

## Päästövähennystoimenpiteiden kustannustehokkuusarvioinnin menetelmät ja kehityskohteet

Maiju Kauko, Nikita Semkin, Satu Lyyra, Minna Tontti, Noora Rantanen, Aura Nousiainen, Kaisa Kämäräinen ja Jenni Patronen | Pöyry

### **Päästövähennystoimenpiteiden kustannustehokkuuslaskenta on monimutkaista ja metodeja on lukuisia**

Pöyryn toteuttaman selvityksen tarkoituksena oli tuottaa kokonaiskuva tällä hetkellä käytössä olevista menetelmistä päästövähennystoimien kustannustehokkuuden arvioimiseen taakanjakosektorilla. Kustannustehokkuuden arviointiin käytettäviä menetelmiä on lukuisia ja käytetyt metodit vaihtelevat merkittävästi eri maiden, selvitysten ja sektorien välillä. Eri menetelmissä on omat etunsa ja rajoitteensa. Siten ei ole yhtä oikeaa menetelmää arvioida päästövähennystoimenpiteiden kustannustehokkuutta. Laskentaoletuksia kuvataan tyypillisesti melko puutteellisesti. Tämä hankaloittaa eri laskentojen lopputulosten vertailua ja laskennan kehittymistä. Avoinuuden lisääminen mahdollistaisi laajemman keskustelun menetelmistä ja edesauttaisi niiden edelleen kehittämistä. Lisäksi Suomen tulisi systematisoida päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi tarvittavien päästövähennystoimien ja ohjauskeinojen suunnittelua. Myös toimilla saavutettuja hyötyjä ja toimien kustannustehokkuutta tulisi seurata järjestelmällisesti.

### **Tarve tutkia ja kehittää päästövähennystoimien kustannustehokkuuslaskentaa**

Suomen keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman (KAISU) toimeenpano alkoi vuonna 2018. Suunnitelmassa on tunnistettu kasvihuonekaasupäästöjen vähennyskohteita taakanjakosektorilla ja linjattu toimia vuodelle 2030 asetettujen päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi. Keskeisenä periaatteena on ollut valita toteuttamiskelpoisia toimia, jotka ovat kustannustehokkaita, ts. päästövähennystavoite saavutetaan mahdollisimman matalin kustannuksin. Sekä nykyisten että suunniteltujen toimenpiteiden kustannustehokkuutta koskeva tietopohja on kuitenkin osittain puutteellinen ja arvioihin päästövähennystoimien kustannustehokkuudesta liittyy epävarmuutta.

Aiheesta on tehty aikaisempaa tutkimusta ja karkeita arvioita toimenpiteiden kustannuksista on esitetty joidenkin sektoreiden ja päästövähennystoimien osalta. Edelleen tarvitaan kuitenkin tietopohjan vahvistamista ja toimien yhteismitallisen vertailun kehittämistä, jotta ilmasto- ja ympäristöpolitiikan tavoitteiden saavuttaminen mahdollisimman kustannustehokkaasti voidaan varmistaa. Päästövähennystoimien kustannustehokkuuden arviointiin liittyvä tietotarve koskee erityisesti päästökaupan ulkopuolista taakanjakosektoria, jolla ei ole tällä hetkellä yhtenäistä päästöjen hinnoittelumekanismia päästökaupan tavoin.

Näistä lähtökohdista on noussut tarve VN TEAS -hankkeelle Päästövähennystoimien kustannustehokkuuden arviointi, jonka Pöyry toteutti vuoden 2019 aikana. Työ perustuu kirjallisuuskatsaukseen, työpajatyöskentelyyn ja asiantuntija-arvioihin.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella muodostettiin kokonaiskuva tällä hetkellä käytössä olevista menetelmistä, nostettiin esiin hyviä käytänteitä sekä tuotettiin taustatietoa kustannustehokkuusanalyysien tekemiseen ja arviointiin. Työssä on pääasiassa tutkittu metodologiaa, mutta myös kuvattu sitä, miten analyysit tilataan ja tehdään eri maissa ja nostettu parhaita käytäntöjä esiin näistä aihepiireistä. Työn aikana järjestettiin yhteensä kolme työpajaa, joissa pohdittiin päästövähennysten kustannustehokkuuden laskentamenetelmiä sekä niihin liittyviä oletuksia, vahvuuksia ja epävarmuustekijöitä. Työpajan tarkoituksena oli myös keskustella muiden maiden esimerkeistä ja niiden hyödynnettävyydestä sekä luoda ymmärrystä toimenpiteiden keskinäisistä riippuvuussuhteista ja niiden vaikutuksesta laskentaan. Työpajaosallistujat olivat pääsääntöisesti ministeriöistä ja tutkimusorganisaatioista. Työn viimeisessä vaiheessa työstettiin suosituksia arvioinnin kehittämiseksi.

Hankkeesta on julkaistu loppuraportti, jossa arvioidaan erityisesti taakanjakosektorille keskitettyjen päästövähennystoimien kustannustehokkuuden arviointimenetelmiä. Arviointi on tehty sektorikohtaisesti sisältäen taustalaskennat, menetelmät, toimien kustannustehokkuuden arvioinnin, eri sektoreiden kustannusten vertailun ja kohdentumisen eri toimijoille. Pöyry teki myös esimerkkilaskelmat kaikille sektoreille. Suomen käytäntöjä on verrattu hyviin käytäntöihin valituissa kohdemaissa. Selvityksen tavoitteena on ollut antaa työkaluja kustannustehokkaiden päästövähennystoimien arviointiin. Tämä policy brief tuo yhteen tärkeimmät selvityksen johtopäätökset.

## Menetelmät kustannustehokkuuden arviointiin

Työn aikana huomattiin, että kasvihuonekaasujen päästövähennyksiä ja niistä aiheutuvia kustannuksia on tarkasteltu paljon lukuisissa tutkimuksissa, mutta kustannustehokkuutta on tutkittu vähemmän. Tarkastelutavat ja menetelmät vaihtelevat maittain ja sektoreittain.

Kustannustehokkuuden arviointiin käytettäviä menetelmiä on lukuisia ja käytetyt menetelmät vaihtelevat merkittävästi eri selvitysten välillä. Eri menetelmissä on omat etunsa ja rajoitteenensa ja eri lähestymistavoilla ongelmaa voidaan tarkastella eri näkökulmista vastaamalla eri lähtökysymyksiin. Siten ei ole yhtä oikeaa menetelmää arvioida päästövähennystoimenpiteiden kustannustehokkuutta. Kustannustehokkuuden analysointi on myös hyvin poikkiteollinen kokonaisuus, jossa vaaditaan mm. systeemijärjestelmien ja yksityiskohtaista ymmärrystä eri sektorien lainalaisuuksista. Joissain tapauksissa vaaditaan myös ymmärrystä biologisista prosesseista.

Ylätasolla menetelmät voidaan jakaa top-down- (fokus kansantaloudellisissa kustannuksissa) ja bottom-up-menetelmiin (fokus teknologiakustannuksissa). Näiden päämenetelmien sisällä ja ohella on myös lukuisia muita menetelmiä ja menetelmäyhdistelmiä. Kuva 1 esittää yh-

teenvedon pääasiallisista analyysimenetelmistä. Esitetty jaottelu pohjautuu osittain Söderholm (2012) ja Zhang & Folmer (1998) tunnistamiin kategorioihin ja työssä tehtyihin havaintoihin. Kuvassa on esitetty eri mallinnusmenetelmät ja millä tavalla muut osakokonaisuudet riippuvat valitusta mallinnusmenetelmästä. Keskiössä on neljä eri menetelmää:

1. Yksittäistarkastelu, esimerkiksi suoraviivaiset excel-laskelmat
2. Osittaistasapainomallit, esimerkiksi TIMES-mallit, jotka laskevat optimaalisen teknologiayhdistelmän tiettyjen rajoitteiden puitteissa, kuten maksimi-CO<sub>2</sub>-päästöt vuodessa
3. Panos-tuotosmallit
4. Yleiset tasapainomallit, esimerkiksi ruotsalainen EMEC-malli

**Kuva 1 Kustannustehokkuuden laskentamenetelmien jaottelu**



Mallinnuksen tai laskennan lopputulokseen vaikuttaa merkittävästi laskentaan valittava tarkastelutapa eli kustannusnäkökulma, mallinnusmenetelmä ja skenaariot. Bottom-up-menetelmissä arvioidaan projekti-, teknologia- tai sektori-kohtaisia kustannuksia ja vastaavasti myös lopputulokset esitetään teknologia- tai toimenpidekustannuksina tai yhden sektorin kustannuksina. Top-down-menetelmissä tarkastellaan kansantaloudellisia vaikutuksia ja siten myös lopputulos on tyypillisesti esim. bruttokansantuotteen muutosvaikutus.

Eri mallinnusmenetelmissä voidaan myös tehdä erilaisia skenaariotarkasteluja. Osittaistasapainomalleissa skenaario on yleensä ns. sisäänrakennettu, kun taas top-down-mallinnuksessa skenaario on tyypillisesti bottom-up mallinnuksen lopputulos. Top-down-menetelmät sopivat myös hyvin tiettyjen toimenpiteiden, kuten veromuutosten, tarkasteluun. Yksittäistarkastelussa voidaan analysoida sekä yksinkertaisia skenaarioita, että hyödyntää kehittyneempiä menetelmiä kuten teknologian käyttöönottomallinnuksia.

Näiden lisäksi eri mallinnusmenetelmät mahdollistavat eri tavalla ristikkäis- ja epäsuorien vaikutusten huomioon ottamisen. Esimerkiksi yksittäisarvioinnissa kaikki lopputulokseen vaikuttavat arvot ovat staattisia lähtöarvoja, kun taas osittaistasapainomalleissa ne voivat olla mallin sisäisiä muuttujia, jolloin jotkin ristikkäisvaikutukset tulevat huomioitua mallin sisällä ”automaattisesti”.

## Kustannustehokkuusarviointi eri sektoreilla

Pöyryn selvityksessä keskityttiin tarkastelemaan liikenne-, rakennusten erillislämmitys - ja maatalous -sektoreita.. Seuraavaksi käydään läpi keskeisimmät havainnot kirjallisuudesta eri sektoreilla.

Epätarkkuuksien ja epävarmuuksien suuren määrän vuoksi eri sektorien välisiä kustannustehokkuustoimia on hyvin vaikea vertailla keskenään. Vertailu ei ole yksiselitteistä, koska laskea tehdään eri sektoreilla tyypillisesti eri näkökulmista ja eri asioita painottaen.

### Liikenne

Liikennesektori on taakanjakosektoreista päästöjen puolesta suurin ja siinä on myös eniten päästövähennyspotentiaalia. Liikennesektorilla on huomattavasti erilaisia ristikkäisiä ja epäsuoria vaikutuksia, jotka tekevät liikennesektorin päästövähennystoimenpiteiden analysoinnista haastavaa. Liikennesektorilla on myös huomattavia epäsuoria ja yleisempiä kansantaloudellisia vaikutuksia sen luonteesta ja koosta johtuen. Toimenpiteillä voi olla vaikutuksia eri sektorien työllisyyteen ja kuluttajien ostovoimaan. Pelkästään epäsuorien kustannusten vaikutus voi olla 20–30 % kokonaiskustannuksiin.

Liikennesektorilla yleinen tarkastelumenetelmä on liikennesektorin tarkastelu sektoritasolla, jota täydennetään yleisillä tasapainomalleilla. Itse liikennesektori on yleensä mallinnettu osittaistasapainomallilla, jossa mallinnetaan teknologiavalintoja joko kuluttajatasolla tai järjestelmätasolla minimoiden kustannuksia suhteessa skenaariossa asetettuun CO<sub>2</sub>-päästörajaan.

Perusurana on tyypillisesti liikennesektorin oletettu kehitys ilman tulevia toimenpiteitä, jotka on tuotettu erillisellä mallilla. Poikkeuksena tähän on esim. PwC:n Saksan valtiolle tekemä selvitys, jossa varsinaista perusuraa ei ole, vaan päästövähennyksiä ja kustannuksia on tarkasteltu olettamalla, että markkinoille tulee tietty lukumäärä sähköautoja (80 000 kpl/v) ja ne korvaavat tietyllä jakaumalla bensiini- ja dieselautoja. Toisin sanoen tässä esimerkissä sähköautojen yleistymisvauhti on eksogeeninen (mallin ulkopuolinen) muuttuja. Perusuraan vasten vertailtavat skenaariot ovat pääsääntöisesti normatiivisia (ennakoivia tai tavoitteellisia) skenaarioita. Mallinnuksessa asetetaan tällöin katto vuotuisille CO<sub>2</sub>e-päästöille ja osittaistasapainomalli ratkaisee kustannustehokkaimman ajoneuvo- ja teknologiaportfolion, jolla tavoite voidaan saavuttaa. Tällöin liikenneteknologian valinta on endogeeninen (mallin sisäinen) muuttuja.

Ristikkäisvaikutusten huomiointi on tapaus- ja mallikohtaista. Kustannuksista huomioidaan tyypillisesti vain suorat teknologiakustannukset. Kustannusten kohdentumista on tarkasteltu hieman eri menetelmin. Yleisin tapa on laskea puhtaasti teknologiakustannukset tai kansantaloudelliset kustannukset kokonaisuudessaan, tai monessa tapauksessa molemmat. Teknologiakustannukset tarkoittavat tässä suoraan vaihtoehtoisten teknologioiden kustannuksia verrattuna perusuraan, eli yleisimmin sähköauton elinkaarikustannukset vs. polttomoottoriautojen kustannukset kerrottuna käyttöön otettujen sähköautojen määrällä. Kustannukset on tyypillisesti diskontattu sosiaalisella diskonttauskertoimella. Tulokset esitetään joko

EUR/tCO<sub>2e</sub> tietylle teknologialle, sektoritason kokonaiskustannuksina tai prosentteina BKT:sta.

## Rakennusten erillislämmitys

Rakennusten erillislämmitys on merkittävä kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaja useassa maassa, minkä vuoksi siihen liittyviä päästövähennysten kustannustehokkuustoimia on pohdittu laajalti. Yleisimpiä rakennusten erillislämmityssektorin mallinnusmenetelmiä ovat yksit- täistarkastelu, staattinen malli sekä osittaistasapainomalli. Sektori mallinnetaan tyypillisesti itsenäisesti eikä esimerkiksi osana muita sektoreita tai osana kokonaiskansantaloutta.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella voi sanoa, että perusura on tyypillisesti joko maan viimei- simmän ilmastostrategian mukainen näkemys rakennussektorin kehityksestä tai vaihtoehtoi- sesti business-as-usual -tyyppinen mallinnus, joka nojaa vahvemmin historiatietoihin.

Tyypillisesti perusuraa verrataan erilaisiin skenaarioihin/vaihtoehtoihin kehityspolkuihin, jotka perustuvat esimerkiksi ilmastotoimiin tai niiden tekemättä jättämiseen. Skenaarioiden avulla voidaan tuottaa dataa, joka auttaa päätöksentekijöitä näkemään esimerkiksi erilaisten poliit- tisten toimien kustannustehokkuutta. Rakennussektorin malleissa voidaan myös laskea kriit- tistä polkua, joka pitäisi olla saavutettuna tiettyihin vuosiin mennessä, jotta ilmastostrategian tavoitteet olisivat ylipäänsä saavutettavissa. Rakennussektorin malleissa nämä kriittiset polut liittyvät esimerkiksi siihen, kuinka paljon pitää olla rakennettuna kaukolämpöverkkoa tai kuin- ka monta ilmalämpöpumppua pitää olla asennettuna tiettyyn vuoteen mennessä. Johtopää- töksenä voi sanoa, että rakennussektorin laskennassa on käytetty useasti normatiivisia ske- naarioita sekä osittain predikatiivisia ja eksploraatiivisia (tutkivia) skenaarioita.

Rakennussektorilla yksi tärkeimmistä muuttujista on rakennus tai asunto, joista jompikumpi on usein keskeinen laskentayksikkö. Myös eri teknologioihin liittyvät yksiköt, kuten lämpö- pumput tai kaukolämpöverkon laajuus, ovat tyypillisiä laskennan muuttujia. Rakennussektorin laskennassa kustannusten kohdalla keskitytään pääsääntöisesti teknologiakustannuksiin. Näihin liittyvät sekä muuttuvat että kiinteät kustannukset.

Kuten monella muullakin sektorilla, myös rakennussektorilla diskontataan useimmiten vain kokonaiskustannukset eikä esim. päästöjä. Diskonttauskorkona on tyypillisesti sosiaalinen diskonttauskorko (3,5–4 %). Rakennussektorin päästöjä mitataan tyypillisesti kasvihuonekaa- supäästöjen vähentymisellä, yksikkönä t CO<sub>2e</sub> tai pelkkä t CO<sub>2</sub> (ei e.).

Kun tarkastellaan eri sektorien välisiä yhteyksiä, rakennussektori kytketään monesti energia- sektoriin, mikä onkin luontevaa alojen päällekkäisyyksien vuoksi. Jos esimerkiksi lämpö- pumppujen määrä lisääntyy, kasvaa myös sähköverkon kuormitus. Lämpöpumppujen määrä saattaa vaikuttaa myös sähkön hintaan. Kirjallisuuskatsauksen perusteella rakennusten eril- lislämmityssektoria mallinnettaessa lasketaan verrattain vähän ristikkäisvaikutuksia muihin sektoreihin. Niissä tutkimuksissa, joissa ristikkäisvaikutukset on mallinnettu tai niiden mallin- nusta on avattu, voidaan nähdä, että sektorikytkennät ovat huomioitu ensimmäisen kertalu- vun mukaan tai käyttämällä toimikohtaista korjauserrointa.

Rakennusten lämmitysratkaisuilla on lisäksi vaikutuksia myös muista näkökulmista. Yksi tär- keimmistä näkökohdista on rakennusten erillislämmityksen vaikutus sosio-ekonomisiin kysy- myksiin. Koska asuminen ja sitä kautta rakennukset ovat keskeisimpiä yhteiskuntaan vaikut- tavia tekijöitä, tulee eri ohjauskeinoissa ottaa huomioon niiden vaikutukset eri yhteiskunnan ryhmiin.

## Maatalous

Päästövähennystoimien kustannustehokkuuslaskennan kannalta maataloussektori on haastava kokonaisuus, sillä riippuen toimenpiteestä ja kasvihuonekaasupäästöstä, maatalouden piirissä syntyviä päästöjä raportoidaan kolmella eri sektorilla. Näiden maataloussektorin ei-energiaperäisten päästöjen osuus taakanjakosektorin päästöistä on noin viidennes. Taakanjakoon kuulumattomalla maankäyttösektorilla (LULUCF) raportoidaan maatalousmaahan liittyvät hiilidioksidipäästöt lukuun ottamatta kalkituksen päästöjä, jotka raportoidaan maataloussektorilla. Lisäksi maatalouden työkoneiden ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöt raportoidaan energiasektorilla.

Maatalouden päästövähennystoimenpiteiden eroavaisuuksien vuoksi on myös haastavaa kehittää yhtä yhtenäistä perusuraa. Esimerkiksi eloperäisten maiden viljelyssä nykytasolla voidaan tarkoittaa joko karjatiloilta edelleen tapahtuvaa metsän raivaamista nurmiviljelyyn ja lannan levitykseen tai perinteistä viljanviljelyä, josta siirrytään esimerkiksi suorakylvöön. Päästövähennystoimenpiteille tulisikin kehittää erilliset perusurat. Päästövähennystoimenpiteestä riippumatta luontevinta on verrata kasvihuonekaasujen päästövähennystä tilanteeseen, jossa analysoitavaa vähennystoimea ei toteuteta.

Maataloussektorille sisältyy kuitenkin myös ns. no-regrets -menetelmiä (joka tapauksessa toteuttamisen arvoisia). Näitä ovat mm. lannoituksen tekninen tarkentaminen, muokkauksen keventäminen sekä vähempituottoisten viljelyalojen jättäminen viherkesannolle rehuviljan viljelyn sijaan.

Kustannusten arvioinnissa keskeistä on, että maatalon omistaja tai viljelijä itse on toimenpiteen kohteena, mikä aiheuttaa maataloussektorin kustannustehokkuuden laskentaan erilaisen näkökulman muihin sektoreihin nähden. Useat päästövähennystoimenpiteet edellyttävät mm. maankäytön, viljelytoimenpiteiden tai jopa tuotannon muutoksia, jotka vaikuttavat suoraan yksittäisten tilojen elinkeinoinhin ja aiheuttavat sitä kautta mahdollisesti myös suoraa kustannusvaikutuksia.

Maataloussektorilla päästövähennystoimien kustannustehokkuus ilmaistaan usein rajakustannuskäyrillä eli MAC-käyrillä. MAC-käyrät esittävät yleensä maatalouden osa-alueen eri toimien päästövähennyspotentiaalin suhteessa niiden kustannuksiin tietyllä maantieteellisellä alueella. Tämän vuoksi MAC-käyrällä esitettävät tulokset ovat sekä alueellisesti että sektorillisesti sidottuja, eivätkä esitä esimerkiksi sektorin ulkopuolisten päästöjen vähenemisen rajakustannusta.

## Johtopäätökset ja suositukset

Työn johtopäätöksenä voi sanoa, että kustannustehokkuuslaskennan läpinäkyvyys on usein puutteellista. Esimerkiksi laskentaoletuksia kuvataan tyypillisesti melko puutteellisesti, mikä hankaloittaa eri laskentojen lopputulosten vertailua ja laskennan kehittymistä. Päästövähennysten kustannustehokkuusanalyysien ja laskentojen tulisi olla nykyistä avoimempia niin käytettyjen laskentamenetelmien kuin taustaoletusten osalta. Tämä mahdollistaisi paremman vertailun eri tahojen selvitysten toimenpiteiden välillä. Samalla muodostuisi parempi ymmärrys yksittäisten selvitysten lopputuloksista ja siitä, miten eri tekijät saattavat vaikuttaa kustannustehokkuusarvioon. Avoimuuden lisääminen mahdollistaisi myös laajemman keskustelun ja analyysimenetelmien kehittämisen edellisten selvitysten pohjalta.

Suomessa päästövähennystoimenpiteiden kustannustehokkuutta ei ole toistaiseksi arvioitu systemaattisesti käyttämällä samoja tarkastelukohteita ja mallinnuskeinoja. Suomen tulisiikin systematisoida päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi tarvittavien päästövähennystoimien ja ohjauskeinojen suunnittelua. Myös toimilla saavutettuja hyötyjä ja toimien kustannustehokkuutta tulisi seurata järjestelmällisesti. Jatkuva seuranta mahdollistaa tarvittavien korjausliikkeiden toteuttamisen ajoissa sekä ilmastotavoitteiden saavuttamisen pitkällä aikavälillä mahdollisimman kustannustehokkaasti. Systemaattisuudella parannetaan myös eri selvitysten vertailtavuutta ja vähennetään epävarmuuksia.

Hyviä käytänteitä voitaisiin omaksua laaja-alaisemmin muista maista; Saksan keskeisissä selvityksissä laskentaoletukset avataan hyvin, Isossa-Britanniassa on keskitetty taho, jolla on monitahoinen rooli kustannustehokkuuslaskennassa ja sen kehittämisessä, ja Ruotsissa tehdään usein käyttöönnoton jälkeistä (ex post) seurantaan laskennan oikeellisuudesta.

Kustannustehokkuuden tarkastelu edellyttää myös keskustelussa käytettävien käsitteiden selkeyttämistä, sillä käsitteiden epätarkkuus voi johtaa väärinymmärryksiin tai sekaannuksiin erilaisia menetelmiä ja selvitysten tuloksia hyödynnettäessä. Kustannus- ja päästövähennemääräarvioihin liittyy toisaalta aina paljon epävarmuutta. Kustannustehokkuuden mittaamisessa tarvitaan johdonmukaisuutta muun muassa siinä, mitä kustannuksia otetaan huomioon, miten eri tahoihin kohdistuvat kustannukset huomioidaan ja miten vältetty päästö lasketaan.

Päästövähennysten kustannustehokkuusarvioinnin järjestelmällisyyden lisääminen edellyttää tiiviimpää yhteistyötä ministeriöiden ja kustannustehokkuuslaskelmia tekevien toimijoiden välillä. Analyysien monitahoisuus ja poikkitieteellisyys edellyttävät useita eri näkökulmia, joiden esille tuominen onnistuu yhteistyötä kehittämällä. Yhteistyö ja vastuunjako toiminnan kehittämiseksi ministeriöiden välillä on myös tärkeää, jotta kustannustehokkaimpien päästövähennystoimien arviointiin ja valintaan tähtäävät selvitykset on systemaattisesti tehtyjä ja ohjattuja.

## Lisälukemista

Raportti: Päästövähennystoimien kustannustehokkuuden arviointi:

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-802-1>

## Viitteet

Söderholm P. 2012. Modelling the Economic Costs of Climate Policy: An Overview. *American Journal of Climate Change*, 2012 1, 14-32

Zhang Z. X. & Folmer H. 1998. Economic modelling approaches to cost estimates for the control of carbon dioxide emissions. *Energy Economics* 20:1. S. 101-120. Saatavissa: [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(97\)00019-4](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(97)00019-4)

## Lisätietoja:

**DI Nikita Semkin** on erikoistunut energiamarkkinoihin, markkina-analyysiin että erilaisiin mallinnusmenetelmiin. [nikita.semkin@poyry.com](mailto:nikita.semkin@poyry.com)

**FT Satu Lyyra** on erikoistunut ympäristö- ja ilmastokonsultointiin, liikkeenjohdon energiakonsultointiin ja liiketoiminnan kehittämiseen. [satu.lyyra@poyry.com](mailto:satu.lyyra@poyry.com)

## Päästövähennystoimien kustannustehokkuuden arviointi toteutetaan osana valtioneuvoston vuoden 2019 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa.

### Hankkeen ohjausryhmän puheenjohtaja

Erityisasiantuntija Riikka Siljander

Ympäristöministeriö, [riikka.siljander@ym.fi](mailto:riikka.siljander@ym.fi)



VALTIONEUVOSTON  
SELVITYS- JA TUT-  
KIMUSTOIMINTA  
[www.tietokayttoon.fi](http://www.tietokayttoon.fi)