



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Raija-Maija Paavola

Biopolttoainepolitiikka Euroopan unionissa

Vertailussa kansalliset biopolttoainepolitiikat

Laskentatoimen ja rahoituksen yksikkö
Taloustieteen pro gradu -tutkielma
Taloustieteen maisteriohjelma

Vaasa 2023

VAASAN YLIOPISTO**Laskentatoimen ja rahoituksen yksikkö**

Tekijä:	Raija-Maija Paavola		
Tutkielman nimi:	Biopolttoainepolitiikka Euroopan unionissa: Vertailussa kansalliset biopolttoainepolitiikat		
Tutkinto:	Kauppätieteiden maisteri		
Oppiaine:	Taloustiede		
Työn ohjaaja:	Jaana Rahko		
Valmistumisvuosi:	2023	Sivumäärä:	74

TIIVISTELMÄ:

Biopolttoaineita pidetään yhtenä parhaista tavoista edistää liikennesektorin hiilineutraaliutta. Niiden käytön edistämisestä kiinnostuttiin aluksi öljykriisin ja myöhemmin ilmastonmuutoksen vuoksi. Euroopan unionissa biopolttoaineiden käyttöä on alettu edistää nimenomaan kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Euroopan unioni antaa jäsenvaltioille mahdollisuuden implementoida haluamaansa biopolttoainepolitiikkaa, jonka vuoksi biopolttoaineiden käytön määrä vaihtelee huomattavasti jäsenmaiden välillä. Onkin tärkeää selvittää, onko EU:n biopolttoainepolitiikka riittävän tehokasta edistääkseen biopolttoaineiden kulutusta, ja miten erilaiset politiikkatoimet vaikuttavat käytön määrään.

Tässä tutkielmassa on tarkoitus selvittää, millaista on Euroopan unionin biopolttoainepolitiikka. Tavoitteena on analysoida EU-maiden biopolttoainepolitiikkaa, miten se vaihtelee jäsenmaittain sekä arvioida sen vaikutuksia biopolttoaineiden käytön määrään. Tutkielmassa keskitytään nimenomaan liikennesektorilla käytettäviin biopolttoaineisiin. Analysoitavia jäsenmaita ovat Espanja, Ruotsi, Saksa ja Suomi. Tutkimusmenetelmänä on käytetty vertailevaa tutkimusta, jonka avulla selvitetään maiden biopolttoainepolitiikan ja biopolttoaineiden käytön määrän eroavaisuuksia. Tutkielman tavoite saavutetaan taloustieteellisen teorian, virallislähteiden ja biopolttoaineiden kokonaiskulutuksesta saatavan datan avulla.

Tutkielman tuloksien mukaan Euroopan unionin pääasiallinen keino biopolttoaineiden käytön edistämiseen on ollut biopolttoainedirektiivissä sekä RED I ja RED II -direktiiveissä asetetut uusiutuvan energian tavoitteet. Myös energiaverodirektiivi on suuressa roolissa Euroopan unionin biopolttoainepolitiikassa. Tässä tutkielmassa vertailut maat Espanja, Ruotsi, Suomi ja Saksa ovat hyödyntäneet jakeluvetoitteita, kasvihuonekaasujen päästövähennyksiä ja verokannustimia saavuttaakseen sekä Euroopan unionin asettamat tavoitteet että kansallisen biopolttoainepolitiikan mukaiset biopolttoaineiden käyttömäärät. Tutkielmassa todetaan, että vertailtavien maiden biopolttoaineiden käytön määrät vaihtelevat voimakkaasti.

AVAINSANAT: Euroopan unioni, biopolttoaineet, EU-politiikka, uusiutuva energia, ilmastonmuutos, energiatalous

Sisällys

1	Johdanto	5
2	Energiankäytön ympäristövaikutuksiin puuttuminen	8
2.1	Ulkoisvaikutukset	9
2.2	Ilmastonmuutos	12
2.3	Päästöjen vähennyskeinot	15
2.4	Liikkuvat päästölähteet	18
3	Miksi biopolttoaineet?	21
3.1	Biopolttoaineiden määrittely	22
3.2	Hyödyt	23
3.3	Haitat	25
4	Euroopan unionin biopolttoaineita koskeva lainsäädäntö	27
4.1	Biopolttoainedirektiivi	28
4.2	RED I -direktiivi	30
4.3	RED II -direktiivi	32
4.4	Polttoainelaatudirektiivi	33
4.5	Energiaverodirektiivi	34
4.6	ILUC-direktiivi	35
4.7	ILUC-asetus	36
5	Lainsäädännön kansallinen implementointi	38
5.1	Espanja	38
5.2	Ruotsi	42
5.3	Suomi	46
5.4	Saksa	49
6	Kansallisten lainsäädäntöjen vertailu	52
7	Johtopäätökset	55
	Lähteet	57

Kuviot

Kuvio 1. Ulkoisvaikutusten sisäistäminen (mukaillen Bhattacharyya, 2019, s. 308)	11
Kuvio 2. EU-27 kasvihuonekaasupäästöt aloittain vuonna 2020 (mukaillen Statista, 2022).	21
Kuvio 3. Aikajana biopolttoaineiden käyttöä edistävästä politiikkatoimista.	27
Kuvio 4. Espanjan biopolttoaineiden kulutus liikennesektorilla (Eurostat, 2023b).	41
Kuvio 5. Ruotsin biopolttoaineiden kulutus liikennesektorilla (Eurostat, 2023b).	45
Kuvio 6. Suomen biopolttoaineiden kulutus liikennesektorilla (Eurostat, 2023b).	48
Kuvio 7. Saksan biopolttoaineiden kulutus liikennesektorilla (Eurostat, 2023b).	51
Kuvio 8. Vertailtavien maiden biopolttoaineiden kulutus liikennesektorilla 2010–2021 (Eurostat, 2023b).	52

Taulukot

Taulukko 1. Vaihtoehtoiset politiikat ympäristön saastumisen vähentämiseksi (mukaillen Levinson & Shetty, 1992, s. 4).	16
Taulukko 2. Biopolttoaineiden jakeluvuorotteet Espanjassa.	40
Taulukko 3. Ruotsin kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisvelvoitteet polttoaineittain.	44
Taulukko 4. Biopolttoaineiden jakeluvuorotteet Suomessa lain 1134/2022 mukaan.	46
Taulukko 5. Kasvihuonekaasupäästöjen vähennysvaatimukset Saksassa.	50

1 Johdanto

Kansainvälinen energiakehitys jatkaa trendiä, jossa energian käyttö kasvaa vääjäämättä. Fossiiliset polttoaineet ovat edelleen hallitseva energianlähde ja kehitysmaat lähestyvät nopeasti OECD-maita suuremmiksi energian kuluttajiksi (Patlitzianas ja muut, 2005, s. 477). Fossiilisten polttoaineiden osuus energian käytöstä oli 82 prosenttia vuonna 2021 (BP, 2022, s. 3). IEA (International Energy Agency, 2022) esittää, että liikennesektori on eniten riippuvainen fossiilisista polttoaineista verrattuna muihin toimialoihin. IEA:n mukaan liikenteen hiilidioksidipäästöjen osuus kansainvälisesti vuonna 2021 oli 37 prosenttia energian loppukäytöstä. Fossiiliset polttoaineet aiheuttavat myös suurimman osan EU-alueen kasvihuonekaasupäästöistä (Euroopan komissio, 2014, s. 4).

IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022) mukaan kasvihuonekaasupäästöjen tulisi supistua vähintään neljänneksellä, jotta ilmastonmuutosta pystyttäisiin hillitsemään. Myös Venäjän hyökkäyssodan aiheuttama energiakriisi kehottaa tarkastelemaan uusiutuvien energianlähteiden toimivuutta. Energiakriisillä on merkittävä vaikutus jokapäiväiseen toimintaan ja se aiheuttaa kasvavia kustannuksia sekä rajoittaa kannattavuutta (Ingram ja muut, 2023, s. 2). On siis selkeästi aihetta huolestua energiantuotannon ja -kulutuksen aiheuttamista ympäristövahingoista.

Biopolttoaineet ovat osoittautuneet yhdeksi parhaista tavoista edistää liikennesektorin hiilineutraaliutta (Ebadian ja muut, 2020, s. 1–2). Niistä kiinnostuttiin maailmalla ensin 1970-luvun öljykriisin takia sekä myöhemmin ilmastonmuutosta koskevan informaation vuoksi 1980-luvulla (Janda ja muut, 2012, s. 372). Euroopan unionissa biopolttoaineiden käyttöä on alettu edistää nimenomaan kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi useiden lainsäädäntöjen avulla (Euroopan komissio, 2006a, s. 1). Euroopan unioni onkin yksi suurimmista biopolttoaineiden tuottajista ja kuluttajista (BP, 2022, s. 48–49).

Biopolttoaineet nähdään toimivana työkaluna ilmastonmuutoksen vastaisessa toiminnassa, sillä joidenkin biopolttoaineiden tuotantoon käytettävien kasvien, eli energiakasvien, hiilipäästötehokkuus on osoittautunut lupaavaksi ja toimivaksi vaihtoehdoksi fossiilisten polttoaineiden käytölle (Swinbank, 2009, s. 7). Biopolttoaineet ovat myös keskeinen energiaturvallisuuden lähde Euroopan unionissa (Bórawski ja muut, 2019, s. 481). EU:n biopolttoainepolitiikka antaa jäsenvaltioille mahdollisuuden itse implementoida haluamaansa politiikkaa, jonka vuoksi biopolttoaineiden käytön määrä vaihtelee huomattavasti jäsenmaiden välillä. Onkin tärkeää selvittää, onko EU:n biopolttoainepolitiikka riittävän tehokasta edistääkseen biopolttoaineiden kulutusta, ja miten erilaiset politiikkatoimet vaikuttavat käytön määrään.

Tämän tutkielman tarkoituksena on tarkastella Euroopan unionin biopolttoainepolitiikkaa vertailemalla jäsenmaiden säätämää biopolttoaineita koskevaa lainsäädäntöä. Tavoitteena on analysoida EU-maiden biopolttoainepolitiikkaa, miten se vaihtelee jäsenmaittain sekä arvioida sen vaikutuksia biopolttoaineiden käytön määrään. Tutkielmassa keskitytään nimenomaan liikennesektorilla käytettäviin biopolttoaineisiin. Analysoitavia jäsenmaita ovat Espanja, Ruotsi, Saksa ja Suomi. Tutkimusmenetelmänä on käytetty vertailevaa tutkimusta, jolla Vilkan (2007, s. 21) mukaan tarkoitetaan kvantitatiivista tutkimustapaa, jonka tavoite on nimensä mukaan vertailla samanlaisia ilmiöitä eri paikoissa tai eri aikoina. Hän lisää, että vertailussa on tavoitteena ymmärtää paremmin tarkasteltavaa asiaa kahden tai useamman tutkimuskohteen avulla. Tutkielman tavoite saavutetaan taloustieteellisen teorian, virallislähteiden ja biopolttoaineiden kokonaiskulutuksesta saatavan datan avulla.

Käsiteltävät maat on valittu, sillä niillä on erilaista biopolttoainepolitiikkaa sekä ne ovat ottaneet politiikkatoimia käyttöönsä eri aikoina. Mailla on myös eroavat tavoitteet biopolttoaineiden käytön määrästä. Tutkielman tekemiseen innoitti biopolttoaineiden ympäristöhyödyt ja Euroopan unionin halukkuus tehokkaasti vähentää liikennesektorista aiheutuvia päästöjä. Euroopan unionin jäsenmaiden eriävät politiikat ovat myös kiinnostavia erityisesti niiden vaikutusten voimakkuuden näkökulmasta.

Tutkielman rakenne etenee johdannosta teoriaosuuteen, jonka ensimmäisessä luvussa (luku 2) keskitytään energiankäytön ympäristövaikutuksiin, kuten ilmastonmuutokseen, ja niihin puuttumiseen poliittisin keinoin. Kolmannessa luvussa määritellään biopolttoaineet käsitteenä sekä pohditaan niiden hyötyjä ja haittoja. Neljännessä luvussa käsitellään tämän tutkielman kannalta merkittävää Euroopan unionin säätämää biopolttoaineita koskettavaa lainsäädäntöä. Viidennessä luvussa käydään läpi jäsenmaiden kansallista biopolttoainepolitiikkaa ja biopolttoaineiden kulutusta vuosina 2010–2021. Kuudennessa luvussa vertaillaan jäsenmaiden asettamia tavoitteita ja politiikkoja. Tutkielma päätetään johtopäätöksiin.

2 Energiankäytön ympäristövaikutuksiin puuttuminen

Schwarzin mukaan (2018, s. 209) energiajärjestelmä vaikuttaa negatiivisesti ympäristöön koko elinkaarensa ajan. Elinkaaren eri toimintoja ovat muun muassa energian tuotanto, muuntaminen ja loppukäyttö (Bhattacharyya, 2019, s. 296). Aikaisemmin negatiivisia ympäristövaikutuksia ei huomioitu päätöksenteossa, mutta energian käytöstä aiheutuvat laajalle levinneet ympäristöongelmat sekä energian kysynnän ja tarjonnan nopea kasvu ovat vaikuttaneet taloudelliseen ajatteluun ja päätöksentekoon (Bhattacharyya, 2019, s. 295).

Kun ihminen kuluttaa ympäristön tarjoamia rajallisia resursseja, kuten fossiilisia polttoaineita, joista syntyvät päästöt päätyvät takaisin ympäristöön, on vaarana ympäristön laadun vahingoittuminen (Bhattacharyya, 2019, s. 295). Zweifel ja muut (2017, s. 143) esittävät, että suurin osa ihmisen aiheuttamista jätteistä ja päästöistä on liitettävissä johonkin energiatalouden osa-alueeseen, kuten uuttamiseen, muuntamiseen tai energian loppukäyttöön. He lisäävät, että kun ympäristöä käytetään jätteiden ja päästöjen vastaanottimena, on sen absorptiokyky, eli raja, johon asti se pystyy kantamaan negatiivisia ympäristövaikutuksia, vaarassa ylittyä. Tästä syntyy ympäristöongelma, jonka luoneet kuluttajat eivät ole vastuussa vahingon kustannuksista. Ympäristötaloustieteessä tällaista tilannetta kutsutaan ulkoisvaikutukseksi.

Bhattacharyya (2019, s. 295) esittää, että ympäristöongelmat ovat luonteeltaan moniulotteisia. Hänen mukaansa ilmansaasteet voivat olla peräisin staattisista tai liikkuvista lähteistä ja päästöjä voi esiintyä jatkuvina tai epäjatkuvina. Liikennesektori on niin kutsuttu liikkuva päästölähde, sillä se muuttaa sijaintiaan ajan myötä, jolloin päästöt vaikuttavat enemmän kuin yhteen alueeseen (Bhattacharyya, 2019, s. 546–549).

2.1 Ulkoisvaikutukset

Schwarz (2018, s. 21) esittää, että taloustieteessä keskitytään taloudelliseen tehokkuuteen, jolla tarkoitetaan niukkojen resurssien hyödyntämistä parhaalla mahdollisella tavalla. Tämä teoria pätee luonnonvaroihin, kuten esimerkiksi fossiilisiin polttoaineisiin. Permanin ja muiden (2003, s. 107) mukaan resurssien allokointi on tehokasta silloin, jos ei ole mahdollista parantaa yhden tai useamman henkilön tilannetta ilman, että jonkun muun tilanne huononee. Päinvastoin allokointi on tehotonta, jos on mahdollista parantaa henkilön asemaa huonontamatta kenenkään muun asemaa. Tilannetta, jossa yhden tai useamman henkilön asema paranee ilman, että kukaan muu kärsii, kutsutaan Pareto-parannukseksi (Schwarz, 2018, s. 30). Kun Pareto-parannuksia ei voida enää saavuttaa, on tuloksena Pareto-tehokas tilanne (Perman ja muut, 2003, s. 107).

Kun markkinat tuottavat taloudellisesti tehottoman lopputuloksen, syntyy markkinahäiriö (Schwarz, 2018, s. 24). Energiamarkkinoilla esiintyy useita taloudellisen tehokkuuden estäviä tekijöitä, joista yksi on ulkoisvaikutukset. Kun kahden toimijan välisen taloudellisen toiminnan sivuvaikutuksena syntyy joko ylimääräistä hyötyä tai ylimääräisiä kustannuksia, jotka vaikuttavat kolmansiin osapuoliin, puhutaan ulkoisvaikutuksesta (Acemoglu ja muut, 2016, s. 238; Schwarz, 2018, s. 27). Taloudellisissa toimenpiteissä näihin ulkoisvaikutuksiin perustuvat myös energiankäytöstä aiheutuvat ympäristövaikutukset (Bhattacharyya, 2019, s. 305). Ulkoisvaikutukset määritellään hinnoittelemattomiksi, tahattomiksi ja korvaamattomiksi toiminnoiksi, jotka vaikuttavat suoraan jonkun toisen hyvinvointiin (Sundqvist, 2004, s. 1753). Kun negatiivinen ulkoisvaikutus mitataan rahassa, kutsutaan sitä ulkoiseksi kustannukseksi (Zweifel ja muut, 2017, s. 144).

Bhattacharyyan (2019, s. 305–306) mukaan ulkoisvaikutuksia on kolmea eri tyyppiä: positiivisia tai negatiivisia, yksityisiä tai julkisia sekä rahallisia tai teknologisia. Ulkoisvaikutus on positiivinen, kun tuote tai resurssi tuottaa nettohyötyä kolmansille osapuolille eli muille kuin kuluttajalle tai tuottajalle (Field & Field, 2016, s. 73).

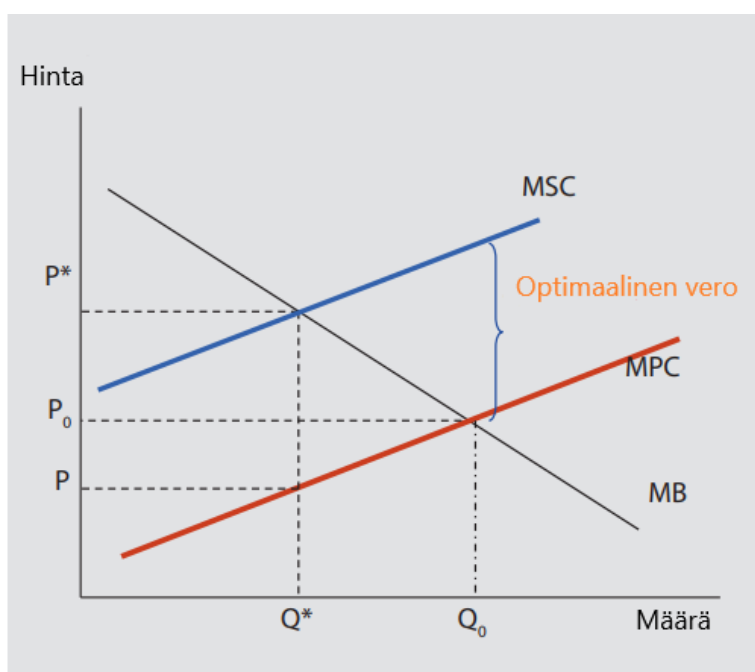
Koulutustaso on esimerkki positiivisesta ulkoisvaikutuksesta useista syistä, mutta korkeasti koulutetut ihmiset esimerkiksi tekevät vähemmän rikoksia (Acemoglu ja muut, 2016, s. 240). Positiivisen ulkoisvaikutuksen vallitessa markkinoilla esiintyy resurssien alitarjontaa (Tietenberg & Lewis, 2018, s. 26).

Vastaavasti negatiivinen ulkoisvaikutus tuottaa ulkopuolisille ylimääräistä haittaa (Tietenberg & Lewis, 2018, s. 26). Bhattacharyyan (2019, s. 305–306) mukaan tupakoinnista aiheutuva savu on esimerkki negatiivisesta ulkoisvaikutuksesta. Hän myös esittää, että julkisista ja yksityisistä ulkoisvaikutuksista puhuttaessa olennaista on tarjonnan yhteisyys. Jos yksilön kulutus poistaa ulkoisvaikutuksen muilta, on ulkoisvaikutus yksityinen. Useimmat ympäristön ulkoisvaikutukset, kuten ilmastonmuutos, ovat julkisia. Tämä tarkoittaa sitä, että yksilön kulutus ei vähennä ulkoisvaikutuksen saatavuutta muilta (Schwarz, 2018, s. 27).

Bhattacharyyan (2019, s. 306) mukaan rahallinen ulkoisvaikutus syntyy talouden panosten ja tuotosten hintojen muutoksesta. Esimerkiksi öljyn hinnan nousu kansainvälisillä markkinoilla johtaa sähkön hinnan nousuun, jolloin sähkön kuluttajat kärsivät negatiivisesta ulkoisvaikutuksesta. Hän lisää kuitenkin, että öljyn hintavaikutuksen kumoutuessa, on mahdollisuus palata aikaisemmalle hintatasolle, jolloin kyseessä ei ole niin sanottu tavanomainen ulkoisvaikutus, joka aiheuttaisi markkinahäiriön. Näin ollen rahalliset ulkoisvaikutukset ylläpitävät hintasignaalien tehokasta allokaatiota (Tietenberg & Lewis, 2018, s. 26). Ulkoisvaikutukset ovat teknologisia, jos vaikutus näkyy suoraan panos-tuotos-suhteessa (Bhattacharyya 2019, s. 36). Teknologiset ulkoisvaikutukset välittyvät Schallin (1971, s. 983) mukaan markkinajärjestelmän ulkopuolelle. Esimerkiksi, kun yksi yritys kehittää uuden tuotantoteknologian tuo se teknologisen ulkoisvaikutuksen toisen yrityksen ottaessa tämän teknologian käyttöön.

Bhattacharyya (2019, s. 307–308) esittää, että yleisesti päätöksenteossa kiinnitetään huomiota vain yksityisiin kustannuksiin, eli sellaisiin, joista vastaa suoraan liiketoimeen

osallistunut taho. Hän lisää, että yhteiskunta joutuu vastaamaan kustannuksista tilanteessa, jossa taloudellinen toiminta muodostaa ulkoisvaikutuksen. Eli syntyy yhteiskunnallinen kustannus, jolla tarkoitetaan tilannetta, jossa yksityisistä kustannuksista vastaa suoraan liiketoimeen osallistunut taho, ja ulkoisvaikutuksesta vastaa kolmas osapuoli, joka on liiketoiminnan ulkopuolella (Field & Field, 2016, s. 49). Ulkoisvaikutukset aiheuttavat siis kiilan yksityisten ja yhteiskunnallisten kustannusten välille (Bhattacharyya, 2019, s. 307–308). Lopputulema on se, että yhteiskunnalliset kustannukset ylittävät yksityisten kustannusten määrän.



Kuvio 1. Ulkoisvaikutusten sisäistäminen (mukaillen Bhattacharyya, 2019, s. 308)

Bhattacharyyan (2019, s. 307–308) mukaan ulkoisvaikutusten aiheuttaman markkinahäiriön optimaalista ratkaisua kutsutaan ulkoisvaikutusten sisäistämiseksi (Kuvio 1). Hän esittää, että tämän ratkaisun saavuttamiseksi voidaan joko asettaa vero jokaista päästöyksikköä kohti (optimaalinen vero kuviossa 1) tai vastaavasti rajoittaa tuotannon määrää (Q). Vastaavasti Zweifel ja muut (2017, s. 150) mukaan ulkoisvaikutuksia voidaan sisäistää haittaveron lisäksi asettamalla vapaaehtoinen sopimus sanktioineen. Haittaveron, eli Pigoun verotuksen, on kehittänyt ekonomisti

Arthur C. Pigou (1932) teoksessaan *The Economics of Welfare*. Haittaveron on oltava samansuuruinen kuin ulkoiset rajakustannukset, jotta negatiivisen ulkoisvaikutuksen aiheuttama markkinahäiriö korjaantuu (Schwarz, 2018, s. 57). Vapaaehtoisessa sopimuksessa periaatteena on, että saastuttajia pyydetään vähentämään päästöjään vapaaehtoisesti (Zweifel ja muut, 2017, s. 150). Jos sopimusta ei noudateta, hallitus uhkaa soveltaa muita päästöjen vähennyskeinoja. Sopimus on osoittautunut tehokkaaksi joissakin tapauksissa, mutta rangaistuksen tosiasiallista määräämistä pidetään usein epätodennäköisenä, minkä vuoksi sillä on vain vähän vaikutusta päästökäyttäytymiseen.

Bhattacharyyan (2019, s. 308) mukaan sekä haittaverolla, että tuotannon rajoittamisella päästään samaan lopputulokseen, mutta niistä johtuvat käytännön seuraamukset ovat erilaiset. Asetetun veron tuotto menee valtiolle ja vastaavasti tuotannon määrän rajoittamisesta aiheutuva hinnan nousu kerryttää voittoa tuottajalle. Zweifel ja muiden (2017, s. 151) sekä Tietenbergin ja Lewiksen (2018, s. 342–343) mukaan, optimaalista haittaveron tasoa on vaikea määrittää, sillä ulkoisvaikutuksen suuruutta on haastavaa arvioida.

2.2 Ilmastonmuutos

Ihmisten toiminnasta aiheutuvaa ilmaston lämpenemistä kutsutaan ilmastonmuutokseksi. Houghtonin (2005, s. 1346) mukaan ilmaston lämpeneminen johtuu ilmakehässä olevista kasvihuonekaasuista, jotka estävät auringon lämmön karkaamista. Tätä ilmiötä kutsutaan kasvihuoneilmiöksi, sillä ilmakehä toimii kuten kasvihuoneen lasiseinät – läpäisee auringonvalon ja sitoo lämpöä (Euroopan komissio, 2006a, s. 4). Euroopan tilintarkastustuomioistuimen (2016, s. 6) mukaan useat kasvihuonekaasut ovat peräisin luonnollisista lähteistä, mutta teollistumisen myötä myös ihmiset ovat tuottaneet näitä kaasuja, jotka voimistavat kasvihuoneilmiötä. Keskeisimpiä ihmisten aiheuttamia kasvihuonekaasuja ovat hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi, fluorihiiivedyt, perfluorihiiivedyt ja rikkiheksafluoridi (Bhattacharyya, 2019, s. 332–333). Näistä merkittävin on hiilidioksidi, joka muodostaa noin 75 prosenttia

kasvihuonekaasujen päästöistä (Euroopan komissio, 2006a, s. 5). Vuonna 1950 kasvihuonekaasuja vapautui ilmakehään jopa 6 miljardia tonnia vuodessa (Ritchie ja muut, 2020). Tämän jälkeen päästöjen määrä on kasvanut nopeasti, ja vuonna 2020 vastaava luku oli 34 miljardia tonnia. Sternin (2008, s. 1) mukaan kasvihuonekaasupäästöt ovat ulkoisvaikutuksia ja edustavat suurinta markkinahäiriötä maailmassa. Hän esittää, että ilmastonmuutos vaikuttaa negatiivisesti kaikkiin eliöihin useilla eri tavoilla, esimerkiksi myrskyjen, tulvien, kuivuuden ja merenpinnan nousun muodossa. Nämä epävarmuudet vaikuttavat siihen, millainen tulevaisuus meillä tulee olemaan.

Ilmaston lämpenemiseen vaikuttaa erityisesti fossiilisten polttoaineiden, kuten hiilen, öljyn ja maakaasun polttaminen, joka vapauttaa ilmakehään hiilidioksidia (Houghton, 2005, s. 1346; Ritchie ja muut, 2022). Fossiiliset polttoaineet ovat edelleen yleisin energianlähde ja niitä käytetään muun muassa autojen, laivojen ja lentokoneiden polttoaineena (Euroopan komissio, 2006a, s. 5). Ritchien ja muiden (2022) mukaan fossiilisten polttoaineiden kulutus on lisääntynyt merkittävästi viimeisen puolen vuosisadan aikana ja noin kaksinkertaistunut vuodesta 1980. Fossiilisten polttoaineiden käytöstä aiheutuu 73 prosenttia maapallon hiilidioksidipäästöistä (Lokhorst & Wildenborg, 2005, s. 513).

Ensimmäisenä kasvihuoneilmiön havaitsi ranskalainen tutkija Jean-Baptiste Fourier vuonna 1827 (Mudge, 1997, s. 13). Houghtonin (2005, s. 1346) mukaan myös useat muut analysoivat kasvihuonekaasuja ja niiden vaikutusta ilmaston lämpötilaan. Käänteentekevä tutkija oli ruotsalainen kemisti Svante Arrhenius, joka vuonna 1896 laski kasvihuonekaasupäästöjen pitoisuuksien kasvun ja ennusti, että hiilidioksidipäästöjen määrän kaksinkertaistuminen aiheuttaisi 5–6 asteen ilmaston keskilämpötilan nousun. Globaali ilmastonmuutos, eli ilmaston lämpötilan kohoaminen kaikkialla maailmassa, oli havaittavissa jo 1930-luvulla, mutta useimmat tutkijat vetosivat luonnollisiin sykleihin selittääkseen sitä (Wilson ja muut, 2012, s. 11).

Viimeinkin vuonna 1988 Yhdistyneiden Kansakuntien ympäristöohjelma UNEP:n (*United Nations Environment Programme*) toimesta perustettiin kansainvälinen ilmastopaneeli IPCC (Tynjälä, 2006, s. 35). Vuonna 1990 julkaistu IPCC:n arviointiraportti, joka liittyy muun muassa ilmastonmuutoksen tieteelliseen ymmärrykseen sekä sen vaikutuksiin ja torjumismahdollisuuksiin, oli tärkeä osatekijä YK:n ilmastonmuutosta koskevan puitesopimuksen (*United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC*) muodostumisessa (Tynjälä, 2006, s. 36). UNFCCC tuli voimaan vuonna 1994 ja sen on allekirjoittanut tähän päivään mennessä 198 maata (United Nations, 2021). Sopimuksen ensisijaisena tavoitteena on minimoida ihmisen toiminnasta aiheutuva ilmastojärjestelmän häiriö pitämällä kasvihuonekaasupäästöt turvallisella tasolla.

UNFCCC tarjosi peruskehysten ilmastonmuutoksen torjunnassa, mutta siinä ei määritelty yksityiskohtaisia mekanismeja ilmasto-ongelman hallitsemiseksi (Bhattacharyya, 2019, s. 360). Tästä syystä syntyi Kioton pöytäkirja, jolla tarkoitetaan vuonna 1997 hyväksyttyä Yhdistyneiden kansakuntien ilmastonmuutosta koskevaa sopimusta, joka tuli voimaan vuonna 2005 (EUR-Lex, 2021). Pöytäkirja sitoo teollisuusmaita, sillä ne tuottavat suurimman osan maailman kasvihuonekaasupäästöistä ja omaavat pääomaa, jolla vähentää niitä (Euroopan komissio, 2006a, s. 13). Sopimuksen osapuolet ovat vuosina 2013–2020 sitoutuneet vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä 18 prosenttia vuoteen 1990 verrattuna (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY).

Joulukuussa 2015 UNFCCC:n osapuolet sopivat työskentelevänsä yhdessä pitääkseen globaalin lämpötilanmuutoksen selvästi alle kahden celsiusasteen esiteolliseen aikaan verrattuna (Bhattacharyya, 2019, s. 362). Tätä oikeudellisesti sitovaa kansainvälistä ilmastonmuutosopimusta kutsutaan Pariisin sopimukseksi, joka tuli voimaan vuonna 2016 (United Nations, 2022). Kaikki sopimuksen osapuolet esittävät kansalliset ilmastotoimintasuunnitelmansa, jotka edistävät heidän ilmastotavoitettaan mahdollisimman optimaalisesti (Bhattacharyya, 2019, s. 362). Osapuolten on kehitettävä toimintasuunnitelmaansa ajan myötä sekä raportoitava edistymistään säännöllisesti.

Euroopan unionin ensimmäinen askel ilmastonmuutoksen ehkäisemiseksi oli vuonna 2000 käynnistynyt eurooppalainen ilmastonmuutosohjelma (*European Climate Change Programme*, ECCP), jossa määriteltiin 42 toimenpidettä, jotka auttavat EU:n jäsenvaltioita vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään taloudellisesti (Tynjälä, 2006, s. 41–42). Tällä ilmastonmuutosohjelmalla on pyritty vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä sekä muun muassa parantamaan liikenteen polttoainetehokkuutta ja edistämään uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistä (Euroopan komissio, 2006a, s. 15).

Vuonna 2010 Euroopan unioni laati Eurooppa 2020 -strategian, jonka yksi viidestä päätavoitteesta oli ilmastonmuutoksen torjuminen entistä kunnianhimoisemmilla päästötavoitteilla (Euroopan komissio, 2010, s. 11). EU:n viimeisin ilmastotavoite asetettiin vuonna 2019 julkaistussa Euroopan vihreän kehityksen ohjelmassa (Euroopan komissio, 2021, s. 1). Tavoitteeksi asetettiin EU:n ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä. Saavuttaakseen tämän tavoitteen EU-maat sitoutuivat vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään vähintään 55 prosenttia vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tilastoihin verrattuna.

2.3 Päästöjen vähennyskeinot

Levinson ja Shetty (1992, s. 4). esittävät, että ympäristöongelmien hallintaan käytettävillä toimenpiteillä ominaisia elementtejä ovat käyttäytymisen hallintamekanismit, hallinnan taso ja ohjausmuuttujat. Näitä erilaisia toimenpiteitä käsitellään taulukossa 1. Taulukossa 1 esiintyvistä vaihtoehdosta kaksi ei ole toteutettavissa, jonka vuoksi ne on jätetty tyhjiksi. Loput kymmenen tarjoavat vaihtoehtoisia tapoja hallita ulkoisvaikutusongelmaa.

Bhattacharyyan (2019, s. 309–310) mukaan käyttäytymistä voidaan hallita sääntelyllä tai kannustimilla. Vastaavasti hallinnan taso riippuu siitä, vaikuttaako hallinnan työkalu

päästöihin suorasti vai epäsuorasti. Hän esittää, että päästöihin vaikuttavat politiikat, kuten päästöverot ja päästöstandardit, ovat aina suoria, sillä ne vaikuttavat suoraan päästöihin ja niiden määrään. Epäsuoria politiikkatoimia käytetään silloin, kun suorat toimet eivät ole toteutettavissa. Tällaisia ovat esimerkiksi tuotanto- ja tehokkuusstandardit sekä polttoaineverotus. Epäsuoria päästöjen vähennyskeinoja ovat myös erilaiset tekniset muutokset, joiden tarkoituksena on puhdistaa polttoainetta tai käyttää erilaista polttotapaa, josta syntyy vähemmän päästöjä (Bhattacharyya, 2019, s. 537). Myös polttoaineen vaihtaminen uusiutuvaan energiaan on yksi teknisistä muutoksista (Bhattacharyya, 2019, s. 320).

Taulukko 1. Vaihtoehtoiset politiikat ympäristön saastumisen vähentämiseksi (mukaan Levinson & Shetty, 1992, s. 4).

		Hinta	Määrä	Teknologia
Kannustin	Suora	Päästöverot	Kaupattavat päästöoikeudet	Oletettujen päästöjen teknologiaverot
	Epäsuora	Polttoaineverot	Kaupattavat tuotanto-oikeudet	Tuotekehityksen tuet, Polttoainetehokkuus
Regulaatio	Suora	-	Päästöstandardit	Tekniset standardit
	Epäsuora	-	Tuotantostandardit	Tehokkuusstandardit

Bhattacharyyan (2019, s. 309–310) mukaan ympäristöongelmien hallinnassa kolme tärkeintä ohjausmuuttujaa ovat hinta, määrä ja teknologia. Määrään perustuvat menettelytavat korjaavat ympäristövauriot, mutta antaa hintojen muuttua. Hintaan perustuvat menettelytavat korjaavat ympäristövaurioiden hallinnasta aiheutuvat kustannukset, mutta sallii päästötasojen sopeutumisen taloudellisten olosuhteiden mukaan. Vastaavasti teknisillä ratkaisuilla pyritään saavuttamaan hyväksyttävä päästötaso.

Zweifel ja muut (2017, s. 152). toteavat sääntelyn olevan useimmiten käytetty lähestymistapa ympäristöongelmiin, kuten kasvihuonekaasupäästöihin. Heidän

mukaansa sääntelyä käytetään siksi, että erilaisten asetusten ja standardien käytöstä on pitkäaikainen kokemus ja ne vaikuttavat suoraan päästöihin. He lisäävät, että sääntelyn käyttöä pidetään yhteiskunnassa tasapuolisena ratkaisuna, sillä kaikki kuluttajat kohtaavat samat määräykset. Bhattacharyyan (2019, s. 311–312) mukaan sääntelyn etuna nähdään myös se, että säännös voidaan toimeenpanna lyhyellä varoitusajalla ja se voi tehotua jo lyhyellä aikavälillä. Hän esittää, että sääntelyn avulla voidaan vaikuttaa päästökäyttäytymiseen esimerkiksi säätämällä päästöjen sallittua määrää sekä asettaa vaatimuksia päästövähennyksistä ja tietyn tuotteen käytöstä tai tuotannosta. Sääntelyn noudattamista tulee valvoa ja sen rikkomisesta seuraa useimmiten jokin rangaistus. Sääntelyiden tehokas valvominen on kuitenkin haastavaa. Erilaisia päästöjen sääntelyn muotoja ovat taulukossa 1 esitettävät regulaatiot, kuten päästö- ja tuotantostandardit. Taloustieteessä sääntelyä käytetään yleisesti nimitystä command-and-control (CAC) (Tietenberg & Lewis, 2018, s. 342).

Päästöjen rajoittamiseen vaikutetaan myös taulukossa 1 esiintyvillä kannustimilla, joita ovat esimerkiksi verotus, päästökauppa ja tukitoimet. Bhattacharyyan (2019, s. 312–313) mukaan kannustimet ovat markkinaehtoisia tapoja hallita ulkoisvaikutuksia, jolloin markkinamekanismi mahdollistaa joitain tehokkuushyötyjä verrattuna regulaatioihin. Hän esittää, että vero voidaan asettaa jokaista päästöyksikköä kohti, jolloin kyseessä on jo aiemmin mainittu päästöihin suoraan vaikuttava haittaverotus. Bhattacharyya lisää, että joissain tapauksissa tällaiset välittömät verot eivät ole toimivia, jolloin käytetään välillisiä verotustoimia. Hänen mukaansa välillistä verotusta käytetään yleisimmin liikenteessä hyödynnettäviin öljypohjaisiin polttoaineisiin. Tietenbergin ja Lewiksen (2018, s. 342) mukaan päästömaksuilla tarkoitetaan valtion perimää korvausta jokaisesta aiheutetusta päästöyksiköstä. He esittävät, että päästömaksut osoittautuvat toimivaksi keinoksi rajoittaa päästöjä, sillä säästääkseen rahaa, jokainen haluaa enemmän vähentää päästöjään kuin maksaa jokaisesta päästöyksiköstä. Myös valtion tuet ovat päästöjen vähennyksessä käytettäviä kannustimia. Päästökaupalla tarkoitetaan markkinaehtoista järjestelmää, jonka avulla vähennetään kasvihuonekaasupäästöjä (Sitra, 2022). Järjestelmän piirissä olevat yritykset voivat siis päättää, että vähentävätkö ne päästöjään,

tai vaihtoehtoisesti maksavat saastuttamisesta eli ostavat päästöjään vastaavan määrän päästöoikeuksia markkinoilta.

Ympäristövahinkojen hallintaan käytettävän toimenpiteen valinta ei ole yksinkertaista muun muassa sidosryhmien erilaisten näkemysten vuoksi, jolloin voi syntyä ristiriitoja (Bhattacharyya, 2019, s. 320). Cherryn ja muiden (2012, s. 90) tutkimuksen mukaan julkinen vastustus tehokkuutta lisääville politiikoille, on merkittävä este monien ympäristöhaasteiden ratkaisemiselle. Ongelmia lieventävien tai ratkaisevien politiikkojen tunnistaminen ei itsessään ole haaste. Heidän mukaansa tällainen vastustus voi johtua luottamuksen tai ymmärryksen puutteesta politiikan välineitä kohtaan. Tällöin on välttämätöntä noudattaa systemaattista lähestymistapaa, mutta on pidettävä mielessä, että mikään yksittäinen väline ei täytä kaikkia kriteereitä (Bhattacharyya, 2019, s. 320).

2.4 Liikkuvat päästölähteet

Liikkuvat päästölähteet nimensä mukaan muuttavat sijaintiaan ajan myötä, jolloin niiden aiheuttamat ilmansaasteet aiheuttavat ympäristöongelmia eri paikoissa (Bhattacharyya, 2019, s. 546). Liikennesektorin ja sitä kautta myös polttoaineiden uuttaminen ja jakelu, ovat merkittäviä liikkuvien ilmansaasteiden aiheuttajia (Hickey ja muut, 2014, s. 16). Tietenbergin ja Lewiksen (2018, s.373) mukaan liikkuvien ilmansaasteiden hallinta alkoi keskittymällä tavanomaisiin epäpuhtauksiin, jotka olivat ihmisten terveydelle haitallisia. Hickeyn ja muiden (2014, s. 16) mukaan nämä epäpuhtaudet jaetaan primäärisiin epäpuhtauksiin, jotka vapautuvat suoraan ilmakehään, ja sekundäärisiin epäpuhtauksiin, joita muodostuu primääristen epäpuhtauksien myöhemmissä ilmakehässä aiheutuissa reaktioissa. Kun tietämys ilmastonmuutoksesta lisääntyi, alkoi myös liikkuvien päästölähteiden sääntely keskittyä tähän laajemmin, ja havaittiin, että kasvihuonekaasujen tehokkaan hallinnan varmistamiseksi vaaditaan kattavampia toimia (Tietenberg & Lewis, 2018, s. 373). Liikenteen vahva riippuvuus fossiilisista polttoaineista

ja niiden kysynnän nopea kasvu kehitysmaissa ovat pääasiallinen huolenaihe liikkuvien päästölähteiden osalta (Bhattacharyya, 2019, s. 546).

Bhattacharyyan (2019, s. 548) mukaan liikkuvilla päästölähteillä on joitain erityisiä piirteitä, jotka vaikuttavat politiikkoihin, joilla niitä voidaan hallita. Kun päästölähte muuttaa sijaintiaan, siirtyy myös ilmansaasteet sen mukana, jolloin ympäristöongelma johtuu lähteen tilapäisestä sijainnista – tapauksesta, jossa ollaan väärässä paikassa väärään aikaan (Tietenberg & Lewis, 2018, s. 373). Bhattacharyya (2019, s. 548) esittää, että puhuttaessa liikennesektorista liikkuvana päästölähteenä, on sille ominaista lukuiset pienet päästölähteet, jotka vaikeuttavat päästöjen seuranta. Hänen mukaansa ilmansaasteiden hallinta yksittäistapauksina voi johtaa epäedulliseen lopputulokseen, jolloin se ei ole kannattavaa. Harringtonin ja McConnellin (2003, s. 19–20). mukaan liikkuvien päästölähteiden hallitseminen on haastavaa myös siksi, että ajoneuvojen saastuttamisaste vaihtelee ajoneuvon merkistä, mallista, vuosikerrasta, käyttötavoista sekä tie- ja liikenneolosuhteista. Hickey ja muut (2014, s. 21) lisäävät, että myös polttoaineen laadulla on vaikutusta liikenteen päästöihin. Päästöjen hallinnassa täytyy ottaa myös huomioon niiden ajankohta, sillä ilmansaasteet tietyissä ympäristöolosuhteissa vaikuttavat ilmanlaadun heikkenemiseen herkemmin (Bhattacharyya, 2019, s. 548).

Liikennesektori aiheuttaa useita kustannuksia, joista osan maksaa kuluttaja, osan valtio ja yhteiskunta (Bhattacharyya, 2019, s. 549). Vaikka kuluttajat vastaavat osasta tieliikenteen kustannuksista, jää silti yksityisten- ja kokonaiskustannusten välille kuilu, joka aiheuttaa negatiivisen ulkoisvaikutuksen (Santos ja muut, 2010, s. 3). Yksi liikennesektorin ulkoisten kustannusten lähteistä on nimenomaan nämä fossiilisista polttoaineista aiheutuvat ympäristön saasteet, joilla voi olla paikallisia, alueellisia tai jopa maailmanlaajuisia vaikutuksia (Bhattacharyya, 2019, s. 549; Schwarz, 2018, s. 16). Nämä negatiiviset ympäristövaikutukset eivät yleensä näy fossiilisten polttoaineiden hinnoissa, joka johtaa markkinoiden pareto-tehottomuuteen (Zweifel ja muut, 2017, s. 8). Euroopan unionissa liikennesektorista aiheutuneet ulkoiset kustannukset vuonna

2019 olivat kasvihuonekaasupäästöjen osalta 83 miljardia vuoden 2016 hinnoilla (European Commission, 2020, s. 78–80).

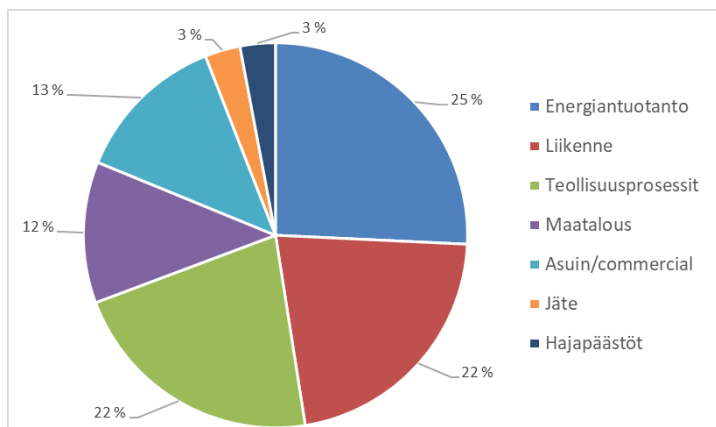
Kun halutaan sisäistää liikennesektorista aiheutuvia ulkoisvaikutuksia, jotka ovat tässä tapauksessa kasvihuonekaasupäästöjä, tulee ottaa huomioon eri komponenttien suhteellinen merkitys. Bhattacharyyan (2019, s. 558) mukaan päätöksenteossa täytyy huomioida alue, käytetty teknologia ja polttoaine sekä ilmankin olosuhteet. Santos (2017, s. 120) esittää, että useimmiten liikenteen ulkoisvaikutuksiin pyritään vaikuttamaan sääntelyllä, verotuksella tai molemmilla. Hänen mukaansa polttoainevero on toimiva poliittinen väline sisäistettäessä ilmastonmuutokseen liittyviä ulkoisvaikutuksia. Lindsey ja Santos (2020, s. 3–4) esittää, että kaikkein kattavimmat ja luultavasti tehokkaimmat politiikat ilmaston saastumisen vähentämiseksi ovat tekniset muutokset, jotka kohdistuvat moottoreihin ja polttoaineisiin.

Bhattacharyyan (2019, s. 565) mukaan vaihtoehtoiset polttoaineet voivat olla ratkaisu liikenteestä aiheutuvien ympäristöhaittojen ja öljyriippuvuuden vähentämiseen. Myös Schwarz (2018, s. 195–197) toteaa, että yksinkertaisin tapa vaikuttaa fossiilisten polttoaineiden käyttöön on tukea vaihtoehtoisia hyödykkeitä, kuten biopolttoaineita. Hänen mukaansa se, että fossiilisten polttoaineiden hinnat eivät ota huomioon niiden päästöistä aiheutuvaa ulkoisvaikutusta, aiheuttaa uusiutuvista energianlähteistä valmistetuille polttoaineille kustannushaitan. Hän esittääkin, että tällaisissa tilanteissa, joissa ulkoisvaikutus jää hinnoittelematta, ovat tukitoimet perusteltuja taloudellisen tehokkuuden takaamiseksi, joka toteutuu, kun fossiilisten polttoaineiden ja uusiutuvien energialähteiden suhteelliset rajakustannukset tehdään vertailukelpoisiksi. Myös Zweifel ja muiden (2017, s. 170) mukaan uusiutuvien energianlähteiden tarjonta on riippuvainen poliittisista tuista, kuten osittaisista verohelpotuksista sekä polttoaineille pakollisista sekoituskiintiöistä. He lisäävät, että jos biopolttoaineille luodaan markkinarako poliittisilla keinoilla, voidaan siitä hyötyä tulevaisuudessa niihin liittyvien kustannusten alentumisella.

3 Miksi biopolttoaineet?

Euroopan unionissa on jo pitkään tavoiteltu päästövähennyksiä, mikä konkreettisesti näkyy muun muassa vuonna 2007 hyväksytystä ilmasto- ja energiapaketista (Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 406/2009/EY, art. 4). EU asetti tavoitteekseen vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä vuoden 1990 tasoon verrattuna. Tästä huolimatta edelleenkin vuonna 2020 Euroopan unioni oli kolmanneksi suurin kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaja Kiinan ja Yhdysvaltojen jälkeen (C2ES, 2022). Jos tarkastelemme teollistumisen jälkeisiä kumulatiivisia kasvihuonekaasupäästöjä, on Euroopan unioni aiheuttanut näistä jopa noin 18 % (Tiseo, 2022).

Euroopan parlamentin (2019) mukaan liikenne on ainoa ala Euroopan unionissa, jolla päästöt ovat kasvaneet vuodesta 1990. Liikennesektorilla onnistuttiin tekemään pientä parannusta, kun vuonna 2020 kasvihuonekaasupäästöt vähentyivät neljä prosenttia vuoteen 2008 verrattuna (Eurostat, 2022a). Kaikilla muilla sektoreilla kasvihuonekaasupäästöt laskivat kuitenkin vähintään 18 prosenttia. EU:ssa vuonna 2020 liikenteessä käytetyistä polttoaineista 94 prosenttia oli fossiilisia polttoaineita (Eurostat, 2022b). Tämä selittää sitä, että samana vuonna EU:n kokonaispäästöistä jopa 22 prosenttia aiheutui liikennesektorista (Kuvio 2).



Kuvio 2. EU-27 kasvihuonekaasupäästöt aloittain vuonna 2020 (mukailten Statista, 2022).

EU:n vuonna 2006 julkaisemassa biopolttoainestrategiassa esitetään, että asetettujen ilmastotavoitteiden vuoksi olisi tärkeää löytää keino, jonka avulla liikenteen päästötaso saataisiin laskemaan (Euroopan komissio, 2006b, s. 3–4). Strategiassa todetaan, että uusiutuvista energianlähteistä valmistetut biopolttoaineet aiheuttavat vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä ja voisivat näin ollen korvata liikenteessä käytetyt fossiiliset polttoaineet.

3.1 Biopolttoaineiden määrittely

Creutzigin ja muiden (2015, s. 917) sekä Euroopan Komission (European Commission, 2012, s. 1) mukaan biopolttoaineet ovat bioenergiaa, jotka ovat peräisin uusiutuvista lähteistä. Yleisesti biopolttoaineet määritellään nestemäisiksi, kaasumaisiksi ja kiinteiksi polttoaineiksi, jotka tuotetaan biomassasta (Demirbas, 2008, s. 2106). Tässä tutkielmassa biopolttoaineet määritellään Euroopan unionin lainsäädännön mukaan, jossa biopolttoaineilla tarkoitetaan liikenteessä käytettäviä biomassasta suoraan tai epäsuorasti tuotettuja nestemäisiä tai kaasumaisia polttoaineita (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, art. 2). Taljan (2010) ja Euroopan komission (European Commission, 2019, s. 2) määritelmän mukaan biomassaa ovat maa- ja metsätalouden biohajoavat tuotteet ja jätteet. Biomassana voidaan hyödyntää esimerkiksi viljakasveja, puuta, biojätettä sekä puhdistamolietteitä. Myös teollisuus- ja yhdyskuntajätteiden biohajoavat osat ovat biomassaa.

Tällä hetkellä EU-alueella pääasiallisesti käytettävät ja tuotettavat biopolttoaineet ovat bioetanoli ja biodiesel (Euroopan tilintarkastustuomioistuin, 2016, s. 12). Bioetanoli on alkoholipohjainen polttoaine, jota käytetään bensiinin lisäaineena (Euroopan tilintarkastustuomioistuin, 2016, s. 5). Euroopassa valmistetussa bioetanolissa käytetään raaka-aineena useimmiten perunaa, vehnää tai sokerijuurikasta (Havlík ja muut, 2011, s. 5690). Biodiesel puolestaan on öljypohjainen polttoaine, jota voidaan sekoittaa dieselöljyyn (Euroopan tilintarkastustuomioistuin, 2016, s. 12). Yhdysvaltain maatalousministeriön (USDA FAS, 2019) luoman raportin mukaan EU-alue on maailman

suurin biodieselin tuottaja, ja jopa 75 prosenttia EU-alueella liikenteessä käytetyistä biopolttoaineista on biodieseliä. Raportin mukaan 39 prosenttia EU-alueella vuonna 2018 valmistetusta biodieselistä tehtiin rypsiöljystä. Rypsiöljyn käyttö biodieselin valmistuksessa on kuitenkin jatkuvasti pienentynyt vuoden 2008 huipun jälkeen, jolloin sen osuus oli jopa 72 prosenttia. Biodieseliä valmistetaan myös muun muassa palmuöljystä, eläinrasvoista ja soijaöljystä (USDA FAS, 2019).

Euroopan tilintarkastustuomioistuimen mukaan (2016, s. 11) biopolttoaineet jaetaan tavanomaisiin ja kehittyneisiin biopolttoaineisiin. Tavanomaiset eli ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet valmistetaan rehu- ja ravintokasveina käytetyistä viljelykasveista. Useimmissa ajoneuvoissa voidaan nykyään käyttää fossiilisia polttoaineita, joihin on sekoitettu ensimmäisen sukupolven biopolttoaineita (Euroopan komissio, 2006b, s. 5). Kehittyneet eli toisen ja kolmannen sukupolven biopolttoaineet valmistetaan erilaisten kehittyneiden teknologioiden avulla jätteistä, tähteistä ja muiden kuin ravintokasvien selluloosasta (Zweifel ja muut, 2017, s. 170). Yhdysvaltain maatalousministeriö (USDA FAS, 2019) arvioi vuoden 2019 EU-alueen biopolttoaineita koskevassa raportissaan, että tavanomaisten biopolttoaineiden sekoitusprosentti oli 4,6 ja kehittyneiden biopolttoaineiden sekoitusprosentti oli 1,2 prosenttia.

3.2 Hyödyt

Kun ilmastonmuutos, öljyn hinnan jatkuva nousu ja kansallinen turvattomuus aiheuttavat huolta, herättää bioenergia yhä enemmän kiinnostusta poliittisten päättäjien keskuudessa ympäri maailmaa. Uusiutuvan energian käyttöön liittyykin useita positiivisia vaikutuksia, joiden avulla voidaan ratkaista ajankohtaisia ongelmia. Bhattacharyya (2019, s. 299), Schwarz (2018, s. 208) sekä Schlegel ja Kaphengst (2007, s. 1) toteavat, että biopolttoaineilla voidaan lieventää ilmastonmuutosta sekä saada energian toimitusvarmuutta ja uusia työmahdollisuuksia. Schlegel ja Kaphengst (2007, s. 1) lisäävät, että valtioiden pääasiallinen kannustin biopolttoaineiden käytön lisäämiseen on vähentää öljyn tuontiriippuvuutta ja minimoida siihen liittyvät turvallisuusongelmat

sekä taloudelliset kustannukset. Heidän mukaansa maiden hallituksia motivoi myös halu edistää maaseudun taloudellista kehitystä muun muassa luomalla uusia työpaikkoja. Jaegerin ja Egelkrautin (2011, s. 4323) mukaan on olemassa jonkin verran tieteellistä näyttöä siitä, että biopolttoaineiden tuotannon lisäämisellä olisi merkittäviä pitkän aikavälin myönteisiä työllistymisvaikutuksia maaseutualueilla. Näiden hyötyjen lisäksi Bhattacharyya (2019, s. 230) esittää, että uusiutuvan energian teknologiat, kuten aurinkoenergia, ovat hyötäneet merkittävistä kustannussäästöistä viimeisen vuosikymmenen aikana, ja tämän suuntauksen odotetaan jatkuvan myös tulevaisuudessa.

Biopolttoaineet vähentävät huomattavasti hiilidioksidi- ja muita kasvihuonekaasupäästöjä ja niiden lisääntyvä käyttö vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä, mikä edesauttaa ilmastonmuutoksen hillitsemisessä (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY; Euroopan tilintarkastustuomioistuin, 2016, s. 11). Bhattacharyya (2019, s. 299) arvioi, että uusiutuvan energian kehittämällä voidaan turvata kohtuuhintainen energiansaanti, sillä fossiilisten polttoaineiden rajallinen määrä, hiilivetyvarallisten alueiden poliittiset epävakaudet ja polttoaineiden hinnanmuutokset heikentävät fossiilisten polttoaineiden toimitusvarmuutta. Hänen mukaansa biopolttoaineiden avulla voidaan myös vähentää fossiilisten polttoaineiden tuontiriippuvuutta ja lisätä tarjonnan monimuotoisuutta.

Biopolttoaineiden käyttöä halutaan siis edistää Euroopan unionissa ilmastonmuutoksen hidastamiseksi ja polttoaineiden hankintalähteiden lisäämiseksi. EU haluaa myös kehittää uusiutuvia energianlähteitä, jotka voivat pitkällä aikavälillä korvata fossiiliset polttoaineet (Euroopan komissio, 2006b). EU tavoitteli 10 prosentin uusiutuvan energian osuutta liikenteessä vuoteen 2020 mennessä (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY). Vuonna 2016 Euroopan tilintarkastustuomioistuin (s. 13) arvioi, että täyttääkseen 10 prosentin liikennesektorin tavoitteen, tulisi EU-alueella käyttää merkittävästi enemmän biopolttoaineita. Vuoden 2020 tilastojen mukaan liikenteen polttoaineista 10,2 prosenttia oli peräisin uusiutuvista lähteistä (Eurostat, 2022c).

Liikenteessä käytettäviä uusiutuvia energialähteitä koskeva tavoite päivitettiin vuonna 2018, ja se asetettiin 14 prosenttiin (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001, art. 25). Tämä tavoite tulisi saavuttaa vuoteen 2030 mennessä.

3.3 Haitat

Vaikka biopolttoaineilla voidaan tutkimusten mukaan tehokkaasti vähentää kasvihuonekaasupäästöjä sekä muita fossiilisiin polttoaineisiin liittyviä ongelmia, aiheutuu biopolttoaineiden käytöstä muutamia tahattomia seurauksia (Bhattacharyya, 2019, s. 566). Biopolttoaineiden kestävydestä onkin viime vuosina käyty kiivasta keskustelua, ja puheenaiheiksi on noussut niiden aiheuttamat negatiiviset ympäristövaikutukset, kuten epäsuorat maankäytön muutokset sekä niiden todelliset kasvihuonekaasupäästöt. Nämä negatiiviset ympäristövaikutukset onkin ajanut Euroopan unionin päivittämään biopolttoaineiden lainsäädäntöä ympäristölle kannattavammaksi (Euroopan Parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2015/1513).

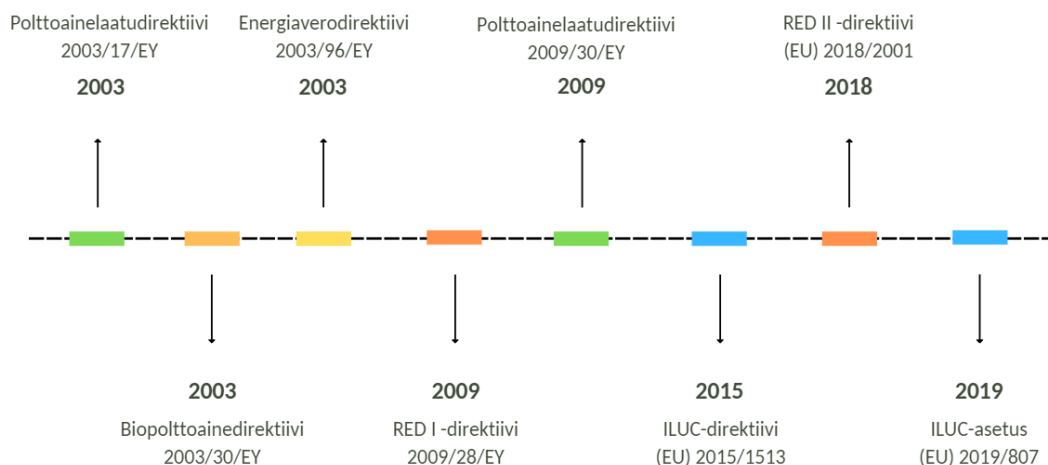
Schwarz (2018, s. 208) esittää, että biopolttoaineiden haittana on niiden mittava maankäyttö, joka voi aiheuttaa ylimääräisiä hiilidioksidipäästöjä. Biopolttoaineiden maankäytöllä voi olla negatiivisia vaikutuksia myös biologiseen monimuotoisuuteen, koska siinä muutetaan luonnolliset ekosysteemit viljelymaiksi (Fargione ja muut, 2010, s. 371–372). Benes ja Janda (2022, s. 13–14) lisäävät, että näitä maankäytöstä aiheutuvia ongelmia kutsutaan epäsuoriksi (ILUC) ja suoriksi maankäytön muutoksiksi (DLUC). Heidän mukaansa DLUC (Direct Land Use Change) esiintyy, kun luodaan uutta viljelysmaata biopolttoaineiden raaka-ainetuotantoa varten, kun taas ILUC (Indirect Land Use Change) on prosessi, jossa nämä raaka-aineet syrjäyttävät viljelymaan ravintokasvit. Useimmiten nämä alkuperäiset ravintokasvit sitovat korkeita hiilidioksidipitoisuuksia. Muuttamalla viljelymaat polttoainekasvien peltomaaksi tätä hiilidioksidia vapautuu ja ilmakehän kasvihuonekaasutasot nousevat (ILUC). Maankäytön muutoksesta aiheutuvien haittojen lisäksi jotkin biopolttoaineet, kuten maissipohjainen etanoli,

nostavat ruuan kustannuksia poistamalla osan sadosta, joka muuten olisi mennyt ruoan tuotantoon (Schwarz 2018, s. 208).

Fargionen ja muiden (2010, s. 371–372) mukaan välttämällä herkkiä maa-alueita, hyödyntämällä optimaalisimpia valmistuskäytäntöjä ja kunnostamalla maa-alueet käytön jälkeen voidaan lieventää näitä negatiivisia ympäristövaikutuksia. Myös International Renewable Energy Agency (IRENA, 2016) esittää, että biopolttoaineita voidaan tuottaa kestävästi vaikuttamatta elintarviketurvaan hyödyntämällä sekä ensimmäisen että toisen sukupolven biopolttoaineteknologioita. Bhattacharyya (2019, s. 566) lisää vielä, että biopolttoaineiden käytöstä syntyy mittavia positiivisia ulkoisvaikutuksia, jotka tulisi ottaa huomioon päätettäessä vaihtoehtoisten polttoaineiden käytöstä.

4 Euroopan unionin biopolttoaineita koskeva lainsäädäntö

Biopolttoainepolitiikka on kehitetty edistämään biopolttoaineiden tuotantoa ja käyttöä (Ebadian ja muut, 2020, s. 1). Euroopan unionissa biopolttoaineiden käyttöä on tuettu useilla erilaisilla poliittisilla instrumenteilla (Ziolkowska ja muut, 2010, s. 401). Biopolttoainepolitiikkaa voidaan toteuttaa monilla eri tavoilla hyödyntäen muun muassa jakeluvolvoitteita, valmisteverovapautuksia ja -kannustimia, uusiutuvien tai vähähiilisten polttoaineiden standardeja sekä julkista rahoitusta (Ebadian ja muut, 2020, s. 1). Ziolkowska ja muut (2010, s. 401) esittävät, että nämä politiikan välineet vaikuttavat biopolttoaineiden tuotannon ja käytön eri vaiheisiin ja EU:n biopolttoaineita koskevissa direktiiveissä onkin käsitelty tuotantoketjun eri näkökohtia. Heidän mukaansa käytetyimmät poliittiset työkalut, joita jäsenvaltiot toteuttavat, ovat verohelpotukset ja polttoaineiden sekoitusvelvoitteet. EU:n asettamien biopolttoaineiden käyttöön liittyvien tavoitteiden johdosta liikenteessä käytettävän uusiutuvan energian odotetaan lisääntyvän voimakkaasti, mikä kasvattaa sekä biopolttoaineiden tuontia että kotimaista tuotantoa (Amezaga ja muut, 2010, s. 1).



Kuvio 3. Aikajana biopolttoaineiden käyttöä edistävästä politiikkatoimista.

Uusiutuvien energianlähteiden käyttöä alettiin edistämään EU:ssa Euroopan parlamentin ja neuvoston säätämällä direktiivillä 2003/30/EY. Direktiivi koskee liikenteen

biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien energianlähteiden lisäämistä. Muita tärkeitä biopolttoaineiden käytön edistämistä tukevia lainsäädäntöjä ovat kuviossa 3 näkyvät polttoainelaatudirektiivit 2003/17/EY ja 2009/30/EY, energiaverodirektiivi 2003/96/EY, RED I & RED II -direktiivit 2009/28/EY & (EU) 2018/2001 sekä ILUC-direktiivi (EU) 2015/1513 ja ILUC -asetus (EU) 2019/807.

4.1 Biopolttoainedirektiivi

Biopolttoainedirektiivillä tarkoitetaan tässä tutkielmassa Euroopan parlamentin ja neuvoston säätämää direktiiviä 2003/30/EY, joka koskee liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käytön lisäämistä. Direktiivissä (art. 1) esitetään, että biopolttoaineiden käyttöä tulee lisätä, jotta voidaan hillitä ilmastonmuutosta ja vähentää liikenteen öljyriippuvuutta. Biopolttoainedirektiivin mukaan biopolttoaineet ovat yksi keino vaikuttaa liikenteen polttoainemarkkinoihin ja sitä kautta ympäristöystävälliseen energian huoltovarmuuteen.

Biopolttoainedirektiivin mukaan tehokkain tapa biopolttoaineiden käytön lisäämiseksi kansallisesti ja yhteisön kesken riippuu voimavarojen ja raaka-aineiden saatavuudesta sekä kansallisesta että yhteisön biopolttoainepolitiikasta, verojärjestelyistä ja kaikkien sidosryhmien asianmukaisesta osallistumisesta. Biopolttoaineiden käytön edistämisen on biopolttoainedirektiivin mukaan sovittava yhteen energiahuoltovarmuuden, ympäristötavoitteiden sekä jäsenvaltioiden toimintatavoitteiden ja toimenpiteiden kanssa. Direktiivi kehottaa jäsenvaltioita itse tutkimaan kustannustehokkaita tapoja biopolttoaineiden käyttömahdollisuuksista (esipuheen kohta 29).

Biopolttoainedirektiivissä asetetaan biopolttoaineiden kulutuksen määrästä ohjeelliset tavoitteet. Direktiivi on siis luvussa 2 esitetyn taulukon 1 mukaan epäsuora regulaatio, jolla pyritään vaikuttamaan päästöjen määrään. Sen mukaan jäsenvaltioiden tulee varmistaa, että markkinoille saatetaan biopolttoaineita direktiivissä asetettu vähimmäisosuus kansallisten ohjeellisten tavoitteiden avulla. Kaikesta liikenteessä

käytetyistä polttoaineista, tulisi biopolttoaineiden olla kaksi prosenttia vuoteen 2005 mennessä ja 5,75 prosenttia vuoteen 2010 mennessä (art. 3). Biopolttoainedirektiivin kolmannen artiklan mukaan jäsenvaltiot voivat asettaa saataville puhtaita biopolttoaineita, kivennäisöljyjohdannaisiin sekoitettuja biopolttoaineita ja biopolttoaineista saatavia nesteitä, kuten ETBE:tä (etyyli-tert-butyylieetteri), joka on bioetanolin pohjalta tuotettu polttoaine. Jäsenvaltioiden tulee säätää biopolttoainedirektiivin noudattamisen edellyttämät hallinnolliset määräykset, asetukset ja lait vuoden 2004 loppuun mennessä (art. 7).

Direktiivissä painotetaan, että kehitettävien biopolttoaineiden tulisi noudattaa tunnettuja teknisiä standardeja. Standardit on kuitenkin kehitetty suurelta osin fossiilisille polttoaineille, joka mahdollisesti tekee niistä sopimattomia biopolttoaineille. Tekniset standardit ovat tärkeässä roolissa biopolttoaineisiin liittyvien kasviuonekaasupäästöjen valvonnassa, jonka vuoksi Euroopan komission ja standardointielinten tulee aktiivisesti mukauttaa ja kehittää standardeja (esipuheen kohta 13).

Biopolttoainedirektiivin neljännen artiklan mukaan jäsenvaltioiden on vuosittain toimitettava komissiolle kertomus kansallisen politiikan toteutuksesta. Kertomuksessa tulee esittää tehdyt toimenpiteet, joilla edistetään biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käyttöä. Myös liikennepolttoaineiden kokonaismyynti ja markkinoille saatettujen biopolttoaineiden osuudet on sisällytettävä kertomukseen. Jos jäsenvaltio ei kykene täyttämään direktiivissä asetettuja viitearvoja, tulee poikkeavuus perustella. Myös Euroopan komission tulee toimittaa joka toinen vuosi Euroopan parlamentille ja neuvostolle arviointikertomus biopolttoaineiden käytön lisääntymisestä jäsenvaltioissa.

4.2 RED I -direktiivi

Direktiivillä 2009/28/EY tarkoitetaan uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämistä koskevaa Euroopan parlamentin ja neuvoston säätämää direktiiviä. Aikaisemmin direktiiviin on viitattu RES-direktiivinä, mutta nykyään vakiintunut termi on RED I -direktiivi. Tässä tutkielmassa direktiiviin viitataan RED I -direktiivinä (Renewable Energy Directive). RED I -direktiivissä asetetaan sitovat tavoitteet uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuudesta liikenteessä sekä uusiutuvien energianlähteiden kokonaisuudesta energian loppukulutuksesta. Direktiiviä voidaan pitää luvussa 2 esitetyn taulukon 1 mukaisesti regulaationa. Direktiivissä vahvistetaan myös biopolttoaineita koskevat kestävyyskriteerit. RED I -direktiivin tarkoitus on lisätä kaikenlaisen uusiutuvan energian käyttöä, mutta tässä tutkielmassa keskitytään biopolttoaineiden käyttöä edistäviin säädöksiin, eli artikloihin 3, 4 ja 17–21. RED I -direktiivi on osa EU:n Eurooppa 2020 -strategian energia- ja ilmastonmuutospakettia (Tilintarkastustuomioistuim, 2016, s. 12). Jäsenvaltioiden on saatettava direktiivissä asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi edellytetyt lait ja asetukset voimaan joulukuussa 2010 (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY).

RED I -direktiivin kolmannessa ja neljännessä artiklassa käsitellään uusiutuvan energian kokonaistavoitteita ja jäsenvaltioita koskevia toimintasuunnitelmia. Direktiivissä asetetaan sitovat kansalliset tavoitteet vuoteen 2020, joiden mukaan kaikissa liikennemuodoissa käytetyn uusiutuvan energian määrän tulee olla 10 prosenttia. Energian kokonaisloppukulutuksesta, johon lasketaan teollisuuden, liikenteen, kotitalouksien, palvelujen, maatalouden sekä metsä- ja kalatalouden energiankäyttö, tulee uusiutuvan energian osuuden olla 20 prosenttia. RED I -direktiivin 21. artiklassa esitetään uusiutuvan energian erityissäännöksiä, missä ilmoitetaan, että uusiutuvan energian osuutta laskettaessa energian loppukulutuksesta katsotaan kehittyneillä biopolttoaineilla olevan kaksinkertainen painoarvo muihin biopolttoaineisiin verrattuna. RED I -direktiivin neljännen artiklan mukaan kaikkien jäsenvaltioiden tulee vahvistaa kansallinen uusiutuvan energian toimintasuunnitelma, jossa määritetään muun muassa

tavoitteet liikenteessä kulutetusta uusiutuvasta energiasta sekä tarvittavat toimenpiteet kansallisten tavoitteiden saavuttamiseksi.

RED I -direktiivin (art. 3) mukaan jäsenvaltiot voivat edistää uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käyttöön liittyvien tavoitteiden saavuttamista esimerkiksi tukijärjestelmien avulla, joilla tarkoitetaan keinoja, jotka lisäävät uusiutuvan energian käytön määrää alentamalla siihen liittyviä kustannuksia. Tukijärjestelmiä ovat muun muassa myyntihinnan korotus, ostomäärän lisääminen uusiutuvan energian velvoitteen avulla, sekä investointituet ja verohelpotukset. Direktiivin kolmannessa artiklassa kehoitetaan myös jäsenvaltioita hyödyntämään yhteistoimia, joko keskenään tai kolmansien maiden välillä, joiden avulla voitaisiin saavuttaa direktiivissä asetetut tavoitteet.

RED I -direktiivin 17 ja 18 artiklassa käsitellään biopolttoaineita koskevia kestävyyskriteereitä. Kestävyyskriteereillä on tarkoitus varmistaa biopolttoaineiden kestävä tuotanto ja käyttö, jotta niille voidaan asettaa tarpeellisia tukitoimia (Martin ja muut, 2020, s. 1). Biopolttoaineista peräisin oleva energia otetaan huomioon tämän direktiivin kansallisten tavoitteiden ja uusiutuvan energian velvoitteiden täyttymisessä sekä biopolttoaineiden kulutuksen tukikelpoisuuden osalta ainoastaan, jos kestävyyskriteerit täyttyvät. Jäsenvaltioiden tuleekin vaatia talouden toimijoita osoittamaan kestävyyskriteerien noudattaminen, jotta se voidaan todentaa. Kestävyyskriteerien mukaan biopolttoaineiden käytöstä saatavan kasvihuonekaasupäästövähennyksen tulee olla vähintään 35 prosenttia, jotta ne otetaan huomioon uusiutuvana energiana. Biopolttoaineita ei tule valmistaa biologiselta monimuotoisuudeltaan rikkaalta maalta peräisin olevasta raaka-aineesta. Tällaisia alueita ovat muun muassa aarniometsät ja luonnonsuojelualueet. Biopolttoaineita ei myöskään tule tuottaa raaka-aineesta, joka on peräisin turvemaalta tai maaperästä, johon on sitoutunut paljon hiiltä.

4.3 RED II -direktiivi

Euroopan parlamentin ja neuvoston säätämää direktiiviä (EU) 2018/2001 kutsutaan tässä tutkielmassa RED II -direktiiviksi. Koska RED I -direktiiviin on tehty paljon muutoksia vuoden 2009 jälkeen, on selkeyden vuoksi ollut järkevintä laatia se uudelleen RED II -direktiiviksi. Direktiivillä pyritään uusiutuvia energianlähteitä hyödyntävien energiamuotojen edistämiseen, joka on tarpeen Pariisin ilmastosopimuksen noudattamiseksi. Euroopan unioni on myös sitoutunut vähentämään päästöjä 40 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä (esipuheen kohta 5). Direktiivissä (esipuheen kohta 8) säädetään myös sitova tavoite uusiutuvan energian käytön osuudesta, jonka tulisi olla vähintään 32 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. Tavoitetta päätettiin nostaa selvästi verrattuna vuoden 2020 tasoon, muun muassa uusien teknologioiden hinnan sekä uusiutuvan energian tuotantokustannusten alentumisen vuoksi (esipuheen kohdat 7–8).

RED II -direktiivin 25 artiklassa asetetaan uudet uusiutuvan energian käytön tavoitteet liikennealalle. Direktiivin (art. 7) mukaan uusiutuvan energian loppukulutus liikennesektorilla lasketaan kaikkien kulutettujen biopolttoaineiden, biomassapolttoaineiden ja muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien nestemäisten ja kaasumaisten liikenteen polttoaineiden summana. Viimeistään vuonna 2030 uusiutuvan energian osuus liikennealan energian loppukulutuksesta tulee olla 14 prosenttia (art. 25). Epäsuoran ja suoran maankäytön muutoksen riskin vähentämiseksi tulee kehittyneiden biopolttoaineiden osuuden olla 0,2 prosenttia vuonna 2022, yksi prosentti vuonna 2025 ja 3,5 prosenttia vuonna 2030. Jäsenvaltioiden on saatettava direktiivissä asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi edellytetyt lait ja asetukset voimaan viimeistään kesäkuussa 2021.

4.4 Polttoainelaatudirektiivi

Euroopan parlamentin ja neuvoston säätämät polttoainelaatudirektiivit 98/70/EY, 2003/17/EY ja 2009/30/EY ovat myös olleet merkittävässä roolissa biopolttoaineiden käytön edistämässä (Amezaga ja muut, 2010, s. 4). Näissä polttoainelaatudirektiiveissä asetettiin polttoaineille ympäristöperusteiset laatuvaatimukset ja biopolttoaineiden käytön edistämistä tukevat säädökset ympäristötavoitteiden saavuttamiseksi (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/17/EY, esipuheen kohdat 1 & 17). Näin ollen näitä voidaan pitää luvun 2 taulukon 1 mukaan teknisinä standardeina, eli suorina regulaatioina. Polttoainelaatudirektiivissä 2003/17/EY (esipuheen kohdat 17-18) painotettiin, että biopolttoaineiden käyttöä tulisi lisätä, ja niitä koskevista mahdollisista erityislainsäädännöistä tulisi keskustella.

Viimeisimmässä polttoainelaatudirektiivissä 2009/30/EY (Euroopan parlamentti ja neuvosto) tehdään muun muassa muutoksia aikaisemmissa direktiiveissä asetettuihin polttoaineiden laatuvaatimuksiin ja kasvihuonekaasupäästöjen seurantaan. Uusimman direktiivin mukaan toimittajien tulisi vähentää polttoaineista aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä vaiheittain peräti 10 prosentilla vuoteen 2020 loppuun meneessä (art. 1). Päästövähennysten on oltava vähintään kuusi prosenttia verrattuna vuoden 2010 keskimääräisiin fossiilisten polttoaineiden aiheuttamiin kasvihuonekaasupäästöihin. Direktiivin mukaan kasvihuonekaasusäästöjen saavuttamiseksi biopolttoaineiden tuotannon tulisi olla RED I -direktiivissä säädettyjen kestävyyskriteerien mukaisia (esipuheen kohta 10). Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi vaadittavat lait ja asetukset tulee saattaa voimaan vuoden 2010 loppuun mennessä (4. art).

Polttoainelaatudirektiivien merkittävät biopolttoaineiden tuotantoa ja kulutusta edistävät säädökset ovat polttoaineseoksille asetetut sekoitusvelvoitteet (Amezaga ja muut, 2010, s. 4; Schnepf, 2006, s. 5). Direktiivi 2009/30/EY mahdollistaa suuremman biokomponenttipitoisuuden bensiini-, sekä dieselpolttoaineissa kuin aikaisemmat polttoainelaatudirektiivit (liitteet I–III). Esimerkiksi bensiiniä sisältävässä

polttoainesekoitteessa saa olla jopa 10 prosenttia bioetanolia. Vastaavasti biodieseliä polttoainesekoite saa sisältää maksimissaan 7 prosenttia.

4.5 Energiaverodirektiivi

Energiaverodirektiivinä tunnetussa Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2003/96/EY (art. 1). säädetään EU:n jäsenvaltioiden energiatuotteiden ja sähkön verotuksesta. Yhtenä direktiivin päämääränä on ollut edistää biopolttoaineiden tuotantoa ja käyttöä (esipuheen kohta 26). Tämä pyritään toteuttamaan biopolttoaineita koskevilla jäsenvaltioiden eriytetyillä valmisteverokannoilla tai valmisteveroista vapauttamisella, jonka tarkoituksena on muun muassa parantaa sisämarkkinoiden toimivuutta. Energiaverodirektiivissä asetettiin myös verotuksen vähimmäistasot erilaisille polttoaineille. Direktiivi on luvun 2 taulukon 1 mukaan epäsuora kannustin. Direktiivissä (art. 6) määritellään jäsenvaltioille kolme eri tapaa toteuttaa verovapautuksia ja alennuksia. Ne voidaan toteuttaa suoraan, eriytetyn verokannan avulla tai vaihtoehtoisesti palauttamalla joko osan peritystä verosta tai koko veron. Direktiivin noudattamisen edellyttävät asetukset ja lait tulee saattaa voimaan vuoden 2003 joulukuun loppuun mennessä.

Vuonna 2010 Ziolkowska ja muut (s. 401) arvioivat, että verohelpotukset ovat EU:n suurin biopolttoaineisiin kohdistama subventio eli avustus, jota käytetään esimerkiksi tuotteen hinnan laskemiseen (Acemoglu ja muut, 2016, s. 763). Amezagan ja muiden (2010, s. 3) mukaan verohelpotukset parantavat biopolttoaineiden kustannustehokkuutta verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin sekä kannustavat jäsenvaltioita biopolttoaineiden kulutukseen ja tuotantoon. Jotta biopolttoaineet olisivat taloudellisesti kilpailukykyisiä fossiilisten polttoaineiden kanssa, tulisi heidän mukaansa verovapautuksen olla riittävän suuri kattamaan biopolttoaineiden korkeammat tuotantokustannukset. He lisäävät, että verovapautusjärjestelmä toimii, jos fossiilisia polttoaineita verotetaan riittävästi, jolloin niiden hinnat nousevat korkeammaksi kuin biopolttoaineiden hinnat ilman veroa tai osittaisella verotuksella.

4.6 ILUC-direktiivi

Siitä huolimatta, että biopolttoaineiden tuotanto tarjoaa uusia mahdollisuuksia työllisyyteen, maaseudun kehittämiseen ja tulonlähteisiin, liittyy siihen ympäristöllisiä, sosiaalisia ja taloudellisia huolenaiheita (Scarlat ja muut, 2012, s. 596). Erityisesti ensimmäisen sukupolven biopolttoaineisiin liitetään negatiivisia ympäristövaikutuksia, joita ovat muun muassa epäsuoran maankäytön muutos, niiden todellinen kasvihuonekaasupäästöjen määrä sekä biologisen monimuotoisuuden häiriöt. Näihin ongelmiin on pyritty vaikuttamaan ILUC-direktiivillä (Euroopan parlamentti ja neuvosto, (EU) 2015/1513, esipuheen kohta 5).

ILUC-direktiivillä (Indirect Land Use Change), tarkoitetaan Euroopan parlamentin ja neuvoston säätämää epäsuoraa maankäytön muutosta käsittelevää direktiiviä (EU) 2015/1513. Epäsuoraa maankäytön muutosta syntyy, kun elintarvike- ja rehumarkkinoiden tuotantoon joudutaan käyttämään muuta kuin maatalousmaata (esipuheen kohta 4). Jos tuotannon käyttöön joudutaan muuttamaan paljon hiiltä sitonut maaperä, aiheutuu siitä merkittäviä kasvihuonekaasupäästöjä. Direktiivin mukaan epäsuora maankäytön muutos johtuu siitä, että aikaisemmin elintarvike- ja rehumarkkinoiden tarpeisiin käytetty maa siirtyy biopolttoaineiden tuotantoon, sillä suurin osa käytetyistä biopolttoaineista valmistetaan viljelykasveista, jotka on kasvatettu jo olemassa olevalla maatalousmaalla.

ILUC-direktiivin tarkoitus on siis sisällyttää polttoainelaatudirektiiviin 98/70/EY ja RED I -direktiiviin 2009/28/EY epäsuoran maankäytön muutoksen vaikutusta koskevia säännöksiä (esipuheen kohta 4). Neljännen artiklan mukaan jäsenvaltioiden tulee saattaa direktiivin noudattamiseen edellyttävät asetukset ja lait voimaan viimeistään syyskuussa 2017. Direktiivissä (esipuheen kohta 5) painotetaan, että vuonna 2015 on arvioitu, että epäsuorasta maankäytön muutoksesta johtuvat kasvihuonekaasupäästöt voivat kumota biopolttoaineilla saavutetut päästövähennykset osittain tai jopa kokonaan. ILUC-direktiivissä siis painotetaan sellaisten biopolttoaineiden käyttöä, jotka eivät todennäköisesti aiheuta epäsuoria maankäytön muutoksia (art. 2). Tämän vuoksi ILUC-

direktiivillä pyritään kannustamaan kehittyneiden biopolttoaineiden tutkimukseen, kehitykseen ja tuotantoon, sillä ne tuottavat suuria kasvihuonekaasusäästöjä, eivätkä ne kilpailisi ravintokasvien käyttämästä maatalousmaasta (esipuheen kohta 7). Direktiivin mukaan kehittyneisiin biopolttoaineisiin liittyy myös alhaisempi epäsuoran maankäytön muutoksen riski. Kehittyneiden biopolttoaineiden käytön edistämiseksi ILUC-direktiivissä asetettiin 7 prosentin yläraja ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden käytölle raide- ja maantieliikenteen energian loppukulutuksessa, eli 3 prosentin kehittyneiden biopolttoaineiden osuus tulisi saavuttaa vuonna 2020 (art. 2). Tämä rajoitus on asetettu jokaiselle jäsenvaltiolle. Direktiivin toisessa artiklassa kehoitetaan myös asettamaan ohjeellinen alatavoite, jonka mukaan liikenteen energiankulutuksesta 0,5 prosenttia olisi täytettävä kehittyneillä biopolttoaineilla vuoteen 2020 mennessä.

4.7 ILUC-asetus

ILUC-asetuksen tarkoituksena on täydentää RED II -direktiiviä epäsuoran maankäytön muutokseen liittyvissä seikoissa. Tässä tutkielmassa sillä tarkoitetaan Euroopan komission delegoitua asetusta (EU) 2019/807. Tälle asetukselle on tarvetta, sillä RED I ja RED II -direktiiveissä vahvistetuissa kestävyys- ja päästövähennyskriteereissä ei oteta huomioon ILUC-päästöjä. ILUC-asetuksessa siis vahvistetaan kriteerit suuren epäsuoran maankäytön muutoksen riskin raaka-aineiden määrittelylle (esipuheen kohta 1). Asetuksen neljännessä artiklassa tarkennetaan myös sellaisten biopolttoaineiden sertifiointikriteerit, jotka aiheuttavat vähäistä epäsuoran maankäytön muutosta. Sertifiointiin vaaditaan muun muassa se, että biopolttoaineet täyttävät RED II -direktiivin 29 artiklassa vahvistetut kestävyyskriteerit ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiskriteerit.

ILUC-asetuksessa (esipuheen kohta 7) esitetään, että biopolttoaineista aiheutuvien ILUC-päästöjen taso riippuu useista eri tekijöistä, kuten esimerkiksi tuotantoon käytetyn raaka-aineen tyypistä ja maailmanlaajuisesta hiiltä sitovan maaperän suojelusta. Asetuksen (esipuheen kohta 8) mukaan öljykasveista valmistettuihin biopolttoaineisiin

liittyy korkeampi epäsuoran maankäytön muutoksen riski. Asetuksen toisen artiklan mukaan näillä öljykasveilla tarkoitetaan ravinto- ja rehukasveja, jotka eivät ole sokerikasveja tai sisällä paljon tärkkelystä, kuten rapsi, öljypalmu, soijapapu ja auringonkukka.

RED II -direktiivin (art. 26) mukaan jäsenvaltioiden tulee soveltaa ILUC-asetuksessa vahvistettuja kriteereitä suurta ILUC-riskiä aiheuttavien raaka-aineiden määrittelyyn, joiden tuotantoalue on laajentunut merkittävästi maaperälle, johon on sitoutunut paljon hiiltä. Nämä raaka-aineet määritellään kumulatiivisten kriteerien perusteella, kuten niiden maailmanlaajuisen tuotanto-alueen keskimääräisen vuotuisen laajentumisen mukaan.

5 Lainsäädännön kansallinen implementointi

Tässä luvussa käsitellään tutkielmassa vertailtavien maiden kansallista biopolttoainepolitiikkaa ja Euroopan unionin asettaman politiikan implementointia. Biopolttoaineiden kulutuksen tarkastelussa hyödynnetään Eurostatista saatavaa dataa liikenteen energian loppukulutuksesta vuosilta 2010–2021. Tarkasteltava ajankohta on valittu sen vuoksi, että vain tämä on saatavilla Eurostatista. Data kattaa maantie- ja rautatieliikenteen sekä kotimaan lentoliikenteen. Biopolttoaineiksi on tässä tutkielmassa laskettu puhdas ja sekoitettu biodiesel, puhdas ja sekoitettu bioetanoli, biokaasu, ja muut nestemäiset biopolttoaineet. Kulutuksen määrä on ilmoitettu megaöljykvivalenttitonneina.

Vaikka Euroopan unioni määrääkin biopolttoainepolitiikan kehykset, voivat jäsenvaltiot suurelta osin vapaasti päättää, kuinka ne parhaiten toteuttavat politiikan ja saavuttavat asetetut tavoitteet (Amezaga ja muut, 2010, s. 2). Euroopan unionin jäsenvaltioiden strategiat liittyen biopolttoaineita koskeviin tavoitteisiin vaihtelevatkin merkittävästi maittain (Pelkmans ja muut, 2008, s. 17). Biopolttoaineiden kulutuksen edistämiseksi jäsenvaltiot käyttävät politiikan välineitä ja toimenpiteitä, jotka parhaiten vastaavat niiden kansallisia olosuhteita ja kotimaisia etuja kaikkien EU-säädösten osalta (Di Lucia & Nilsson, 2007, s. 533). RED II -direktiivin mukaan suurin osa jäsenvaltioista soveltaa tukijärjestelmiä, joissa myönnetään tukea yksinomaan niiden alueella uusiutuvista lähteistä tuotetulle energialle (Euroopan parlamentti ja neuvosto, (EU) 2018/2001, esipuheen kohta 22).

5.1 Espanja

Espanja on maana vahvasti riippuvainen tuontienergiasta verrattuna muihin EU-maihin (Sobrino & Monroy, 2009, s. 2678). Kaikesta Espanjassa kulutetusta energiasta jopa 70 prosenttia onkin tuontienergiaa (Eurostat, 2023a). Marínin ja muiden (2016, s. 2) mukaan Espanjassa biopolttoaineiden käytön edistämällä pyritään nimenomaan

lisäämään energianlähteiden monipuolisuutta, energian toimitusvarmuutta sekä vähentämään fossiilisten polttoaineiden kulutusta liikennesektorilla. He esittävät, että niiden avulla on myös tarkoitus vähentää kasvihuonekaasupäästöjä sekä noudattaa Euroopan unionin asettamia uusiutuvan energian tavoitteita.

Euroopan parlamentin ja neuvoston lainsäädäntöä noudattaakseen Espanjan hallitus on laatinut asetukset Real Decreto 1700/2003, Orden ITC/2877/2008, Real Decreto 459/2011, Real Decreto 1085/2015 ja Real Decreto 205/2021, joiden tarkoituksena on edistää liikenteen biopolttoaineiden käyttöä (Ministerio de Economía, 2003; Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2008; Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2011; Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2015; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021a). Näissä asetuksissa siis määritellään biopolttoaineiden jakeluelvoitteet vuosille 2005–2022, jotka on esitetty taulukossa 2. Nämä biopolttoaineita koskevat velvoitteet nousivat tasaisesti vuoteen 2013 asti, jolloin Espanjassa lainsäädännöllä 11/2013 pienennettiin Espanjan biopolttainemarkkinoiden kokoa (USDA FAS, 2020, s. 4). Vuonna 2015 voimaan tullut Real Decreto 1085/2015 poisti biodieselille ja bioetanolille asetetut eritellyt jakelutavoitteet vuodesta 2016 alkaen ja nosti hieman jakeluelvoitteita vuosille 2016–2020 (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2015). Jos velvoitteet jäävät täyttymättä, tuli vuosina 2008–2021 jokaisesta puuttuvasta sertifikaatista, joka vastaa yhtä öljykvivalenttitonnia, maksaa 763 euroa (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2008). Vuonna 2022 sakko nousi 1623 euroon per sertifikaatti (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021b).

Taulukko 2. Biopolttoaineiden jakeluvälitteet Espanjassa.

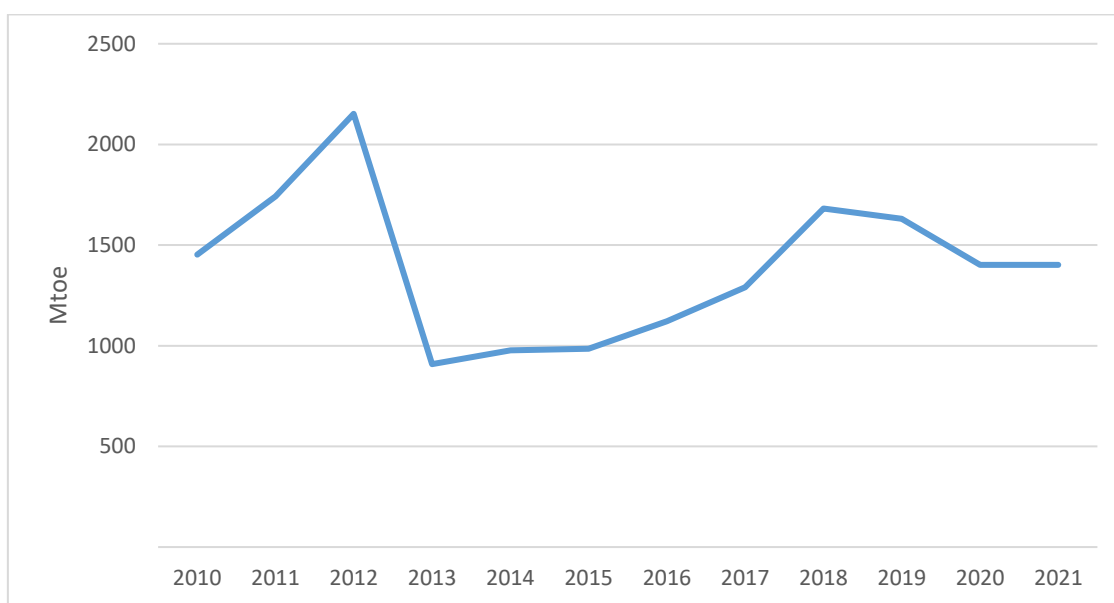
2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2 %	1,9 %	3,4 %	5,83 %	6,2 %	6,5 %	4,1 %	4,1 %
2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
4,1 %	4,3 %	5 %	6 %	7 %	8,5 %	9,5 %	10 %

RED I -direktiivissä vuodelle 2020 asetettu 10 prosentin uusiutuvan energian vähimmäisvaatimus ei tule täyttymään kokonaan Espanjan 8,5 prosentin jakeluvälitteellä, sillä uusiutuvalla sähköllä aiotaan saavuttaa loput tavoitteesta (USDA FAS, 2020, s. 5). Maan uusiutuvan energian osuus liikennesektorilla vuonna 2020 oli 6,7 prosenttia ilman kaksinkertaista laskentaa ja 9,5 prosenttia kaksinkertaisella laskentamenetelmällä (ePURE, 2022, s. 86). Euroopan parlamentin ja neuvoston asettama polttoainelaatudirektiivi 2009/30/EY otettiin käyttöön Espanjassa asetuksella Real Decreto 1088/2010, jossa nostettiin biodieselin sekoitusvelvoite seitsemään prosenttiin ja bioetanolin sekoitusvelvoite kymmeneen prosenttiin (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2010).

Euroopan parlamentin ja neuvoston asettama ILUC-direktiivi implementoitiin Espanjassa ensin asetuksella Real Decreto 1085/2015, joka päivitettiin myöhemmin asetukseen Real Decreto 235/2018 (USDA FAS, 2020, s. 7). RED I -direktiivin mukaista kehittyneiden biopolttoaineiden kaksinkertaista laskemismenetelmää käsiteltiin myös asetuksessa Real Decreto 235/2018, jonka mukaan se otetaan käyttöön vuoden 2019 alusta (Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, 2018). ILUC-direktiivissä asetettiin myös vapaaehtoinen 0,5 prosentin kansallinen tavoite kehittyneille biopolttoaineille, jonka vuoksi Espanjassa asetuksessa Real Decreto 235/2018 esitettiin kehittyneille biopolttoaineille 0,1 prosentin tavoite vuodelle 2020.

Espanja on edistänyt biopolttoaineiden kulutusta ja kehitystä erityisesti kannustimilla, sillä biopolttoaineet olivat täysin vapautettuja hiilivetyverosta vuoden 2012 loppuun asti

(Jefatura del Estado, 2002). Espanjassa otettiin myös vuonna 2007 lainsäädännössä 34/2007 käyttöön biopolttoaineita käyttävien ajoneuvojen rekisteröintiveron alennus, jolla pyrittiin lisäämään biopolttoaineiden käyttöä (Cansino ja muut, 2012, s. 6020). Lainsäädännössä määriteltiin ajoneuvon rekisteröintiveron uudet luokitukset, jotka vaihtelevat auton hiilidioksidipäästöjen mukaan siten, että vähiten saastuttava ajoneuvo on vähiten verotettu (Jefatura del Estado, 2007). Vuodesta 2013 alkaen Espanjan biopolttoaineiden kulutus on perustunut yksinomaan kulutusvelvoitteille, kun verohelpotukset ovat jääneet pois biopolttoainepolitiikasta. (USDA FAS; 2020, s. 4).



Kuvio 4. Espanjan biopolttoaineiden kulutus liikennesektorilla (Eurostat, 2023b).

Kuviosta 4 voimme nähdä biopolttoaineiden loppukulutuksen liikennesektorilla Espanjassa vuosina 2010–2021. Vuodesta 2010 alkaen biopolttoaineiden kulutus kasvoi melko voimakkaasti, jopa yli 2 000 megaöljykvivalenttitonniin. Kuitenkin vuoden 2013 biopolttoaineiden kulutus laski alle 1 000 Mtoeen, jonka voidaan olettaa johtuvan biopolttoaineiden hiilivetyverotuksen vapautuksen päättymisestä. Kulutuksessa voidaan huomata kuitenkin kasvua vuoteen 2018 asti, jolloin se taas putosi hieman. Tämän voidaan olettaa johtuvan vuonna 2015 käyttöön otetusta ILUC-direktiivistä, jonka takia biopolttoaineille asetetut kestävyyskriteerit tiukentuivat. Euroopan komission (2022, s. 199) mukaan maan liikennesektorilla kulutetusta energiasta 5,0 prosenttia oli uusiutuvaa

energiaa vuonna 2010, mutta se putosi yhteen prosenttiin vuonna 2015. Vastaava luku oli kuitenkin 9,5 prosenttia vuonna 2020. Voidaan siis todeta, että vuosina 2010 ja 2020 biopolttoaineiden jakeluelvoitteet toteutuivat.

5.2 Ruotsi

Martinin ja muiden mukaan (2020, s. 175) Ruotsi on asettanut useita tavoitteita uusiutuvien polttoaineiden käytön lisäämiseksi, ja hyödyntääkin uusiutuvaa energiaa liikennesektorilla eniten Euroopan unionissa. Martin ja muut esittävätkin, että yksi Ruotsin tavoitteista on liikennesektorin riippumattomuus fossiilisista polttoaineista vuoteen 2030 mennessä. Ruotsilla on ainutlaatuinen biopolttoainestrategia, mutta on huomioitava, että EU:n asettamat uusiutuvaa energiaa koskevat tavoitteet vaikuttavat vahvasti maan biopolttoainepolitiikan kehitykseen (Pelkmans ja muut, 2008, s. 42). USDA FAS (2022a, s. 35) ja SNAO (Swedish National Audit Office, 2011) esittävät, että maan tärkeimmät biopolttoainepolitiikan välineet ovat polttoaineita koskevat kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisvelvoitteet, sekä biopolttoaineille asetetut verokannustimet.

Euroopan parlamentin ja neuvoston lainsäädäntöä on implementoitu muutamilla eri säädöksillä Ruotsissa. Lainsäädännöllä 1994:1776, joka myöhemmin päivitettiin lainsäädännöllä 2004:1038 on sovellettu käytäntöön EU:n energiaverodirektiiviä (SFS, 1994; SFS, 2004). Tätä lakia on vielä myöhemmin oikaistu lainsäädännöillä 2006:1508, 2010:1824 ja viimeiseksi lailla 2022:1781 (SFS, 2022a). Ruotsissa polttoaineille on säädetty sekä energia- että hiilidioksidivero (SFS, 2004). Energiavero määritellään kullekin polttoaineelle erikseen, eikä se ole verrannollinen polttoaineen energiasisältöön, kun taas hiilivero on verrannollinen polttoaineen hiilipitoisuuteen (RFR, 2009). Edistääkseen biopolttoaineiden käyttöä, on tässä laissa 2004:1038 säädetty verokannustin, joka vapauttaa korkeaseoksiset biopolttoaineet energia- ja hiilidioksidiverosta (SFS, 2004). Korkeaseoksisilla biopolttoaineilla tarkoitetaan muun muassa E85 polttoainetta, jossa on enintään 85 prosenttia bioetanolia, ja loput bensiiniä

(Pouliot & Babcock, 2017, s 194). Tämän kannustimen tuli olla voimassa ainakin vuoden 2022 loppuun asti (ePURE, 2022, s. 91). Kuitenkin joulukuussa 2022 Euroopan komissio hyväksyi Ruotsin jatkohakemuksen verohelpotukselle, joten korkeasekoitteiset ja puhtaat biopolttoaineet ovat energia- ja hiiliverovapaita vuoden 2026 loppuun asti (Sherrard, 2022).

Osana Ruotsin biopolttoainepolitiikkaa säädettiin laki 2017:1201, jossa päätettiin tiettyjen fossiilisten polttoaineiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä (SFS, 2017). Nämä vähentämisvelvoitteet koskevat bensiiniä ja dieseliä, ja niillä halutaan muun muassa edistää maan kansallista tavoitetta vähentää liikenteestä aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä 70 prosentilla vuoteen 2030 mennessä (Swedish Energy Agency (SEA), 2022). Lain 2017:1201 mukaan polttoainetoimittajien on vähennettävä näiden polttoaineiden kasvihuonekaasupäästöjä tietyllä prosentilla joka vuosi. Laissa esitetään, että vaadittujen tavoiteprosenttien saavuttamiseksi toimittajien on lisättävä biopolttoaineiden osuutta bensiinissä ja dieselissä. Näitä vähentämisvelvoitteita voidaan siis pitää EU:n polttoainelaatudirektiivissä säädettyjen sekoitusvelvoitteiden implementointina. Päästöjen vähentämisvelvoitteita on myöhemmin päivitetty muun muassa säädöksillä 2021:412 ja 2022:1217, mitkä ovat nähtävissä alla olevasta taulukosta 3 (SFS, 2021a; SFS, 2022b). Ne polttoaineen toimittajat, jotka eivät täytä päästöjen vähennysvelvoitteitaan, joutuvat maksamaan sakkoa hiilijalanjälkensä mukaan (ePURE, 2022, s. 89).

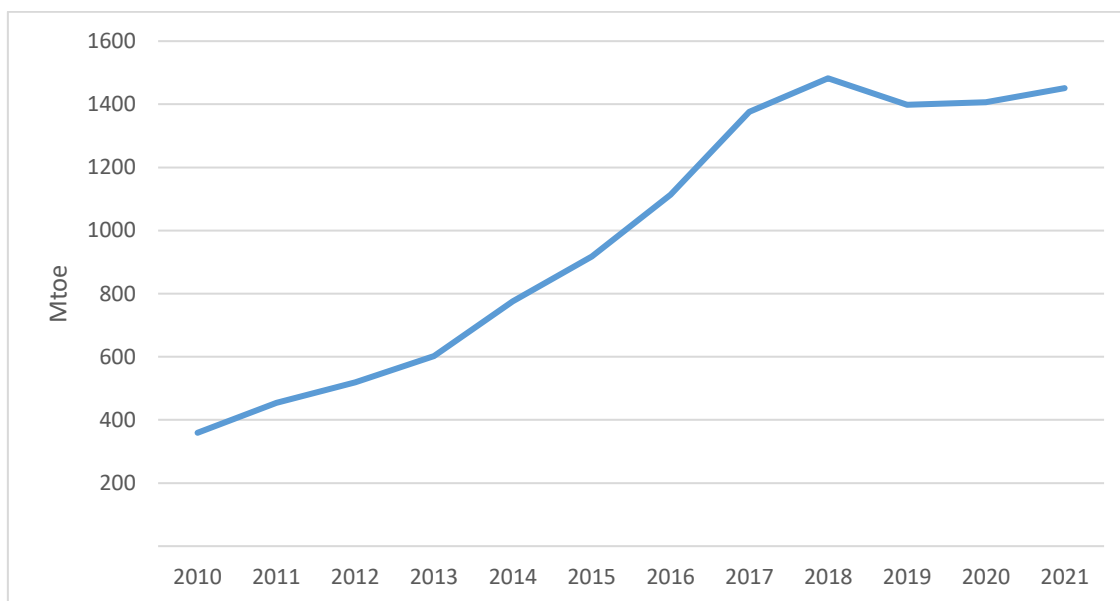
Taulukko 3. Ruotsin kasviuonekaasupäästöjen vähentämisvelvoitteet polttoaineittain.

Vuosi	Bensiini	Diesel
2020	4,2 %	21 %
2021	6 %	26 %
2022	7,8 %	30,5 %
2023	10,1 %	30,5 %
2024	12,5 %	40 %
2025	15,5 %	45 %
2026	19 %	50 %
2027	22 %	54 %
2028	24 %	58 %
2029	26 %	62 %
2030	28 %	66 %

RED I -direktiivin mukaisesti laissa 2010:598 säädettiin biopolttoaineiden kestävyyskriteereistä (SFS, 2010). Tämän mukaan biopolttoaineita voidaan pitää kestävinä, jos niiden käyttö johtaa pienempiin kasviuonekaasupäästöihin kuin fossiilisten polttoaineiden käyttö. Vastaavasti vuonna 2021 voimaan tullessa laissa 2021:668 otettiin käyttöön RED II -direktiivin mukaiset biopolttoaineiden kestävyyskriteerit (SFS, 2021b).

Ruotsissa on myös käytetty epäsuoria politiikan välineitä edistämään biopolttoaineiden käyttöä. Tällaisia ovat muun muassa säädöksessä 2007:380 voimaan tullut ympäristöystävällisten autojen tukijärjestelmä, jossa ympäristöystävällisen auton ostajalle maksettiin 10 000 SEK (1100 euroa) palkkio (SFS, 2007). Säädöksen mukaan tukijärjestelmällä pyrittiin kannustamaan yksityishenkilöitä ostamaan autoja, jotka aiheuttavat vähemmän kasviuonekaasupäästöjä. Tukijärjestelmä oli voimassa vuosina

2007-2009 (Hugosson ja muut, 2016, s. 33). Myös vuonna 2012 voimaan tullut “super-ympäristöystävällisten” autojen tukijärjestelmä on esimerkki epäsuorasta biopolttoainepolitiikan välineestä. Tämä tukijärjestelmä oikeutti 40 000 SEK (4300 euron) palkkion ympäristöystävällisen auton ostajalle (SFS, 2011). Tämän säädöksen mukaan auto on “super-ympäristöystävällinen”, kun se täyttää EU:n päästöstandardit ja aiheuttaa kasviuonekaasupäästöjä vähemmän kuin 50 g CO₂/km (Hugosson ja muut, 2016, s. 33).



Kuvio 5. Ruotsin biopolttoaineiden kulutus liikennesektorilla (Eurostat, 2023b).

Kuviossa 5 on esitetty Ruotsin biopolttoaineiden loppukulutus liikennesektorilla vuosina 2010–2021. Voimme todeta, että maan biopolttoaineiden kulutus on kasvanut melko tasaisesti aina vuoteen 2018 asti, jolloin se oli yli 1400 megaöljykvivalenttitonnia. Suoranaisesti maan biopolttoainepolitiikasta ei ole nähtävillä syytä tähän vuoden 2018 kulutuksen vähentymiselle. Kuitenkin Euroopan komission (2022, s. 235) mukaan Ruotsin liikennesektorin energian loppukulutuksesta noin 10 prosenttia oli uusiutuvaa energiaa vuonna 2010. Vuonna 2015 luku oli jo noin 22 prosenttia ja vuonna 2020 noin 32 prosenttia. Voidaan siis olettaa, että maa on panostanut uusiutuvaan energiaan laajasti biopolttoaineiden lisäksi.

5.3 Suomi

Moula ja muut (2017, 434) esittävät, että Suomi tavoittelee suuria kasvihuonekaasupäästövähennyksiä muun muassa lisäämällä uusiutuvan energian osuutta liikennesektorilla. Heidän mukaansa liikennesektorin on todettu olevan toiseksi suurin päästölähde Suomessa. Biopolttoaineiden käytön edistäminen liikennesektorilla aloitettiin lainsäädännöllä 446/2007, jolla pantiin täytäntöön EU:n biopolttoainedirektiivi 2003/30/EY (Finlex, 2007). Tämän niin kutsutun jakeluelvoitelain mukaan maan pääasiallinen uusiutuvien energialähteiden tukimekanismi on nimenomaan jakeluelvoitteet, joiden tarkoituksena on varmistaa, että biopolttoaineet muodostavat tietyn prosenttiosuuden polttoaineita myyvän yrityksen vuosittaisesta kokonaisymynnistä. Suomessa biopolttoaineet sekoitetaan liikenteen polttoaineisiin (Motiva, 2022). Tätä jakeluelvoitelakia on päivitetty muun muassa laeilla 1056/2009, 1420/2010, 387/2017, 419/2019 ja 1134/2022 (Finlex, 2009; Finlex, 2010; Finlex, 2017a; Finlex, 2019; Finlex, 2022). Näissä päivityksissä on muutettu vuosittaisia jakeluelvoitteen määriä, jotka ovat nähtävillä taulukossa 4. Näillä edellä mainituilla säädöksillä on otettu käyttöön RED I ja RED II -direktiivien mukaiset uusiutuvan energian kulutusvelvoitteet. Laissa 603/2021 säädettiin RED II -direktiivin mukaisista kehittyneiden biopolttoaineiden jakeluelvoitteista (Finlex, 2021a). Tämän säädöksen mukaan kehittyneiden biopolttoaineiden vähimmäisjakeluelvoite vuosina 2022–2024 on 0,2 prosenttia ja 1 prosentti vuosina 2025–2029.

Taulukko 4. Biopolttoaineiden jakeluelvoitteet Suomessa lain 1134/2022 mukaan.

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2 %	4 %	5,75 %	6 %	6 %	6 %	6 %	8 %	10 %	12 %	15 %	18 %
2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031-
20 %	18 %	12 %	13,5 %	28 %	29 %	29 %	30 %	31 %	32 %	34 %	34 %

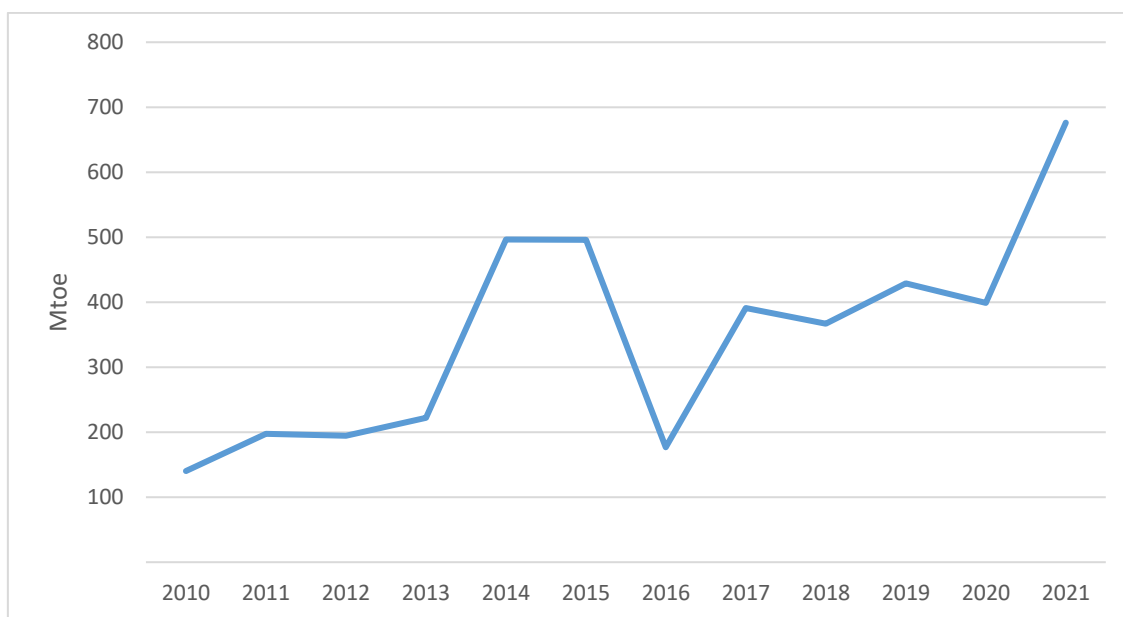
Suomessa vuodelle 2020 asetettu 20 prosentin biopolttoaineiden jakelunelvoite oli EU:n korkein (Cansino ja muut, 2012, s.6015). Tämä kunnianhimoinen tavoite ei kuitenkaan täyttynyt liikennesektorilla hyödynnettävän uusiutuvan energian ollessa 10,9 prosenttia vuonna 2020 (13,4 prosenttia kaksinkertaisella laskennalla) (ePURE, 2022, s. 36). Suomessa RED I -direktiivin mukaisesta kaksinkertaisesta laskennasta säädettiin laissa 1420/2010 (Finlex, 2010). Valtioneuvoston (2022) mukaan vuoden 2022 ja 2023 jakelunelvoitetta on alennettu energiakriisin takia. Vastaavasti vuoden 2030 jakelunelvoite nostettiin 34 prosenttiin. Tällä pyritään kattamaan vuosilta 2022 ja 2023 toteutumattomat päästövähennykset. Jos taulukossa 4 esitetyt jakelunelvoitteita ei saavuteta, on lain 446/2007 mukainen seuraamusmaksu 0,04 euroa megajoulelta (Finlex, 2007).

Suomessa RED I -direktiivin mukaiset kestävyyskriteerit säädettiin laissa 393/2013 (Finlex, 2013). Lain mukaan biopolttoaineen elinkaaren aikaisten kasviuonekaasupäästöjen tulee olla 35 prosenttia pienemmät verrattuna korvaavan fossiilisen polttoaineen kasviuonekaasupäästöihin. Laissa säädettiin, että vuodesta 2017 kasviuonekaasupäästöjen tulee olla 50 prosenttia pienemmät. Vuodesta 2018 eteenpäin päästöjen tulee olla vähintään 60 prosenttia pienemmät, jos biopolttoaine tuotetaan vuoden 2017 jälkeen aloittanut tuotantolaitos (Finlex, 2017b). Kestävyyskriteereitä koskevan lain päivityksessä 967/2020 säädettiin, että kasviuonekaasupäästövähennyksen tulee olla 65 prosenttia pienemmät kuin korvaavan fossiilisen polttoaineen päästöt, jos tuotantolaitos on aloittanut toimintansa vuonna 2021 tai sen jälkeen (Finlex, 2020). RED II -direktiivin mukaiset päivitetyt kestävyyskriteerit otettiin käyttöön lailla 604/2021, jonka mukaan uusiutuvien liikenteen polttoaineiden elinkaaren aikaisten kasviuonekaasupäästöjen on oltava vähintään 70 prosenttia pienemmät kuin korvaavan fossiilisen polttoaineen päästöt (Finlex, 2021b).

Euroopan unionin energiaverodirektiivi implementoitiin lailla 1472/1994 (Finlex, 1994). Biopolttoaineisiin tämä laki on vaikuttanut eniten vuonna 2012 säädettyjen muutoksien myötä (Finlex, 2012a). Lain muutoksissa 611/2012 ja 965/2012 tiukennettiin fossiilisten

polttoaineiden verotusta, ja näin ollen kannustetaan uusiutuvan energian hyödyntämiseen (Finlex, 2012a; Finlex, 2012b). Suomessa nestemäisten polttoaineiden verotus toteutetaan erillisten polttoainekomponenttien verotuksena niiden energiasisällön ja hiilidioksidipäästöjen perusteella, joka näin ollen keventää biopolttoaineiden verotusta (Finlex, 2012a).

Suomessa edistetään uusiutuvan energian hyödyntämistä liikennesektorilla myös energiatuella, jota myönnetään sellaisiin ilmasto- ja ympäristömyönteisiin investointi- ja selvityshankkeisiin, jotka muun muassa edistävät uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä (Finlex, 2012c). Valtioneuvoston asetus energiatuesta on ollut voimassa vuodesta 2013 lähtien. Lain mukaan energiatukea voidaan myöntää yrityksille, kunnille ja muille yhteisöille.



Kuvio 6. Suomen biopolttoaineiden kulutus liikennesektorilla (Eurostat, 2023b).

Kuviosta 6 näemme biopolttoaineiden loppukulutuksen liikennesektorilla Suomessa. Voimme todeta, että kulutuksen määrä on ollut melko vaihtelevaa vuosina 2010–2020. Tämä vuosittainen kulutuksen vaihtelu aiheutuu Suomen biopolttoainepolitiikan mahdollistamasta jakeluvaihteluiden täyttämistä joustavasti etukäteen (Finlex, 2022).

Vuoden 2014 voimakkaan kasvun voidaan olettaa johtuvan Euroopan unionin energiaverodirektiivin implementoinnista, jossa tiukennettiin fossiilisten polttoaineiden verotusta. Vastaavasti vuoden 2015 jälkeisen pudotuksen kulutuksen määrässä voidaan olettaa johtuvan RED I -direktiivissä asetettujen kestävyyskriteerien implementoinnista, sekä tästä lainsäädännön mahdollistamasta jakeluelvoitteiden täyttämisestä etukäteen. Euroopan komission (2022, s. 233) mukaan Suomen liikennesektorilla kulutetusta energiasta oli uusiutuvaa energiaa noin 4 prosenttia vuonna 2010. Vuonna 2015 luku oli jo noin 25 prosenttia, mutta on laskenut 13 prosenttiin vuonna 2020. Voidaan siis todeta, että biopolttoaineiden jakeluelvoitteet on saavutettu vain vuosina 2014 ja 2015.

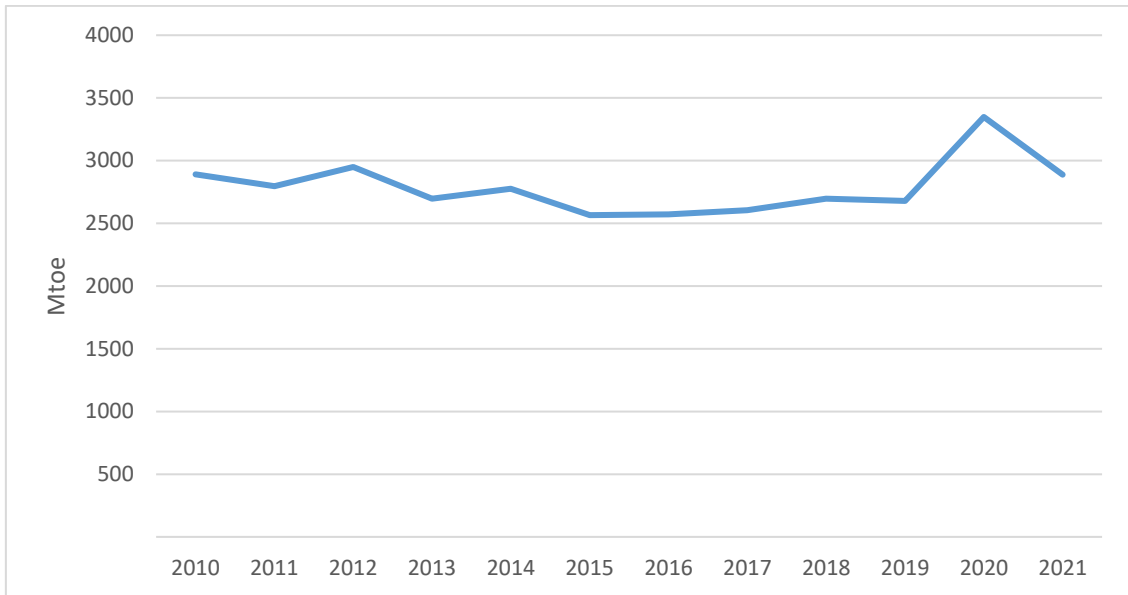
5.4 Saksa

Saksa oli suurin EU:n kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaja vuonna 2021 jopa 729 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöillä (Statista, 2022). Päästöt olivat lähes kaksi kertaa suuremmat kuin Ranskan, joka oli EU:n toiseksi suurin päästöjen aiheuttaja. Saksa on kuitenkin yksi EU:n suurimmista biodieselin kuluttajista ja tuottajista (USDA FAS, 2019). Maa on edistänyt biopolttoaineiden käyttöä vuodesta 2007 alkaen implementoimalla EU:n biopolttoainedirektiivin (IEA, 2015). Tässä säädöksessä määrättiin biopolttoaineiden vähimmäisosuus liikenteessä käytettävistä polttoaineista, joka asetettiin 6,25 prosenttiin. Vuonna 2015 tämä säädös muutettiin ilmaston suojelukiintiöksi, jossa määriteltiin vuosittaiset päästöjen vähennysten määrät ja näin ollen otettiin RED II -direktiivi kansalliseen käyttöön (Bundesministerium der Justiz, 2015). Laissa säädettiin, että vuodesta 2015 alkaen päästöjä on vähennettävä 3,5 prosenttia, vuodesta 2017 4 prosenttia ja vuodesta 2020 eteenpäin 6 prosenttia, kuten taulukosta 5 voidaan nähdä. Tästä eteenpäin asetetut päästöjen vähennysvaatimukset ovat myös nähtävillä taulukossa 5. Sordan ja muiden (2010, s. 6984) mukaan Saksa oli ensimmäinen EU maa, joka käytti kasvihuonekaasusäästöjä biopolttoainekiintiön tapaan.

Taulukko 5. Kasvihuonekaasupäästöjen vähennysvaatimukset Saksassa.

2015	3,5 %	2025	10,5 %
2017	4 %	2026	12 %
2020	6 %	2027	14,5 %
2022	7 %	2028	17,5 %
2023	8 %	2029	21 %
2024	9,25 %	2030	25 %

Ilmaston suojelukiintiölaissa asetettiin kehittyneiden biopolttoaineiden vähimmäisvaatimukset (Bundesministerium der Justiz, 2015). Lain mukaan kehittyneiden biopolttoaineiden tulee olla 0,1 prosenttia vuonna 2021, 0,2 prosenttia vuonna 2022, 0,3 prosenttia vuonna 2023, 0,4 prosenttia vuonna 2024 ja 0,7 prosenttia vuonna 2025. RED II -direktiivissä asetetut kestävyyskriteerit ja kasvihuonekaasujen vähentämiskriteerit otettiin Saksassa käyttöön Biopolttoaineiden kestävyysasetuksella (Biokraft-NachV) (Bundesministerium der Justiz, 2021). Kuitenkaan kaksinkertainen laskenta ei ole ollut Saksassa käytössä vuoden 2014 jälkeen, kun biopolttoaineiden jakeluvolvoitteet poistettiin (USDA FAS, 2019). Vuodesta 2007 eteenpäin Saksa poisti käytössä olleet biopolttoaineiden verohelpotukset ja korvasi ne veronalennuksilla (Sorda ja muut, 2010, s. 6984). Nämä veronalennukset pätevät asetettujen kiintiöiden ylittävälle määrälle ja vain puhtaalle biodieselille. Kutas ja muut (2007) esittävät, että aiemmin biopolttoaineverovapautusten aiheuttama kokonaistulonmenetys oli Saksalle jopa 1,98 miljardia vuodessa.

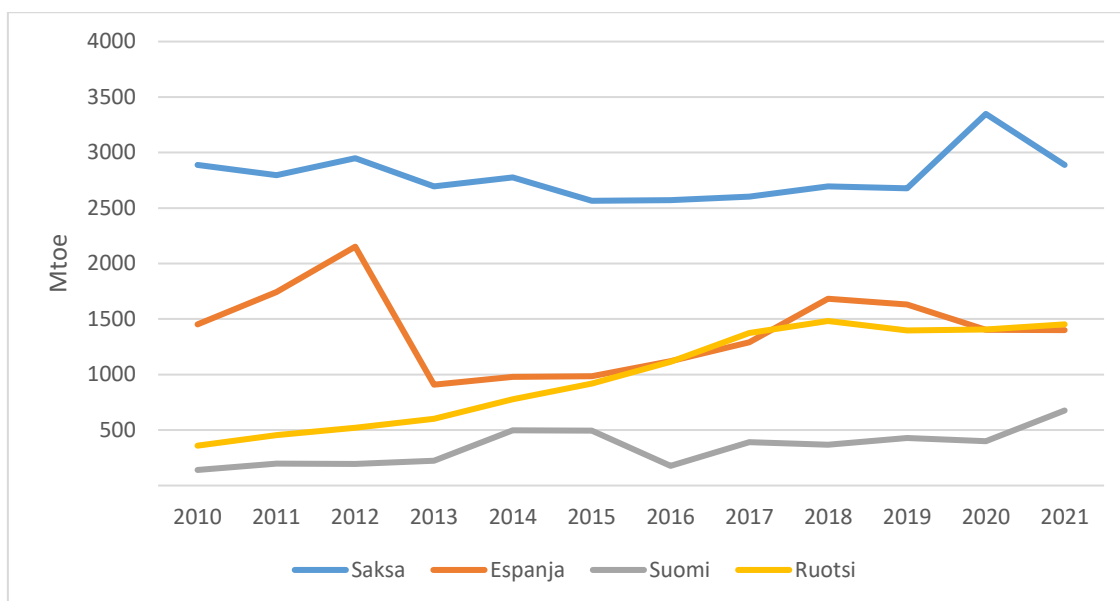


Kuvio 7. Saksan biopolttoaineiden kulutus liikennesektorilla (Eurostat, 2023b).

Kuviossa 7 on esitetty Saksan biopolttoaineiden loppukulutus liikennesektorilla vuosina 2010–2021. Voimmekin todeta, että kulutus on pysynyt melko samalla tasolla tämän ajan. On selkeästi nähtävillä, että vuoden 2015 suojelukiintiölain ansiosta biopolttoaineiden kulutus on ollut todella tasaista. Vuoden 2020 hyppäys voidaan olettaa johtuvan kasvihuonekaasupäästöjen vähennysvaatimuksen nostosta kuuteen prosenttiin vuodelle 2020. Euroopan komission (2023, s. 191) mukaan Saksan liikennesektorin energiankulutuksesta noin kuusi prosenttia oli uusiutuvaa energiaa vuonna 2010. Vastaava luku oli noin seitsemän prosenttia vuonna 2015, ja jopa 10 prosenttia vuonna 2020.

6 Kansallisten lainsäädäntöjen vertailu

Jaegerin ja Egelkrautin (2011, s. 4323) mukaan biopolttoaineiden edistämiseksi valitut politiikat vaikuttavat sen tehokkuuteen, kustannuksiin sekä taloudellisiin ulkoisvaikutuksiin. Tutkielmassa vertailtavien maiden biopolttoainepolitiikoissa voidaan havaita sekä samankaltaisuuksia että eroavaisuuksia. Sekä Espanja että Suomi ovat hyödyntäneet jakeluvoitteita biopolttoainepolitiikassaan. Vastaavasti Ruotsi ja Saksa käyttävät kasvihuonekaasujen päästövähennyksiä jakeluvoitteiden tavoin. Tämän lisäksi kaikilla mailla on tai on ollut käytössä jonkinlainen verohelpotus biopolttoaineille. Myös biopolttoaineiden kulutuksen määrä vaihtelee melko voimakkaasti maiden välillä, kuten voimme havaita kuviosta 8.



Kuvio 8. Vertailtavien maiden biopolttoaineiden kulutus liikennesektorilla 2010–2021 (Eurostat, 2023b).

Saksassa kulutetaan selkeästi eniten biopolttoaineita liikennesektorilla, mutta kuten totesimme jo luvussa 5, on Ruotsi johtava uusiutuvan energian kuluttaja suhteutettuna energian kokonaiskulutukseen. Saksan biopolttoainepolitiikka perustuu muutamaan säädökseen, jotka ovat selkeästi toimivia. Ruotsissa puolestaan biopolttoaineiden käyttöä on edistetty enimmäkseen verokannustimilla, kun vasta vuonna 2017 säädettiin

laki kasvihuonekaasujen vähentämisvelvoitteista. Ruotsin ja Saksan kasvihuonekaasujen vähentämisvelvoitteet eroavat toisistaan siten, että Ruotsissa velvoitteet on jaettu polttoaineittain. Ruotsin velvoitteet ovat myös Saksaa korkeammat. Voidaan kuitenkin todeta, että kasvihuonekaasujen vähentämisvelvoitteet ovat kummassakin maassa aiheuttaneet sen, että biopolttoaineiden kulutus on pysynyt melko vakaana. Suomen ja Espanjan jakeluelvoitteissa on myös havaittavissa eroja, Suomen jakeluelvoitteiden ollessa selkeästi suuremmat. Esimerkiksi Espanjan vuoden 2015 jakeluelvoite oli 4,1 prosenttia ja Suomen vastaavasti 8 prosenttia. Kummassakaan maassa ei kuitenkaan ole kulutettu biopolttoaineita jakeluelvoitteen mukaista määrää kovinkaan useana vuonna.

Ebadianin ja muiden (2020, s. 3) mukaan on ilmeistä, että biopolttoaineiden tuotanto ja käyttö lisääntyvät jatkuvasti, kun jakeluelvoitteita kasvatetaan ajan mittaan. Tämä on myös huomattavissa Espanjan ja Suomen tapauksissa. Myös Cansino ja muut (2012, s. 6018) tukevat tätä havaintoa tutkimuksessaan, jossa he totesivat jakeluelvoitteiden olevan erittäin tehokas toimenpide biopolttoaineiden käytön edistämiseksi. Heidän mukaansa liikenteen biopolttoaineiden kulutuksen huomattava kasvu Suomen tapauksessa johtuu merkittävässä määrin siitä, että maa noudattaa biopolttoaineiden jakeluelvoitteita. He lisäävät, että Espanja ja Saksa ovat saavuttaneet biopolttoaineiden korkeamman kulutuksen tason jakeluelvoitteiden avulla.

Erilaisten jakeluelvoitteiden, verojen ja muiden tukien vuorovaikutus muuttaa merkittävästi biopolttoaineiden sosiaalisia kustannuksia ja hyötyjä (Jaeger & Egelkraut, 2011, s. 4323). De Gorter ja Just (2009; 2010) havaitsivat tutkimuksissaan, että biopolttoaineiden jakeluelvoitteet voivat nostaa tai laskea polttoaineiden hintoja riippuen tarjonnan joustavuudesta, mutta biopolttoaineisiin kohdistettu verokannustin johtaa aina polttoaineiden hintojen laskuun ja siten kulutuksen kasvuun. Tämä on nähtävillä myös Espanjan biopolttoainepolitiikan kehityksessä. Kuten näemme kuviosta 7, kun biopolttoaineiden hiilivetyverovapaus päättyi vuonna 2012, laski maan biopolttoaineiden kulutus selkeästi. Myös Wiesenthal ja muut (2009, s. 794) toteavat, että biopolttoaineiden verokannustimet ovat merkittäviä biopolttoaineiden käytön

edistämisessä. He esittävät, että kaikissa EU-maissa, joissa kulutetaan paljon biopolttoaineita, on käytössä niihin kohdennettuja verohelpotuksia. Myös kaikissa tässä tutkielmassa vertailtavissa maissa on tai on ollut biopolttoaineisiin kohdennettuja verokannustimia, kuten jo aikaisemmin on todettu. Verovapautusten tai -helpotusten käyttö aiheuttaa kuitenkin valtion tulojen menetystä (Cansino ja muut, 2012, s. 6016). SNAO:n (2011) mukaan verovapautukset ovat olleet tarpeen biopolttoaineiden käytön lisäämiseksi Ruotsissa, mutta se on ollut suhteellisen kallis tapa vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Heidän mukaansa verovapautuksesta johtuva verotulon menetys Ruotsissa on kasvanut tasaisesti vuodesta 2000 lähtien ja oli noin 2 miljardia kruunua vuonna 2010.

Euroopan unionin asettamissa biopolttoaineisiin liittyvissä tavoitteissa tutkielmassa vertailtavat maat ovat onnistuneet vaihtelevasti. Espanja ei ole täysin onnistunut saavuttamaan tavoitteita, kun vuoden 2010 tavoitteesta jäätiin 0,75 prosenttia ja vuoden 2020 tavoitteesta 0,5 prosentin päähän. Ruotsi on onnistunut kaikissa EU:n asettamissa tavoitteissa ja kuluttanut uusiutuvaa energiaa liikennesektorilla yli vaaditun määrän. Myös Suomessa on ollut hieman haasteita saavuttaa EU:n asettamia tavoitteita, sillä vuoden 2010 tavoitteesta jäätiin 1,75 prosentin päähän. Kuitenkin vuoden 2020 tavoite täyttyi. Ruotsin tavoin Saksa on onnistunut täyttämään sekä vuoden 2010 että vuoden 2020 tavoitteen. USDA FAS:n (2022b) Euroopan unionin ilmastopolitiikkaa käsittelevässä raportissa korostettiin kuitenkin, että RED I -direktiivin mukainen biopolttoaineiden käyttövelvoite saavutettiin vain käyttämällä kaksinkertaista laskentaa tiettyjen biopolttoaineiden kohdalla, jonka vuoksi sen vaikutusta ilmaston suojelun edistämisessä on kritisoitu. Raportissa lisätään, että tämän seurauksena Euroopan unionissa suunnitellaan täysin kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisvelvoitteisiin siirtymistä.

7 Johtopäätökset

Tämän tutkielman tarkoituksena oli selvittää miten Euroopan unionin jäsenmaat implementoivat Euroopan unionin säätämää biopolttoaineita koskevaa lainsäädäntöä. Tavoitteena oli analysoida sen vaihtelua jäsenmaittain sekä arvioida sen vaikutuksia biopolttoaineiden käytön määrään. Liikennesektori aiheuttaa EU:n kokonaispäästöistä jopa 22 prosenttia ja 94 prosenttia liikenteen polttoaineista on fossiilisia. Biopolttoainepolitiikan tarkastelu on tarpeellista sillä fossiilisille polttoaineille tulisi löytää korvaava vaihtoehto muuan muassa energiakriisin ja ilmastonmuutoksen selättämiseksi.

Euroopan unionin pääasiallinen keino biopolttoaineiden käytön edistämiseen on ollut biopolttoainedirektiivissä sekä RED I ja RED II -direktiiveissä asetetut uusiutuvan energian tavoitteet. Tässä tutkielmassa vertailut maat Espanja, Ruotsi, Suomi ja Saksa ovat hyödyntäneet jakeluelvoitteita, kasvihuonekaasujen päästövähennyksiä ja verokannustimia saavuttaakseen sekä EU:n asettamat tavoitteet että kansallisen biopolttoainepolitiikan mukaiset biopolttoaineiden käyttömäärät.

Näyttää siltä, että verokannustimet ovat toimivin keino biopolttoaineiden käytön edistämisessä, sillä ne tuovat biopolttoaineet edullisempaan asemaan hintakilpailussa fossiilisten polttoaineiden kanssa. Niihin kuitenkin liittyy kritisointia, sillä verokannustimia pidetään kalliina tapana vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Jakeluelvoitteet ovat myös hyvä työkalu biopolttoaineiden käytön edistämisessä, mutta jos velvoitteet ovat liian korkealla, ei niitä usein saavuteta. Ebadian ja muut (2020, s. 10) toteavat, että historiallisesti jakeluelvoitteet ovat perustuneet enemmänkin biopolttoaineen määrään tai energiasisältöön kuin niiden hiilidioksidipäästöjä vähentävään vaikutukseen, jonka tulisi olla biopolttoaineiden käytön edistämisen pääasiallinen tavoite. Ruotsin ja Saksan tapauksissa kasvihuonekaasujen päästövähennykset ovat myös olleet toimivia keinoja, mutta täytyy huomioda, että molemmilla mailla on käytössään myös verokannustimet.

Vertailtavien maiden biopolttoaineiden käytön määrä vaihtelee melko voimakkaasti, mutta on huomioitava, että siihen vaikuttaa useat eri tekijät. Tärkeintä on uusiutuvan energian osuus kokonaisenergian kulutuksesta, jossa Ruotsi on johtava maa. Suomi kuluttaa biopolttoaineita kaikista vähiten, mutta on saavuttanut vuonna 2015 jopa 25 prosentin uusiutuvan energian osuuden kokonaisenergian kulutuksesta. Saksan ollessa suurin biodieselin tuottaja EU-alueella, on se luonnollisesti myös suurin kuluttaja. Maan uusiutuvan energian osuus ei kuitenkaan yllä lähellekään Ruotsin tasoa. Espanjaa voidaan EU-tasolla pitää hieman keskivertoa enemmän biopolttoaineita kuluttavana maana, mutta saavuttaakseen korkeamman uusiutuvan energian osuuden, tulisi politiikkatoimia tehostaa.

Tässä tutkielmassa suoritettiin neljän EU-jäsenmaan vertailu, joten tutkimusta voisi kehittää esimerkiksi tekemällä vertailun suuremmasta maajoukosta, jolloin erilaisista biopolttoainepolitiikoista ja niiden toimivuudesta saataisiin enemmän näyttöä. Voisi olla myös mielenkiintoista verrata esimerkiksi Yhdysvaltojen ja EU:n biopolttoainepolitiikkaa keskenään. Biopolttoainepolitiikka vaikuttaa myös laajasti talouteen, joten voitaisiin tutkia esimerkiksi sen vaikutusta polttoaineiden hintakehitykseen. On myös selkeää, että biopolttoaineiden sopivuus kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen aiheuttaa eriäviä mielipiteitä muun muassa epäsuoran maankäytön muutoksesta aiheutuvien päästöjen vuoksi. Olisi mielenkiintoista tehdä tutkimusta muista uusiutuvista energioista ja niiden kustannustehokkuudesta hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä.

Lähteet

- Acemoglu, D., Laibson, D. & List, J. A. (2016). *Economics, Global Edition*. Pearson.
- Amezaga, J. M., Boyes, S. L., & Harrison, J. A. (2010). Biofuels policy in the European Union. *In 7th international biofuels conference, New Delhi*. Noudettu 15.10.2022 osoitteesta https://www.researchgate.net/profile/Jaime_Amezaga/publication/265037791_Biofuels_Policy_in_the_European_Union/links/548053710cf25b80dd70e584/Biofuels-Policy-in-the-European-Union.pdf
- Benes, O. & Janda, K. (2022). Environmental Dimensions of Biofuels. *ZBW - Leibniz Information Centre for Economics*. Noudettu 07.12.2022 osoitteesta <http://hdl.handle.net/10419/259403>
- Bhattacharyya, S. C. (2019). *Energy economics: Concepts, issues, markets, and governance*. Springer London, Limited. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7468-4>
- Bórawski, P., Bedycka-Bórawska, A., Szymańska, E. J., Jankowski, K. J., Dubis, B., & Dunn, J. W. (2019). Development of renewable energy sources market and biofuels in The European Union. *Journal of cleaner production*, 228, 467-484. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.242>
- BP. (2022). *Statistical Review of World Energy*. Noudettu 01.12.2022 osoitteesta <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>
- Bundesministerium der Justiz. (2015). *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge*. Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG. Noudettu 08.04.2023 osoitteesta <https://www.gesetze-im-internet.de/bimSchG/>
- Bundesministerium der Justiz. (2021). *Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen*. Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung - Biokraft-NachV. Noudettu 08.04.2023 osoitteesta

https://www.gesetze-im-internet.de/biokraft-nachv_2021/index.html#BJNR514300021BJNE000700000

- C2ES. (2022). *Global Emissions*. Center for Climate and Energy Solutions. Noudettu 25.10.2022 <https://www.c2es.org/content/international-emissions/>
- Cansino, J. M., del P Pablo-Romero, M., Román, R., & Yñiguez, R. (2012). Promotion of biofuel consumption in the transport sector: An EU-27 perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 6013-6021. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.06.011>
- Cherry, T. L., Kallbekken, S., & Kroll, S. (2012). The acceptability of efficiency-enhancing environmental taxes, subsidies, and regulation: An experimental investigation. *Environmental Science & Policy*, 16, 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.11.007>
- Creutzig, F., Ravindranath, N. H., Berndes, G., Bolwig, S., Bright, R., Cherubini, F., ... & Masera, O. (2015). Bioenergy and climate change mitigation: an assessment. *Gcb Bioenergy*, 7(5), 916-944. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12205>
- de Gorter, H., & Just, D. R. (2009). The economics of a blend mandate for biofuels. *American Journal of Agricultural Economics*, 91(3), 738-750. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2009.01275.x>
- de Gorter, H., & Just, D. R. (2010). The social costs and benefits of biofuels: The intersection of environmental, energy and agricultural policy. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 32(1), 4-32. <https://doi.org/10.1093/aep/32.1.4>
- Demirbas, A. (2008). Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. *Energy conversion and management*, 49(8), 2106–2116. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.02.020>
- Di Lucia, L., & Nilsson, L. J. (2007). Transport biofuels in the European Union: The state of play. *Transport Policy*, 14(6), 533–543. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.09.003>
- Ebadian, M., van Dyk, S., McMillan, J. D., & Saddler, J. (2020). Biofuels policies that have encouraged their production and use: An international perspective. *Energy Policy*, 147, 111906. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111906>

- ePURE. (2022). Overview of biofuels policies and markets across the EU. Noudettu 14.01.2023 osoitteesta <https://www.epure.org/wp-content/uploads/2022/10/221011-DEF-REP-Overview-of-biofuels-policies-and-markets-across-the-EU-October-2022.pdf>
- EUR-Lex. (2021). Kioton pöytäkirja. Noudettu 28.10.2022 osoitteesta https://eur-lex.europa.eu/summary/glossary/kyoto_protocol.html?locale=fi
- Euroopan komissio. (2006a). *Ilmastonmuutos: mikä se on? Ota selvää*. Luxemburg: Euroopan yhteisöjen virallisten julkaisujen toimisto. Noudettu 05.11.2022 osoitteesta <https://op.europa.eu/fi/publication-detail/-/publication/104fbd9e-a47b-4577-beda-a0e2a02e2afd>
- Euroopan komissio. (2006b). Komission tiedonanto. *EU:n biopolttoainestrategia*. KOM(2006) 34. Noudettu 10.10.2022 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52006DC0034&qid=1611131009470&from=FI>
- Euroopan komissio. (2010). *Älykkään, kestävän ja osallistavan kasvun strategia*. Komission tiedonanto. KOM(2010) 2020. Noudettu 28.10.2022 osoitteesta https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/1_FI_ACT_part1_v1.pdf
- Euroopan komissio. (2014). *Valokeilassa Euroopan unionin politiikka, Ilmastonmuutos*. Luxemburg: Euroopan yhteisöjen virallisten julkaisujen toimisto. Noudettu 28.10.2022 osoitteesta <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d5e0f096-8fc9-4ab7-9010-eecc71e12d41/language-fi/format-PDF>
- Euroopan komissio. (2019). *Delegoitu asetukset (EU) 2019/807 Direktiivin (EU) 2018/2001 täydentämisestä siltä osin kuin on kyse suurta epäsuoran maankäytön muutoksen riskiä aiheuttavien raaka-aineiden, joiden tuotantoalue on laajentunut merkittävästi paljon hiiltä sitovalle maalle, määrittämisestä sekä vähäistä epäsuoran maankäytön muutoksen riskiä aiheuttavien biopolttoaineiden, bionesteiden ja biomassapolttoaineiden sertifiointista*. Euroopan unionin virallinen lehti L 133/1. Noudettu 09.12.2022 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0807&from=EN>

- Euroopan komissio. (2021). *Valmiina 55:een: Vuoden 2030 ilmastotavoitteesta totta matkalla kohti ilmastoneutraaliutta*. Komission tiedonanto Euroopan Parlamentille, Neuvostolle, Euroopan Talous- ja Sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. COM(2021) 550. Noudettu 28.10.2022 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550&from=EN>
- Euroopan komissio. (2022). *EU energy in figures.: statistical pocketbook 2022*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2833/334050>
- Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2003). *Direktiivi 2003/17/EY, bensiinin ja dieselpolttoaineiden laadusta annetun direktiivin 98/70/EY muuttamisesta*. Euroopan unionin virallinen lehti L 76/10. Noudettu 26.10.2022 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0017&from=FI>
- Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2003). *Direktiivi 2003/30/EY, liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä*. Euroopan unionin virallinen lehti L 123/42. Noudettu 27.10.2022 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0030&from=FI>
- Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2003). *Direktiivi 2003/96/EY, energiatuotteiden ja sähkön verotusta koskevan yhteisön kehyksen uudistamisesta*. Euroopan unionin virallinen lehti L 283/51. Noudettu 26.10.2022 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0096&from=fi>
- Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2009). *Direktiivi 2009/28/EY, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä sekä direktiivien 2001/77/EY ja 2003/30/EY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta*. Euroopan unionin virallinen lehti L 140/16. Noudettu 27.10.2022 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>
- Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2009). *Direktiivi 2009/30/EY, direktiivin 98/70/EY muuttamisesta bensiinin, dieselin ja kaasuöljyn laatuvaatimusten osalta sekä kasvihuonekaasupäästöjen seurantaan ja vähentämiseen tarkoitetun*

mekanismin käyttöönottamisen osalta, neuvoston direktiivin 1999/32/EY muuttamisesta sisävesialusten käyttämien polttoaineiden laatuvaatimusten osalta ja direktiivin 93/12/ETY kumoamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti L 140/88. Noudettu 29.10.2022 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0030&from=EN>

Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2009). *Päätös N:o 406/2009/EY Jäsenvaltioiden pyrkimyksistä vähentää kasvihuonekaasupäästöjään yhteisön kasvihuonekaasupäästöjen vähentämissitoumusten täyttämiseksi vuoteen 2020 mennessä.* Euroopan unionin virallinen lehti L 140/136. Noudettu 26.10.2022 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009D0406&from=EN>

Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2015). *Direktiivi (EU) 2015/1513, bensiinin ja dieselpolttoaineiden laadusta annetun direktiivin 98/70/EY ja uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä annetun direktiivin 2009/28/EY muuttamisesta.* Euroopan unionin virallinen lehti L 239/1. Noudettu 30.10.2022 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L1513&from=EN>

Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2018). *Direktiivi (EU) 2018/2001, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (uudelleenlaadittu).* Euroopan unionin virallinen lehti L 328/82. Noudettu 30.10.2022 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>

Euroopan parlamentti. (22.03.2019). *Autojen hiilidioksidipäästöt: tietoa ja tilastoja.* Noudettu 26.10.2022 osoitteesta <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/priorities/ilmastonmuutos/20190313STO31218/autojen-hiilidioksidipaastot-tietoa-ja-tilastoja>

Euroopan tilintarkastustuomioistuin. (2016). *Kestäviä biopolttoaineita koskeva EU:n sertifiointijärjestelmä.* Luxemburg: Euroopan unionin julkaisutoimisto. <https://doi.org/10.2865/91637>

- European Commission. (2012). *Indirect Land Use Change (ILUC)*. MEMO/12/787.
Noudettu 26.10.2022 osoitteesta
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_12_787
- European Commission, Joint Research Centre. (2019). *Brief on biomass for energy in the European Union*. <https://doi.org/10.2760/546943>
- European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, Essen, H., Fiorello, D., El Beyrouy, K. (2020). *Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1*. Publications Office.
<https://data.europa.eu/doi/10.2832/51388>
- Eurostat. (10.06.2022a). *Greenhouse gas emissions by source sector* (source: EEA).
Noudettu 25.10.2022 osoitteesta
[https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AIR_GGE\\$DV_447/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AIR_GGE$DV_447/default/table?lang=en)
- Eurostat. (14.04.2022b). *Share of fuels in final energy consumption*. Noudettu 28.10.2022 osoitteesta https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/nrg_ind_fecf
- Eurostat. (20.04.2022c). *Use of renewables for transport – details*. Noudettu 03.11.2022 osoitteesta
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_ind_urtd/default/table?lang=en
- Eurostat. (2023a). *EU energy mix and import dependency*. Noudettu 14.01.2023 osoitteesta https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_energy_mix_and_import_dependency#Energy_mix_and_import_dependency
- Eurostat. (2023b). *Final energy consumption in transport by type of fuel*. Noudettu 15.4.2023 osoitteesta
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/TEN00126_custom_5739503

- Fargione, J. E., Plevin, R. J., & Hill, J. D. (2010). The ecological impact of biofuels. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 351–377.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144720>
- Field, B. C. & Field, M. K. (2016). *Environmental economics: an introduction*. McGraw-Hill Book Company (UK) Ltd.
- Finlex. (1994). *Laki 1472/1994 nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta*. Noudettu 07.04.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19941472>
- Finlex. (2007). *Laki 446/2007 biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä*. Noudettu 10.02.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070446>
- Finlex. (2009). *Laki 1056/2009 biopolttoaineiden edistämisestä liikenteessä annetun lain 5 §:n muuttamisesta*. Noudettu 10.02.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20091056>
- Finlex. (2010). *Laki 1420/2010 biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta*. Noudettu 10.02.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20101420>
- Finlex. (2012a). *Laki 611/2012 nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta annetun lain liitteen muuttamisesta*. Noudettu 07.04.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120611>
- Finlex. (2012b). *Laki 965/2012 nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta annetun lain muuttamisesta*. Noudettu 07.04.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120965>
- Finlex. (2012c). *Valtioneuvoston asetus 1063/2012 energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista*. Noudettu 07.04.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20121063>
- Finlex. (2013). *Laki 393/2013 biopolttoaineista ja bionesteistä*. Noudettu 07.04.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130393>
- Finlex. (2017a). *Laki 387/2017 biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta*. Noudettu 10.02.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170387>

- Finlex. (2017b). *Laki 388/2017 biopolttoaineista ja bionesteistä annetun lain muuttamisesta.* Noudettu 07.04.2023 osoitteesta <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170388>
- Finlex. (2019). *Laki 419/2019 biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta.* Noudettu 10.02.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190419>
- Finlex. (2020). *Laki 967/2020 biopolttoaineista ja bionesteistä annetun lain muuttamisesta.* Noudettu 07.04.2023 osoitteesta <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200967>
- Finlex. (2021a). *Laki 603/2021 biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta.* Noudettu 08.04.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210603>
- Finlex. (2021b). *Laki 604/2021 biopolttoaineista ja bionesteistä annetun lain muuttamisesta.* Noudettu 07.04.2023 osoitteesta <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210604>
- Finlex. (2022). *Laki 1134/2022 uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja väliaikaisesta muuttamisesta.* Noudettu 10.02.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2022/20221134>
- Harrington, W., & McConnell, V. (2003). *Motor vehicles and the environment, RFF Report, Resources for the Future.* Noudettu 17.11.2022 osoitteesta <https://media.rff.org/documents/RFF-RPT-carsenviron.pdf>
- Havlík, P., Schneider, U. A., Schmid, E., Böttcher, H., Fritz, S., Skalský, R., ... & Obersteiner, M. (2011). *Global land-use implications of first- and second-generation biofuel targets.* *Energy policy*, 39(10), 5690-5702. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.030>
- Hickey, N., Boscarato, I., & Kaspar, J. (2014). *Air pollution from mobile sources: formation and effects and abatement strategies.* In *Current environmental issues and challenges* (pp. 15-43). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8777-2_2

- Houghton, J. (2005). Global warming. *Reports on Progress in Physics*, 68(6), 1343–1403.
<https://doi.org/10.1088/0034-4885/68/6/R02>
- Hugosson, M. B., Algers, S., Habibi, S., & Sundbergh, P. (2016). Evaluation of the Swedish car fleet model using recent applications. *Transport Policy*, 49, 30-40.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.03.010>
- IEA. (2015). *The Biofuels Quota Act sets a minimum level of biofuels that must be used in road transport in Germany*. Biofuels Quota Act. Noudettu 08.04.2023 osoitteesta
<https://www.iea.org/policies/5386-biofuels-quota-act>
- IEA. (2022). *Improving the sustainability of passenger and freight transport*. Transport. Noudettu 30.11.2022 osoitteesta <https://www.iea.org/topics/transport>
- Ingram, T., Wieczorek-Kosmala, M., & Hlaváček, K. (2023). Organizational Resilience as a Response to the Energy Crisis: Systematic Literature Review. *Energies*, 16(2), 702.
<https://doi.org/10.3390/en16020702>
- IPCC. (2022). *The evidence is clear: the time for action is now. We can halve emissions by 2030*. Noudettu 17.04.2023 osoitteesta <https://www.ipcc.ch/2022/04/04/ipcc-ar6-wgiii-pressrelease/>
- IRENA. (2016). *Boosting Biofuels*. Sustainable Paths to Greater Energy Security. Noudettu 01.12.2022 osoitteesta https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Boosting_Biofuels_2016.pdf?rev=ffb93f8eb5fa4eed865d5cc77b553a55
- Jaeger, W. K., & Egelkraut, T. M. (2011). Biofuel economics in a setting of multiple objectives and unintended consequences. *Renewable & sustainable energy reviews*, 15(9), 4320–4333. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.118>
- Janda, K., Kristoufek, L., & Zilberman, D. (2012). Biofuels: Policies and impacts. *Agricultural Economics*, 58(8), 372–386. <https://doi.org/10.17221/124/2011-AGRICECON>
- Jefatura del Estado. (2002). *Ley 53/2002*. De Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social. Noudettu 14.01.2023 osoitteesta
<https://www.boe.es/eli/es/l/2002/12/30/53/con>

- Jefatura del Estado. (2007). *Ley 34/2007*. De calidad del aire y protección de la atmósfera. Noudettu 14.01.2023 osoitteesta <https://www.boe.es/eli/es/l/2007/11/15/34/con>
- Kutas, G., Lindberg, C., & Steenblik, R. (2007). *Biofuels--at what Cost?: Government Support for Ethanol and Biodiesel in the European Union* (pp. 14-25). Geneva: International Institute for Sustainable Development. Noudettu 08.04.2023 osoitteesta https://www.iisd.org/system/files/publications/biofuels_subsidies_eu.pdf
- Levinson, A., & Shetty, S. (1992). *Efficient Environmental Regulation*. Case Studies of Urban Air Pollution: Los Angeles, Mexico City, Cubatao, and Ankara (Vol. 942). World Bank Publications. Noudettu 03.11.2022 osoitteesta <https://bit.ly/3yZxKoH>
- Lindsey, R., & Santos, G. (2020). Addressing transportation and environmental externalities with economics: Are policy makers listening? *Research in Transportation Economics*, 82, 100872. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100872>
- Lokhorst, A., & Wildenborg, T. (2005). Introduction on CO2 Geological storage-classification of storage options. *Oil & gas science and technology*, 60(3), 513–515. <https://doi.org/10.2516/ogst:2005033>
- Marín, C. E., Piñero, D. M., & Marín, R. G. (2016). *Contribución al estudio del sector de los biocarburantes en España*. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, 20. Noudettu 12.01.2023 osoitteesta <https://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/download/548/19993>
- Martin, M., Larsson, M., Oliveira, F., & Rydberg, T. (2020). Reviewing the environmental implications of increased consumption and trade of biofuels for transportation in Sweden. *Biofuels*, 11(2), 175-189. <https://doi.org/10.1080/17597269.2017.1345363>
- Ministerio de Economía. (2003). *Real Decreto 1700/2003*. Por el que se fijan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo, y

el uso de biocarburantes. Noudettu 13.01.2023 osoitteesta
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2003/12/15/1700>

Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital. (2018). *Real Decreto 235/2018*. Por el que se establecen métodos de cálculo y requisitos de información en relación con la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero de los combustibles y la energía en el transporte; se modifica el Real Decreto 1597/2011, de 4 de noviembre, por el que se regulan los criterios de sostenibilidad de los biocarburantes y biolíquidos, el Sistema Nacional de Verificación de la Sostenibilidad y el doble valor de algunos biocarburantes a efectos de su cómputo; y se establece un objetivo indicativo de venta o consumo de biocarburantes avanzados. Noudettu 13.01.2023 osoitteesta
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2018/04/27/235>

Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2015). *Real Decreto 1085/2015*. De fomento de los Biocarburantes. Noudettu 13.01.2023 osoitteesta
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2015/12/04/1085>

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2008). *ORDEN ITC/2877/2008*. Por la que se establece un mecanismo de fomento del uso de biocarburantes y otros combustibles renovables con fines de transporte. Noudettu 12.01.2023 osoitteesta <https://www.boe.es/eli/es/o/2008/10/09/itc2877>

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2010). *Real Decreto 1088/2010*. Por el que se modifica el Real Decreto 61/2006, de 31 de enero, en lo relativo a las especificaciones técnicas de gasolinas, gasóleos, utilización de biocarburantes y contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo. Noudettu 13.01.2023 osoitteesta <https://www.boe.es/eli/es/rd/2010/09/03/1088>

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2011). *Real Decreto 459/2011*. Por el que se fijan los objetivos obligatorios de biocarburantes para los años 2011, 2012 y 2013. Noudettu 13.01.2023 osoitteesta
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/04/01/459>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021a). *Real Decreto 205/2021*. Por el que se modifica el Real Decreto 1085/2015, de 4 de diciembre,

de fomento de los biocarburantes, y se regulan los objetivos de venta o consumo de biocarburantes para los años 2021 y 2022. Noudettu osoitteesta 13.01.2023 <https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/03/30/205>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021b). *Resolución de 17 de diciembre de 2021, de la Secretaría de Estado de Energía, por la que se actualizan los valores α_t y β de las fórmulas de los apartados 1 y 2, respectivamente, del artículo 11 de la Orden ITC/2877/2008, de 9 de octubre, por la que se establece un mecanismo de fomento del uso de biocarburantes y otros combustibles renovables con fines de transporte*. Noudettu 14.01.2022 osoitteesta [https://www.boe.es/eli/es/res/2021/12/17/\(2\)](https://www.boe.es/eli/es/res/2021/12/17/(2))

Motiva. (2022). *Nestemäiset biopolttoaineet*. Uusiutuva energia. Noudettu 26.2.2023 osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/nestemaiset_biopolttoaineet

Moula, M. M. E., Nyári, J., & Bartel, A. (2017). Public acceptance of biofuels in the transport sector in Finland. *International journal of sustainable built environment*, 6(2), 434-441. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.07.008>

Mudge, F. B. (1997). The development of the 'greenhouse' theory of global climate change from Victorian times. *Weather*, 52(1), 13–17. <https://doi-org.proxy.uwasa.fi/10.1002/j.1477-8696.1997.tb06243.x>

Patlitzianas, K. D., Kagiannas, A. G., Askounis, D. T., & Psarras, J. (2005). The policy perspective for RES development in the new member states of the EU. *Renewable energy*, 30(4), 477-492. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2004.07.012>

Pelkmans, L., Govaerts, L., Kessels, K. (2008). *Inventory of biofuel policy measures and their impact on the market*. Noudettu 21.1.2023 osoitteesta https://www.elobio.eu/fileadmin/elobio/user/docs/WP2-PolicyAnalysis_v20080912.pdf

Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J. & Common, M. (2003). *Natural Resource and Environmental Economics* (3. edition). Pearson Education Limited.

Pigou, A. (1932). *The economics of welfare*. London: Macmillan and Co.

- Pouliot, S., & Babcock, B. A. (2017). Feasibility of meeting increased biofuel mandates with E85. *Energy Policy*, 101, 194–200. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.042>
- RFR. (2009). *Pumplagen – uppföljning av lagen om skyldighet att tillhandahålla förnybara drivmedel*. 2009/10:RFR 7. Noudettu 04.02.2023 osoitteesta https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/rapport-fran-riksdagen/pumplagen---uppfoljning-av-lagen-om-skyldighet_GX0WRFR7/html
- Ritchie, H. Roser, M. and Rosado, P. (2020). *CO₂ and Greenhouse Gas Emissions*. OurWorldInData. Noudettu 28.10.2022 osoitteesta <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
- Ritchie, H. Roser, M. and Rosado, P. (2022). *Fossil Fuels*. OurWorldInData. Noudettu 02.11.2022 osoitteesta <https://ourworldindata.org/fossil-fuels>
- Santos, G. (2017). Road fuel taxes in Europe: Do they internalize road transport externalities? *Transport Policy*, 53, 120-134. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.09.009>
- Santos, G., Behrendt, H., Maconi, L., Shirvani, T., & Teytelboym, A. (2010). Part I: Externalities and economic policies in road transport. *Research in transportation economics*, 28(1), 2-45. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2009.11.002>
- Scarlat, N., & Banja, M. (2012). Possible impact of 2020 bioenergy targets on European Union land use. A scenario-based assessment from national renewable energy action plans proposals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 595–606. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.040>
- Schall, L. D. (1971). Technological Externalities and Resource Allocation. *The Journal of political economy*, 79(5), 983-1001. <https://doi.org/10.1086/259810>
- Schlegel, S. & Kaphengst, T. (2007). European Union Policy on Bioenergy and the Role of Sustainability Criteria and Certification Systems. *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, 5(2). <https://doi.org/10.2202/1542-0485.1193>
- Schnepf, R. D. (2006). *European Union biofuels policy and agriculture: an overview*. CRS Report for Congress. Congressional Research Service. Noudettu 29.10.2022

- osoitteesta <http://nationalaglawcenter.org/wp-content/uploads/assets/crs/RS22404.pdf>
- Schwarz, P. M. (2018). *Energy Economics*. Routledge.
- SEA. (2022). *Greenhouse gas reduction mandate*. Noudettu 09.02.2023 osoitteesta <https://www.energimyndigheten.se/en/sustainability/sustainable-fuels/greenhouse-gas-reduction-mandate/>
- SFS. (1994). *Lag (1994:1776) om skatt på energi*. Noudettu 30.01.2023 osoitteesta https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-19941776-om-skatt-pa-energi_sfs-1994-1776
- SFS. (2004). *Lag (2004:1038) om ändring i lagen (1994:1776) om skatt på energi*.
Noudettu 30.01.2023 osoitteesta https://www.lagboken.se/Lagboken/start/skatteratt/lag-19941776-om-skatt-pa-energi/d_48334-sfs-2004_1038-lag-om-andring-i-lagen-1994_1776-om-skatt-pa-energi
- SFS. (2007). *Förordning (2007:380) om miljöbilspremie*. Noudettu 10.02.2023 osoitteesta https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2007380-om-miljobilspremie_sfs-2007-380
- SFS. (2010). *Lag (2010:598) om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och biobränslen*.
Noudettu 09.02.2023 osoitteesta https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2010598-om-hallbarhetskriterier-for_sfs-2010-598
- SFS. (2011). *Förordning (2011:1590) om supermiljöbilspremie*. Noudettu 10.02.2023
osoitteesta https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-20111590-om-supermiljobilspremie_sfs-2011-1590
- SFS. (2017). *Lag (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp från vissa fossila drivmedel*.
Noudettu 30.01.2023 osoitteesta https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-20171201-om-reduktion-av-vaxthusgasutslapp_sfs-2017-1201

- SFS. (2021a). *Lag (2021:412) om ändring i lagen (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensin och dieselbränslen.* Noudettu 09.02.2023 osoitteesta <https://svenskforsamling.se/sites/default/files/sfs/2021-05/SFS2021-412.pdf>
- SFS. (2021b). *Lag (2021:668) om ändring i lagen (2010:598) om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen.* Noudettu 09.02.2023 osoitteesta <https://svenskforsamling.se/sites/default/files/sfs/2021-06/SFS2021-668.pdf>
- SFS. (2022a). *Lag (2022:1781) om ändring i lagen 1994:1776 om skatt på energi.* Noudettu 30.01.2023 osoitteesta https://www.lagboken.se/Lagboken/start/skatteratt/lag-19941776-om-skatt-pa-energi/d_4867598-sfs-2022_1781-lag-om-andring-i-lagen-1994_1776-om-skatt-pa-energi
- SFS. (2022b). *Lag (2022:1217) om ändring i lagen (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp från vissa fossila drivmedel.* Noudettu 09.02.2022 osoitteesta <https://svenskforsamling.se/sites/default/files/sfs/2022-07/SFS2022-1217.pdf>
- Sherrard, A. (2022). *Swedish tax exemption welcomed by stakeholders.* Bioenergy International. Noudettu 04.02.2023 osoitteesta <https://bioenergyinternational.com/swedish-tax-exemption-welcomed-by-stakeholders/>
- Sitra. (2022). *Päästökauppa.* Tulevaisuussanasto. Noudettu 11.04.2023 osoitteesta <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/paastokauppa/>
- SNAO. (2011). *Biofuels for a Better Climate – How does the tax relief work?* RiR 2011:10. Noudettu 09.02.2023 osoitteesta https://www.environmental-auditing.org/media/4867/sweden_s_eng_biofuels-tax-relief.pdf
- Sobrino, F. H., & Monroy, C. R. (2009). Critical analysis of the European Union directive which regulates the use of biofuels: An approach to the Spanish case. *Renewable*

- & *sustainable energy reviews*, 13(9), 2675-2681.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.05.003>
- Sorda, G., Banse, M., & Kemfert, C. (2010). An overview of biofuel policies across the world. *Energy policy*, 38(11), 6977-6988.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.06.066>
- Statista. (2022). *Distribution of greenhouse gas emissions in the European Union (EU-27) in 2020, by sector*. <https://www.statista.com/statistics/1325132/ghg-emissions-shares-sector-european-union-eu/>
- Stern, N. (2008). The Economics of Climate Change. *The American economic review*, 98(2), 1-37. <https://doi.org/10.1257/aer.98.2.1>
- Sundqvist, T. (2004). What causes the disparity of electricity externality estimates? *Energy Policy*, 32(15), 1753–1766. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00165-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00165-4)
- Swinbank, A. (2009). *EU support for biofuels and bioenergy, environmental sustainability criteria, and trade policy*. International Centre for Trade and Sustainable Development. ICTSD. Issue Paper No. 17. Noudettu 05.11.2022 osoitteesta http://centaur.reading.ac.uk/9253/1/webswinbank_oxfam%5B1%5D.pdf
- Talja, O. (2010). *Biopolttoainesanasto*. Terminfo. Noudettu 30.10.2022 osoitteesta <http://www.terminfo.fi/sisalto/biopolttoainesanasto-208.html>
- Tietenberg, T., & Lewis, L. (2018). *Environmental and natural resource economics*. Routledge.
- Tiseo, I. (15.08.2022b). *Emissions in the EU - Statistics & Facts*. Statista. Noudettu 25.10.2022 osoitteesta <https://www.statista.com/topics/4958/emissions-in-the-european-union/#dossierKeyfigures>
- Tynjälä, T. (2006). *Ilmastopolitiikka*. Teoksessa: Päästökauppa ja ympäristöhyödykkeiden markkinat. Edita.
- United Nations. (2021). *What is the United Nations Framework Convention on Climate Change?* Noudettu 28.10.2022 osoitteesta <https://unfccc.int/process-and-meetings/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>
- United Nations. (2022). *The Paris Agreement*. Noudettu 02.11.2022 osoitteesta <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris->

[agreement?gclid=Cj0KCQjwqoibBhDUARIsAH2OpWiCiPJUEb6MYUy11DGH_G8VvZJqRGV5ISoxFMcdQL9bjyePijEdAwlaAvCnEALw_wcB](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels%20Annual%20The%20Hague%20EU-28%207-15-2019.pdf)

USDA FAS. (2019). *EU Biofuels Annual 2019*. GAIN Report. Noudettu 27.10.2022 osoitteesta

<https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels%20Annual%20The%20Hague%20EU-28%207-15-2019.pdf>

USDA FAS. (2020). *Spain Biofuels Policy and Market*. GAIN Report. Noudettu 12.01.2023 osoitteesta

<https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Spain%20Biofuels%20Policy%20and%20Market%20Madrid%20Spain%2007-24-2020>

USDA FAS. (2022a). *Biofuel Mandates in the EU by Member State – 2022*. GAIN Report. Noudettu 09.02.2023 osoitteesta

<https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuel%20Mandates%20in%20the%20EU%20by%20Member%20State%20-%202022%20Berlin%20European%20Union%20E42022-0044.pdf>

USDA FAS. (2022b). *Fuel of the Future Congress Concludes Biofuels are Indispensable for Reaching EU Climate Goals*. GAIN Report. Noudettu 19.04.2023 osoitteesta

<https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Fuel%20of%20the%20Future%20Congress%20Concludes%20Biofuels%20are%20Indispensable%20for%20Reaching%20EU%20Climate%20Goals%20Berlin%20Germany%20GM2022-0006.pdf>

Valtioneuvosto. (2022). *Hallituksen esitys TEM/2022/133*. Noudettu 07.04.2023 osoitteesta

<https://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatokset?decisionId=0900908f807da4bf>

Vilkka, H. (2007). *Tutki ja mittaa: Määrällisen tutkimuksen perusteet*. Tammi. Noudettu 10.10.2022 osoitteesta

<http://hanna.vilkka.fi/wp-content/uploads/2014/02/Tutki-ja-mittaa.pdf>

Wiesenthal, T., Leduc, G., Christidis, P., Schade, B., Pelkmans, L., Govaerts, L., & Georgopoulos, P. (2009). *Biofuel support policies in Europe: Lessons learnt for*

the long way ahead. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(4), 789-800.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.01.011>.

Wilson, G., Fairén, V., García-Sanz, J., Zúñiga, I., Breitmeir, H., Abbott, D., ... & Otto, D. (2012). *T869 Climate change: from science to lived experience*. Module 1: Introduction to climate change in the context of sustainable development. Textbook. Noudettu 27.10.2022 osoitteesta

[https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/2127/1/LEChE Module1 Textbook 2012.pdf](https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/2127/1/LEChE%20Module1%20Textbook%202012.pdf)

Ziolkowska, J., Meyers, W. H., Meyer, S. D., & Binfield, J. (2010). Targets and mandates: lessons learned from EU and US biofuels policy mechanisms. *AgBioForum*, 13(4), 398–412. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.188119>

Zweifel, P., Praktiknjo, A., & Erdmann, G. (2017). *Energy economics: theory and applications*. Springer.