perehdyn päästöjen ulkoisvaikutuksiin ja miten niiden suuruutta mitataan?"
- **Varmistus:** Tekoäly ehdotti aiheiksi esimerkiksi sosiaalisen hiilikustannuksen (engl. Social Cost of Carbon) roolia ilmastopolitiikassa ja hiiliveron ja päästökaupan välistä vertailua siitä, kumpi sisäistää ulkoisvaikutukset tehokkaammin. Rakenteeseen tekoäly suositteli esimerkiksi ulkoisvaikutusten ja julkishyödykkeiden teoreettista käsittelyä sekä muun muassa hiilen hinnan mittaamisessa käytettyjä integroituja arviointimalleja. Lopullinen aihe ja rakenne muotoutui kuitenkin itsenäisesti työn edetessä, ja tekoälyn ehdotukset toimivat lopulta vain inspiraationa työn alussa.
- **Käyttövaihe:** Lähteiden etsiminen ja niiden tiivistäminen
- **Käyttötarkoitus:** Käytin Copilotia tutkielman lähteiden etsimiseen ja niiden sisällön tiivistämiseen kokonaiskuvan saamiseen
- **Esimerkkikehote** (15.1.2026, 22.2.2026): "Etsi kattavia talousteoreettisia lähteitä ulkoisvaikutuksiin liittyen," ja "Tiivistä Cornes & Sandler 1996 teoksen osa 2."
- **Varmistus:** Tekoäly ehdotti lähteiksi esimerkiksi tutkielmassa käyttämiäni Baumol & Oates 1988 ja Cornes & Sandler 1996 teoksia. Tekoäly ehdotti myös omaan työhöni

sopimattomia lähteitä. Arvioin jokaisen käyttämäni lähteen sisällön ja luotettavuuden itse ja etsin ne Volterista tai muulta luotettavalta sivulta. Säilytin täyden päätösvallan käyttämieni lähteiden suhteen. Käytin tiivistelmiä yleiskuvan saamiseen, ja aina viitatessani tekstiin etsin oikean kohdan tekstistä ja tarkistin sivunumeron itse.

- **Käyttövaihe:** Oman tekstin parantaminen
- **Käyttötarkoitus:** Käytin Copilotia selkeyttämään omaa tekstiäni ja parantamaan ilmaisuja
- **Esimerkkikehote (28.4.2026):** ”Ilmaise neutraalimmin akateemiseen tekstiin sopivaksi: Kun ajattelemme olevamme irrallisia, tärkeämpiä ja ylempänä muusta luonnosta, emmekä kannu vastuuta aiheuttamistamme saasteista, ammuimme itseämme jalkaan.”
- **Varmistus:** Tekoäly ehdotti kolmea eri vaihtoehtoa, joiden piirteitä yhdistelin ja muotoilin omaan tyyliini sopivaksi. Alkuperäisen ajatukseni sisältö pysyi samana. Tuotin tekstini itse lähteiden ja omien ajatusten pohjalta, mutta selkeytin ja paransin kieliasua yksittäisissä kohdissa tekoälyn avulla. Syötin tekoälylle vain muutamia virkkeitä kerrallaan ja hioin tekstini valmiiksi itse. Säilytin täyden päätösvallan lopullisen tekstin suhteen.
- **Käyttövaihe:** Lähdeluettelon muotoilu
- **Käyttötarkoitus:** Käytin Copilotia kirjoittamaan lähteet auki ohjeiden mukaan lähdeluetteloa varten
- **Esimerkkikehote (4.5.2026):** ”Luo lähdeluettelo ohjeiden mukaan teoksesta Hayek 1945 The use of knowledge in society.”
- **Varmistus:** Tekoäly antoi pääosin oikeat tiedot, mutta tarkistin kaikki aina itse ja tein muutoksia tarvittaessa. Esimerkiksi kursivointi oli paikoin väärin. Olin perehtynyt itse Turun yliopiston lähdeviittausohjeistukseen, joiden mukaan tein muutokset. Pyysin tekoälyä luomaan luettelon yhdestä lähteestä kerrallaan ja huolehdimin itse, että kaikki käyttämäni lähteet mainitaan lähdeluettelossa ja toisin päin. Tekoälyllä säästin aikaa lähteiden kirjoittamisessa auki.