

STYRMEDEL FÖR FRAMTIDENS BIORAFFINADERIER: EN INNOVATIONSPOLITISK ANALYS AV STYRMEDELSMIXEN I UTVALDA LÄNDER

Rapport från ett projekt inom samverkansprogrammet *Förnybara drivmedel och system*

Februari 2018

Författare:

Julia Hansson, IVL Svenska Miljöinstitutet

Hans Hellsmark, Chalmers tekniska högskola

Patrik Söderholm, Bio4Energy/Luleå tekniska universitet

Tomas Lönnqvist, IVL Svenska Miljöinstitutet

FÖRORD

Detta projekt har genomförts inom ramarna för samverkansprogrammet Förnybara drivmedel och system, projektnummer 42394-1. Projektet har finansierats av Energimyndigheten och f3 – Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel.

f3 är en nätverksorganisation som fokuserar på utveckling av miljömässigt, ekonomiskt och socialt hållbara förnybara drivmedel och som

- Bidrar med bred, vetenskapligt grundad kunskap som stöd för strategisk planering
- Bedriver systeminriktad forskning kopplad till alla steg i värdekedjan för förnybara drivmedel
- Utgör en plattform för samverkan nationellt, gentemot Horisont 2020 som internationellt inom området förnybara drivmedel.

f3:s parter inkluderar Sveriges mest aktiva högskolor, universitet och forskningsinstitut inom området, liksom relevanta industriföretag. f3 har ingen politisk agenda och ägnar sig inte åt lobbying varken för specifika transportbränslen eller system, eller för parternas enskilda branschintressen.

f3 finansieras gemensamt av centrets parter och Västra Götalandsregionen. Vinnova finansierar f3:s arbete som svensk påverkansplattform gentemot Horisont 2020. Chalmers Industriteknik (CIT) fungerar som värd för centret (se www.f3centre.se).

Projektgruppen önskar tacka Formas (254 - 2013-100) och Vinnova (2017-05153) för kompletterande finansiering. Vi vill även rikta ett särskilt tack till projektets industriella partners: Lars Lind, Perstorp, Sören Eriksson, Preem, Lars Holmquist, Göteborg Energi och Alarik Sandrup, Lantmännen. Deras synpunkter har varit mycket värdefulla för inriktningen och färdigställandet av denna rapport. Rapportens slutsatser samt eventuella felaktigheter är författarnas ansvar.

Denna rapport ska citeras enligt följande:

Hansson, J., *m.fl.* (2018) *Styrmedel för framtidens bioraffinaderier: En Innovationspolitisk analys av styrmedelsmixen i utvalda länder* Rapport nr 2018:10, f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara transportbränslen. Tillgänglig på www.f3centre.se.

SUMMARY

A biorefinery co-produces various high-quality products (such as biofuels, chemicals, electricity and heat) from a biomass based commodity. Sweden has good pre-conditions for developing different types of biorefinery concepts through integration of new technologies into existing industrial processes. But these have so far been poorly utilized. An important reason for this is the lack of an appropriate innovation policy, i.e. a policy whose purpose is to create appropriate conditions for scaling up immature technology with significant commercial potential and climate benefits while providing existing renewable technologies the conditions to outcompete the fossil alternatives.

Therefore, the aim of this study is to demonstrate the potential of various policy instruments for the realization of future biorefineries in the production of primary renewable fuels. The objectives are to: (i) identify and discuss the theoretical basis of an innovation policy framework that can be used to contribute to the realization of future biorefineries; (ii) compare selected countries' policy instruments used to develop, scale up and diffuse biofuels with low climate impact; and, (iii) discuss innovation policy lessons of interest to Sweden and other countries.

The conclusion from the literature review was that different types of complementary policy instruments are required for the design of an appropriate innovation policy. These consist of a combination of technology push, technology pull and system-wide tools that aim to achieve learning so that existing laws and regulations can be adapted to new technology.

In addition to a review of existing literature, the study builds on the comparisons of the most important biofuel policy instruments implemented in ten different countries/regions (Sweden, Germany, Finland, Italy, UK, Norway, Canada, Brazil, USA and California). The effects of the instruments are analyzed with regard to how they stimulate: (i) research and development, (ii) demonstration, (iii) upgrading of immature technologies, (iv) distribution of already mature technology, and, (v) phasing out of fossil fuels.

The policy instruments used primarily in the countries studied to stimulate the development and diffusion of renewable fuels can be divided into the following broad categories: (i) quota/reduction obligation; (ii) fuel tax/CO₂ tax, (iii) investment and demonstration support, (iv) public procurement, (v) off-take agreement, and (vi) sustainability criteria. However, there are differences in how the instruments have been implemented in practice, how they have been combined, and what the objectives are in relation to the instruments used.

Based on the comparison of the different countries, we believe we see some general conditions that need to be met for an innovation policy the biofuels area. We would like to point out, among other things, the need for:

- i. Long-term and high ambitions with clear goals for total greenhouse gas reduction for the transport sector.
- ii. That industrialization ambitions are clarified and not "hidden" in the general climate policy.
- iii. That there is a basic instrument that serves as a long-term and general "engine" in climate policy that also can be used to achieve a fossil free transport sector.

- iv. A combination of policy instruments where the "engine" is complemented with support systems with the specific goal of developing new technologies. These specific instruments can for example be in the form of off-take guarantees, a specific prize premium, etc. Without such specific efforts, long-term technologies with high potential are difficult to develop their potential.
- v. That biofuels are rewarded based on their climate reduction potential
- vi. To set clear and long-term sustainability criteria that prevent unsustainable solutions access to the market.
- vii. Increased knowledge on the implementation and interaction between specific and general instruments. In combination with the need to strengthen regulatory knowledge about the specific area.

SAMMANFATTNING

Ett bioraffinaderi samproducerar olika högvärdiga produkter som biodrivmedel, kemikalier, el och värme från en biobaserad råvarubas. Sverige har goda förutsättningar att utveckla olika typer av bioraffinaderikoncept genom att integrera ny teknik i existerande industriella processer, men de har hittills varit dåligt utnyttjade. En viktig anledning är att det har saknats en ändamålsenlig innovationspolitik vars syfte är att skapa goda förutsättningar för uppskalning av omogen teknologi med signifikant kommersiell potential och klimatnytta, samtidigt som existerande förnybar teknologi ges möjlighet att konkurrera ut de fossila alternativen.

Målet med denna studie är att visa på olika styrmedels potential att bidra till förverkligandet av framtidens bioraffinaderier för produktion av framför allt förnybara drivmedel. Syftet är att identifiera och diskutera de teoretiska grunderna för ett innovationspolitiskt ramverk som kan användas för att bidra till förverkligandet av framtidens bioraffinaderier (a), jämföra utvalda länders styrmedel som används för att utveckla, skala upp och sprida teknologi för produktion av drivmedel med hög klimatnytta (b), och diskutera innovationspolitiska lärdomar av intresse för Sverige och andra länder (c).

En viktig slutsats från litteraturstudien är att det behövs olika typer av styrmedel som kompletterar varandra för utformandet av en ändamålsenlig innovationspolitik. Det behövs en kombination av teknikstödjande (technology push), marknadsdrivande (technology pull) och systemövergripande styrmedel, vars syfte är att åstadkomma ett lärande så att existerande lagar och regler kan anpassas till den nya tekniken.

Utöver existerande litteratur, bygger studien på jämförelserna av de viktigaste styrmedlen för biodrivmedel som är implementerade i tio olika länder/regioner: Sverige, Tyskland, Finland, Italien, Storbritannien, Norge, Kanada, Brasilien, USA och Kalifornien. Styrmedlens effekter analyseras med avseende på hur de stimulerar *Forskning och utveckling* (i), *Demonstration* (ii), *Uppskalning av omogna teknologier* (iii), *Spridning av redan mogen teknologi* (iv), och *Utfasning av fossila drivmedel* (v).

De styrmedelsalternativ som främst används i de studerade länderna för att stimulera utveckling och spridning av förnybara drivmedel kan delas in i följande övergripande kategorier: Kvotplikt/reduktionsplikt (i), Drivmedelsskattelättnader/CO₂-skatt (ii), Investerings- och demonstrationsstöd (iii), Offentlig upphandling (iv), Off-take agreement (v), och Hållbarhetskriterier (vi). Det är dock skillnader i hur styrmedlen implementerats i praktiken, hur olika styrmedel har kombinerats och vilka mål som finns i relation till använda styrmedel i olika länder.

Vår analys landar i ett förslag på en rad förutsättningar som behövs för en effektiv styrmedelsmix inom biodrivmedelsområdet. Vi vill bland annat peka på behovet av:

- i. Långsiktiga och höga ambitioner med tydliga mål för total växthusgasreduktion för transportsektorn.
- ii. Att industrialiseringsambitioner tydliggörs och inte ”göms” i den allmänna klimatpolitiken.
- iii. Att det finns ett principiellt styrmedel som fungerar som en långsiktig och generell ”motor” i klimatpolitiken och för att nå fossilfrihet i transportsektorn.

- iv. En kombination av styrmedel där ”motorn” kompletteras med stödsystem med det specifika målet att utveckla ny teknik. Dessa specifika instrument kan vara i formen av off-take-garantier, specifika prispremium, etc. Utan sådana specifika insatser har teknologier med stor potential på lång sikt svårt att utveckla sin potential.
- v. Att drivmedel med tydlig klimatnytta premieras.
- vi. Att tydliga och långsiktiga hållbarhetskriterier sätts upp som hindrar ohållbara lösningars tillgång till marknaden.
- vii. Ökad kunskap om implementeringen och samverkan mellan specifika och generella styrmedel. I kombination med behovet av att stärka reglerarnas kunskap om det specifika området.

INNEHÅLL

1	INTRODUKTION	9
2	GRUNDERNA TILL ETT INNOVATIONSPOLITISKT RAMVERK FÖR TRANSFORMATIV FÖRÄNDRING	12
2.1	SOCIO-TEKNISKA TRANSITIONER OCH INNOVATIONER	12
2.2	EN DYNAMISK INNOVATIONSSYSTEMSMODELL	14
2.3	INNOVATIONSPOLITISKA STYRMEDEL: EN UTGÅNGSPUNKT	17
3	METOD	20
4	KARTLÄGGNING OCH ANALYS AV RELEVANTA STYRMEDEL I UTVALDA LÄNDER	22
4.1	EU-GEMENSAMMA STYRMEDEL	22
4.2	SVERIGE	23
4.3	TYSKLAND	31
4.4	FINLAND	35
4.5	ITALIEN	38
4.6	STORBRITANNIEN	40
4.7	NORGE	44
4.8	USA	47
4.9	KALIFORNIEN	50
4.10	KANADA	54
4.11	BRASILIEN	57
5	DISKUSSION OCH POLICYIMPLIKATIONER	62
5.1	MÅL OCH SPRIDNING	66
5.2	POLICYMIXEN SPELAR ROLL FÖR INNOVATION	67
5.3	RISKER SOM POLITIKEN MÅSTE HANTERA	68
5.4	DESIGNPRINCIPER FÖR EN EFFEKTIV STYRMEDELSPOLITIK	69
	REFERENSER	71

1 INTRODUKTION

Sverige beslutade 2017 om ett klimatpolitiskt ramverk som innehåller ambitiösa mål för minskning av växthusgasutsläppen i landet. År 2045 ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser för att därefter uppnå negativa nettoutsläpp. Etappmål för 2030 och 2040 har också fastställts. För transportsektorn finns ett särskilt mål som innebär att utsläppen ska minska med 70 % till 2030 jämfört med nivån år 2010 (Sveriges regering 2017a; Sveriges riksdag 2017). 2010 var utsläppen från transportsektorn, exklusive inrikes luftfart och utsläpp från bunkerbränslen för internationell sjö- och luftfart, knappt 20 miljoner ton (mätt i koldioxidekvivalenter). En minskning med 70% innebär således att de totala utsläppen från inrikes transporter år 2030 inte får överstiga 6 miljoner ton.

Även om målen är ambitiösa har Sverige kommit en bit på vägen. Andelen förnybar energi i Sveriges transportsektor uppgick till 20 % år 2016, och tidigare mål och satsningar har resulterat i en mängd investeringar i svensk industri. Bl.a. har delar av skogsindustrin, Sveaskog och Södra skogsägarna samt oljebolaget Preem ett samarbete för att producera drivmedel från tallolja. Företagen Perstorp och Lantmännen har investerat i en klimateffektiv biodrivmedelsproduktion från agrobaserade råvaror, och skogsbaserad råvara används för att producera biodrivmedel i samband med framtagning av dissolvingcellulosa vid Domsjö Fabriker (Energimyndigheten 2014b; Grahn & Hansson 2015; Peck et al. 2016). Det finns även en mängd investeringar i biogasproduktion där olika restströmmar från jordbruk och städer omvandlas till metan för drivmedelsanvändning.

Dessa existerande biodrivmedelsanläggningar är viktiga investeringar som dels öppnar upp för möjligheten att integrera och vidareutveckla nya teknikkoncept för att öka andelen skogsråvara, biprodukter och avfall i drivmedelsproduktionen, dels möjliggöra framtagandet av fler högvärdiga kemikalier och material från biomassa. Denna typ av samproduktion av många olika högvärdiga produkter från en flexibel och biobaserad råvarubas brukar kallas för bioraffinaderier i analogi med traditionella oljeraffinaderier där en mängd olika fossilbaserade produkter produceras (IEA 2009). Genom samproduktion av flera biobaserade produkter skapas möjligheter till effektiv energiintegrering, och ett bioraffinaderi kan därmed ses som ett resurseffektivt sätt att ersätta fossila produkter samt att minska utsläppen av växthusgaser.¹

Sverige har mycket goda, men dåligt utnyttjade, förutsättningar att utveckla olika typer av bioraffinaderikoncept genom att integrera ny teknik i existerande industriella processer. Det finns t.ex. en betydande potential att integrera ny teknologi och vidareutveckla existerande biodrivmedelsanläggningar, men även fjärrvärmesektorn och massa- och pappersbruk där stora biobaserade råvaruflöden och industriella processer skulle kunna användas för samproduktion av drivmedel, kemikalier, el och värme. Under närmare trettio år har också svensk industri tillsammans med staten, forskningsinstitut, universitet och högskolor utvecklat och demonstrerat ny teknologi som skulle kunna utgöra grunden för olika former av nya bioraffinaderikoncept.

¹ Det kan vara värt att notera att bioraffinaderier ofta definieras som ”en hållbar bearbetning av biomassa till ett spektrum av kommersiellt gångbara produkter” (IEA 2009). I praktiken är detta spektrum ganska begränsat och p.g.a. de styrmedel som finns på marknaden har fokus främst varit på att ta fram förnybara drivmedel i kombination med annan redan existerande verksamhet. Utvecklingen av kemiprodukter som inte används inom drivmedelsektorn faller därför utanför denna rapport.

Sammantaget har industrin och staten investerat motsvarande 3-4 miljarder på forskning, utveckling och demonstration under enbart de senaste tio åren (Energimyndigheten 2014b). Bl.a. har ett antal olika produktionsprocesser demonstrerats såsom etanol baserat på svensk skogsråvara i Örnsköldsvik, DME/metanol baserat på svartlut i Piteå, metan från förgasad biomassa i Göteborg, substitut för kol och olja genom s.k. torrefiering (torkning) och pyrolys av biomassa i Umeå och Piteå, samt separering av lignin ur svartluten från Bäckhammars bruk för vidareförädling till drivmedel eller andra mer högvärdiga applikationer.

Integrationen av ovan nämnda demonstrationer och teknikkoncept i befintliga anläggningar innebär därmed att nya råvaror och teknologi integreras i existerande resursflöden och infrastruktur. En sådan integration skapar därmed möjligheter för allt effektivare produktion och utvecklingen av nya produkter med allt större klimatnytta, snarare än att en mer avancerad teknologi ersätter en existerande. Denna mer dynamiska beskrivning utgör därmed kärnan i vad vi kallar framtidens bioraffinaderier. Genom integration av nya råvaror och teknologi kan utvecklingen av framtidens bioraffinaderier utgöra basen för en industriell förnyelse för mogna branscher och skapa förutsättningar för nya affärer och bibehållen konkurrenskraft.

Att uppnå de högt ställda politiska målen och förverkliga framtidens bioraffinaderier innebär naturligtvis en betydande utmaning både för industrin och politiken. Det är också en möjlighet till innovation och förstärkning av industrins konkurrenskraft om investeringar och styrning sker på ett väl avvägt och balanserat sätt. Tidigare studier har pekat på betydande svårigheter för industriella aktörer att integrera nya teknikkoncept i existerande infrastruktur och att gå mot en allt mer effektivare drivmedelsproduktion från nya typer av råvaror. De viktigaste hindren är att det saknas ett ändamålsenligt innovationspolitiskt ramverk som skapar förutsättningar för uppskalning av omogen teknologi med stor potential och klimatnytta, samtidigt som det skapas förutsättningar för spridning av existerande teknologi. Det existerande skatte- och regelsystemet (nationellt samt inom EU) som ger ett tillfälligt undantag för biodrivmedel från CO₂-skatt och nedsättning av energiskatt för biodrivmedel har ansetts otillräckligt (Hellsmark, Mossberg m.fl. 2016; Energimyndigheten 2014b).

Nedsättningen av energiskatten och undantag från CO₂-skatt för biodrivmedel styrs av EU:s regelverk rörande t.ex. statsstöd. Undantaget från CO₂-skatt har Sverige i princip ansökt om för varje år från EU. Eftersom systemet inte är permanent skapar det inte de förutsättningar som krävs för långsiktiga investeringar i ny teknologi som demonstrerats inom ramen för forskning och demonstrationsprojekt. Därför har ännu inga nya bioraffinaderier baserade på ovan nämnda demonstrationer och teknikkoncept byggts i kommersiell skala i Sverige. En storskalig industrialisering av framtidens bioraffinaderier riskerar därmed att gå förlorad. I praktiken innebär det att investeringar i forskning och utveckling inte får avkastning och att kommersialiseringen av den kunskap vars framtagande staten har finansierat kan komma att ske någon helt annanstans.

Därför är en central fråga för politiken och industrin hur styrmedel bör utformas för att stimulera innovation och kommersialisering av konkurrenskraftiga drivmedel med hög klimatnytta, samtidigt som möjligheter för samproduktion av kemikalier, nya material etc. skapas. I denna rapport utgår vi från den innovationspolitiska litteratur som betonar vikten av att kombinera flera olika typer av styrmedel och incitament. Dessa riktar in sig på att stärka de ekonomiska incitamenten i olika faser av teknologiers utveckling samt att stödja olika innovationssystemövergripande aktiviteter såsom infrastruktur, aktörsnätverk etc. (Reichardt & Rogge 2016; Howlett & Rayner 2013; Howlett & Rayner 2007; Mazzucato 2016; Flanagan et al. 2011). Denna litteratur sätter också

experimenterande och ömsesidigt lärande i fokus då ingen aktör enskilt kan anses ha svar på vilka tekniska lösningar och styrmedel som är de mest ändamålsenliga för att åstadkomma en storskalig transition mot hållbara transportsystem (Schot & Steinmueller 2016).

Syftet med rapporten är därmed att:

- a) Identifiera och diskutera de teoretiska grunderna för ett innovationspolitiskt ramverk som kan användas med syftet att bidra till förverkligandet av framtidens bioraffinaderier
- b) Genomföra en jämförande analys av utvalda länders styrmedel, som används både för att skala upp teknologi för produktion av nya drivmedel med hög klimatnytta och för att sprida existerande biodrivmedel på marknaden.
- c) Identifiera och diskutera vilka innovationspolitiska lärdomar som kan vara användbara i Sverige samt i andra länder som vill utveckla och sprida konkurrenskraftiga biodrivmedel med hög klimatnytta.

Rapporten bygger på jämförelser av de viktigaste styrmedlen som är implementerade i tio olika länder och regioner världen över. Det ligger alltså inte inom ramen för denna rapport att i detalj diskutera utformningen av enskilda instrument som bör eller kommer att implementeras i Sverige.

Rapporten är strukturerad enligt följande: I avsnitt 2 görs en teorigenomgång som utgör grunderna för det innovationspolitiska ramverket. Därefter följer ett kort metodavsnitt i avsnitt 3 som beskriver hur datainsamlingen och analys av de olika ländernas styrmedel har genomförts. I avsnitt 4 presenteras den internationella styrmedelsutblicken och avsnitt 5 innehåller en jämförelse mellan de olika styrmedlen som implementerats. Styrmedlens effekter diskuteras i första hand med avseende på hur de har stimulerat – och skulle kunna stimulera – innovation och industriell förnyelse.

2 GRUNDERNA TILL ETT INNOVATIONSPOLITISKT RAMVERK FÖR TRANSFORMATIV FÖRÄNDRING

En omställning till en biobaserad ekonomi, där framtidens bioraffinaderier spelar en central roll för framställning av framtidens drivmedel, kemikalier och material, skulle innebära en storskalig förändring i samhällets produktions- och konsumtionssystem. Sådana förändringar brukar i forskningslitteraturen kallas för socio-tekniska transitioner (Geels 2002), och kännetecknas inte bara av teknisk förändring utan även av institutionell förändring samt etablerandet av nya aktörsnätverk och värdekedjor. I det här avsnittet behandlar vi följande frågor:

- a) Vad är transition och vilka former av innovationer behövs för att åstadkomma en hållbar samhällsförändring?
- b) Hur ser en dynamisk innovationsmodell ut och som är användbar för att kunna formulera en ändamålsenlig innovationspolitik?

2.1 SOCIO-TEKNISKA TRANSITIONER OCH INNOVATIONER

Sociotekniska transitioner är komplexa omställningsprocesser som normalt spänner över årtionden och som i förlängningen kan leda till fundamentala förändringar av de globala produktions- och konsumtionssystemen. Exempel på tidigare och pågående socio-tekniska transitioner är övergången från ett traditionellt transportsamhälle baserat på häst och hö till ett baserat på slagmotorn och olja, från analog till digital teknologi, från en linjär till en mer cirkulär och resurseffektiv ekonomi och en från en oljebaserad ekonomi till en bioekonomi (Geels 2005; Wilson 2012). Behovet idag av socio-tekniska transitioner motiveras i första hand av FN:s globala hållbarhetsmål och inte minst målet om att begränsa den globala temperaturökningen med 1,5 grader Celsius till 2050. Dessa mål innebär med andra ord att mänskligheten står inför behovet av genomgripande omställningsprocesser där fossilbaserad teknologi och samhällsstrukturer behöver fasas ut samtidigt som fossilfria och mer resurseffektiva teknologier behöver växa fram.

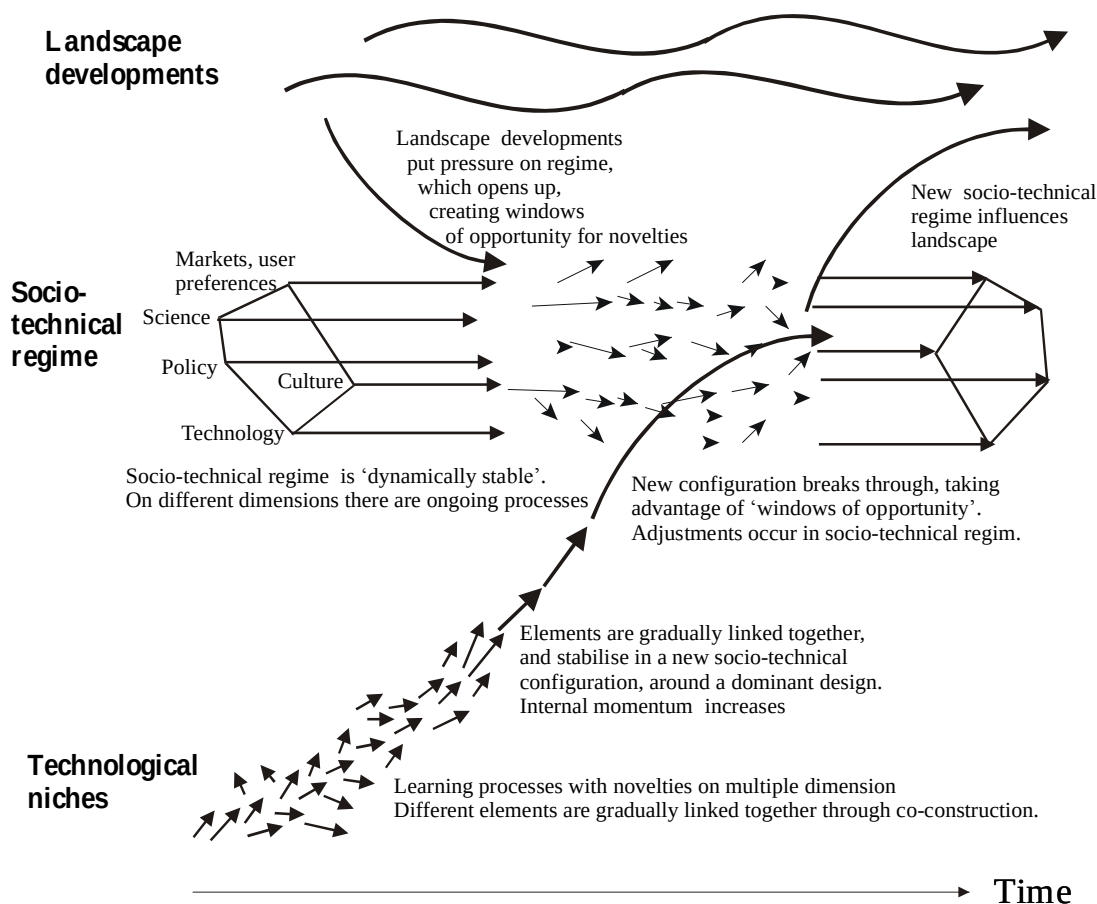
Sociotekniska transitioner drivs fram och görs möjliga av innovationer i form av nya produkter och tjänster. Det är här meningsfullt att skilja på inkrementella och radikala innovationer. Inkrementella innovationer är viktiga för att de bygger vidare på befintlig kunskap och gör existerande tekniska system allt mer kostnadseffektiva och långsiktigt konkurrenskraftiga. Den existerande industrins incitament för inkrementell innovation är ofta hög, men detta tenderar att skapa barriärer för nya aktörer att ge sig in på nya områden. Radikala innovationer bygger, till skillnad från inkrementella, på helt ny kunskap och innebär mer genomgripande förändringar av exempelvis energisystemet eller industriell produktion. De är på så sätt nödvändiga förutsättningar för att nya socio-tekniska system att växa fram och nya produktions- och konsumtionssystem att skapas (Abernathy & Utterback 1978; Utterback 1994; Christensen 1997).

Förutsättningarna för att existerande industriella aktörer ska investera i radikal innovation är ofta begränsade, inte minst p.g.a. de höga långsiktiga riskerna kopplade till sådana investeringar. Betydelsen av höga risker inom hållbarhetsområdet understryks av själva kontexten för sådana investeringar: en omogen marknad, stor osäkerhet kring teknikval, och möjliga köpare och leverantörer till del ännu okända. Detta innebär i sin tur att privata aktörer på kapitalmarknaderna kan få stora svårigheter att bedöma dessa risker (se t.ex. Gawel et al. (2016)). Den framtida

lönsamheten i t.ex. en klimatsnål investering är också starkt beroende av den framtida globala klimatpolitikens stringens, vilken i sig är högst osäker.

Möjligheterna för radikala innovationer att utvecklas och spridas avgörs därför i mångt och mycket av den interaktion som sker mellan aktörer, teknik och inte minst de styrmedel, lagar och regler (institutioner) som både kan skapa förutsättningar för men även begränsa en vidare spridning. För att undvika den ibland snedvridna konkurrensen mellan existerande och framväxande teknologier behöver innovationer av mer radikal natur behöva få ta fäste i olika typer av "nischer" där de får möjligheten att utvecklas i samspel med ett begränsat antal kunder. Sådana nischer skyddar mot etablerade teknologier och skapar möjligheter till ett lärande där inkrementella innovationer, t.ex. lärande i produktionen som sänker kostnaderna, över tid kan göra tekniken konkurrenskraftig gentemot de etablerade socio-tekniska regimerna (Kemp et al. 1998).

Geels (2002) beskriver den sociotekniska regimen som bestående av existerande produktions- och konsumtionssystem. Starka inlåsnings i termer av gemensamma värderingar och ömsesidigt beroende mellan viktiga samhällsgrupper som kunder, leverantörer, politiken, utbildningssystemet etc. gör en sådan trögrörlig. Eventuella förändringar kommer därför att ske gradvis (Geels 2014). Förändring sker därmed genom en gradvis konfiguration och re-konfiguration baserat på vad som händer inom regimen, i olika konkurrerande nischer och på vad som ibland kallas för en landskapsnivå. Det som händer där är övergripande ekologiska, kulturella, geopolitiska och makroekonomiska förändringar som påverkar alla regimer och kan t.ex. vara kriser, naturkatastrofer, digitalisering (Figur 1).



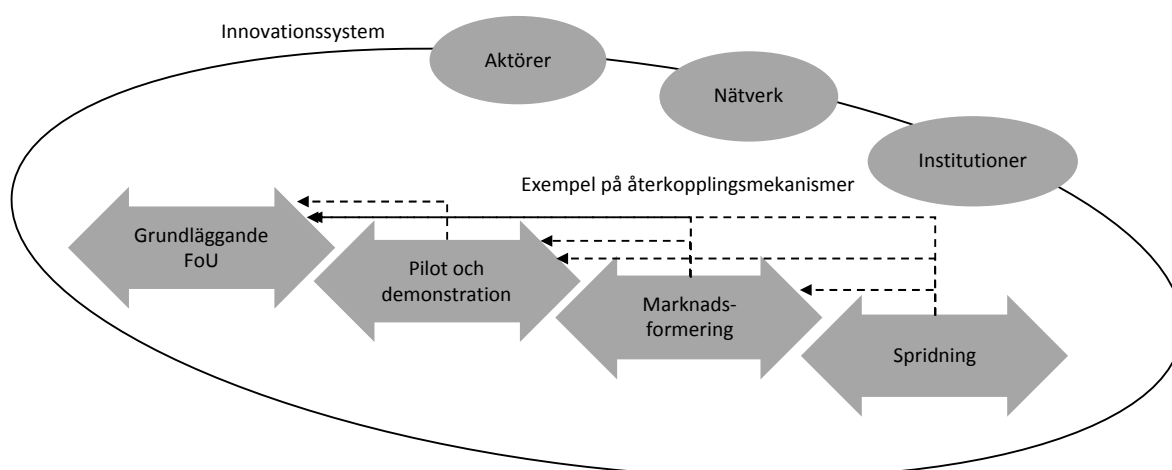
Figur 1. Transitioner sker genom interaktionen mellan tre nivåer: landskap, regim och nischer. Källa: Geels 2002.

Detta innebär att det är samspelet mellan vad som händer på en landskapsnivå, t.ex. ökad medvetenhet kring klimatförändringar och vad som orsakar dem, samt vad som händer i olika underliggande nischer som skapar förutsättningar för en socio-teknisk transition. Om det inte finns några lovande experiment och radikala innovationer som svarar upp mot de förändringar som sker på en landskapsnivå så kan ingen snabb förändring ske, samtidigt som sådana innovationer och experiment är beroende av förändringar på en landskapsnivå för att kunna spridas.

2.2 EN DYNAMISK INNOVATIONSSYSTEMSMODELL

Även om det perspektiv på socio-tekniska transitioner som beskrivs ovan ger viss vägledning kring den gradvisa förändring som behöver ske mellan nischer, regimen och landskapsnivån så ger den bristfällig vägledning kring hur denna interaktion faktiskt sker i praktiken. Det ger också begränsad information om vilka olika ”interventionspunkter” som finns för politiska styrmedel om det finns en politisk vilja att stimulera och/eller påskynda en viss typ av utveckling i en viss riktning.

För att politiken skall kunna påskynda transitioner som leder till ett mer hållbart samhälle och så att tuffa klimatpolitiska mål kan uppnås, behövs en djupare förståelse för dynamiken i transitionsprocesser. Grunderna för en sådan dynamisk modell lades bl.a. i Rosenbergs (1983) samt Nelson och Winters (1982) arbeten med att förstå hur innovationsprocesser ofta utgör iterativa processer mellan forskning, utveckling och marknaden. Det är också dessa teorier om hur marknader, aktörer, nätverk, teknik samskapas i en evolutionär process över tid, som lagt grunden för innovationssystemslitteraturen och det som transitionsforskningen i mångt och mycket bygger på (Markard et al. 2012; Naubahar 2006). En dynamisk innovationssystemmodell tar fasta på innovationsprocessens olika steg men inte minst på återkopplingarna mellan dessa steg. Figur 2 illustrerar hur utvecklingen av ny teknologi normalt sker i flera iterativa steg, från grundläggande kunskapsutveckling, optimering, uppskalning och vidareutveckling av teknologin (t.ex. i pilotanläggningar), samt spridning och användning på marknaden. En annan central komponent i den dynamiska innovationssystemmodellen är den interaktion som sker mellan de aktörer, nätverk, institutioner som är involverade i innovationsprocessen samt dess omgivande kontext (landskap och regim).



Figur 2. En dynamisk innovationssystemmodell (IEA 2015).

En viktig del av den dynamiska modell som illustreras i Figur 2 är steget ”marknadsformering” i vilket nya marknader gradvis formas samt de återkopplingar som finns mellan de olika stegen. Perspektivet som förs fram är med andra ord att marknader för ny, radikal teknologi inte existerar från början utan måste skapas i samspel mellan kunder, leverantörer, forskning och utveckling samt institutioner i termer av lagar och regler.

Viktiga återkopplingar finns mellan alla steg, inte minst mellan marknadsformering, demonstration samt forskning och utveckling. Detta leder till ett lärande där kunder, teknikleverantörer och forskare bidrar till utvecklingen på olika sätt. Två specifika lärprocesser som ofta lyfts fram i litteraturen är ”learning by doing” och ”learning by using”. Den förstnämnda avser det lärande som uppstår i produktionen allt eftersom den skalas upp; större volymer innebär större investeringar i allt effektivare processer och att skalfördelar kan utnyttjas. ”Learning by using” avser det lärande som uppstår vid användandet av produkterna, d.v.s. när kunder ger sin feedback och kommer på nya sätt att använda eller integrera dem i sin vardag och/eller i existerande produktionsprocesser (Thompson 2010; Lundvall & Johnson 1994). Det är sådant lärande som leder till att pris/prestanda-relationen för nya innovationer kan förbättras, och att det skapas förutsättningar för en vidare spridning genom att nya marknader och applikationsområden öppnas upp.

När marknaden växer blir allt fler aktörer intresserade av att delta i teknikutvecklingen; detta skapar förutsättningar för att anpassa existerande lagar och regler (institutioner) som kanske annars hindrar en storskalig spridning av den nya teknologin.² När den här typen av återkopplingar finns skapas ännu bättre förutsättningar för vidare spridning och för att pris/prestanda-relationen skall förbättras ytterligare. Det är exempelvis sådana återkopplingsmekanismer som gjort att priset för solceller har sjunkit från över 50 \$/W i mitten av 1970 talet till ca 1-2 \$/W idag, och att tekniken nu är konkurrenskraftig mot etablerade alternativ på de flesta marknader i världen (IPCC 2011).

De positiva återkopplingarna mellan de olika innovationsstegen gör att nya innovationer kan gå från en situation där mycket få aktörer är involverade i teknikutvecklingen, en låg implementeringsgrad och en ogynnsam pris/prestanda-relation, till att en ny industrisector där ett stort antal arbetstillfällen skapas samtidigt som en storskalig spridning av samhällsnyttiga innovationer möjliggörs.

Återkopplingarna mellan innovationsprocessens olika delar leder också till att nya innovationer utvecklas enligt en så kallad S-kurva och det går att identifiera i huvudsak fem olika faser som en ny teknologi normalt sett behöver gå igenom (se tabell 1). I den s.k. konceptutvecklingsfasen utvecklas nya koncept, prototyper och modeller som testas i begränsad skala av företag, forskare vid universitet och högskolor samt andra aktörer. Därefter följer en demonstrationsfas där piloter, prototyper och koncept skalas upp till större enheter och system som testas i verkliga miljöer. Dessa tester synliggör tekniken, illustrerar dess potential och möjliggör återkoppling från potentiella kunder och samhället i stort (Hellsmark, Frishammar, et al. 2016; Huguenin & Jeannerat 2017). I den s.k. nischmarknadsfasen introduceras tekniken i en liten skala på olika ”skyddade” marknader som kännetecknas av att konkurrensen med etablerade tekniker är begränsad (Kemp et al. 1998).

² Marknadsformering ger även intäktsströmmar som kan användas för teknikutveckling samt minskar riskerna för att avsätta medel till detta.

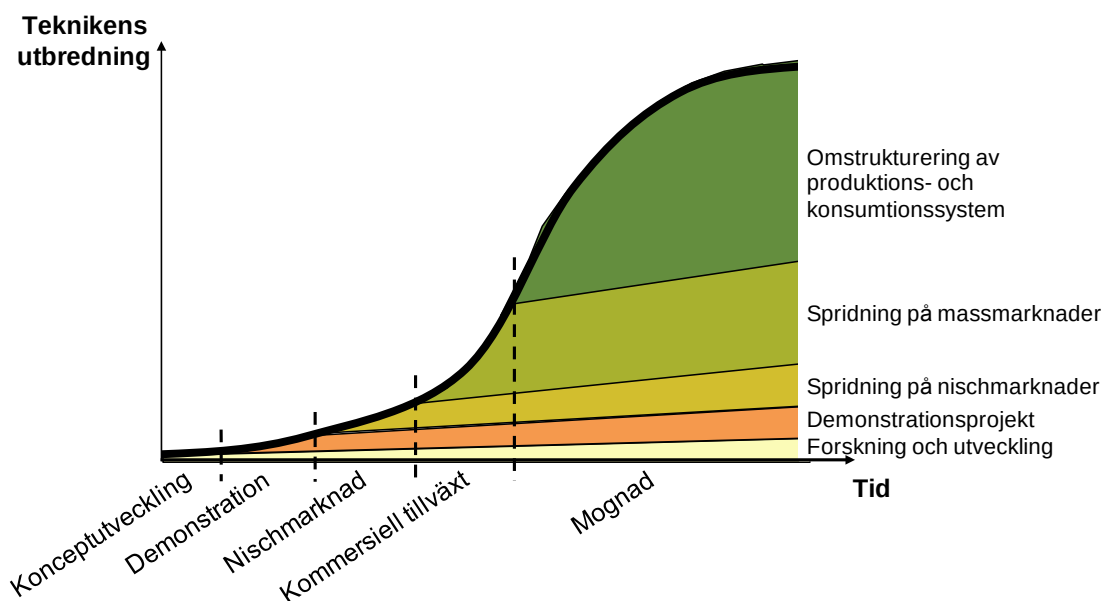
Nischmarknader kan uppstå naturligt genom att vissa kunder har specifika behov som inte kan lösas på annat sätt (t.ex. solenergiapplikationer i rymdfarkoster). Andra uppkommer som ett resultat av en medveten politik som gör den nya tekniken konkurrenskraftig gentemot etablerade alternativ. Nischmarknaderna fyller en viktig funktion genom att de skapar ett skyddat utrymme där teknikutvecklarna kan få återkoppling på hur tekniken fungerar i ett kommersiellt sammanhang. I fallet bioraffinaderier kan det handla om att ett antal teknikkoncept behöver demonstreras i full skala för att kompletterande tekniker skall bli konkurrenskraftiga mot etablerade alternativ och kunna övergå till en kommersiell tillväxtfas. I den kommersiella tillväxtfasen blir tekniken konkurrenskraftig och börjar spridas i stor skala på massmarknader. Slutligen når tekniken en mognadsfas då den börjar ersätta befintliga tekniker i en väsentlig grad. Detta leder till i sin tur till en omstrukturering av samhällets produktions- och konsumtionssystem.

Tabell 1. Teknologiers utvecklingsfaser (Energimyndigheten 2014b).

Fas	Beskrivning av tillkommande aspekter i respektive fas
Konceptutvecklingsfas	Nya koncept, prototyper och modeller utvecklas och testas i begränsad eller i liten skala.
Demonstrationsfas	Prototyper och koncept vidareutvecklas till funktionella enheter och system som illustrerar teknikens funktionalitet i miljöer som möjliggör återkoppling från potentiella kunder och samhället i stort.
Nischmarknadsfas	Tekniken lanseras på naturligt förekommande eller politiskt konstruerade nischmarknader, och återkoppling sker från betalande kunder och användare.
Kommersiell tillväxtfas	Tekniken blir konkurrenskraftig med etablerade alternativ och börjar spridas på massmarknader.
Mognadsfas	Tekniken ersätter befintliga tekniker till en väsentlig grad och orsakar därmed en omstrukturering av samhällets produktions- och konsumtionssystem.

Ovanstående indelning i olika faser kan ge intrycket av att innovationsprocessen är linjär, men som illustrerat i Figur 2 ovan är återkopplingen mellan olika faser central för vidareutvecklingen. När tekniken rör sig in i nästa fas fortsätter aktiviteterna från föregående fas. Det handlar därmed om att ytterligare aspekter läggs till utvecklingen snarare än att något tas bort. Detta illustreras i Figur 3, där de aktiviteter som har introducerats i tidigare faser ligger kvar som ”lager” i senare faser. Det innebär t.ex. att forskning och utveckling pågår – och behövs – även i den kommersiella tillväxtfasen och i mognadsfasen.

Denna lager-på-lagerstruktur blir särskilt tydlig i de fall där marknaden inte är homogen, utan består av tydliga segment med specifika behov och preferenser. För varje nytt segment som ska erövrats börjar processen i viss mån om igen från konceptutvecklingsfasen eftersom det krävs nya designkoncept, prototyper och demonstrationer för att anpassa tekniken till segmentets behov och för att lösa de socio-tekniska utmaningar som då kan uppstå. Det innebär att tekniker kan vara kommersiellt konkurrenskraftiga i vissa segment samtidigt som de är långt från att kunna konkurrera i andra.



Figur 3. Iterativ spridning av innovationer genom fem huvudsakliga faser (Energimyndigheten 2014b).

De tre första faserna, konceptutvecklings-, demonstrations- och nischmarknadsfaserna, är centrala för att bygga upp en så kallad 'industriell kapacitet'. Denna kapacitet formas genom att företag och andra aktörer lär sig om den nya tekniken, specialister utbildas, produktionsmetoder och nya värdekedjor skapas liksom nya vanor och rutiner. Vidare ändras och anpassas existerande lagar och regler lika väl som att nya lagar och regler stiftas, för att skapa förutsättningar för en storskalig spridning.

Den kommersiella tillväxtfasen följer först när ny teknologi finns tillgänglig på marknaden med bra pris/prestanda, industrin har nödvändig kapacitet/kunskaper i kombination med goda institutionella förutsättningar att sprida teknologin globalt. Denna fas karakteriseras av att den nya teknologin implementeras i stor skala på nya marknader och att samhället förändras på ett ganska fundamentalt sätt, t.ex. kring hur vi interagerar och konsumerar t.ex. energi- och transporttjänster.

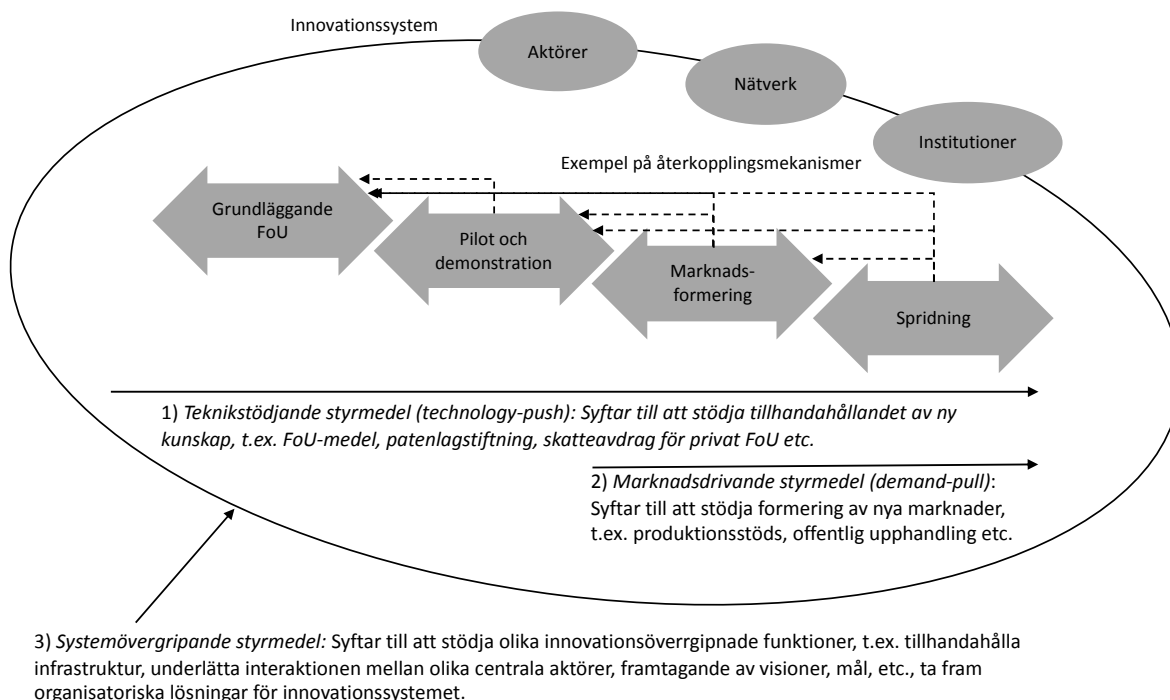
När en teknologi når en tillväxtfas brukar antalet produktinnovationer och varianter av teknologin att minska; en s.k. "dominant design" etableras och innovationerna blir alltmer inkrementella. Antalet tillverkande företag som är med och driver utvecklingen brukar då också reduceras (Tushman & Anderson 1986; Abernathy & Utterback 1978). I tillväxtfasen blir det därför ofta svårare för nya företag att komma in och konkurrera med etablerade företag, såvida de inte kan ta fram en helt ny produktdesign som är överlägsen den gamla (t.ex. smart phone), och på det sättet lyckas med att omdefiniera marknaden och dess förutsättningar och/eller om de har kostnadsfördelar, som exempelvis kinesisk solcellsindustri.

2.3 INNOVATIONSPOLITISKA STYRMEDEL: EN UTGÅNGSPUNKT

Den komplexitet som kringgärdar teknikutvecklingsprocesser bör återspeglas i den statliga innovationspolitik som implementeras för att stödja utvecklingen av specifika teknikområden. I grunden motiveras en sådan politik av ett eller flera systemmisslyckanden. Ett centralt skäl för policyintervention är att den privatekonomiska avkastningen av långsiktiga investeringar i långsiktig grön teknikutvecklingen tenderar att vara lägre än motsvarande avkastning för hela samhället. Detta beror bland annat på höga risknivåer (d.v.s. tekniska, politiska,

marknadsrelaterade etc.) i kombination med långa investeringshorisonter, men även på att den kunskap som utvecklas är en s.k. kollektiv nyttighet. Det senare innebär att de privata aktörer som investerar i ny kunskapsutveckling inte kan tillgodogöra sig hela investeringens avkastning, som delvis ”spiller över” till andra aktörer. De privata incitamenten att investera i ny kunskap blir därför för svaga.

Ett utpekat politiskt stöd till specifika teknikområden kan också motiveras av att konventionella teknologier, som t.ex. genererar höga utsläpp av växthusgaser, fått ett försprång i och med att de växt fram under perioder där det funnits en avsaknad av stringent miljöpolitisk styrning såsom låga priser på koldioxidutsläpp etc.



Figur 4. Styrmedel och styrmedelskombinationer i innovationspolitiken (Söderholm et al. 2018).

Figur 4, som bygger vidare på Figur 2, identifierar tre övergripande områden där staten potentiellt kan spela en viktig roll för att stödja utvecklingen av ny hållbar teknologi. Den visar att staten kan ha en viktig roll att spela på tre områden i utvecklingen av ny teknologi, motsvarande områdena (1)-(3) i figuren.

För det första behövs *teknikstödjande styrmedel* till grundläggande kunskapsutveckling såsom FoU, t.ex. i form av stöd till svenska universitet, institut etc., samt genom skattelättnader för privat FoU. Sådana styrmedel kan – och bör – även inbegripa stöd till olika typer av pilot- och demonstrationsanläggningar (allt från labbskalepiloter till pilotprojekt i industriell skala) (Hellsmark, Frishammar, et al. 2016). Ett viktigt syfte med sådana styrmedel är att verifiera och optimera den nya teknologin, samt att undersöka hur den fungerar i samband med produktion i full skala. Styrmedel av detta slag kan vara såväl teknikneutrala som tekniks specifika.

För det andra finns ett behov av *marknadsdrivande styrmedel*, för att bidra till marknadsformeringsprocessen genom att stödja lärande i produktion och användning (t.ex. genom produktions- eller investeringsstöd). Som påpekats ovan avser detta dels det lärande som uppstår då produktionen ökar och skalas upp; större produktionsvolymmer innebär större investeringar i allt

effektivare processer där skalfördelar kan utnyttjas. Därutöver behöver politiken adressera det lärande som uppstår vid användandet av produkterna, d.v.s. när kunder ger sin feedback och kommer på nya sätt att använda eller integrera dem i existerande produktionsprocesser (se t.ex. Rosenberg, 1983). Marknader existerar därmed inte från början, utan de skapas i ett samspel mellan aktörer med olika kompetens etc. Fokus i denna rapport ligger på i vilken mån existerande styrmedel kan sägas bidra till att – i kombination med stöd till grundläggande FoU och verifiering av teknik – stödja marknadsformeringsfasen.

Slutligen, staten kan även behöva använda sig av *systemövergripande styrmedel* för att stödja olika former av övergripande funktioner i innovationssystemet, t.ex. kompletterande åtgärder som syftar till att stärka de aktörsnätverk som behövs för att stödja den nya tekniken (s.k. nätverksstyrning) (Newell m.fl., 2017). Detta kan bl.a. ske genom att skapa nya plattformar för aktörssamverkan, samt genom att föreslå olika organisatoriska lösningar. Institutionella reformer, t.ex. rörande rättstillämpningen i samband med tillståndprocesser, är också viktiga. Sådana systemövergripande styrmedel är viktiga komplement till de styrmedel som främst diskuteras i denna rapport, d.v.s. skatter, kvotplikter, administrativa regler, etc.

3 METOD

En styrmedelspolitik för transformativ förändring går ut på att stimulera en parallell och interaktiv utveckling där olika koncept testas och demonstreras, skalas upp och sprids på marknaden. En sådan politik kräver därför en uppsättning av kompletterande styrmedel (Schot & Steinmueller 2016). I denna rapport analyserar vi de huvudsakliga styrmedel som finns för att stimulera framväxten av och spridningen av biodrivmedel i ett antal utvalda länder. Biobaserade kemiprodukter som kommer från bioraffinaderier som används för andra tillämpningar är exkluderade.

De länder som valts ut för analys är EU-länderna Sverige, Tyskland, Finland och Italien eftersom det är länder som på ett eller annat sätt tagit en ledande position i utvecklingen. Av samma skäl kompletterar vi analysen med Norge och Storbritannien, som dessutom påverkas av EU:s lagstiftning. Utöver dessa länder som aggererar inom EU-gemensamma regelsystem, har vi skapat en överblick av de nationella styrmedel som används i Kanada, Brasilien och USA samt specifika styrmedel som används i delstaten Kalifornien. Även här har regionerna valts ut baserat på deras ledande roller på området, samtidigt som vi vill undersöka användningen av så många styrmedel som möjligt. Kina hade varit ett intressant land att inkludera i analysen, men tillgången på data bedöms vara för dålig. Dessutom är det legala ramverket under vilka kinesiska aktörer verkar så annorlunda mot EU att det blivit svårt att dra relevanta slutsatser som skulle kunna vara användbara i Sverige.

Data har hämtats från enskilda länders nationella myndigheter, samt gemensam statistik som rapporterats till EU, Eurostat, IEA:s landsstudier och andra styrmedelsrapporter.

Styrmedelsanalysen utgår från de nationella visioner och målsättningar som har satts i varje land/region i relation till biodrivmedel och en fossilfri fordonsflotta. Huvudsakliga nationella styrmedel för att stimulera utveckling och spridning av biodrivmedel redovisas för varje land. Explicita styrmedel för bioraffinaderier saknas i samtliga analyserade länder.

Styrmedlen som identifieras analyseras med avseende på hur de påverkar följande:

- Forskning och utveckling
- Demonstration
- Uppskalning av omogna teknologier, d.v.s. hur de olika styrmedlen skapar nischmarknader eller andra kommersiella förutsättningar för att bygga nya typer av anläggningar baserat på omogen teknologi (ej demonstrationsanläggningar)
- Spridning av redan mogen teknologi, d.v.s. hur förutsättningarna ser ut för att sprida teknologi och drivmedel som redan är kommersiella i en global kontext.
- Riktningangivelsen på utvecklingen, d.v.s. hur de olika styrmedlen är utformade för att gynna en viss utveckling över en annan.
- Utfasning, d.v.s. hur de olika styrmedelena påverkar utfasningen av fossila drivmedel.

För varje enskilt land sammanställs styrmedlen i tabellform och en bedömning görs med avseende på punkterna ovan. För de fyra första punkterna görs bedömningen av hur starkt det enskilda styrmedlet bidrar enligt två nivåer:

- Stark styrning: Instrumenten har en direkt och betydande effekt på utvecklingen
- Svag styrning: Instrumenten har en indirekt och mindre effekt på utvecklingen

En begränsande faktor för analysen är att det inte har varit praktiskt möjligt att identifiera systemiska styrmedel som innefattar styrmedel för forskning och utveckling. Det kommer därför finnas få styrmedel redovisade för den typen av insatser, vilket inte ska tolkas som att de helt saknas. Rapporten kommer dock inte att uppehålla sig vid dessa i någon större utsträckning.

4 KARTLÄGGNING OCH ANALYS AV RELEVANTA STYRMEDEL I UTVALDA LÄNDER

Detta avsnitt innehåller en internationell kartläggning och analys av styrmedel och styrmedelskombinationer som används i ett urval länder för att stimulera innovation, uppskalning och spridning av teknologi kopplat till bioraffinaderier, främst med fokus på produktion av förnybara drivmedel. Kartläggningen innehåller en beskrivning av de styrmedel för biodrivmedel och bioraffinaderier som används. I analysen försöker vi förstå hur de olika styrmedlen påverkar utvecklingen av biodrivmedel, vilken/vilka utvecklingsfaser de påverkar och specifikt om de bidrar till innovation, uppskalning och/eller spridning. Den nationella biodrivmedelsanvändningen och inhemsk produktion beskrivs översiktligt och det kommenteras om styrmedlen verkar gynna någon särskild drivmedelstyp, t.ex. biodrivmedel med stor klimatnytta.

De länder/regioner som ingår i kartläggningen är Sverige, Tyskland, Finland, Norge, USA, Kalifornien, Kanada, Brasilien, Italien och Storbritannien. Inledningsvis redogörs för de inom EU övergripande gemensamma styrmedlen.³ I slutet av varje delavsnitt summeras insikterna för det studerade landet i tabellform. Notera att tabellerna som redovisas per land, med beskrivningar av vilka faser de olika styrmedlen påverkar nationellt, ska ses som en tentativ bedömning baserad på denna specifika studies underlag. De gör alltså inte anspråk på att vara en komplett beskrivning. I avsnitt 5 jämförs länderna och deras styrmedel.

4.1 EU-GEMENSAMMA STYRMEDEL

Förnybarhetsdirektivet (Direktiv 2009/28/EG om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor och om ändring och ett senare upphävande av direktiven 2001/77/EG och 2003/30/EG) stipulerar att medlemsstaterna ska uppnå 10 % förnybar energi i transportsektorn 2020 (The European Parliament and the Council of the European Union 2009). Direktivet anger vidare att högst 7 % får komma från grödobaserade drivmedel. Drivmedel producerade från avfall och restprodukter får dubbelräknas mot målet. Från 2015 introduceras också ett icke-bindande mål om 0.5 % avancerade drivmedel⁴ (The European Parliament and the Council of the European Union 2015). En annan viktig ändring som infördes 2015 var ett rapporteringskrav kring indirekta markanvändningsförändringar från biodrivmedel (ibid.), ILUC, efter den engelska förkortningen av indirect land use change.

Förnybarhetsdirektivet inkluderar hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen. Dessa har implementerats i Sverige via lagen om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen (SFS 2010:598). Hållbarhetskriterierna (The European Parliament and the Council of the European Union, 2015, 2009) innebär bl.a. att:

- Växthusgasutsläppen från biodrivmedel i befintliga anläggningar före 5 oktober 2015 ska leda till en minskning med 35 % och åtminstone 50 % fr.o.m. 2018 (beräknat värde utifrån

³ Vi har inte haft möjligheten att fördjupa oss i detaljer kring utformandet av RED II, som sannolikt kommer ha stor inverkan på vilka råvaror som kommer att få användas inom EU.

⁴ Med avancerade biodrivmedel avses drivmedel framställda av råvaror som listas i Förnybarhetsdirektivet (bilaga IX, del A) samt eventuella andra råvaror för drivmedel som respektive medlemsstat fastställt vara avfall, restprodukter, cellulosa från icke-livsmedel eller material som innehåller både cellulosa och lignin.

ett livscykelperspektiv). För anläggningar som tagits/tas i drift efter 5 oktober 2017 gäller en minskning motsvarande 60 %.

- Det är förbjudet att avverka naturskog.
- Det är förbjudet att odla råvaror i naturliga och icke naturliga gräsmarker med hög biologisk mångfald, i våtmarker och torvmark, samt i områden med höga kollager.

För svensk del måste dessa kriterier vara uppfyllda för att inhemska aktörer ska kunna beviljas skattenedsättning, ha rätt att få elcertifikat för sin förnybara elproduktion och ingå i ett kvotpliktssystem för biodrivmedel, etc.

Bränslekvalitetsdirektivet (FQD) inkluderar bl.a. krav på minskade växthusgasutsläpp för bränsleleverantörer för den energi de levererar för transporter motsvarande 6 % 2020 (The European Parliament and the Council 2009). FQD sätter också högsta tillåtna gränser för inblandning av biodrivmedel.

Statsstödsregler och energiskattedirektivet (Official Journal of the European Union 2003; European Commission 2014) reglerar lägsta skattenivåer för drivmedel. Detta sätter begränsningar för enskilda medlemsstaters möjligheter att främja förnybara drivmedel genom skattereduktioner eller -undantag (Lönqvist 2017), se t.ex. avsnitt 4.2 om svenska styrmedel.

Investerings- och forskningsstöd, t.ex. inom ramen för NER 300 och Horizon 2020, fördelas inom EU för att främja förnybara drivmedel. Som exempel kan nämnas det svenska förgasningsprojektet Bio2G, som var planerat att uppföras i kommersiell skala och blev godkänt för stöd från NER 300. NER 300 kan täcka upp till 50 % av investeringen (Bitnere & Searle 2017). Horizon 2020 är mer inriktat på nya tekniker som kräver ytterligare forskning och utveckling.

4.2 SVERIGE

4.2.1 *Mål och visioner*

Sverige beslutade 2017 om ett klimatpolitiskt ramverk som innehåller ambitiösa mål för minskning av växthusgasutsläpp. 2045 ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser för att därefter uppnå negativa nettoutsläpp. Etappmål för 2030 och 2040 har fastställts och även mål för transportsektorn; utsläppen från transportsektorn ska minska med 70 % till 2030 jämfört 2010. Sveriges mål från 2009 om en fossiloberoende fordonsflotta finns kvar parallellt med de nya målen (Sveriges Regering, 2017a; Sveriges Riksdag, 2017). En fossiloberoende fordonsflotta har definierats som att fordonen kan framföras utan fossila drivmedel (i) och att fossilfria drivmedel finns tillgängliga i tillräcklig mängd (ii).

4.2.2 *Biodrivmedelsanvändning och befintliga biodrivmedelsanläggningar/bioraffinaderier*

Andelen förnybar energi i Sveriges transportsektor 2016 uppgick till 20 % sett till energiinnehåll och till 31 % enligt den beräkningsmetod som anges i förnybarhetsdirektivet och som dubbelräknar drivmedel framställda från avfall och restprodukter (Energimyndigheten, 2017). Andelen biodrivmedel, sett till energiinnehåll, uppgick till 19 % samma år (ibid). För perioden 2007-2016 har användningen av HVO ökat kraftigt, medan användningen av FAME och etanol minskat

(drivmedelsskatter har påverkat, för skattenivåer 2017 se Tabell 2). Användningen av biogas i transport ökar något. Dock har användningen av fordonsgas (som består av biogas och naturgas) i princip stagnerat sedan 2013 och som en konsekvens har andelen biogas i fordonsgas ökat. Sverige har haft olika pilot- och demonstrationsprojekt för cellulosa-baserade drivmedel. Dessa har tidigare beskrivits av t.ex. Hansson och Grahn (2013), Peck et al. (2016), Hellsmark, Mossberg, et al. (2016) samt Lönnqvist, Grönkvist et al. (2017).

4.2.3 Exempel på aktuella och nyligen utfasade styrmedel

Drivmedelsbeskattning är en viktig del av den klimatpolitiska styrningen i Sverige. Denna beskrivs separat tillsammans med **reduktionsplikt** och **bonus-malus** nedan.

Incitament för miljöbilar och supermiljöbilar. För att främja försäljningen av bilar med lägre miljöpåverkan har premier och andra incitament riktats mot bilar som uppfyller definitionen av vad som kallats miljö- eller supermiljöbil. Definitionen av och incitamenten riktade mot sådana bilar har varierat över tid.

Miljöbilspremien infördes 2007. Premien som gick till privatpersoner uppgick till 10 000 SEK och gällde under perioden 1 april 2007–30 juni 2009. Efterfrågan blev större än förväntat (totalt nästan 169 000 bilar) och mer pengar än vad som budgeterats fick skjutas till (Hansson och Grahn, 2013). Definitionen av miljöbil var personbilar som hade följande egenskaper:

- Utsläpp av högst 120 g CO₂/km vid blandad körning om bensin- eller dieseldriven bil, alternativt bensin/elenergi eller diesel/elenergi och max 5 mg partiklar/km för diesel
- Maxförbrukning av 9,2 liter bensin/100 km vid blandad körning om bilen helt eller delvis drivs med annat än bensin/gasol (etanol, etanol/el)
- Maxförbrukning av 9,7 m³ gas/100 km vid blandad körning om bilen helt eller delvis drivs med annat än bensin/gasol (naturgas/biogas, naturgas/biogas/el)
- Maxförbrukning av 37 kWh elenergi/100 km för elbil som tillhör Miljöklass El.

Miljöbilspremien ersattes 2010 med en **fordonsskattebefrielse för miljöbilar** vilket innebar att miljöbilar (med samma definition som tidigare) undantogs från fordonsskatt i fem år (SFS, 2006). Denna gällde retroaktivt från 1 juli 2009–2012. Under 2010 och 2011 var 40 % av de personbilar som registrerades miljöbilar (vilket motsvarar runt 120 000 bilar). Detta kan jämföras med miljöbilsandelen på cirka 15 % vid miljöbilspremiens införande 2007 (Hansson och Grahn, 2013; BilSweden, 2012).

Från och med 1 januari 2013 befriades nya **personbilar, lätta lastbilar och lätta bussar** (de senare två kategorierna innebär en utvidgning jämfört med tidigare) från fordonsskatt i fem år om fordonets CO₂-utsläpp vid blandad körning inte överstiger ett beräknat **högsta CO₂-utsläpp i förhållande till fordonets tjänstevikt**. Bilar som kan drivas med etanol eller gasbränsle (utöver gasol) får ha ett högre CO₂-utsläpp i förhållande till bilens vikt. Elbilars och laddhybridens förbrukning av elektrisk energi får högst vara 37 kWh/100 km. Anledningen till att inte bara den fasta gränsen för CO₂-utsläpp eller bränsleförbrukning sänks är att även tyngre bilar som utrustats med energieffektiv teknik ska kunna omfattas av skattebefrielsen. Denna utformning bedöms också

stimulera till köp av de bilar som utrustats med den mest energieffektiva tekniken oavsett bilens vikt (Hansson och Grahn, 2013).

Det högsta tillåtna CO₂-utsläppet beräknades enligt följande: $95 + 0,0457 * (\text{bilens vikt i kg} - 1372)$. Eftersom användningen av biodrivmedel anses ha en lägre klimatpåverkan beräknas för bilar som drivs med etanol och annat gasbränsle än gasol istället det högsta tillåtna CO₂-utsläppet enligt följande: $150 + 0,0457 * (\text{bilens vikt i kg} - 1372)$. För en lista över vilka bilar som uppfyller den nya miljöbilsdefinitionen, se Gröna Bilister (2012).

En s.k. **supermiljöbilspremie** infördes 2012. Med supermiljöbil avsågs en personbil som släpper ut högst 50 g CO₂/km vid blandad körning (SFS 2011; TSFS 2012) om supermiljöbilspremie). För privatpersoner är supermiljöbilspremien 40 000 kronor per supermiljöbil och för juridiska personer uppgår supermiljöbilspremien till ett belopp som per supermiljöbil motsvarar 35 % av prisskillnaden mellan supermiljöbilen och närmast jämförbara bil, dock högst 40 000 kronor (Hansson och Grahn, 2013).

2018 kommer ett bonus-malus system, se nedan beskrivning, att införas vilket bygger vidare på styrmedlen riktade mot miljö- och supermiljöbilar.

Enligt den så kallade **pumplagen** (SFS 2005) måste samtliga försäljningsställen av bensen/diesel (över viss volym från och med 2006) tillhandahålla även minst ett förnybart drivmedel. Lagen ledde främst till en ökning av tankställen för etanol (E85) och kompletterades 2006 med ett **bidrag till försäljningsställen för drivmedel för investeringar i andra pumpar än etanol** (SFS 2006). Detta bidrag gynnade främst en utbyggnad av tankställen för fordonsgas (Hansson och Grahn, 2013; Lönnqvist 2017).

Olika former av **investeringsstöd** har också förekommit. Klimatinvesteringsprogrammet **Klimp omfattade** knappt två miljarder SEK 2003–2008 som stöd till klimatinvesteringar som minskar utsläppen av växthusgaser. Pengarna har gått till kommuner och andra lokala aktörer. Nästan 20 % av de totala medel som betalades ut gick till produktion och uppgradering av biogas och ytterligare 8 % gick till biogassystem för fordon (framförallt tankstationer och gasledning) samt investeringar i gasfordon (Hansson och Grahn, 2013).

Klimatklivet infördes 2015 och stödjer klimatinvestering på lokal nivå för kommuner, företag och föreningar. För 2016–2018 har 600 miljoner SEK per år avsatts. Investeringarna ska minska utsläppen av växthusgaser. Stödet kan sökas av såväl offentliga som privata organisationer och har gått till bl.a. biodrivmedel och elektrifiering av transporter. Exempelvis har det bidragit till cirka 9 000 nya laddpunkter för elbilar (Sveriges regering, 2017b).

Offentlig upphandling kan också vara ett kraftfullt styrmedel. På **nationell nivå** ställs krav om **myndigheters inköp och leasing av personbilar**. Mellan 2004 och 2009 krävdes att 85 % av det totala antalet personbilar som en myndighet köpte in eller ingick leasingavtal om under ett kalenderår skulle vara **miljöbilar**, med vissa undantag för t.ex. utryckningsfordon (SFS 2004). Myndigheten skulle också se till att de miljöbilar som gick att köra med alternativa drivmedel i största möjliga utsträckning drevs med sådana. Från och med februari 2009 ska alla de personbilar som en myndighet köper in eller ingår leasingavtal om vara miljöbilar (enligt aktuellt gällande definition) fortfarande med vissa undantag (SFS 2009; Hansson och Grahn, 2013).

På **lokal nivå, i kommuner och landsting**, förekommer olika typer av styrmedel för att främja introduktionen av förnybara drivmedel. Offentlig upphandling genom landstinget för kollektivtrafiken har exempelvis varit ett kraftfullt styrmedel. I Stockholm och i flera andra län är nu hela kollektivtrafikens bussflotta fossilfri (Stockholms Läns Landsting, 2017). Kommuner har också givit undantag för miljöbilar från parkerings- och trängselavgifter. Dessa undantag har successivt avskaffats allteftersom antalet miljöbilar ökat (Lönnqvist 2017).

4.2.4 *Drivmedelsskatter, reduktionsplikt och bonus-malus*

Drivmedelsskatter består av CO₂- och energiskatterna. CO₂-skatt infördes 1991 och energiskatt har funnits sedan 1950-talet. Drivmedel beläggs också med moms, 25 % (på bränslekostnaden och på drivmedelsskatten). För t.ex. bensin utgjorde skatterna tillsammans 65 % av konsumentpriset. Drivmedelsskatterna kan alltså vara ett kraftfullt styrmedel. Genom att beskatta fossila drivmedel fås skatteintäkter och incitament för förnybara drivmedel skapas också. CO₂-skatten ses som det primära styrmedlet för att kostnadseffektivt nå Sveriges klimatmål till 2020 och etappmålet till 2030 (Sveriges Regering 2017b). Skatten betalas per kg CO₂-utsläpp, och beräknas baserat på innehållet av fossilt kol i bränslet.

Förnybara drivmedel är i dagsläget undantagna från CO₂-skatt och för energiskatten ges nedsättning eller undantag. Nedsättningen av energiskatten för biodrivmedel styrs av EU:s statsstödsregler. Om nedsättningen medför att produktionskostnaden för ett biodrivmedel blir lägre än dess fossila motsvarighet, anses illegalt statsstöd förekomma. Energimyndigheten kontrollerar därför detta förhållande två gånger per år och justerar skattenedsättningen vid behov. Sådana justeringar har förekommit vid flertal tillfällen, vilket skapat en osäkerhet för marknadens aktörer (Lönnqvist 2017).

Vid reduktionspliktens införande 1 juli 2018 kommer skattesystemet för låginblandade och fossila biobränslen att förändras (se beskrivning nedan), medan nuvarande system fortsätter gälla för höginblandade och rena biobränslen. Sverige har fått godkänt från EU-kommissionen för skatteundantag för biobränslen t.o.m. 2018, och t.o.m. 2020 för biogas. Det är troligt att ett nytt system införs därefter, eftersom nuvarande system skapar osäkerhet. Detta föreslås också av Energimyndigheten i en underlagsrapport för reduktionsplikten (Energimyndigheten 2016). Gällande drivmedelsskatter i september 2017 visas i Tabell 2. Det bör dock noteras att det finns en rad nedsättningar i t.ex. CO₂-skatten beroende på användare och användningsområde; t.ex. är CO₂-skatten nedsatt för dieselbränslen som används i arbetsmaskiner inom jordbruk, skogsbruk och vattenbruk.

Tabell 2. Svenska drivmedelsskatter september 2017 (Skatteverket, 2017).

Bränsle	Energiskatt		CO ₂ skatt		Total	
	SEK/ liter SEK/ Nm ³	SEK/ kWh	SEK/ liter SEK/ Nm ³	SEK/ kg CO ₂	SEK/liter SEK/ Nm ³	SEK/ kWh
Bensin*	3.88	0.43	2.62	1.11	6.50	0.71
Diesel*	2.49	0.25	3.24	1.27	5.73	0.58
Naturgas	0	0	2.42	1.19	2.42	0.22
Biogas	0	0	0	0	0	0
Etanol (E5)	0.47	0.08	0	0	0.47	0.08
Etanol (E85)	0.31	0.05	0	0	0.31	0.05
Etanol (ED95)	0	0	0	0	0	0
FAME	1.59	0.17	0	0	1.59	0.17
FAME **	0.92	0.10	0	0	0.92	0.10
HVO ***	0	0	0	0	0	0
* MK1 ** Ren eller höginblandad *** Ren, låg- eller höginblandad						

Reduktionsplikten anger hur mycket växthusgasutsläppsminskningar som bränsledistributörer måste åstadkomma via inblandning av biodrivmedel i bensin och diesel. Plikten omfattar inte gasformiga bränslen, höginblandade eller rena biodrivmedel. Utsläppsminskningarna som anges separat för bensin och diesel följer en reduktionskurva fram till 2030. För åren 2018–2020 finns bestämda nivåer för plikten och 2030 har en indikativ minskning satts till 40 % (Sveriges regering 2017b). Utsläppsminskningarna som pliktnivåerna anger för åren 2018–2020 motsvarar för bensin 2,6 %, 2,6 %, respektive 4,2 % och för diesel 19,3 %, 20 % respektive 21 % (ibid.).

Reduktionsplikten kan ses som ett ”omtag” på den kvotplikt som föreslogs men som aldrig infördes i Sverige p.g.a. av EU:s statsstödsregler. Två viktiga skillnader kan ses mellan reduktions- och kvotplikten. För det första är reduktionsplikten uttryckt som minskade växthusgasutsläpp och inte som en volymbaserad biobränslekvot. För det andra kommer biodrivmedel som används för att uppfylla reduktionsplikten att beläggas med energi- och CO₂-skatt. Idag är biodrivmedel undantagna från CO₂-skatt och ges nedsatt eller ingen energiskatt. Eventuella biodrivmedel som används för låginblandning utöver den mängd som ingår i reduktionsplikten kommer att betala energi- och CO₂-skatt (utan nedsättning).

Det tidigare förslaget till kvotplikt var avsett att kombineras med dessa skatteundantag och -nedsättningar. Lagen antogs av Riksdagen 2013 och Regeringen ansökte hos Europeiska kommissionen om godkännande att denna styrmedelskombination inte utgör illegalt statsstöd. Kommissionen kunde efter en preliminär granskning inte fatta beslut om styrmedelskombinationen utgör statsstöd eller inte. Ytterligare granskningsförfarande kan dröja upp till 18 månader. Eftersom detta skapade stor osäkerhet för de berörda aktörerna beslutade den svenska regeringen 2014 att lagen utgår. Detta skedde innan lagen skulle trätt i kraft (Sveriges Regering, 2014).

Vid reduktionspliktens införande 1 juli 2018 kommer dock beskattningen av bensin och diesel att justeras för att priset vid pump för slutkonsument inte ska påverkas. Den reducerade skatten för drivmedlet (bensin/diesel) motsvarar hur mycket biodrivmedel som behöver blandas in för att uppnå plikten och kommer att öka i takt med att reduktionsplikten ökar (Westerberg, 2017).

Handel tillåts mellan reduktionspliktiga aktörer. Den distributör som har ett reduktionsöverskott kan alltså sälja det till en aktör som har ett underskott. Dock tillåts endast handel inom samma drivmedelskategori (bensin och diesel). Det finns dock inte motsvarande flexibilitet över tid; drivmedelsbolag som överträffar kravet innevarande år kan inte spara överskottet i syfte att täcka upp för ett eget eventuellt underskott kommande år.

Om en aktör inte uppfyller reduktionsplikten åläggs denne att betala en reduktionspliktagift. Reduktionsplikten är högst 7 SEK/kg CO₂-ekvivalenter. Dock får tillsynsmyndighet besluta om att reducera avgiften (Sveriges Regering 2017b). Enligt Furusjö et al. (2017) är avgiften tillräckligt hög för att skapa de avsedda incitamenten att uppfylla reduktionsplikten via inblandning av biodrivmedel och inte via betalning av avgiften.

Bonus-malus. Styrmedlet bonus-malus antogs 2017 och kommer att träda i kraft 1 juli 2018. Bonus-malus ger tydliga incitament för bilköpare. Bilar med låga eller inga CO₂-utsläpp vid avgasröret får en premie (bonus) och bilar med högre utsläpp får en förhöjd fordonsskatt (malus).

Bonus är fastställd till 60 000 SEK för bilar med noll CO₂-utsläpp från avgasröret. Bonusen avtar linjärt till 10 000 SEK för bilar som släpper ut 60 g CO₂/km. Gasbilar ges en fast bonus om 10 000 SEK (Sveriges Regering 2017b). I tidigare förslag till bonus-malus har gasbilar hamnat på malussidan vilket sänt otydliga signaler till marknaden (Lönnqvist 2017). Bonus utbetalas sex månader efter inköp för att förhindra att subventionerade bilar exporteras. (Sveriges Regering 2017b).

Malus ges under bilens tre första år av användning och står i relation till bilens beräknade utsläpp per kilometer vid blandad körning: 82 SEK/g CO₂ mellan 95 och 140 g CO₂/km. För fordon som släpper ut mer 140 g CO₂/km motsvarar malus 107 SEK/g. Efter de tre första åren sjunker malus och beloppet motsvarar 22 SEK/g som släpps ut per kilometer utöver ett gränsvärde om 111 g/km. För gas- och etanolfordon tas ingen förhöjd fordonsskatt ut utan de betalar 11 SEK/g som släpps ut per kilometer över gränsvärdet 111 g/km (Sveriges regering 2017b).

4.2.5 Biodrivmedelsutveckling i Sverige

Sverige har en hög andel förnybart i transportsektorn, 20 % sett till energiinnehåll (Energimyndigheten, 2017). Den svenska biodrivmedelsmixen innehåller HVO, FAME, etanol och biogas. Den totala användningen av biodrivmedel har ökat snabbt. Dock har användningen av enskilda biodrivmedel varierat över tid. Exempelvis etanolanvändningen nådde en topp under 2008 och har därefter minskat. Även användningen av fordonsgas (mix av biogas och naturgas), har karaktäriserats av tillväxt fram till 2014 och har därefter stagnerat. Biogas har vuxit inom nischmarknader såsom kollektivtrafik men ännu inte etablerat sig kommersiellt (Geels 2011; Falldé & Eklund 2014; Lönnqvist, Ammenberg, et al. 2017).

Då kollektivtrafiken numera i flera län enbart använder förnybara bränslen, riskerar dessa bränslen att konkurrera med varandra. Den ojämna tillväxten för enskilda drivmedel kan tolkas som att dessa inte har stöttats under tillräcklig tid för att nå en kommersiell mognad. Förutsägbarheten hos svenska styrmedel har också uppfattats som mycket låg av olika drivmedelsaktörer (Peck et al. 2016; Lönnqvist, Grönkvist, et al. 2017; Lönnqvist, Ammenberg, et al. 2017).

4.2.6 Sammanställning styrmedelsanalys

Hur de svenska styrmedlen påverkar olika faser i utvecklingen av biodrivmedel (forskning och utveckling, demonstration, uppskalning, och spridning) sammanfattas i tabell 3. I tabellen anges även om någon specifik riktning för utvecklingen pekas ut med styrmedlet eller vilken ambitionsnivå/målsättning det motsvarar, etc., samt i vilken utsträckning det påverkar utfasningen av fossila drivmedel. Vision respektive målsättning betraktas här som en form av styrmedel.

Tabell 3. Sverige: sammanställning och analys av styrmedel. Stark styrning = Instrumenten har en direkt och betydande effekt på utvecklingen; Svag styrning = Instrumenten har en indirekt och mindre effekt på utvecklingen.

	Forskning och utveckling	Demonstration	Uppskalning	Spridning (mogna vs omogna teknologier)	Riktningsangivelse för utvecklingen	Utfasning fossila drivmedel
Reduktionsplikt från 2018 (1 juli). Indikativ minskning 40% till 2030.	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning. Låga nivåer ger svaga incitament.	Stark styrning mot mogna teknologier med hög GHG prestanda.	Reduktionspliktens nivåer: 2,6–4,2 % för bensin 2018-2020 och 19,3-21 % för diesel.	Styrning genom indirekt undanträngning.
Undantag CO₂-skatt, och nedsättning för Energiskatt för rena och höginblandade biodrivmedel/Biogas (t.o.m. 2018/2020)	Ingen styrning	Ingen styrning	Stark styrning. Har resulterat i uppskalning av HVO och Biogas.	Stark styrning mot mogna teknologier och biogas.	Otydlig differentiering genom olika energiskatter.	Styrning genom att skatten påverkar priset på fossila drivmedel och gör biodrivmedel mer konkurrenskraftiga.
Nationell vision/målsättning	Svag styrning	Svag styrning	Svag styrning	Svag styrning	2045 inga nettoutsläpp av GHG. Transportsektorn ska minska GHG-utsläpp med 70 % till 2030.	Styrning genom att målet kräver utfasning av fossil energi.
Hållbarhetskrav	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning. Utvecklingen fokuseras mot avfall och restprodukter från skogsbruk.	Stark styrning mot teknologier för produktion av drivmedel som får dubbelräknas.	Enligt EU RED	Ingen styrning
Offentlig upphandling i kollektivtrafik och av personbilar	Ingen styrning	Ingen/Svag styrning	Svag styrning	Svag styrning, främst mot mogna teknologier, men t.ex. biogas kom tidigt in i kollektivtrafiken då denna teknik ännu inte var kommersiellt mogen.	Täcker in flera områden. Myn-digheter ska endast inhandla/ leasa miljöbilar. Kollektivtrafik i flera län har mål om att vara helt fossilfria. Detta har redan uppnåtts i t.ex. Stockholms län.	Styrning genom indirekt undanträngning.
Övriga FoU: Etanolprogrammet, Demonstrationsstöd etc	Stark styrning	Stark styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Fokus på cellulosabaserade biodrivmedel, omogna teknologier.	Ingen styrning
Övriga styrmedel drivmedel: Pumplagen, KLIMP/Klimatklivet	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning, men främst kopplat till biogas.	Stark styrning mot mogna teknologier (Etanol) och Biogas.	-	Ingen styrning
Övriga styrmedel, fordon: Bonus-Malus, supermiljöbilspremie, Fordonskattebefrielse för miljöbilar, offentlig upphandling av miljöbilar	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Stark styrning mot mogna teknologier och el.	Tydligast riktning mot energieffektivare fordon.	Otydlig styrning genom indirekt undanträngning.

4.3 TYSKLAND

4.3.1 *Mål och visioner*

Som EU-land omfattas Tyskland av förnybarhetsdirektivet (RED) och dess mål om 10 % förnybara drivmedel till år 2020. Tyskland har haft mål för andelen biodrivmedel genom ett kvotpliktsystem som för åren 2010 till 2014 innebar att den totala andelen biodrivmedel av totala mängden bensin och diesel på marknaden skulle utgöra minst 6.25 % (Federal Immission Control Act, 2009; Bundes-Immissionsschutzgesetz-BimSchG, 2013). Systemet hade dock olika kvoter för bensin och diesel. Fr.o.m. 2015 ändrades detta system till ett växthusgasminskningskvotsystem som i stället ställde krav på minsta växthusgasutsläppsminskning som den levererade mängden biodrivmedel skulle leda till (se avsnitt 4.3.3). Med andra ord finns likheter med den svenska reduktionsplikten.

Efter Paris-avtalet tog den tyska regeringen fram en Climate action plan (Klimaschutzplan) till år 2050 (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, 2016). Enligt denna plan ska de inhemska utsläppen minska med 55 % till 2030 och 80–95 % till 2050 jämfört med utsläppen år 1990. För transporter betonas särskilt vikten av utökad användning av elbilar så länge elen är producerad från förnybara källor, men biodrivmedel nämns också och stöttas via det ovan nämnda växthusgasminskningskvotsystemet.

4.3.2 *Biodrivmedelsanvändning och befintliga biodrivmedelsanläggningar/bioraffinaderier*

Den totala biodrivmedelsanvändningen i Tyskland uppgick till 2584 ktoe 2015 och 2806 ktoe 2014 (Eurostat, 2017). År 2014 motsvarade detta 6.6 % förnybara drivmedel i transportsektorn med RED:s beräkningsregler (Federal Republic of Germany, 2015). Den tyska biodrivmedelsmarkanden domineras av biodiesel, etanol och HVO. De två första produceras framför allt inhemskt medan HVO importeras. Det förekommer även mindre mängder av biogas, vegetabiliska oljor och biobaserad metanol på marknaden.

I Tyskland finns produktionsanläggningar för biodiesel (delvis från avfall och restprodukter men även från jordbruksgrödor), etanol (från jordbruksgrödor) och biogas. Det finns även en förkommersiell anläggning för etanol från lignocellulosa i Straubing och anläggningar för förgasning av lignocellulosa-material i Karlsruhe och Clausthal-Zellerfeld, och förgasning av oljegrödor i Oberhausen (IEA Bioenergy, 2017).

4.3.3 *Exempel på aktuella och nyligen avslutade styrmedel*

Nedan följer en sammanställning av aktuella och nyligen avslutade styrmedel kopplat till biodrivmedel i Tyskland. Den tyska reduktionsplikten beskrivs här mer ingående, och effekten av det i avsnitt 4.3.4.

- Reduktionsplikt (fr.o.m. 2015), ersatte biodrivmedelskvot (2007-2014)
- Biofuel Sustainability Regulation: Implementering av hållbarhetskrav från direktivet 2009/28/EC
- Gas Network Access Regulation: Stöttande av biogas som tillförs naturgasnätet

- ”Energy and Climate Fund” som stödjer följande områden: energieffektivisering, förnybar energi, energilagring, och ev. förnybara drivmedel.
- Energy Tax Act: Fram till 2015 åtnjöts skattelättnader för vissa typer av biodrivmedel samt full skattebefrielse för drivmedel från termo-kemisk omvandling samt drivmedel från nedbrytning av cellulosa. Även höginblandad etanol (70 % volym eller högre) fick skattenedsättning fram till 2015. Tidigare skattelättnader för biodiesel och etanol fasades ut tidigare och försvann 2013.
- Investeringsstöd till forskning om storskalig biodrivmedelsproduktion ”Biomass to Liquids”.

Reduktionsplikt (Biofuel quota in the Federal Emission Control Act). Sedan januari 2015 har Tyskland en reduktionsplikt där leverantörer av drivmedel inledningsvis måste minska sina utsläpp med 3,5 %, 4 % (2017) och 6 % (2020), och som beaktar olika biodrivmedels bidrag till växthusgasminskning (Federal Immission Control Act, 2009; Bundes-Immissionsschutzgesetz-BimSchG, 2013). Reduktionsplikten är baserad på bränslekvalitetsdirektivet och har en gemensam kvot för bensin och diesel. För närvarande kan målen enbart uppfyllas med biodrivmedel (både låginblandning, rena biobränslen och inblandning av biometan i naturgas ingår) men i framtiden kan även uppströmsemissionsreduktioner användas för måluppfyllnad. En kvotpliktsavgift finns. Från januari 2016 togs all skattenedsättning för biodrivmedel inklusive biogas bort i Tyskland.

4.3.4 *Effekten av reduktionsplikten och vilka biodrivmedel och aktörer som stöttas*

Användningen av biodrivmedel minskade något mellan 2014 och 2015 (cirka 8 %, Eurostat, 2017) vilket även marknadsandelen gjorde (och den minskade ytterligare något till 2016) (UFOP, 2016; VDB, 2017). Användningen av de biodrivmedel som får dubbelräknas enligt RED från t.ex. avfall och restprodukter (och som beräknas ha en något högre klimatprestanda) ökade något mellan 2014 och 2015 (cirka 2 % enligt Eurostat, 2017; Energimyndigheten, 2016b), medan användningen av biodrivmedel från spannmål och andra jordbruksgrödor minskade något 2015 jämfört med 2014 (cirka 10 %, Eurostat, 2017). Etanolanvändningen sägs ha minskat med 5 % och biodieselanvändningen med 7 % (Agranet, 2016). Den inhemska produktionsvolymen av etanol och biodiesel verkar dock inte ha minskat mellan 2014 och 2015 (VDB, 2017). Marknadsandelen för fossila drivmedel rapporteras ha ökat sedan nuvarande reduktionsplikt infördes. T.ex. ökade den fossila dieselanvändningen med 4 % 2015 jämfört med 2014, medan FAME- och HVO-användningen sjönk med 7,2 % och marknaden för höginblandade drivmedel reducerades (Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie, 2016). Detta indikerar att den växthusgasminskning som kvoten motsvarade gick att uppnå med en något mindre andel biodrivmedel än vad som användes 2014. Huruvida de totala växthusgasutsläppen från transportsektorn minskade eller inte mellan 2014 och 2015 har inte gått att verifiera.

Den tyska branchorganisationen Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie anser att det nya systemet minskar biodrivmedelstillverkarnas incitament att förbättra drivmedels växthusgasprestanda ytterligare, eftersom ytterligare förbättring leder till att kvoten uppfylls med ännu lägre mängd biobränsleinblandning (Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie, 2016). Noteras kan att biodiesel i form av HVO i Tyskland har varit helt beroende av import eftersom det

inte funnits någon inhemsk produktionskapacitet p.g.a. det statliga förbudet mot att producera biodrivmedel ihop med andra oljor (DBFZ, 2016).

De tidigare skattelättnaderna ledde till en betydande ökning av biodrivmedelsanvändningen i Tyskland och den inhemska produktionen av biodiesel och etanol ökade (inledningsvis ökade också importen) (UFOP, 2016). Under perioden med biodrivmedelskvot minskade den totala användningen av biodrivmedel i Tyskland något. Det var användningen av biodiesel som minskade (vilket ledde till export av biodiesel) medan användningen av etanol ökade (och en del importerades) (UFOP, 2016).

För mer detaljerad beskrivning av styrmedel för biodrivmedel i Tyskland och dess effekt, se Dyab och Gloria (2017).

4.3.5 Sammanställning styrmedelsanalys

Hur de tyska styrmedlen påverkar de olika faserna i utvecklingen av biodrivmedel (forskning och utveckling, demonstration, uppskalning, och spridning) sammanfattas i tabell 4. I tabellen anges även om någon specifik riktning för utvecklingen pekas ut med styrmedlet eller vilken ambitionsnivå/målsättning det motsvarar etc. samt i vilken utsträckning det påverkar utfasningen av fossila drivmedel.

Tabell 4. Tyskland: sammanställning och analys av styrmedel. Stark styrning = Instrumenten har en direkt och betydande effekt på utvecklingen; Svag styrning = Instrumenten har en indirekt och mindre effekt på utvecklingen

	Forskning och utveckling	Demonstration	Uppskalning	Spridning (omogna vs mogna teknologier)	Riktningssangivelse för utvecklingen	Utfasning fossila drivmedel
Kvot: Reduktionsplikt, GHG minskning	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning mot teknologier för produktion av drivmedel som dubbelräknas på bekostnad av användningen av spannmålsdrivmedel.	Avser att gynna drivmedel med större växthusgasminskning: 3,5-6% (2015-2020). Inget långsiktigt mål angivet.	Otydlig styrning genom indirekt undanträngning.
Tidigare skatteundantag (2004-2015)	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning mot omogna teknologier.	Stark styrning mot mogna teknologier.	Biodrivmedel främjas.	Styrning genom att skatten påverkar priset på fossila drivmedel och gör biodrivmedel mer konkurrenskraftiga.
Investeringsubvention: Har funnits tidigare	Ingen styrning	Stark styrning	Okänt	Okänt	Okänt	Otydlig styrning genom indirekt undanträngning.
Nationell vision/målsättning	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Oklar riktning mot biodrivmedel.	Styrning genom att målen (minskade utsläpp med 55 % till 2030 och 85-95 % till 2050) kräver minskad användning av fossila bränslen.
Hållbarhetskrav	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Stark styrning mot teknologier för produktion av drivmedel som får dubbelräknas.	Enligt EU RED	Ingen styrning

4.4 FINLAND

4.4.1 *Mål och visioner*

Som EU-land omfattas Finland av förnybarhetsdirektivet (RED) och dess mål om 10 % förnybara drivmedel till år 2020. Finland har sedan 2016 en national energi- och klimatstrategi som t.ex. innebär att mängden förnybar energi ska öka betydligt och att transportsektorns utsläpp ska minskas avsevärt (Ministry of Economic Affairs and Employment, 2016). För biodrivmedel finns ett mål om att de ska utgöra 20 % år 2020 och 30 % 2030 (Ministry of Economic Affairs and Employment, 2017). I den nationella strategin finns också ett mål om att minska den inhemska användningen av fossila drivmedel med hälften till 2020 jämfört med 2005.

4.4.2 *Biodrivmedelsanvändning och befintliga biodrivmedelsanläggningar/bioraffinaderier*

Den totala biodrivmedelsanvändningen i Finland uppgick till 496 ktoe 2014 och 496 ktoe 2015 (Eurostat, 2016). Mellan 2014 och 2013 steg biodrivmedelsanvändningen i Finland med ca 120 % (Eurostat, 2016). Den finska biodrivmedelsmarkanden domineras av inhemskt producerade biodrivmedel. Den inhemska produktionen består främst av HVO från skogsprodukter som tallolja, men en viss mängd etanol produceras från avfall. Det förekommer även biobaserad bensin och biogas. Det finns därtill en anläggning för jäsning av lignocellulosagrödor i Oulu, en anläggning för fast pyrolysis av lignocellulosagrödor i Joensuu, pilotanläggningar för förgasning av cellulosamaterial i Espoo, och det har planerats för en anläggning för cellulosaaetanol (sågspån) i Kajaani (IEA Bioenergy, 2017). Finland exporterar även en viss mängd HVO.

4.4.3 *Exempel på aktuella och nyligen avslutade styrmedel (Finlands regering, 2016)*

- Kvotplikt för biodrivmedel (Act on Promoting the Use of Biofuels in Transport). Detta styrmedel beskrivs mer ingående nedan.
- Hållbarhetskrav för biodrivmedel (Act on Biofuels and Bioliquids; 393/2013).
- CO₂-skatt: CO₂-skatt på drivmedel som tar hänsyn till växthusgasutsläppen från ett livscykelperspektiv för bensin och diesel och därmed gynnar biodrivmedel framför bensin och diesel. ”Act on Excise Duty on Liquid Fuels 1472/1994” ökar CO₂-skatten på fossila drivmedel med 10 % och ökar incitamenten för biodrivmedel.
- Investeringsstöd för bioraffinaderi och biodrivmedelsproduktion riktat mot nya tekniker. Stödet är länkat till den nationella energi- och klimatstrategin.
- Flera stödprogram till forskning och utveckling samt investeringsstöd till biodrivmedelsproduktion har förekommit, t.ex. New energy academy programme, Economic Energy aid och Energy producers and users.

Biodrivmedelskvot (Biofuel obligation/quota) i kombination med differentierad koldioxidskatt. Finland har en lag för kvotplikt som innebär att biodrivmedlens andel av det totala energiinnehållet i den mängd motorbensin, dieselolja och biodrivmedel som distributören levererat ska vara minst 12 % år 2017; 15 % år 2018; 18 % år 2019 och 20 % år 2020, dubbelräkning enligt

RED tillämpas (Finlex, 2013, Res Legal Europe, 2017). Det finns alltså en gemensam kvot för alla biodrivmedel. Kvotsystemet gynnar biodrivmedel från avfall, restprodukter samt cellulosa och lignocellulosa och ambitionen är att allt ska komma från råvaror som möjliggör dubbelräkning enligt RED. Kvotplikten är kombinerad med en differentierad CO₂-skatt. I Finland betalar alla drivmedelsdistributörer energi- och CO₂-skatt där den sistnämnda bestäms efter de växthusgasutsläpp från ett livscykelperspektiv som de olika biodrivmedlen har, jämfört med dess fossila motsvarighet. Om ett biodrivmedel leder till lägre växthusgasminskning än 35 % betalas full CO₂-skatt, om de minskar växthusgasutsläppen med 35–60 % ger det 50 % reduktion av CO₂-skatten och om de leder till högre utsläppsminskning betalas ingen CO₂-skatt. Biogas inkluderas inte i kvotplikten men erhåller full skattebefrielse från CO₂- och energiskatt. Kvotplikten omfattar endast de aktörer som distribuerar minst 1 miljon liter per år och en kvotpliktsavgift finns.

4.4.4 *Effekt av befintlig styrmedelsmix och vilka drivmedel som gynnas*

Sedan kvotplikt infördes i Finland har biodrivmedelsanvändningen ökat. Mest drastisk var ökningen mellan 2013 och 2014 då den uppgick till ca 120 %. År 2014 kom 90 % av biodrivmedel från råvara som kvalificerar för dubbelräkning. Det nya styrmedelssystemet gynnar med andra ord biodrivmedel från avfall, restprodukter och cellulosa/lignocellulosa som har potential att bidra med större CO₂-minskning. För mer detaljerad beskrivning av styrmedel för biodrivmedel i Finland och dess effekt se Dyab och Gloria (2017).

4.4.5 *Sammanställning styrmedelsanalys*

Hur de finska styrmedlen påverkar de olika faserna i utvecklingen av biodrivmedel genom (forskning och utveckling, demonstration, uppskalning, och spridning) sammanfattas i tabell 5. I tabellen anges även om någon specifik riktning för utvecklingen pekas ut med styrmedlet eller vilken ambitionsnivå/målsättning det motsvarar etc. samt i vilken utsträckning det påverkar utfasningen av fossila drivmedel.

Tabell 5. Finland: sammanställning och analys av styrmedel. Stark styrning = Instrumenten har en direkt och betydande effekt på utvecklingen; Svag styrning = Instrumenten har en indirekt och mindre effekt på utvecklingen.

	Forskning och utveckling	Demonstration	Uppskalning	Spridning (mogna vs omogna teknologier)	Riktungsangivelse för utvecklingen	Utfasning fossila drivmedel
Kvot: Volym	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning mot omogna teknologier.	Stark styrning framförallt mot HVO. Svag styrning för övriga bränslen.	Dubbelräkning enligt RED.	Indirekt styrning genom undanträngning.
CO2-skatt	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning mot omogna teknologier.	Stark styrning av mogna teknologier, främst HVO.	Differentiering efter växthusgasminskning enligt EU:s hållbarhetskrav (<35% full skatt; 35-60 50% skatt; högre än 60% ingen skatt).	Progressiv höjning av CO ₂ -skatt av fossila drivmedel leder till styrning genom undanträngning.
Investeringsubvention (pilotanläggningar)	Ingen styrning	Stark styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Specifikt mot bioraffinaderier och nationella demonstrationer.	Ingen styrning
Nationell vision/målsättning	Svag styrning	Svag styrning	Svag styrning	Svag styrning	Mål för förnybara drivmedel: 20 % till 2020, 30 % till 2030	Stark styrning mot utfasning av fossila drivmedel genom mål om minskad användning av fossila drivmedel 50 % till 2020 jmf med 2005.
Hållbarhetskrav	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Stark styrning mot drivmedel som får dubbelräknas.	Enligt EU RED	Ingen styrning
Övriga styrmedel: Tidigare forskningsprogram	Stark styrning	Svag styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Kunskapsutveckling för omogna teknologier	Ingen styrning

4.5 ITALIEN

4.5.1 *Mål och visioner*

Som EU-land omfattas Italien av förnybarhetsdirektivet (RED) och dess mål om 10 % förnybara drivmedel till år 2020.

4.5.2 *Biodrivmedelsanvändning och befintliga biodrivmedelsanläggningar/bioraffinaderier*

Biodrivmedelsanvändningen i Italien uppgick till 1063 ktoe 2014, den absoluta merparten av detta 1055 ktoe var biodiesel och resterande var etanol (Government of Italy 2015). Biodrivmedelsanvändningen ökade till 1164 ktoe under 2015 (Eurostat, 2017). Andelen förnybart enligt EU:s beräkningsregler i förnybarhetsdirektivet var 5,0 % 2014 och 6,4 % 2015.

4.5.3 *Exempel på aktuella och nyligen avslutade styrmedel*

- Italien har infört en låginblandningskvot för biodrivmedel om 4,5 % fr.o.m. 2012. Kvoten är bestämd på energibasis. Från 2015 kommer kvoten successivt att stiga för att år 2020 nå 10 %. 2018 börjar en kvot för avancerade biodrivmedel att gälla. Kvoten är satt till 1,2 % för att öka till 1,6 % 2020 och 2 % år 2022. Avancerade drivmedel är här definierat som producerade från de drivmedel som nämns i förnybarhetsdirektivet, annex IX, del A. Kvotplikten innefattar ett certifikathandelssystem (Bitnere & Searle 2017).
- Regeringen slöt under 2013 s.k. off-take agreements med en privat företagsgrupp för konstruktion av bioraffinaderier som producerar cellulosabaserad etanol. Upplägget innebär att regeringen lovar att köpa en del av produktionen för att minska investeringsrisken (Bitnere & Searle 2017). En anläggning för produktion av celluloasetanol har uppförts.
- Mellan 1995 och 2010 tillät Italien skattelättnader (20 %) för en begränsad mängd biodrivmedel.

4.5.4 *Effekt av befintlig styrmedelsmix och drivmedel som gynnas*

Italien har en låg andel förnybara drivmedel relativt andra EU-länder. Biobränsleanvändningen utgörs nästan uteslutande av biodiesel. Fr.o.m. 2018 kommer en särskild kvot för avancerade drivmedel att gälla med målet att främja marknadsintroduktion av dessa drivmedel i Italien.

4.5.5 *Sammanställning styrmedelsanalys*

Hur de italienska styrmedlen påverkar de olika faserna i utvecklingen av biodrivmedel (forskning och utveckling, demonstration, uppskalning, och spridning) sammanfattas i tabell 6. I tabellen anges även om någon specifik riktning för utvecklingen pekas ut med styrmedlet eller vilken ambitionsnivå/målsättning det motsvarar etc. samt i vilken utsträckning det påverkar utfasningen av fossila drivmedel.

Table 6. Italien: sammanställning och analys av styrmedel. Stark styrning = Instrumenten har en direkt och betydande effekt på utvecklingen; Svag styrning = Instrumenten har en indirekt och mindre effekt på utvecklingen.

	Forskning och utveckling	Demonstration	Uppskalning	Spridning (mogna vs omogna teknologier)	Riktningssangivelse för utvecklingen	Utfasning fossila drivmedel
Kvot: Låginblandning på volym Från 2018, en kvot för avancerade drivmedel (1,2 %)	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning mot omogna teknologier innan 2018.	Stark styrning mot mogna teknologier. Men låg andel biodrivmedel (6,4 % 2015) och nästan enbart biodiesel	Dubbelräkning enligt RED	Indirekt styrning genom undanträngning.
Skattelättnad (1995-2010) för en begränsad mängd biodrivmedel	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning mot mogna teknologier.	De biodrivmedel som ingick främjades.	Ingen styrning
Off-take agreement:	Ingen styrning	Svag styrning	Stark styrning. Avtal om 3 anläggningar i södra Italien med specifik företagsgrupp.	Potentiell styrning mot spridning av omogen teknologi (3 st).	Specifikt stöd mot andra generationens bioraffinaderier	Ingen styrning
Nationell vision/målsättning	Svag styrning	Svag styrning	Svag styrning	Svag styrning	Enbart RED kravet, 10 % förnybart till 2020.	Indirekt styrning genom undanträngning.
Hållbarhetskrav	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Stark styrning mot drivmedel som får dubbelräknas.	Enligt EU RED	Ingen styrning
Övriga styrmedel: Inga kända						

4.6 STORBRITANNIEN

4.6.1 Mål och visioner

Som EU-land omfattas Storbritannien av förnybarhetsdirektivet (RED) och dess mål om 10 % förnybara drivmedel till år 2020. I mars 2017 aktiverade Storbritannien artikel 50 och inledde förhandlingar om att lämna EU. Tills dess att förhandlingarna är avslutade är Storbritannien en fullvärdig medlem som och tillämpar EU:s regelverk (UK Department for Transport, 2017).

4.6.2 Biodrivmedelsanvändning och befintliga biodrivmedelsanläggningar/bioraffinaderier

Den totala biodrivmedelsanvändningen i Storbritannien uppgick till 1178 ktoe för år 2014 och 944,3 ktoe 2015 (Eurostat, 2017). Andelen förnybart i transportsektorn uppgick till 3,2 % under 2014. De vanligaste förnybara drivmedlen under 2014 var biodiesel, följt av etanol. Den största delen av dessa bränslen importerades (UK Government 2016).

Det finns flera pilot- och demonstrationsanläggningar för produktion av avancerade biodrivmedel (Bioenergy 2020+, 2017), som visas i Tabell 7.

Tabell 7. Demonstrations- och pilotanläggningar för produktion av avancerade biodrivmedel i Storbritannien (Bioenergy 2020+, 2017).

Anläggning	Skala	Input	Output	Teknik
Advanced Plasma Power Ltd (2016)	Pilot	Skogsavfall	SNG	Förgasning
Butamax (2010)	Demo	Majs	Butanol	Fermentering
Celtic Renewables (2018)	Demo	Avfall	Butanol och etanol	Hydrolys och sedan fermentering
Go Green Fuels Ltd (2018)	Demo	Skogsavfall	SNG	Förgasning
Nova Pangaea Technologies (2018)	Demo	flisat skogsavfall	Etanol	Termokemisk fraktionering av biomassa för produktion av xylose, levoglucosan och lignin med beredning till C5 och C6-socker från vilka etanol produceras.

4.6.3 Exempel på aktuella och nyligen avslutade styrmedel

- Renewable transport fuel obligation. Administrativt styrmedel som lanserades 2008 och syftar till öka andelen förnybart i transportsektorn och minska växthusgasutsläppen genom att ställa krav på bränsleleverantörerna. (Se detaljerad beskrivning nedan.)
- Anaerobic digestion loan fund. Finansiellt styrmedel som underlättar investeringar i gårdsbaserad biogasproduktion. Fr.o.m. 2011.
- Office for Low Emission Vehicles R&D Funding. Stöd för forskning och samarbete mellan universitet och industri inriktat på bl.a. förbättrad förbränningsmotorteknologi, fordon med låg vikt m.m. 2010 – 2020.
- UKH2 Mobility. Utvärderingsprojekt med fokus på databehandling kring fordonsanvändning samt infrastrukturbehov för vätgas. 2012 – 2030.

- Low carbon trucks. Stödjer forskning inom akademi och industri kring förutsättningarna för tunga godsfordon med låga utsläpp. 2013 – 2016.
- Advanced biofuel demo. Stödjer forskning och utveckling inom avancerade biodrivmedel. 2013 – 2015.
- Green Investment Bank. Investeringsstöd för att minska riskerna i grön infrastruktur (kan inkludera transport men även annan energianvändning). 3 miljarder pund har använts sedan 2012 för att stödja 60 olika projekt.
- EU CO₂ car & van emissions. Administrativt styrmedel riktat mot fordonstillverkare, ställer krav på lägre utsläpp av CO₂. Gränsen har sänkts succesivt från 130 g/km (2015) och 95 g/km (2020). Fr.o.m. 2009.
- Anaerobic Digestion (AD) Strategy and Action Plan. Stödjer bl.a. investeringar i rötningsanläggningar. 2011-2015.
- Flera regionala styrmedel (devolved administrations) i Skottland, Nordirland och Wales främst inriktade på investeringsstöd.

Det s.k. Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO)-systemet syftar till att öka tillförsel och användning av förnybara drivmedel och kräver att leverantörer av fossila bränslen kan visa att en viss andel av drivmedlen i Storbritannien kommer från förnybara energikällor och är hållbara, eller att motsvarande avgifts har betalats. Systemet omfattar leverantörer av såväl fossila bränslen och biodrivmedel som levererar minst 450 000 liter drivmedel per år. 2013 var kravet 4,75 % av den totala mängden drivmedel för transport (i volym). 2017 hade denna kvot höjts till 6 %. De som innehar biodrivmedel när skatteplikten inträffar tilldelas en Renewable Transport Fuel Certificate (RTFC) per liter biodrivmedel eller per kg biometan. De drivmedel som enligt förnybarhetsdirektivet får dubbelräknas, får också dubbelräknas i detta system och erhåller dubbla certifikat. Certifikaten kan handlas mellan aktörerna i systemet. Vid slutet av året måste leverantörer av fossila drivmedel visa att de nått RTFO genom att lösa in motsvarande mängd certifikat, alternativt kan de betala en avgift per liter drivmedel. Idag specificeras inte exakt vilka förnybara drivmedel som ingår men de måste uppfylla hållbarhetskriterierna (UK Department for Transport, 2017).

Ett förslag till ändringar i RTFO har gått på remiss under 2017. Förslaget innehåller en gradvis stigande kvot, från dagens 6 % till 12,4 % år 2032 (UK Department for Transport, 2017). S.k. ”development fuels” föreslås dubbelräknas och genererar två certifikat som sedan kan handlas av bränsleleverantörer. Det kommer även att finnas delmål med en särskild kvot för avancerade drivmedel: 0,1 % 2019 som stiger till 2,8 % 2032. Som exempel på development fuels (vilket i denna rapport inte tolkas vara identiska med ”advanced biofuels”) nämns SNG, bränslen framställda från avfall, vätgas, flygbränslen samt bränslen som kan blandas över en viss nivå och ändå möta standarden för bensin och diesel. Värdet på ett certifikat kan uppskattas till 0,8 pund/liter. Eftersom avancerade drivmedel kommer att erhålla dubbla certifikat kan stödet uppskattas till 1,6 pund/liter (UK Department for Transport, 2017). Detta kan anses vara en relativt hög nivå men bör ses som en övre gräns för värdet på ett certifikat, eftersom en bränsleleverantör alltid kan välja att betala avgiften istället för att köpa certifikat.

Det nya förslaget innehåller också ett tak för drivmedel framställda från jordbruksgrödor. Taket kommer också att sänkas över tid. Denna begränsning sätts till 4 % 2018 och sänks linjärt till 3 % 2021 och sedan 2 % 2032 för att beakta risker relaterade till indirekt markanvändning (UK Department for Transport, 2017).

4.6.4 *Effekt av befintlig styrmedelsmix och vilka drivmedel/aktörer som gynnas*

Användningen av biodrivmedel är relativt låg i Storbritannien och huvuddelen av dessa importeras. Dock finns forsknings- och demonstrationsanläggningar för avancerade drivmedel. Trots att det finns en separat kvot för vissa drivmedel har det inte resulterat i en uppskalning av dessa anläggningar.

4.6.5 *Sammanställning styrmedelsanalys*

Hur styrmedlen i Storbritannien påverkar de olika faserna i utvecklingen av biodrivmedel (forskning och utveckling, demonstration, uppskalning, och spridning) sammanfattas i tabell 8. I tabellen anges även om någon specifik riktning för utvecklingen pekas ut med styrmedlet eller vilken ambitionsnivå/målsättning det motsvarar etc. samt i vilken utsträckning det påverkar utfasningen av fossila drivmedel.

Tabell 8. Storbritannien: sammanställning och analys av styrmedel. Stark styrning = Instrumenten har en direkt och betydande effekt på utvecklingen; Svag styrning = Instrumenten har en indirekt och mindre effekt på utvecklingen.

	Forskning och utveckling	Demonstration	Uppskalning	Spridning (omogna vs mogna teknologier)	Rikttningsangivelse för utvecklingen	Utfasning fossila drivmedel
Nationell målsättning	Svag styrning	Svag styrning	Svag styrning	Svag styrning mot mogna teknologier.	Enligt EU RED: 10 % förnybart i transport 2020.	Indirekt styrning genom undanträngning.
Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO)	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning via särskild kvot för s.k. development fuels.	Stark styrning mot främst mogna tekniker. Dock särskild kvot för s.k. development fuels (lågt satt) samt tak för grödobaserade drivmedel (högt satt).	Kvot för förnybara drivmedel på 6 % 2017. Successiv höjning till 12,4 % 2032 föreslagen. Dubbelräkning av samma bränslen som i RED. Särskild kvot för s.k. development fuels. 0,1 % 2019. 2,8 % 2032. Tak för grödobaserade drivmedel. 4 % 2018. 3 % 2021. 2 % 2032.	Indirekt styrning genom undanträngning.
Anaerobic digestion loan fund	Ingen styrning	Okänt	Sannolikt ingen styrning då gårdsbaserade anläggningar generellt är småskaliga.	Stark styrning mot mogna teknologier via investeringsstöd i gårdsbaserad biogasproduktion.	Inriktat på gårdsbaserad biogasproduktion.	Indirekt styrning genom undanträngning, dock mycket begränsad i.o.m. småskaligheten.
Office for Low Emission Vehicles R&D Funding	Ingen styrning via stöd till forskning inom förbränningsmotor-teknologi och fordon med låg vikt.	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Forskningsstöd för fordon med låga utsläpp.	Ingen styrning
Advanced biofuel demo	Stark styrning via stöd till avancerade biodrivmedel	Stark styrning via stöd till avancerade biodrivmedel.	Ingen styrning	Ingen styrning	Stöd till forskning och demonstrationsanläggningar av avancerade biodrivmedel.	Indirekt styrning genom undanträngning.
Hållbarhetskrav	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Stark styrning mot drivmedel som får dubbelräknas	Enligt EU RED	Ingen styrning

4.7 NORGE

4.7.1 *Mål och visioner*

I Norge finns ett nationellt mål för ökad användning av bioenergi till 2020 på 50 PJ (motsvarande 14 TWh) (TOI, 2012). Transportsektorn ska också minska sina växthusgasutsläpp med 15-25 % mellan 2010 och 2020 (TOI, 2012). Det övergripande klimat- och miljömålet är att reducera växthusgasutsläppen i linje med en omställning till ett s.k. Low carbon society (Norges regering 2017). Norge omfattas av EU:s mål om 10 % förnybart i transportsektorn år 2020 (Norges regering 2017).

4.7.2 *Biodrivmedelsanvändning och befintliga biodrivmedelsanläggningar/bioraffinaderier*

Biodrivmedelsanvändningen i Norge uppgick till 128,7 ktoe 2014 och 149,2 ktoe 2015 (Eurostat, 2017). Under 2015 uppgick andelen förnybart i transportsektorn till 8.9 % (Norges regering 2017). Transportsektorn använde totalt 55 TWh drivmedel under 2016 (Statistisk Sentralbyrå 2017).

Användningen av flytande biodrivmedel ökade med 140 % från 1.6 TWh 2015 till 3.9 TWh 2016 (Nobio, 2017). Inblandning i bensen och diesel uppgick 11 % vilket är långt över myndigheternas krav om 5.5 % (Nobio 2017). Den obligatoriska kvoten låg tidigare på 3.5 % (TOI 2012) och höjs från den nuvarande nivån (5.5 %) till 7 % under 2017 (Nobio 2017). En mindre mängd biogas, 125 GWh, användes också som drivmedel (Nobio 2017). 5 TWh bioenergi importerades till Norge under 2016, merparten av detta var till transportsektorn.

I Norge finns demonstrationsanläggningar för bioraffinaderi som inkluderar jäsning av lignocellulosa till cellulosäetanol, lignin och andra kemikalier i Sarpsborg (IEA Bioenergy, 2017). Perstorp Bioproducts AB har en produktionsanläggning för FAME i Fredrikstad sedan januari 2016 med en produktionskapacitet på knappt 140 000 m³/år. Norge exporterar FAME till bl.a. Sverige (Energimyndigheten, 2016b).

4.7.3 *Exempel på aktuella och nyligen avslutade styrmedel (TOI, 2012)*

- ”Kvotplikt” för biodrivmedel (omsetningskrav för biodrivstoff och nedsatt veibruksavgift)
- Drivmedelsskatt
- Fordonsskatt: bilar med låga CO₂-utsläpp och bilar som kan köras på minst 85 % etanol subventioneras genom en skattereduktion vid av inköp. Detta gäller bilar som släpper ut mindre än 110 g CO₂/km. 2012 motsvarade reduktionen motsvarar NOK 10 000.
- Pfad (Palm fatty acid distillate) omklassificerades från avfall/restprodukt till biprodukt med verkan 1 januari 2017 och omfattas därmed fullt ut av EU:s hållbarhetskriterier (Nobio 2017)

Kvotplikt för biodrivmedel. Inledningsvis var nivån i det norska kvotpliktsystemet 3,5 % för biodrivmedel men var avsedd att höjas. Biobränslen var undantagna CO₂-skatt. Biodieselanvändare betalade 50 % vägskatt relativt den för dieselolje användare, medan bioetanolanvändare (minst 50 % inblandning) och biogasanvändare inte ålades någon vägskatt (Energimyndigheten, 2014a).

Under 2016 skulle leverantörer av drivmedel i Norge tillhandahålla 5,5 vol% biodrivmedel och biodrivmedel från restprodukter och avfall dubbelräknades. Systemet har alltså en gemensam kvot för alla biodrivmedel. Full skatt tas ut för biodrivmedel som används för att uppfylla kvotplikten men volymer över kvoten har erhållit skattebefrielse (Energimyndigheten, 2016a). Under 2017 var planen att höja kvoten till 7 % (Nobio 2017).

Idag har Norge ett krav på att drivmedelsförsäljare måste se till att 10 % av drivmedelen utgörs av biodrivmedel (kallas ”*omsetningskrav for biodrivstoff*”). Enbart flytande biodrivmedel kan användas och dubbelräkning enligt RED tillåts (Miljodirektoratet, 2018). Under 2017 skulle minst 1,5 % av de biodrivmedel som användes för att uppnå denna kvot utgöras av avancerade biodrivmedel (stiger till 3.5% 2018) och minst 4 % ska vara biodrivmedel som används i bensin (Miljodirektoratet, 2018). Biodrivmedel som säljs utöver kvoten omfattas inte av väganvändningsavgifter (”*veibruksavgift*”) och behöver inte heller uppvisa uppfyllnad av hållbarhetskriterierna (Miljodirektoratet, 2018).

4.7.4 *Effekt av befintlig styrmedelsmix och drivmedel som gynnas*

Biodrivmedelsanvändningen ökade med cirka 8 % mellan 2014 och 2015 (Eurostat, 2016) och både användningen av biodrivmedel från jordbruksgrödor och avfall/restprodukter ökade. Som resultat av bl.a. CO₂-komponenten i inköpskatten för fordon har CO₂-utsläppen från nya personbilar sjunkit (TOI, 2012). Cirka 8 % av biodrivmedlen som användes 2015 kom från råvaror som möjliggör dubbelräkning enligt RED, en ökning från cirka 1 % år 2014 (Eurostat, 2017).

4.7.5 *Sammanställning styrmedelsanalys*

Hur de norska styrmedlen påverkar de olika faserna i utvecklingen av biodrivmedel (forskning och utveckling, demonstration, uppskalning, och spridning) sammanfattas i tabell 9. I tabellen anges även om någon specifik riktning för utvecklingen pekas ut med styrmedlet eller vilken ambitionsnivå/målsättning det motsvarar etc. samt i vilken utsträckning det påverkar utfasningen av fossila drivmedel.

Tabell 9. Norge: sammanställning och analys av styrmedel. Stark styrning = Instrumenten har en direkt och betydande effekt på utvecklingen; Svag styrning = Instrumenten har en indirekt och mindre effekt på utvecklingen.

	Forskning och utveckling	Demonstration	Uppskalning	Spridning (omogna vs mogna teknologier)	Riktningssangivelse för utvecklingen	Utfasning fossila drivmedel
Nationell vision/målsättning	Svag styrning	Svag styrning	Svag styrning	Svag styrning mot framför allt mogna teknologier.	Omställning till ett Low carbon society med 14 TWh biodrivmedel 2020 Minskade växthusgasutsläpp 15–25 % i transportsektorn 2020 jämfört 2010 Omfattas av EU:s krav på 10 % förnybart i transportsektorn	Indirekt undanträngning av fossila drivmedel genom krav på förnybart.
Kvotplikt	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning	Stark styrning mot framförallt mogna teknologier. Drivmedel producerade från vissa råvaror dubbelräknas dock och det finns ett särskilt krav för mängden avancerade biodrivmedel, vilket sannolikt kommer att gynna avancerade drivmedel.	Kvotpliktsnivå 10 % under 2017 (1.5 % från avancerade biodrivmedel, vilket höjs till 3.5 % 2018). Dubbelräkning för drivmedel producerat från avfall och restprodukter.	Otydlig styrning genom indirekt undanträngning.
Skattebefrielse för biodrivmedel utöver kvotplikt/ Biodrivstoff som säljs utöver kvotnivån omfattas inte av väg-användningsavgift.	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Potentiellt stark styrning mot mogna teknologier.	Ingen angivelse	Styrning genom indirekt undanträngning.
Drivmedelsskatt	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Stark styrning mot mogna teknologier.	Ingen angivelse	Styrning genom indirekt undanträngning. Drivmedelsskatten tillämpas på fossila drivmedel (och biodrivmedel inom kvotplikten) och är ett incitament för minskad användning.
Skatt vid fordonsköp och subsidier	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning	Ingen styrning	Ingen angivelse	Undanträngning genom incitament för fordon avsedda för förnybara drivmedel samt fordon med låga utsläpp.

4.8 USA

4.8.1 Mål och visioner

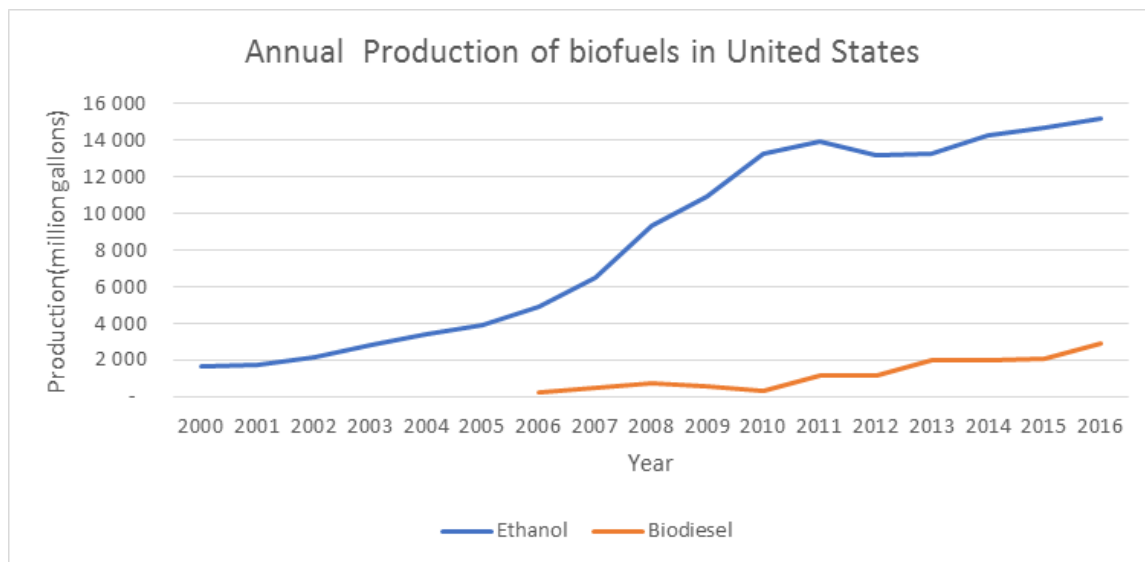
Visionen för introduktionen av biodrivmedel i USA anges i "the Renewable Fuel Standard" (RFS) där det långsiktiga målet är en användning av biodrivmedel motsvarande 36 miljarder gallons år 2022 (vilket motsvarar ungefär 800 TWh biodrivmedel).

4.8.2 Biodrivmedelsanvändning och befintliga biodrivmedelsanläggningar/bioraffinaderier

Biodrivmedelsproduktionen i USA består främst av etanol från majs, följt av biodiesel (se figur 5). Det förekommer även en viss produktion av butanol och metan. Under senare år har etanolproduktionen ökat betydligt och USA har varit den största globala producenten av etanol (Renewable Fuel Association, 2017). Det finns ett stort antal etanolproduktionsanläggningar i framför allt nordöstra USA.

Biodieseln i USA produceras från en rad råvaror som sojabönor, majsolja, djurfett samt andra fetter, varav sojabönor och djurfett är vanligast. Produktionsanläggningarna är relativt väl spridda över USA. Mängden biodiesel som produceras överstiger den miniminivå för denna kategori som anges i RFS.

Det finns en mängd pilot- och demonstrationsanläggningar för avancerade och cellulosabaserade biodrivmedel, men flera projekt är vilande. Enligt Bitnere & Searle (2017) finns det två celluloasetanolanläggningar i kommersiell skala, dessa håller på att öka sin produktion.



Figur 5. Årlig produktion av biodrivmedel i USA för perioden 2000-2016 (Renewable Fuel Association, 2017; US Department of Energy, 2017)

4.8.3 Exempel på aktuella och nyligen avslutade styrmedel

- Tax Credit Policy: Styrmedel som syftar till att stödja alternativa drivmedel genom skattelättnad. Styrmedlet innebar ursprungligen en skattelättnad motsvarande US\$ 0.4 per gallon etanol och vid 10 % låginblandning var skattelättnaden US\$ 0.04 per gallon etanol.

Systemet har reviderats ett par gånger och nu motsvarar skattelättnaden US\$ 0.45 per gallon etanol (Guan & Oh, 2015).

- Biodiesel and renewable diesel tax credits: riktade skattelättnader mot biodieselskonsumenter (B100) mellan 2006 – 2016 motsvarande US\$ 1 per gallon (Bitnere & Searle 2017).
- Second-generation biofuel producers tax credits: skattelättnader riktade mot producenter av avancerade drivmedel motsvarande US\$ 1.01 per gallon mellan 2009 – 2016 (ibid.).
- Lånegarantier har riktats till biodrivmedelsproducenter och bioraffinaderier för att stödja investeringar, t.ex. landets första fullskaleanläggning av cellulosabaserad etanol (ibid.).
- Renewable Fuel Standards (RFS): Kvotpliktsystem för biodrivmedel med mål för mängden biodrivmedel per år till 2020 för tre olika kategorier (se detaljerad beskrivning nedan).
- Blenders credit: Ett kombinerat kvot- och subventionssystem som stimulerat biodieselsproduktionen.
- Förslag om att tillåta högre inblandningsnivåer av etanol (Energimyndigheten, 2016a).

Renewable Fuel Standards (RFS). I nuvarande "Renewable Fuel Standard" (RFS-2) anges en användning på 36 miljarder gallons av förnybara drivmedel år 2022 (motsvarar uppskattningsvis ungefär 800 TWh). RFS-2 ställer krav på producenter och importörer. De förnybara drivmedlen är uppdelade i tre olika kategorier med angivna ursprungliga årliga mål för respektive kategori (se Tabell 10). De tre kategorierna är baserade på råvara:

1. Diesel framställd från biomassa (biomass-based diesel),
2. Cellulosabaserade drivmedel (Cellulosic biofuel – inkluderar biodrivmedel producerade från cellulosa, hemicellulosa eller lignin), och
3. Avancerade drivmedel (advanced biofuels).

Konventionella biodrivmedel måste minska utsläppen från ett livscykelperspektiv med minst 20 %, biomassabaserad diesel måste minska utsläppen med 50 % och cellulosabaserade drivmedel och avancerade drivmedel måste minska växthusgasutsläppen med 60 % jämfört med den fossila motsvarigheten (Renewable Fuel Standard Program, 2017). Det är det amerikanska Naturvårdsverket (US EPA) som är ansvariga för RFS och leverantörer av drivmedel måste sälja en viss mängd biodrivmedel baserat på den sålda mängden fossila drivmedel. Om kvoten inte uppfylls måste en straffavgift betalas. EPA har flera gånger reviderat kvoterna nedåt samt infört "cellulosic waiver credit" (CWC). Köp av CWC kan ersätta kvotuppfyllnad och under 2015 kostade en CWC motsvarande US\$ 0,64 per gallon, vilket ligger under priset för att producera cellulosabaserade drivmedel.

Tabell 10. Målen för olika biodrivmedelskategorier i Renewable fuel standards, i miljarder gallons före justering av målnivåer (EPA, 2017).

År	Cellulosa-baserade drivmedel	Biomassa-baserad diesel	Avancerade biodrivmedel	Total förnybart	Konventionella biodrivmedel
2009	NA	0.5	0.6	11.1	10.5
2010	0.1	0.65	0.95	12.95	12.0
2011	0.25	0.8	1.35	13.95	12.6
2012	0.5	1	2	15.2	13.2
2013	1	*	2.75	16.55	13.8
2014	1.75	*	3.75	18.15	14.4
2015	3	*	5.5	20.2	15
2016	4.25	*	7.25	22.25	15
2017	5.5	*	9	24	15
2018	7	*	11	26	15
2019	8.5	*	13	28	15
2020	10.5	*	15	30	15
2021	13.5	*	18	33	15
2022	16	*	21	36	15

4.8.4 Effekten av RFS samt andra styrmedel och vilka biodrivmedel och aktörer som stöttas

Den inhemska produktionen av etanol och biodiesel i USA har ökat på senare år. Som resultat av RFS har det byggts en rad pilot- och demonstrationsanläggningar för avancerade och cellulosebaserade biodrivmedel men de har generellt sett inte nått kommersiell nivå ännu (Environmental Entrepreneurs, 2017). Den installerade kapaciteten för avancerade biodrivmedel uppgick år 2014 till ungefär 800 miljoner gallons och den installerade kapaciteten för cellulosebaserade drivmedel motsvarade förra året cirka 53 miljoner gallons och båda förväntas öka ytterligare (Renewable Fuel Association, 2017).

Inledningsvis nåddes inte målen för cellulosebaserade drivmedel i RFS och de justerades därför ner (t.ex. från 100 till 5 miljoner gallons år 2010, ett mål som inte heller uppnåddes). Inte heller på senare år har nivån för cellulosebaserade biodrivmedel kopplat till RFS kunnat nås, och trots att nivåerna har justerats har företagen ändå fått betala straffavgifter. RFS stöttar framför allt introduktionen av biodrivmedel som har hög potential att minska växthusgasutsläppen.

Enligt Bitnere och Serle (2017) har kvoterna i RFS varit för ambitiösa och revidering av målen har skapat osäkerhet. Dessutom har införandet av cellulosic waiver credits (CWC) gjort det billigare att köpa CWC än att uppfylla kvoten.

De skattelättnader som varit avsedda att gynna biodrivmedel kritiserats för att ha kort framförhållning och att de bara godkänts under korta perioder.

4.8.5 Sammanställning styrmedelsanalys

Hur de amerikanska styrmedlen påverkar de olika faserna i utvecklingen av biodrivmedel (forskning och utveckling, demonstration, uppskalning, och spridning) sammanfattas i tabell 11 (tillsammans med styrmedlen i Kalifornien som beskrivs specifikt nedan). I tabellen anges även om

någon specifik riktning för utvecklingen pekas ut med styrmedlet eller vilken ambitionsnivå/målsättning det motsvarar etc. samt i vilken utsträckning det påverkar utfasningen av fossila drivmedel.

4.9 KALIFORNIEN

4.9.1 *Mål och visioner*

De federala målen för utsläppsminskningar i USA gäller även i Kalifornien. Därutöver har delstaten ett mål om 10 % minskade utsläpp av växthusgaser för drivmedel 2020 jämfört med 2010. Målet ingår i Low Carbon Fuel Standard (LCFS) som beskrivs närmare nedan (Bitnere & Searle 2017).

4.9.2 *Biodrivmedelsanvändning och befintliga biodrivmedelsanläggningar/bioraffinaderier*

Användningen av etanol uppgick under 2015 till 5 750 miljoner liter via låginblandning om 10 %. Biodiesel används i delstaten sedan 2000 (California Energy Commission 2017).

4.9.3 *Exempel på aktuella och nyligen avslutade styrmedel*

Utöver de federala styrmedel som tillämpas i USA, främst RFS, implementerade delstaten Kalifornien egna styrmedel för att främja förnybara drivmedel. **Low Carbon Fuel Standard (LCFS)** implementerades 2010 för att uppnå minskade växthusgasutsläpp i transportsektorn. LCFS syftar till att uppnå 10 % minskade växthusgasutsläpp från drivmedel 2020 jämfört med 2010. Målet i LCFS är alltså uttryckt som utsläppsminskningar och inte i termer av volym eller energi. Vidare tar LCFS hänsyn till indirekt förändrad markanvändning (ILUC, Indirect Land Use Change). LCFS är alltså teknikneutralt i sin utformning. Målet har dock nåtts med första generationens biodrivmedel från grödor – främst etanol men även biodiesel – samt med naturgas (Bitnere & Searle 2017). Ansvaret att uppnå målet i LCFS ligger på bränsleproducenter och importörer (US Department of Energy 2017).

State Agency Low Carbon Fuel Use Requirement kräver att en andel av det bränsle som delstaten upphandlar ska uppfylla vissa krav gällande kolintensitet (d.v.s. minskningar av växthusgasutsläpp från produktion och användning). Andelen sattes till 3 % för 2017 och kommer att stiga med 1 % per år fram till 2024 (ibid.). Kraven gällande kolintensitet är formulerade som att bränslet ska ha högst 40 % av kolintensiteten av närmast jämförbara fossila bränsle.

Kalifornien har också infört en rad andra styrmedel som direkt eller indirekt gynnar förnybara drivmedel, t.ex. **Alternative Fuel Vehicle (AFV) Parking Incentive Programs** som ger incitament såsom reducerad parkeringsavgift till fordon som drivs på alternativa drivmedel.

Delstaten har uppmanat USA:s kongress och Naturvårdsverk (US EPA) att ändra U.S. RFS så att avancerade drivmedel gynnas (ibid.).

4.9.4 *Effekt av befintlig styrmedelsmix och drivmedel som gynnas*

LCFS har kritiserats för att inte gynna avancerade biodrivmedel (Bitnere & Searle 2017). Dock är styrmedlet teknikneutralt och målet är uttryckt som växthusgasutsläppsminskningar. Att första

generationens biodrivmedel ändå har använts för att uppnå målet indikerar att implementering av dessa bränslen fortfarande är ett billigare sätt att uppnå målet. Att målet är relativt lågt satt – 10 % minskade växthusgasutsläpp 2020 jämfört med 2010 – kan också anses ha bidragit till att framförallt första generationens drivmedel ökat.

4.9.5 Sammanställning styrmedelsanalys

Hur styrmedlen i Kalifornien påverkar de olika faserna i utvecklingen av biodrivmedel (forskning och utveckling, demonstration, uppskalning, och spridning) sammanfattas i tabell 11, tillsammans med styrmedel på nationell nivå i USA. I tabellen anges även om någon specifik riktning för utvecklingen pekas ut med styrmedlet eller vilken ambitionsnivå/målsättning det motsvarar etc. samt i vilken utsträckning det påverkar utfasningen av fossila drivmedel.

Tabell 11. USA inkl. Kalifornien: sammanställning och analys av styrmedel. Stark styrning = Instrumenten har en direkt och betydande effekt på utvecklingen; Svag styrning = Instrumenten har en indirekt och mindre effekt på utvecklingen.

Nationella styrmedel i USA						
	Forskning och utveckling	Demonstration	Uppskalning	Spridning (omogna vs mogna teknologier)	Rikttningsangivelse för utvecklingen	Utfasning fossila drivmedel
Renewable Fuel Standard (RFS)	Ingen styrning	Stark styrning	Svag styrning via mål för avancerade drivmedel och cellulosabaserade drivmedel.	Stark styrning mot framför allt mogna teknologier men innehåller delmål för avancerade drivmedel.	RFS anger 800 TWh _{pa} 2022. Innehåller delmål för olika år och kategorier (biodiesel, cellulosabaserade drivmedel och avancerade drivmedel) inom vilka det ställs olika krav på minskningar av växthusgasutsläpp.	Styrning genom indirekt undanträngning.
Tax credit policy, Biodiesel and renewable diesel tax credit (Skattelättnader för biodrivmedelsanvändare)	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Stark styrning mot mogna teknologier.	Biodrivmedel i form av etanol och biodiesel gynnas.	Styrning genom indirekt undanträngning.
Second-generation biofuel producer tax credit (Skattelättnader för producenter av avancerade drivmedel)	Ingen styrning	Svag styrning	Svag styrning	Potentiellt stark styrning mot avancerade drivmedel.	Andra generationens biodrivmedel gynnas.	Styrning genom indirekt undanträngning.
Lånegarantier	Ingen styrning	Ingen styrning	Stark styrning. Har stöttat USAs första fullskaleanläggning av cellulosabaserad etanol.	Svag styrning mot omogna teknologier, oklart om även mogna tekniker fått ta del av lånegarantier.	Stöd för avancerade biodrivmedel.	Styrning genom indirekt undanträngning.

Deltatsspecifika mål i Kalifornien						
Low Carbon Fuel Standard, LCFS (Utöver nationella mål-sättningar i USA uttryckta i RFS)	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Stark styrning mot mogna teknologier. Har gynnat första generationens bio-drivmedel samt naturgas. Kan potentiellt gynna avancerade drivmedel om målet höjs eftersom det är uttryckt som utsläppsminskningar.	Innehåller mål om 10 % minskade utsläpp av växthusgaser 2020 jämfört med 2010.	Styrning genom indirekt undanträngning genom ett lågt satt utsläppsmål som kan uppnås genom förnybara drivmedel och/eller t.ex. energieffektivisering eller bränslebyte till naturgas.
Offentlig upphandling: State Agency Low Carbon Fuel Use Requirement	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning av mogna teknologier. Kan potentiellt gynna avancerade drivmedel eftersom krav är satt som kolintensitet.	Ställer krav på offentlig upphandling inom delstaten kring drivmedel: bränsle ska ha högst 40 % av kol-intensiteten av närmast jämförbara fossila bränsle. Andelen för 2017: 3 %. Stiger med 1 % per år fram till 2024.	Otydlig styrning genom indirekt undanträngning

4.10 KANADA

4.10.1 Mål och visioner

Kanada har mål för användningen av biodrivmedel genom sitt nationella kvotsystem för biodrivmedel som anger 5 % förnybart innehåll i bensin och 2 % i diesel som infördes 2010/2011 (Dessureault, 2016). Ett fåtal regioner har ambitiösare mål för mängden biodrivmedel i bensin (upp till 8.5 %) och diesel (upp till 7.5 %) (Moorhouse & Wolinetz, 2016).

4.10.2 Biodrivmedelsanvändning och befintliga biodrivmedelsanläggningar/bioraffinaderier

I Kanada används främst etanol, biodiesel och HVO. Den inhemskt producerade etanolen kommer från majs och vete. Den totala inhemska etanolproduktionen uppgick till cirka 1.7 miljarder liter 2015 (ibid.). För att nå målet i kvotpliktssystemet behövs över 2 miljarder liter etanol varpå import behövs (ibid.). Den inhemska biodieselproduktionen uppgick till cirka 437 miljoner liter 2015 men det finns ingen produktion av HVO. Marknaden för mer avancerade biodrivmedel är i ett tidigt skede. Det finns en demonstrationsanläggning för cellulosasetanol i Edmonton, Alberta och ytterligare en är på gång i Quebec.

4.10.3 Exempel på aktuella och nyligen avslutade styrmedel

- Fuel regulation: Kvot för biodrivmedel (Fuel regulation)
- ecoENERGY: Stöd till produktion av förnybara drivmedel i industriell skala, delades ut 2008 – 2017. Beloppen avtog successivt, se Tabell 12.
- ecoAgriculture Biofuels Capital Initiative: Stöd riktat till jordbrukare för småskalig etanolproduktion (2007-2013).
- NextGen Biofuels program: Ekonomiskt stöd till demonstrationsprojekt i kommersiell skala (pågick under 8 år).

Kvot för biodrivmedel. Kanadas kvotsystem för biodrivmedel anger 5 % förnybart innehåll i bensin och 2 % i fossil diesel (Dessureault, 2016). För lite mer information om merparten av dessa styrmedel se Martin & Lazarevic (2015).

Tabell 12. Ekonomiskt stöd från programmet ecoENERGY.

Skatteår	Förnybara drivmedel som ersätter bensin (euro/liter)	Förnybara drivmedel som ersätter diesel (euro/liter)
2008-2009	0.07	0.18
2009-2010	0.07	0.17
2010-2011	0.06	0.14
2011-2012	0.06	0.12
2012-2013	0.05	0.1
2013-2014	0.04	0.07
2014-2015	0.03	0.06
2015-2016	0.03	0.04
2016-2017	0.02	0.03

4.10.4 *Effekten av styrmedelsmixen och vilka biodrivmedel och aktörer som stöttas*

Särskilt den inhemska produktionen av biodiesel har ökat även om etanolproduktionen också ökat. En viss mängd biodiesel exporteras till USA, vars styrmedel därmed skulle kunna påverka utvecklingen för biodiesel i Kanada. De styrmedel som listas ovan stöder inte specifikt biodrivmedel med hög klimatnytta.

4.10.5 *Sammanställning styrmedelsanalys*

Hur styrmedlen i Kanada påverkar de olika faserna i utvecklingen av biodrivmedel (forskning och utveckling, demonstration, uppskalning, och spridning) sammanfattas i tabell 13. I tabellen anges även om någon specifik riktning för utvecklingen pekas ut med styrmedlet eller vilken ambitionsnivå/målsättning det motsvarar etc. samt i vilken utsträckning det påverkar utfasningen av fossila drivmedel.

Tabell 13. Kanada: sammanställning och analys av styrmedel. Stark styrning = Instrumenten har en direkt och betydande effekt på utvecklingen; Svag styrning = Instrumenten har en indirekt och mindre effekt på utvecklingen.

	Forskning och utveckling	Demonstration	Uppskalning	Spridning (omogna vs mogna teknologier)	Riktningsangivelse för utvecklingen	Utfasning fossila drivmedel
Nationell målsättning (genom kvotsystemet)	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning	Svag styrning mot mogna tekniker.	Mål för användningen av biodrivmedel genom sitt nationella kvotsystem som anger 5 % förnybart innehåll i bensin och 2 % i diesel (vissa regionala skillnader)	Styrning genom indirekt undanträngning
Fuel regulation (Kvot för biodrivmedel)	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning för framför allt mogna tekniker.	Svag styrning mot mogna tekniker.	Kvotsystemet anger 5 % förnybart innehåll i bensin och 2 % i diesel (vissa regionala skillnader)	Otydlig styrning genom indirekt undanträngning
ecoENERGY biofuels program period 2008-2017	Ingen styrning	Ingen styrning	Stark styrning för mogna tekniker.	Stark styrning för mogna tekniker.	Investeringsstöd för biodrivmedel som därmed stöttas.	Otydlig styrning genom indirekt undanträngning
ecoAgriculture Biofuels Capital Initiative (2007-2013)	Ingen styrning	Ingen styrning	Viss styrning för mogna tekniker.	Viss styrning för mogna tekniker.	Okänt	Ingen styrning
NextGen Biofuels program	Stark styrning	Stark styrning	Ingen känd styrning.	Ingen styrning	Ekonomiskt stöd till demonstrationsprojekt i kommersiell skala för nästa generations biodrivmedel	Ingen styrning

4.11 BRASILIEN

4.11.1 *Mål och visioner*

Stödet till etanol i Brasilien motiverades av energisäkerhet efter 70-talets oljekriser. Senare blev etanolen en exportvara som skapade arbetstillfällen och regional utveckling. 2015 förband sig Brasilien vid COP21 i Paris att uppnå följande mål till 2030 (OPIS 2017): Minskning av växthusgasutsläpp med 43 % jämfört med 2005 och ökning av andelen förnybar energi till 45 % i energimatrisen, inklusive 18 % biobränslen. Motiven för att stötta biodrivmedel har alltså förändrats över tid.

4.11.2 *Biodrivmedelsanvändning och produktion*

Brasilien använde 27 500 miljoner liter etanol i transportsektorn under 2015 (Energimyndigheten, 2016b). Etanol används både låginblandat i bensin och som rent biodrivmedel. Kvoten för låginblandad etanol varierar över tid, för tillfället är den 27 % (OPIS 2017).

Brasiliens etanolproduktion är baserad på sockerrör som råvara. Eftersom etanol- och sockerproduktion är integrerad så kan de ses som ett bioraffinaderi. Dessutom används restprodukten bagasse ofta för kraftgenerering. Producenter kan ofta optimera produktionen mot den produkt som ger högst lönsamhet (etanol eller socker). Det finns dock producenter som enbart inriktar sig på etanol. Denna flexibilitet ger en ekonomisk stabilitet för producenten men kan samtidigt orsaka att etanolproduktionen fluktuerar. Om t.ex. världsmarknadspriset på socker är högt samtidigt som det inhemska bensinpriset är lågt så är det gynnsamt att optimera produktionen mot socker (E100 konkurrerar mot bensin vid pumpen).

År 2015 producerade Brasilien 28 200 miljoner liter etanol, vilket motsvarade 29 % av världsproduktionen. Produktionen steg med 30 % mellan 2012 och 2015. Huvuddelen av produktionen är våt etanol (71 % under 2011). Våt etanol erhålls efter destillationsprocessen och ytterligare processteg är nödvändiga för att erhålla torr etanol (Berglin & von Schenck 2012). Torr etanol används för inblandning (E27) och våt etanol används som rent biobränsle (E100) i s.k. flex-fuel fordon (FFV). Torr etanol uppvisar 99 % renhet medan våt etanol innehåller mellan 4 % och 7 % vatten.

Våt etanol (E100) konkurrerar om slutanvändare med bensin då FFV-användare kan välja mellan dessa bränslen. Torr etanol (E27) låginblandas och har därför en säker marknad. FFV representerar 95 % av nyförsäljningen av personbilar (ibid.). Det är sedan 70-talet förbjudet med personbilar som drivs med diesel (Grönkvist et al. 2013).

Eftersom användningen av etanol har stigit snabbare än produktionen mellan 2012 och 2015 så har exporten krympt från 2187 (2012) till 646 (2015) miljoner liter (Energimyndigheten, 2016b). OPIS (2017) skriver att etanol importeras från USA under 2017 utan att ange några volymer. Ett syfte med Renovabio (se nedan) är att minska importen.

Etanolanvändning har stigit stadigt i Brasilien. Mellan 2012 och 2015 steg användningen med 42 % (Energimyndigheten, 2016b). Den inhemska produktionen har inte ökat i samma takt, utan med 30 % under samma period (ibid.). Som en konsekvens användes motsvarande 98 % av produktionen i landet under 2015, jämfört med 90 % 2012. Nettoexporten av etanol har minskat under perioden.

Brasilien använde 3 524 miljoner liter biodiesel i transportsektorn under 2015 (Energimyndigheten, 2016b). Samma år producerades 3 465 miljoner liter biodiesel i Brasilien, vilket innebär ett visst överskott. (ibid.). Produktionen steg med 45 % mellan 2012 och 2015.

Biodiesel produceras från olika råvaror i Brasilien. Mellan 2012 och 2015 gick Brasilien från att vara en nettoexportör till att vara en nettoimportör av biodiesel. Under 2012 exporterades 87 miljoner liter och under 2015 importerades 59 miljoner liter biodiesel (Energimyndigheten, 2016b).

Även inhemskt producerad biodiesel används via låginblandning, 7 % under 2015 (Energimyndigheten, 2016b). Användningen av biodiesel steg med 53 % mellan 2012 och 2015. 2015 översteg användningen den inhemska produktionen med 2 % varför en nettoimport uppstod.

4.11.3 Exempel på aktuella och nyligen avslutade styrmedel

Etanolproduktion har stöttats med politiska styrmedel under mer än fyra årtionden i Brasilien. På 70-talet infördes programmet *Proalcool* som stöttade hela värdekedjan – från odling av sockerrör i jordbruket till etanolproduktion. 1976 infördes en **obligatorisk inblandningskvot** på 11 % vilket säkrade en inhemsk marknad för etanolen (Grönkvist et al. 2013). Denna kvot har succesivt höjts och sänkts över åren för att 2017 läggas på 27 % (OPIS 2017). Regeringen har justerat kvoten enligt tillgång och efterfrågan på etanol. I samband med en höjning av kvoten under 2013 annonserades en höjning av **bensinpriset**, som är **reglerat**, med 6.6 % (Tillväxtanalys 2013). Tillsammans så påverkade de båda åtgärderna etanolmarknaden.

Etanorsektorn fick ny fart 1997 då **etanolmarknaderna** började **avregleras** och den obligatoriska inblandningskvoten höjdes till 22 %. Även **subsidier** till etanolproducenter **fasades** ut. Det statliga oljeföretaget Petrobras **distributionsmonopol** togs också bort vilket skapade en **öppen marknad** och tillät nya aktörer.

Regeringen införde 2003 ett **stöd** till tillverkning av **flex-fuel fordon** (FFV). Etanolförsäljningen steg i och med Volkswagens introduktion av en FFV-modell som tillät alla proportioner mellan etanol och bensin. Andra märken följde snabbt efter och idag är majoriteten av personbilsparken FFV.

Stigande oljepriser drev också på etanolförsäljningen. Mat-mot-bränsle debatten 2008 påverkade uppfattningen av etanol som ett hållbart bränsle negativt. **Ekologiska jordbrukszoner** infördes 2009 för att skydda t.ex. regnskog och våtmarker, vilket också kan ha påverkat uppfattningen av etanol som ett hållbart bränsle. Senare **reglerades bensinpriset** för att motverka den stigande inflationen. Dock fortsatte **etanolen** (E100) att säljas till **marknadspris** vilket gjorde att bränslet tappade marknadsandelar. Lönsamheten sjönk vilket, enligt Tillväxtanalys (2013), minskade drivkrafterna för innovation. 2011 sjönk etanolproduktionen i Brasilien med 17 %. Enligt Berglin och von Schenck (2012) finns inga subsidier till etanolproduktion kvar.

Stöd till biodieselproduktion infördes 1980 med programmet *Pro-oleo*. Initialt fanns målsättningar om att ersätta 30 % av den konventionella dieseln och programmet stöttade forskning och utveckling för biodieselproduktion och -användning (t.ex. motorteknologi). Programmet **övergavs** dock då oljepriserna sjönk på 80-talet men ett **nytt program** lanserades 2002 som syftade till att ersätta 5 % av den konventionella dieseln. 2005 infördes en **obligatorisk**

inblandningskvot om 2 % som gradvis höjdes till 5 %. 2014 höjdes kvoten ytterligare till 6 % och senare samma år till 7 % (Energimyndigheten, 2016b).

2017 presenterades programmet *Renovabio* som ännu ej är antaget. Renovabio syftar till att **öka** den våta etanolens (**E100**) **konkurrenskraft** gentemot bensin genom incitament till bränsledistributörerna. Programmet ska också ge incitament till nya investeringar i socker- och etanolproduktion. Bränsledistributörer kommer att handla certifikat av etanol- och biodieselproducenter för reduktion av växthusgaser (OPIS 2017).

Enligt Tillväxtanalys (2013) är avståndet mellan forskning och tillämpning mycket stort i Brasilien. Berglin och von Schenck (2012) har identifierat flera forskningsprogram inriktade på jordbruk, etanolframställning och motortekniker. Även forskning inriktad på andra generationens etanol från förgasning stöds.

Sammanfattningsvis identifieras därmed följande styrmedel som särskilt viktiga: kvotplikt, förbud mot dieselanvändning i personbilar, reglerat bensinpris (negativ påverkan för etanolen), stöd till fordonsproducenter för FFV-modeller.

4.11.4 Effekten av styrmedelsmixen och vilka biodrivmedel och aktörer som stöttas

Över fyra decenniers stöd till etanol har resulterat i en stor inhemsk användning och produktion (se rubriker ovan). Att majoriteten av den befintliga personbilsflottan och över 90 % av nyförsäljningen är flex-fuel fordon (FFV) visar att etanolen är väl etablerad, kommersiellt gångbar och att det snarare är att betrakta personbilar som drivs på bensin som ett alternativ eller nischat val i Brasilien.

Tillväxtanalys (2013) anser att det finns en risk för att nuvarande styrmedel skapar en inlåsning i första generationens drivmedel. Avgörande för att uppnå en omställning till ett nytt socio-tekniskt system är enligt Tillväxtanalys (2013) att kort återbetalningstiden för investeringar. Etanol produktionen har ökat under perioder av höga oljepriser med hjälp av lagstiftning som kortat investeringstiderna för producenter och distributörer.

Framförallt etanol- men även biodieselproducenter har stöttats under lång tid. Det statliga oljeföretaget Petrobras har haft en viktig roll med ett distributionsmonopol. Fordonsproducenter har fått stöd för att ta fram FFV-modeller. I förslaget till Renovabio (OPIS 2017) kommer distributörer att köpa certifikat av etanol- och biodieselproducenter. Berglin och von Schenck (2012) har identifierat flera viktiga forskningsaktörer varav merparten är universitet:

- USP - University of São Paulo
- UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas
- UFMG - Federal University of Minas Gerais
- UFRJ - Federal University of Rio de Janeiro
- UnB - University of Brasília
- UFABC - Universidade Federal do ABC

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brazilian Agricultural Research Corporation)
- CTC – Centro de Tecnologia Canavieira (Sugarcane Technology Center)
- CTBE – Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (Brazilian Bioethanol Science & Technology Laboratory)

Enligt Tillväxtanalys (2013) är oljeprisets påverkan för lönsamheten i biodrivmedelproduktion i Brasilien större än påverkan från skattelagstiftning. Dessutom menar kan ekonomisk utvecklingspolitik fungera innovationshämmande genom att gammal teknik subventioneras (första generationens biodrivmedel).

4.11.5 Sammanställning styrmedelsanalys

Hur de brasilianska styrmedlen påverkar de olika faserna i utvecklingen av biodrivmedel (forskning och utveckling, demonstration, uppskalning, och spridning) sammanfattas i tabell 14. I tabellen anges även om någon specifik riktning för utvecklingen pekas ut med styrmedlet eller vilken ambitionsnivå/målsättning det motsvarar etc., samt i vilken utsträckning det påverkar utfasningen av fossila drivmedel.

Tabell 14. Brasilien: sammanställning och analys av styrmedel. Stark styrning = Instrumenten har en direkt och betydande effekt på utvecklingen; Svag styrning = Instrumenten har en indirekt och mindre effekt på utvecklingen.

	Forskning och utveckling	Demonstration	Uppskalning	Spridning (omogna vs mogna teknologier)	Riktningssangivelse för utvecklingen	Utfasning fossila drivmedel
Nationell vision/målsättning	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning mot mogna teknologier.	Minskade utsläpp (generellt över alla sektorer) 43 % 2030 jämfört med 2005.45 % förnybart i energimatrisen 2030.	Styrning genom att målet kräver utfasning av fossil energi.
Inblandningskvot för etanol	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning idag, men viktigt för uppskalning vid instrumentets införande på 70-talet.	Stark styrning av mogen teknologi i form av etanol.	Kvoten har successivt ökat från 11 % 1976 till 27 % 2017. 2010 sänktes kvoten från 25 % till 20 %.	Otydlig styrning genom indirekt undanträngning.
Reglerat bensinpris	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Potentiellt svag styrning mot mogna teknologier som etanol (E100) men kan också missgynna om bensin-priset sätts för lågt.	-	Kan både gynna och missgynna utfasning av fossila drivmedel.
Stöd till flex-fuel fordon	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning av mogna teknologier (E100).	Stöd till fordon som delvis körs på biodrivmedel.	Styrning genom indirekt undanträngning.
Inblandningskvot för biodiesel	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Stark styrning mot mogna teknologier.	Biodieselskvot: 7 % 2014	Otydlig styrning genom indirekt undanträngning.
Förbud mot diesel personbilar	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning mot mogna teknologier. Tillsammans med stöd för etanol har förbudet gynnat både låg- och höginblandad etanol.	Fossildrivna dieslbilar ska fasas ut.	Styrning genom direkt mål för utfasning av dieslbilar.
Renovatio	Ingen styrning	Ingen styrning	Ingen styrning	Svag styrning mot mogna teknologier. Gynnar E100 genom stöd till etanol- och sockerproducenter.	Biodrivmedel fortsätter stödjas.	Otydlig styrning genom indirekt undanträngning

5 DISKUSSION OCH POLICYIMPLIKATIONER

De styrmedelsalternativ som främst används i de olika länderna för att stimulera utveckling och spridning av förnybara drivmedel kan delas in i följande övergripande kategorier (se även tabellerna 15 och 16 nedan):

- **Kvotplikt/reduktionsplikt:** En separat marknad skapas för förnybara drivmedel där distributörer åläggs att sälja en minsta volym med biodrivmedel, alternativt reducera utsläppen med en viss mängd genom att blanda in biodrivmedel.
- **Drivmedelsskattelättnader/CO₂-skatt:** En skatt introduceras för utsläpp av växthusgaser som biodrivmedel undantas ifrån.
- **Investerings- och demonstrationsstöd:** Statliga subventioner för konstruktionen av nya anläggningar med syfte att demonstrera ny teknologi i förkommersiell eller kommersiell skala.
- **Offentlig upphandling:** Riktad upphandling av offentliga aktörer för att köpa drivmedel av en viss karaktär.
- **Off-take agreement:** Avtal som sluts mellan två parter som ger en garanterad avsättning av hela eller delar av produkten under en längre tidsperiod till ett fast pris.
- **Hållbarhetskriterier:** Kriterier som måste uppfyllas för att få räknas som en viss typ av drivmedel, som t.ex. kan vara kopplat till om det omfattas av andra styrmedel.

Inom varje kategori finns stora skillnader på hur de olika styrmedlen har implementerats i praktiken i olika länder, hur de kombinerats och inte minst vilka mål som har satts upp i relation till de använda styrmedlen (se tabell 15). Nedan följer en diskussion kring uppsatta mål, hur de implementerade styrmedlen påverkat spridningen av drivmedel, hur en viss kombination av styrmedel kan driva innovation, samt vilka typer av risker som styrmedel måste hantera. Baserat på vår analys presenterar vi sedan ett förslag på ett antal generella förutsättningar som behöver uppfyllas för att en effektiv styrmedelsmix skall kunna bedrivas på biodrivmedelsområdet.

Tabell 15. Sammanställning av de styrmedel som används i fallstudieländerna.

	Mål	Kvotplikt/ reduktionsplikt	Skattelättnader/ CO ₂ -skatt	Investerings- och demonstrations- stöd	Offentlig upphandling	Off-take agreement	Hållbarhets- kriterier
Sverige	2045 inga nettoutsläpp av GHG, Transportsektorn 70 % minskade GHG- utsläpp till 2030, 2,6–4,2 % för bensin 2018-2020, 19,3-21 % för diesel	Ja, reduktionsplikt från 1 juli 2018	Idag är biodrivmedel undantagna från CO ₂ -skatt och ges nedsatt eller ingen energiskatt. Med en införd reduktionsplikt försvinner dessa skattelättnader (utom för gasformiga bränslen, höginblandade eller rena biodrivmedel).	Ja	Ja i viss utsträckning	Nej	Ja – EU:s
Tyskland	3,5-6 % (2015-2020) CO ₂ -reduktion för biodrivmedel, Inget långsiktigt mål angivet.	Ja, reduktionsplikt	Utfasat sedan 2015	Ja	Nej	Nej	Ja - EU:s
Finland	Mål för biodrivmedel: 20 % år 2020 och 30 % 2030. Inhemsk användning av fossila drivmedel minska med 50 % till 2020 jämfört med 2005.	Ja kvotplikt – volym	Ja, differentierad på allt utanför kvoten	Ja	Nej	Nej	Ja – EU:s
Italien	Endast EUs mål om 10 % biodrivmedel 2020, varav 2 % avancerade år 2022.	Ja kvotplikt-volym	Nej, utfasat sedan 2010	Inte känt	Inte känt	Ja	Ja-EU:s
Norge	Inget specifikt långsiktigt mål för biodrivmedel (7 % i dagsläget). Ska minska GHG-utsläpp från transportsektorn med 15-25 % mellan 2010 och 2020	Ja, kvotplikt - volym	Ja, på allt utanför kvoten	Ja	Inte känt	Nej	Ja-EU:s
Storbritannien	EU:s mål om 10 % år 2020, samt förslag på särskild kvot för avancerade drivmedel: 0,1 % 2019 som stiger till 2,8 % 2032.	Ja, kvotplikt - volym	Nej	Ja	Inte känt	Nej	Ja- EU:s
USA	Öka produktionen till 36 miljarder gallons (från dagens 20) till år 2022.	Ja, kvot-Volym, differentierad för olika typer av bio-drivmedel	Ja	Ja, i kombination med lånegarantier	Inte känt	Nej	Krav på minsta GHG-reduktion för att räknas in i kvoten.
Kalifornien	10 % lägre CO ₂ -utsläpp för drivmedel år 2020 jämfört med 2010	Ja, reduktionsplikt. CO ₂ -differentierad	Ja	Ja, i kombination med lånegarantier	Ja	Nej	Ja, samma som USA
Kanada	5 % förnybar bensin och 2% förnybar diesel, infördes 2010/2011	Ja, kvot -volym	Nej	Ja	Inte känt	Nej	Nej
Brasilien	18 % biobränslen 2030	Ja, kvot - Volym	Nej	Ja	Inte känt	Nej	Nej

Tabell 16. Jämförande analys av olika styrmedelsalternativ och deras roll att stimulera till innovation och spridning.

	Primärt fokus	Länder	Fördelar	Nackdelar	Slutsats
Kvotplikt (kvot)/ reduktionsplikt (red)	Spridning av mogen teknologi	Tyskland (red), Finland (kvot), Italien, Sverige fr.o.m. 1 juli 2018 (red), Norge (kvot), Brasilien (kvot), USA (kvot)	Användbart för att sätta övergripande långsiktighet och vision för introduktionen av förnybara drivmedel Tränger undan fossila driv-medel En reduktionsplikt kan ge ett tydligt fokus på klimatnytta snarare än volym	Svårt att sätta exakta kvoter på lång sikt. Risk att kvoten blir ett tak Låga kvoter stimulerar inte byggnation av nya anläggningar Gynnar teknologier med låga investe- ringskostnader Inkluderar bara vissa drivmedel, svårt att hantera många på lika villkor. Nödvändigt men svårt att sätta en sepa- rat kvot på avancerade drivmedel efter- som de inte kan konkurrera på samma villkor.	Lämpligt styrmedel för att skapa en skyddad marknad för förnybara driv-medel med största möjliga klimatnytta. Konstruktionen gör att dessa biodrivmedel slipper utsättas av konkurrens mot fossila drivmedel och fluktuerande oljepriser som skapar osäkerhet hos investerare. Det är svårt att sätta rimliga reduktionsmål på kort och lång sikt. För låga mål skapar inga incitament, för höga mål kommer inte uppnås. Kvoten riskerar också att utgöra ett tak för biodrivmedel då det inte skapas incitament att gå utanför kvoten. En kvot behöver kompletteras med specifika styrmedel för demonstration samt uppskalning för att omogna teknologier med stor potential på längre sikt skall kunna utvecklas.
Skattelättnader/ CO ₂ -skatt	Spridning och i bästa fall uppskal- ning av teknologi- er med relativt låg risk och hög kli- matprestanda om en tydlig differen- tiering finns (HVO, biogas)	Tyskland, Finland, (Italien), Sverige, Norge, USA	En differentierad CO ₂ - skatt ger ett tydligt premium till det driv- medel med störst klimatnytta Skapar säkerhet för investerare om till- räckligt långsiktighet för styrmedlet finns	Begränsad erfarenhet, differentierad CO ₂ -skatt har hittills bara tillämpats i Finland Undantag har krävt EU-godkännande vilket inte skapat långsiktighet och förutsättningar för investeringar. Om skattenivåerna är låga får styrmedlet ingen större effekt.	En permanent CO ₂ -skatt med tydlig klimattedifferentiering och som höjs på ett förutsägbart sätt med jämna mellanrum har mycket stor potential till att sprida främst mogna teknologier, men kan även skapa tillräckliga incitament för uppskalning av teknologier med låg risk.
Investerings- och demonstrations- stöd	Forskning och demonstration	Finland, Tyskland, Sverige	Skapar förutsättningar för lärande om radikalt nya teknologier och utvecklingsvägar. Identifiering av utmaningar för vidare uppskalning.	För industriella demonstrationer utgör stödet en stor kostnadspost ur natio- nella forskningsbudgetar och behöver ofta kompletteras med särskilda sats- ningar. Höga kostnader gör det svårt att stödja många utvecklingsvägar	Investerings- och demonstrationsstöd är nödvändigt för att skapa förutsättningar för att kunna gå från forskning och ut- veckling till demonstration och omvänt. För radikalt ny tek- nologi är det dock otillräckligt för att överbrygga gapet mel- lan demonstration och marknad. För demonstrationer i kom- mersiell storlek täcker stödet endast den tekniska risken och inte den större marknadsrisken.

Offentlig upphandling	Främst spridning, men har viss potential för uppskalning	Sverige (i viss utsträckning), Kalifornien	Kan användas av regionala och andra statliga aktörer för att stimulera teknikutveckling och spridning.	Har främst använts för att stimulera spridning av miljöfordon (Sverige) Ingen tydlig effekt på teknikutveckling Risk att upphandlare håller sig till de lägsta kraven. Styrmedlet blir därigenom inte teknikdrivande. Ställer kunskapskrav på upphandlare.	Offentlig upphandling har vida diskuterats som ett lämpligt styrmedel för att stimulera innovation och spridning av nya teknologier. Det har dock främst använts för fordon och till mindre del för förnybara drivmedel. I de exempel vi har hittat har inga tuffa miljökriterier som skulle kunna vara teknikdrivande eller stimulera till uppskalning identifierats.
Off-take agreement (statligt garanterad avsättning)	Uppskalning av ny teknologi som har demonstrerats men behöver skyddas ytterligare för att tillräckligt lärande skall kunna ske innan den konkurrensutsetts mot etablerade teknologier på marknaden	Italien	Skapar säkerhet för investerare som vet var de kommer att få betalt för slutprodukten över en lång tid framöver Skapar ett nödvändigt lärande mellan teknikleverantörer och kunder för att driva ner kostnader på sikt	Teknikspecifik investering som kräver mycket kunskap av upphandlade myndighet Ett i stort sett oprövat instrument av myndigheter och departement, undantaget försvarsdepartementet. Kan vara svårt att säkerställa att styrmedlet uppfyller EU:s konkurrenskriterier.	Stora likheter med offentlig upphandling. Kan användas av stater och myndigheter för att handla upp ett specifikt drivmedel till ett fast pris över en viss tid. Prispress kan och bör byggas in i instrumentet för att säkerhetsställa att ett kontinuerligt lärande sker.
Hållbarhetskriterier	Begränsa spridning av teknologi med bristfälliga hållbarhetsprestanda	Alla studerade EU-länder samt Norge, USA och Kalifornien	Gynna drivmedel med bra hållbarhetsprestanda. Kriterierna kan påverka vilka biodrivmedel som utvecklas	Kräver mycket kunskap om olika hållbarhetsaspekter både för den som utformar styrmedlet och för den som producerar drivmedlen Svårt att utforma till följd av att det är komplexa aspekter som ingår och många parter som ska enas.	Viktigt instrument men det kvarstår många frågor kring hur man bäst utformar systemet, och vad det ska inkludera.

5.1 MÅL OCH SPRIDNING

Alla EU-länder har ett mål om 10 % biodrivmedel till år 2020. Många av de studerade länderna har mer ambitiösa målsättningar för transportsektorns omställning. Sverige hör till de länder som sticker ut mest, dels med målet om 70 % minskade växthusgasutsläpp från transportsektorn till 2030, dels med ett indikativt mål om 40 % växthusgasutsläppsminskning för alla drivmedel som omfattas av den nya reduktionsplikten. Även Finland och Brasilien har högt ställda mål för biodrivmedel generellt, medan USA har satt mycket höga målsättningar kopplade direkt till cellulosabaserade biodrivmedel. För dessa har en separat kvot funnits, även om dessa cellulosabaserade drivmedel inte förrän nyligen funnits tillgängligt på den amerikanska marknaden.

De två vanligast förekommande styrmedlen som används i de olika länderna för att stimulera spridning av biodrivmedel och för att uppnå de uppsatta målen har varit kvotplikt/reduktionsplikt samt skattelättnader. Kvot/reduktionsplikten har som fördel att en skyddad marknad mot fossila drivmedel skapas. Detta är viktigt då prisutvecklingen för fossila drivmedel är oklar. Det är också ett viktigt styrmedel för att undvika en urholkning av skattebasen på sikt, jämfört med om ett generellt skatteundantag ges för biodrivmedel. Med en kvot- eller reduktionsplikt undantas inte berörda biodrivmedel från skatt.

En variant på kvotplikten är att, i stället för en kvot uttryckt i volym, ange en reduktionsnivå i termer av växthusgasutsläpp som skall uppnås till ett visst datum. Detta är ett styrmedel som implementerats i Tyskland och Kalifornien och som kommer att implementeras i Sverige fr.o.m. juli 2018. Övriga studerade länder har en kvot, baserad på volym, och i många fall differentierade kvoter för olika typer av drivmedel (USA, Storbritannien, och Italien). Utöver dessa specifika kvoter får alla EU-länder använda sig av dubbelräkning för biodrivmedel baserade på avfallsströmmar eller restprodukter vid sin uppfyllnad av 10 %-målet. En uppenbar svårighet med kvotsystemet är att sätta en kvot för omogna teknologier eftersom det inte går att förutse hur fort teknikutvecklingen kommer gå och vilka volymer som kommer göras tillgängliga. Att sätta en kvot för mogna teknologier är betydligt enklare, men även där finns det en risk att kvoten sätts för lågt och i praktiken blir ett tak för teknikutvecklingen snarare än en drivkraft. I Tyskland, där ett inledande kvotpliktsystem nu ersatts med en reduktionsplikt, tycks detta ha blivit fallet.

Så även om kvoterna i någon mening etablerar nischmarknader är det ofta i praktiken marknader med hög priskonkurrens mellan olika alternativ. En kvot skapar inte automatiskt en ”skyddad” marknad som möjliggör för ny teknik att växa och mogna. Resultatet blir ofta istället att det är de mest konkurrenskraftiga drivmedlen på kort sikt som sprids inom ramen för en kvot, snarare än de med stor potential på längre sikt.

Att undanta biodrivmedel helt eller delvis från energi- och CO₂-skatt har varit ett framgångsrikt styrmedel i Sverige fram till 2017. Då drivmedelsskatterna i Sverige är relativt höga (jämfört med t.ex. USA) och utgör ca två tredjedelar av försäljningspriset har det varit en avgörande faktor för den snabba utvecklingen av biodrivmedel i Sverige. Skattenedsättningen har möjliggjort den snabba introduktionen av HVO i Sverige som idag är det drivmedel som dominerar marknaden. Styrmedlet har dock inte skapat goda förutsättningar för långsiktiga investeringar då undantaget från CO₂-skatt har erhållits ett år i taget.

5.2 POLICYMIXEN SPELAR ROLL FÖR INNOVATION

En viktig drivkraft för flertalet länders biodrivmedelspolitik, inte minst i Sverige, Finland, USA, Italien och Storbritannien, har varit att möjliggöra ett tekniskifte där drivmedel baserade på grödor kompletteras eller ersätts av drivmedel baserade på avfall eller cellulosabaserade restströmmar från jord- och skogsbruket. Avsikten är att öka resursbasen och undvika konflikter förknippade med att använda mat för drivmedelsproduktion.

Höga ambitioner och separata kvoter för avancerade drivmedel kan vara ett sätt att få fram cellulosabaserade biodrivmedel. Samtidigt har erfarenheten i USA visat att en hög kvot som inte uppnås leder till att straffavgifter måste betalas och att målsättningarna över tid justeras ner, vilket i sin tur leder till osäkerhet för investerare kring vilka regler som gäller. Erfarenheterna från Tyskland och Kalifornien visar också att en reduktionsplikt där drivmedel med högre klimatnytta premieras, inte automatiskt leder till en introduktion av cellulosabaserade drivmedel. I stället är det de drivmedel med bäst klimatpresentade som redan finns tillgängliga på marknaden som premieras.

Inom EU har man sedan länge försökt premiera drivmedel från restströmmar och avfall genom sitt system med dubbelräkning och genom att sätt ett tak för grödobaserade drivmedel på max 7 %. Systemet i sig har inte visat sig vara särskilt teknikdrivande. Det är istället kombinationen med de finländska och svenska stödsystemen som skapat tillräckliga förutsättningar för introduktionen av HVO. När tekniken var utvecklad spred den sig även till andra marknader.

En viktig slutsats är därför att en reduktionsplikt, och än mindre en kvotplikt, inte har varit tillräckligt teknikdrivande för att möjliggöra större tekniskiften som skulle kunna krävas för att introducera cellulosabaserade drivmedel. Det är endast i kombination med mycket stora investeringssubventioner och en separatkvot för cellulosabaserade drivmedel som introduktionen av den typen av drivmedel har gjorts möjlig i USA under den senaste tiden.

Ett alternativt sätt, som än så länge enbart används i Italien, är kombinationen med en ”off-take agreement” (en garanti) och en separat kvot för cellulosabaserade drivmedel. I det fallet har den italienska staten slutit ett avtal med en aktör för att bygga tre anläggningar, där man betalar ett fast pris för de drivmedel som produceras under en längre tidsperiod. Det görs samtidigt som en separat kvot skapas på marknaden för den här typen av drivmedel. Detta är ett mer effektivt sätt att driva fram ny teknologi för att skapa förutsättningar för att fylla kvoten/reduktionsplikten med en separat kvot för omogen teknologi. Förutom att det är ett mer effektivt sätt så är det troligtvis också mindre kostsamt för samhället.

Fördelen med en off-take agreement är att en aktör, i det här fallet staten, handlar upp teknologi som man tror har stor potential att bidra med kostnadseffektiva drivmedel i kombination med hög klimatnytta för att åstadkomma ett praktiskt lärande så att produktionskostnaderna kan bli lägre för de nästkommande anläggningarna. Liknande s.k. ”tendering system” har använts med varierande framgång för att få ner kostnaderna för havsbaserad vindkraft genom att låta olika aktörer tävla om kontrakt med fasta priser (del Río & Bleda 2012). En off-take agreement skulle också kunna jämföras med det prispremium-förslag som föreslogs i en av underlagsrapporterna till FFF-utredningen, men som aldrig blev verklighet. I ett sådant system får produktionsanläggningar av vissa typer av drivmedel ett prispremium under en tioårsperiod, vilket gör det attraktivt att investera i nya anläggningar.

Samtidigt är ett off-take agreement endast intressant under en begränsad period när det handlar om att få ner kostnaden för ny teknologi så att den kan konkurrera mot etablerade alternativ på lika villkor.

Ett annat problem med anbudsförfaranden ("tendering") är att dessa främst tenderar att gynna stora företag som har de ekonomiska förutsättningarna att hantera stora projekt och ett utdraget anbudsförfarande. Att ett projekt inte blir av efter långa förberedelser kan ofta vara en risk som en mindre aktör inte är villig att ta. De stora företagen har dessutom ofta bättre förutsättningar att hantera eventuella fördyringar av projekten (bl.a. p.g.a. en mer diversifierad portfölj av reala tillgångar), och därmed också ett incitament att ge lägre bud än deras mindre konkurrenter (Söderholm, 2009). Ett styrmedel som tenderar att mer eller mindre på förhand diskriminera mellan stora och mindre företag kan verka hämmande på innovationsförmågan.

Ett off-take system är också förknippat med en politisk risk eftersom upphandling görs av teknik som sedan kanske inte visar sig fungera eller att de tänka kostnadsreduktionerna över tid uteblir. Ett liknande system som skulle kunna användas är innovationsupphandling. Vi har dock inte kunnat hitta några exempel på att innovationsupphandling har använts för att skapa förutsättningar för att bygga anläggningar baserat på ny teknologi och med hög klimatprestanda. Det vanligaste sättet att använda sig av upphandling har varit för att stimulera spridningen av miljöbilar och förnybara drivmedel som redan finns på marknaden.

5.3 RISKER SOM POLITIKEN MÅSTE HANTERA

Två viktiga risker som styrmedel hanterar för att stimulera innovation och spridning på transportområdet är oljeprisrisken, d.v.s. konkurrensen mot fossila drivmedel, och den tekniska risken för nya innovativa lösningar. Politiken behöver även hantera den tekniska risken för innovativa lösningar med stor potential att bidra med nya drivmedel, t.ex. cellulosabaserade drivmedel. Baserat på de resonemang som förs ovan tror vi att det kan behövas en kombination av generella styrmedel, som en differentierad CO₂-skatt, alternativt en kvot- eller reduktionsplikt, i kombination med mer specifika styrmedel, t.ex. en off-take agreement⁵, som skapar förutsättningar för en uppskalning av omogen teknologi.

Utöver teknik- och oljeprisrisken behöver politiken naturligtvis hantera den politiska risken. Det innebär i praktiken att de system som implementeras måste gälla för enskilda aktörer över minst en tioårsperiod (Bitnere and Searle, 2017). Justeringar av enskilda kvoter behöver göras kontinuerligt, men den långsiktiga målsättningen måste ligga fast. Detsamma gäller off-take garantier där det behöver finnas långsiktiga avtal på minst en tioårsperiod för att försäkra sig om att investerare får tillbaka sina pengar (ibid.).

Att de biodrivmedel som stöds av olika styrmedel betraktas som hållbara ur olika perspektiv, är en annan aspekt som de politiska beslutsfattarna måste beakta. För att försäkra sig om att de styrmedel som införs för att stimulera bioraffinaderier och biodrivmedel verkligen uppnår den växthusgasminskning och klimatnytta som eftersträvas måste även styrmedel som säkerställer

⁵ Alternativet till att kombinera olika typer av specifika och generella styrmedel är att via stora subventioner och separata kvoter med höga straffavgifter tvinga fram innovativa lösningar. Det tror vi kan vara ett alternativt men dyrare system.

biodrivmedlens hållbarhet införs. Detta är skälet till de hållbarhetskriterier som finns idag. Eftersom hållbarhet omfattar både miljömässiga, sociala, och ekonomiska aspekter samt att påverkan i många fall inte går att generalisera, innebär detta en utmaning.

5.4 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR EN EFFEKTIV STYRMEDELSPOLITIK

Utifrån jämförelsen av de olika länderna tror vi oss se några generella förutsättningar som behöver uppfyllas för att en effektiv styrmedelsmix skall kunna bedrivas på biodrivmedelsområdet. Vi vill bland annat peka på behovet av:

- **Långsiktiga och höga ambitioner.** Utan tydliga och långsiktiga klimatambitioner med specifika mål för totala växthusgasreduktioner från transportsektorn kommer alla styrmedel och initiativ riskera att bli verkningslösa. En lågt satt kvot riskerar därmed att bli ett tak i klimatpolitiken och en låg CO₂-skatt med många undantag skapar svaga incitament för investeringar.
- **Industrialiseringsambitioner bör tydliggöras.** Alla typer av industrialiseringsambitioner bör tydliggöras och inte ”gömmas” i den allmänna klimatpolitiken. Om det finns sådana mål så kommer det att påverka och ställa högre krav på vilka styrmedel som bör väljas och vilket lärande som dessa stimulerar till.
- **Det behövs ett långsiktig och principiellt styrmedel som fungerar som en generell ”motor” i klimatpolitiken för att nå fossilfrihet i transportsektorn.** Litteraturen pekar ofta på att en hög CO₂-skatt är det bästa alternativet för en sådan motor, men p.g.a. EU:s regler har de flesta länder snarare valt en kvot- eller reduktionsplikt för utvecklingen av biodrivmedel.
- **En kombination av styrmedel behövs.** En styrmedelskombination behövs för att leda till innovation och maximal klimatnytta. ”Motorn” bör därför kompletteras, inte ersättas, med stödsystem med det specifika målet att ”utveckla ny teknik” så att mixen består av teknikstödjande (technology push), marknadsdrivande (technology pull) och systemövergripande styrmedel vars syfte är att åstadkomma ett lärande så att existerande lagar och regler kan anpassas till den nya tekniken.
- **Stöd till off-take via en prispremium eller en separat kvot kan behövas.** För att möjliggöra tekniker med stor potential på lång sikt kan det behövas stöd till uppskalning och spridning av nya tekniker, t.ex. till demonstrationsanläggningar. Det kan även vara nödvändigt att komplettera med en separat kvot och/eller off-take garantier för särskilt önskvärda lösningar. En kombination av specifika och generella styrmedel kan vara ett mer kostnadseffektivt sätt att stimulera utvecklingen av ny teknologi än att sätta höga kvoter för specifika drivmedel som inte finns tillgängliga på marknaden och ge stora demonstrationsstöd när det är marknadsrisken som behöver adresseras.
- **Premiera tydlig klimatnytta:** Alla drivmedel (inklusive de fossila) har olika klimatpåverkan och bör därför behandlas enligt en ”polluter pay principle”.
- **Tydliga och långsiktiga hållbarhetskriterier.** Styrmedelsmixen behöver även innehålla styrmedel som säkerställer att de biodrivmedel som stimuleras är att betrakta som hållbara ur olika perspektiv. Detta för att försäkra att den klimatnytta som eftersträvas verkligen

uppnås. För att inte riskera att öka osäkerheterna kring vilka biodrivmedel som kommer att omfattas av befintliga styrmedel är det viktigt att hållbarhetskriterierna är långsiktigt utformade.

- **Kunskap om implementering och samverkan** mellan specifika och generella styrmedel. Effekten av ett specifikt styrmedel kan bli väldigt olika beroende på hur det implementeras och vilka andra styrmedel som det samverkar med. Det finns därför ett behov av att stärka kunskap och forskning kring implementering och utformning i kombination med behovet av att stärka reglerarnas kunskap om det specifika området. **Kunskap och lärande är avgörande för att nå önskvärda effekter.**

REFERENSER

Abernathy, W.J. & Utterback, J.M., 1978. Patterns of Industrial Innovation. *Technology Review*, (June/July), pp.40–47.

Agranet, 2016. The EU biofuels demand: Stagnation in 2017, Growth in 2017. Tillgänglig: <https://www.agra-net.com/agra/world-ethanol-and-biofuels-report/features/the-eu-biofuels-demand-stagnation-in-2016-growth-in-2017--1.htm>

Berglin & von Schenck 2012. Mapping of biofuels R&D in Brazil. Tillgänglig: www.f3centre.se.

BilSweden, 2012. Statistik, miljöbilar. Tillgänglig: www.bilsweden.se/ny_statistik/miljobilar

Bioenergy 2020+ 2017. Sammanställning över biodrivmedelsanläggningar. Tillgänglig: <http://demoplants.bioenergy2020.eu/>

Bitnere, K., & Searle, S., 2017. Effective policy design for promoting investment in advanced alternative fuels. White paper, The international council on clean transportation (ICCT), September 2017.

Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG, 2013. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG). Tillgänglig (på tyska): www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschg/gesamt.pdf.

California Energy Commission, 2017. Ethanol in California [WWW Document]. Tillgänglig: http://www.energy.ca.gov/almanac/transportation_data/ethanol.html (besökt 2017-10-13).

Christensen, C.M., 1997. *The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail*, Boston, Massachusetts: Harvard Business School.

DBFZ, 2016. Monitoring Biokraftstoffsektor. Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH.

del Río, P. & Bleda, M., 2012. Comparing the innovation effects of support schemes for renewable electricity technologies: A function of innovation approach. *Energy Policy*, 50(0), pp.272–282. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512005952>.

Dessureault D., 2016. Global Agricultural Information Network 2016, Canada-Biofuels Annual.

Dyab, L. och Gloria, V., 2017, Implications of different policy instruments on the diffusion of biofuels for road transports - Comparative case studies between Germany and Finland, Examensarbete, Chalmers, Göteborg.

Energimyndigheten, 2014a. Marknaderna för biodrivmedel 2014. ER 2014:27.

Energimyndigheten, 2014b. *Teknologiska innovationssystem inom energiområdet: En praktisk vägledning till identifiering av systemsvagheter som motiverar särskilda politiska åtaganden*, ER 2014:23, Eskilstuna: Energimyndigheten.

Energimyndigheten, 2016a. Förslag till styrmedel för ökad andel biodrivmedel i bensin och diesel - En rapport inom uppdraget Samordning för energiomställning i transportsektorn. ER 2016:30.

Energimyndigheten, 2016b. Marknaderna för biodrivmedel 2016. ER 2016:29.

Energimyndigheten, 2017. Energiindikatorer 2017 ER 2017:9.

Environmental Entrepreneurs. (2017). E2 Advanced Biofuel Market Report 2014 Executive Summary.

EPA(United States Environmental protection agency), 2015. Final Renewable Fuel Standards. Tillgänglig: <http://www2.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/final-renewable-fuel-standards-2014-2015-and2016-and-biomass-based> (Hämtad 2015-12-01).

EPA (United States Environmental protection agency), 2017. Renewable Fuel Standard Program. Tillgänglig: <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/overview-renewable-fuel-standard>

European Commission, 2014. Guidelines on State aid for environmental protection and energy 2014 -2020. Official Journal of the European Union. doi:10.1016/j.nucengdes.2011.01.052

Eurostat, 2016. SHARES 2014 results. Tillgänglig: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>

Eurostat, 2017. SHARES 2015 - preliminary results. Tillgänglig: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>

Fallde, M., Eklund, M., 2014. Towards a sustainable socio-technical system of biogas for transport: the case of the city of Linköping in Sweden. J. Clean. Prod. doi:10.1016/j.jclepro.2014.05.089

Federal Immission Control Act, 2009. Act on the Prevention of Harmful Effects on the Environment Caused by Air Pollution, Noise, Vibration and Similar Phenomena (Federal Immission Control Act - BImSchG) (Bundes-Immissionsschutzgesetz) Tillgänglig: www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/english/pdf/application/pdf/bimschg_en_bf.pdf

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, (2016). Climate Action Plan 2050. Principles and goals of the German's government climate policy. Tillgänglig: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutzplan_2050_en_bf.pdf

Federal Republic of Germany, 2015. Progress report under Article 22 of Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources. Third progress report. Federal Republic of Germany. Tillgänglig: <https://ec.europa.eu/energy/en/renewable-energy-transparency-platform>

Finlands regering, 2016. Finland's third progress report under article 22 of Directive 2009/28/ec. 5 February 2016. Ref. Ares(2016)766889 - 12 February 2016. TEM/280/08.10.02/2016.

Finlex, 2013. Lag om främjande av användningen av biodrivmedel för transport. Tillgänglig: www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2007/20070446

Flanagan, K., Uyarra, E. & Laranja, M., 2011. Reconceptualising the “policy mix” for innovation. *Research Policy*, 40, pp.702–713.

Furusjö, E., Lundgren, J., (2017). *Utvärdering av produktionskostnader för biodrivmedel med hänsyn till reduktionsplikten*. Rapport nr 2017:17, f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara transportbränslen. Tillgänglig på www.f3centre.se.

Gawel, E. et al., 2016. *The Rationales for Technology-Specific Renewable Energy Support: Conceptual Arguments and their Relevance for Germany*, Leipzig, Germany.

Geels, F.W., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31, pp.1257–1274.

Geels, F.W., 2005. The Dynamics of Transitions in Socio-technical Systems: A Multi-level Analysis of the Transition Pathway from Horse-drawn Carriages to Automobiles. *Technology Analysis & Strategic Management*, 17(4), pp.445–476.

Geels, F.W., 2011. The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environ. Innov. Soc. Transitions* 1, 24–40. doi:10.1016/j.eist.2011.02.002

Geels, F.W., 2014. Reconceptualising the co-evolution of firms-in-industries and their environments: Developing an inter-disciplinary Triple Embeddedness Framework. *Research Policy*, 43(2), pp.261–277.

Government of Italy, 2015. Italy’s Third Progress Report under Directive 2009 / 28 / EC.

Grahn, M. & Hansson, J., 2015. Prospects for domestic biofuels for transport in Sweden 2030 based on current production and future plans. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 4(3), pp.290–306.

Gröna Bilister, 2012. Miljöbilsdefinitionen – dessa bilar omfattas. Tillgänglig: <http://www.gronabilister.se/26/4-grona-bilister-miljobilsdefinitionen-dessa-bilar-om> (besökt: 2018-03-07)

Grönkvist, S., Peck, P., Silveira, S., Åkerman, J., Larsson, M., and Khedkar, P. (2013) *Policy Instruments Directed at Renewable Transportation Fuels – An International Comparison*. Report No 2013:15, f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Sweden. Available at www.f3centre.se.

Guan, Z., & Oh, J., 2015. United States Biofuel Policies : Overview and Discussion. Institute of Food and Agricultural Sciences, 1–4.

Hansson, J., och Grahn, M., 2013. Utsikt för förnybara drivmedel i Sverige. Uppdatering och utvidgning av studien ”Möjligheter för förnybara drivmedel i Sverige till år 2030” av Grahn och Hansson, 2010. IVL Rapport B2083.

Hellsmark, H., Frishammar, J., et al., 2016. The role of pilot and demonstration plants in technology development and innovation policy. *Research Policy*, 45(9), pp.1743–1761.

- Hellsmark, H., Mossberg, J., et al., 2016. Innovation system strengths and weaknesses in progressing sustainable technology: the case of Swedish biorefinery development. *Journal of Cleaner Production*, 131, pp.702–715.
- Howlett, M. & Rayner, J., 2007. Design Principles for Policy Mixes: Cohesion and Coherence in “New Governance Arrangements.” *Policy and Society*, 26(4), pp.1–18.
- Howlett, M. & Rayner, J., 2013. Patching vs Packaging in Policy Formulation: Assessing Policy Portfolio Design. *Politics and Governance*, 1(2), pp.170–182.
- Huguenin, A. & Jeannerat, H., 2017. Creating change through pilot and demonstration projects: Towards a valuation policy approach. *Research Policy*, 46(3), pp.624–635. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2017.01.008>.
- IEA Bioenergy, 2017. Database on facilities for the production of advanced liquid and gaseous biofuels for transport. Tillgänglig: <http://demoplants.bioenergy2020.eu/>
- IEA, 2009. *Biorefineries: adding value to the sustainable utilisation of biomass*, IEA Bioenergy: task 42, 2009:01.
- IEA, 2015. *Energy Technology Perspectives 2015*, Paris: International Energy Agency.
- IPCC, 2011. *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- Kemp, R., Schot, J. & Hoogma, R., 1998. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management. *Technology Analysis & Strategic Management*, 10(2), pp.175–196.
- Lundvall, B.-Å. & Johnson, B., 1994. The Learning Economy. *Journal of Industry Studies*, 1(2), pp.23–42.
- Lönnqvist, T., Ammenberg, J., Grönkvist, S., Anderberg, S., Sandberg, T. 2017. Biogas in the transport sector – an actor and policy analysis. Report No 2017:10, f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Sweden. Available at <http://www.f3centre.se>.
- Lönnqvist, T., 2017. Biogas in Swedish transport – a policy-driven systemic transition. KTH - Royal Institute of Technology.
- Lönnqvist, T., Grönkvist, S., Sandberg, T., 2017. Forest-derived methane in the Swedish transport sector: A closing window? *Energy Policy* 105, 440–450.
- Markard, J., Raven, R. & Truffer, B., 2012. Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, 41(6), pp.955–967.
- Martin, M. and Lazarevic, D. (2015) *A Review of North American Biofuel Production, Policies and Research*. Report No 2015:06, f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Sweden. Available at www.f3centre.se.

Mazzucato, M., 2016. From market fixing to market-creating: a new framework for innovation policy. *Industry and Innovation*, 23(2), pp.140–156.

Miljodirektoratet, 2018. Fakta om biodrivstoff.

<http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2017/Februar-2017/Fakta-om-biodrivstoff1/>

Ministry of Economic Affairs and Employment, 2016. Strategy outlines energy and climate actions to 2030 and beyond. Tillgänglig: https://tem.fi/en/article/-/asset_publisher/strategia-linjaa-energia-ja-ilmastotoimetvuoteen-2030-ja-eteenpain (besökt 2017-04-30)

Ministry of Economic Affairs and Employment, 2017. Government report on the National Energy and Climate Strategy for 2030. Tillgänglig: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79247/TEMjul_12_2017_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1

Moorhouse, J., & Wolinetz, M. (2016). Biofuels in Canada : Tracking progress in tackling greenhouse gas emissions from transportation fuels.

National biodiesel board, 2017. Biodiesel production plant-Interactive location map. Tillgänglig: <http://biodiesel.org/production/plants/plant-maps>

Naubahar, S., 2006. Emergence and development of the National Innovation Systems concept. *Research Policy*, 35(5), pp.745–766.

Nelson, R.R. & Winter, S.G., 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Massachusetts and London: The Belknap Press of Harvard University Press.

Newell, D., Sandström, A. & Söderholm, P., 2017. Network management and renewable energy development: An analytical framework with empirical illustrations. *Energy Research and Social Science*, 23, pp.199–210.

Nobio 2017. Norsk bioenergiförening. www.nobio.no

Norges regering, 2017. Meld. St. 33 (2016–2017) Nasjonal transportplan 2018–2029. Tillgänglig: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20162017/id2546287/sec1>

Official Journal of the European Union, 2003. *COUNCIL DIRECTIVE 2003/96/EC of 27 October 2003 restructuring the Community framework for the taxation of energy products and electricity*, Official Journal of the European Union.

Official Journal of the European Union, 2003. *COUNCIL DIRECTIVE 2003/96/EC of 27 October 2003 restructuring the Community framework for the taxation of energy products and electricity*. Official Journal of the European Union.

OPIS (Oil price Information Service), 2017. RenovaBio: A Paradigm Shift for Biofuels in Brazil. Tillgänglig: http://www.udop.com.br/download/noticias/2017/24_07_17_artigo_renovabio.pdf

Peck, P., Grönkvist, S., Hansson, J., Lönnqvist, T. and Voytenko, Y. (2016) *Systemic constraints and drivers for production of forest-derived transport biofuels in Sweden – Part A: Report*. Report No 2016:09A, f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Sweden. Available at www.f3centre.se.

Reichardt, K. & Rogge, K., 2016. How the policy mix impacts innovation: Findings from company case studies on offshore wind in Germany. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 18, pp.62–81.

Renewable fuel association, 2017. Ethanol producing plants in United States. Tillgänglig på: www.ethanolrfa.org/resources/biorefinery-locations/

Res Legal Europe, 2017. Biofuel quota (distribution obligation system). Tillgänglig: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/finland/single>

Rosenberg, N., 1983. *Inside the black box: Technology and economics*, Cambridge: Cambridge University Press.

Schot, J. & Steinmueller, W.E., 2016. *Framing Innovation Policy for Transformative Change : Innovation Policy 3 .0*,

SFS, Svensk författningssamling, 2004. Förordning (2004:1364) om myndigheters inköp och leasing av miljöbilar.

SFS, Svensk författningssamling, 2005. Lag (2005:1248) om skyldighet att tillhandahålla förnybara drivmedel.

SFS, Svensk författningssamling, 2006. Förordning (2006:1591) om statligt stöd till åtgärder för främjande av distribution av förnybara drivmedel

SFS, Svensk författningssamling, 2009. Förordning (2009:1) om miljö- och trafiksäkerhetskrav för myndigheters bilar och bilresor.

SFS, Svensk författningssamling, 2011. Förordning (2011:1590) om supermiljöbilspremie.

SFS, Svensk författningssamling, 2016. Lag (2006:228) med särskilda bestämmelser om fordonsskatt.

Skatteverket, 2017. Skattebefrielse för biodrivmedel. Tillgänglig: <https://www.skatteverket.se/foretagochorganisationer/skatter/punktskatter/energiskatter/energiskatter/erpabranslen/skattebefrielseforbiodrivmedel.4.2b543913a42158acf800021393.html> (besökt 2017-09-28).

SPBI (Svenska Petroleum och Biodrivmedel Institutet), 2018. Försäljningsställen för förnybara drivmedel. Tillgänglig: <http://spbi.se/statistik/forsaljningsstallen/forsaljningsstallen-med-fornybara-drivmedel/> (besökt 2018-03-07).

Statistisk Sentralbyrå 2017. Production and consumption of energy, energy balance. Tillgänglig: <https://www.ssb.no/en/energi-og-industri/statistikker/energibalanse/aar-endelige>

Stockholms Läns Landsting, 2017. Trafikförvaltningens miljöredovisning 2016, TN 2015-1526-25TN.

Sveriges Regering, 2014. Promemoria om att lagen om kvotplikt för biodrivmedel och relaterade bestämmelser i lagen om skatt på energi utgår. Stockholm.

Sveriges Regering, 2017a. Regeringens proposition 2016/17:146. Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige.

Sveriges Regering, 2017b. Regeringens proposition 2017/18:1. Budgetpropositionen för 2018 Förslag till statens budget för 2018, finansplan och skattefrågor. Tillgänglig: <http://www.regeringen.se/4a67df/contentassets/79f6d27416794f0bb146c792e02b65fc/forslag-till-statens-budget-for-2018-finansplan-och-skattefragor-kapitel-1-11-bilagor-1-18.pdf>

Sveriges Riksdag, 2017. Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige. Tillgänglig: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/arende/betankande/ett-klimatpolitiskt-ramverk-for-sverige_H401MJU24.

Söderholm, P., 2009. Styrmedel för havsbaserad vindkraft, Energimyndigheten, ER2009:09, Eskilstuna.

Söderholm, P. et al., 2018. Transformative Change for Sustainability: The Role of Network Management in the Innovation Policy Mix. *Technological Forecasting & Social Change*, Under review.

The European Parliament and the Council of the European Union, 2015. *DIRECTIVE (EU) 2015/1513 Amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources*,

The European Parliament and the Council of the European Union, 2009. *Directive 2009/28/EC. Promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. L 140/16 EN(5.6.2009).*, Brussels: Official Journal of the European Union.

The European Parliament and the Council of the European Union, 2015. *DIRECTIVE (EU) 2015/1513 Amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources*, Official Journal of The European Union. Tillgänglig: http://eur-lex.europa.eu/pri/en/oj/dat/2003/l_285/l_28520031101en00330037.pdf

The European Parliament and the Council of the European Union, 2009. *Directive 2009/28/EC. Promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. L 140/16 EN(5.6.2009).* Brussels: Official Journal of the European Union.

The European Parliament and the Council, 2009. *Directive 2009/30/EC*, Official Journal of the European Union.

Thompson, P., 2010. Chapter 10 - Learning by Doing. In H. H. Bronwyn & R. Nathan, eds. *Handbook of the Economics of Innovation*. North-Holland, pp. 429–476. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169721810010105>.

Tillväxtanalys 2013. Policies for biofuels in Brazil and the US. Tillgänglig: <https://www.tillvaxtanalys.se/publikationer/pm/pm/2013-05-02-policies-for-biofuels-in-brazil-and-the-us----an-analysis-of-innovation-strategies-actors-and-governance.html>

- TOI (Institute of transport economics), 2012. Greenhouse Gas Abatement in the Norwegian Transport Sector. Underlagsrapport till FFF-utredningen.
- TSFS, Transportstyrelsens författningssamling, 2012. Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om supermiljöbilspremie; beslutade den 24 maj 2012. TSFS 2012:37.
- Tushman, M.L. & Anderson, P., 1986. Technological Discontinuities and Organizational Environments. *Administrative Science Quarterly*, 31(3), pp.439–465.
- UFOP, 2016. Biodiesel 2015/2016. Sachstandsbericht und Perspektive - Auszug aus dem UFOP-Jahresbericht. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen.
- UK Department for Transport, 2017. The Renewable Transport Fuel Obligations Order Government response to the consultation on amendments. Tillgänglig: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/644843/renewable-transport-fuel-obligations-order-government-response-to-consultations-on-amendments.pdf
- UK Government 2016. Third Progress Report on the Promotion and Use of Energy from Renewable Sources for the United Kingdom. Ref. Ares(2016)319237 - 21/01/2016
- US Department of Energy, 2017. Alternative fuels data Center [WWW Document]. URL <https://www.afdc.energy.gov/fuels/laws/BIOD/CA> (accessed 10.13.17).
- US Department of Energy, 2017. Alternative fuels data Center.
- US Department of Energy, 2017. Information tillgänglig från www.eia.gov
- Utterback, J.M., 1994. *Mastering the dynamics of innovation: how companies can seize opportunities in the face of technological change*, Boston: Harvard Business School Press.
- VDB (Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie), 2017. Personal correspondence with VDB.
- Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie, 2016. Tillgänglig: www.biokraftstoffverband.de/tl_files/download/Grafiken_und_Bildmaterial/14-08-22%20THG-Quote%20Info%20Grafik.pdf
- Westerberg, N., 2017. Presentation vid Energimyndighetens Forum hållbara bränslen 2017-09-21. http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/hallbara-branslen/presentationer/hallbarhetslagen_noak.pdf
- Wilson, C., 2012. Up-scaling, formative phases, and learning in the historical diffusion of energy technologies. *Energy Policy*, 50, pp.81–94.

