



Nr C 417
Juni 2019

Incitament och finansiering av Bio-CCS i Sverige

Lars Zetterberg, Lovisa Källmark, Kenneth Möllersten

Författare: Lars Zetterberg, Lovisa Källmark, Kenneth Möllersten

Medel från: Klimatpolitiska vägvalsutredningen och Mistra

Rapportnummer C 417

ISBN 978-91-7883-069-5

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2019**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00. www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

1. Sammanfattning	4
2. Inledning	6
2.1 Klimatpolitiska vägvalsutredningen (M 2018:07)	6
2.2 Syfte och innehåll.....	6
3. Bakgrund.....	7
4. Incitament och målgrupper	8
4.1 Incitament – hur och var?.....	8
4.3 Potentiella aktörer och köpare av Bio-CCS	11
4.4 Additionalitet	12
4.5 Olika faser för införande av Bio-CCS	13
5. Analys av olika systemlösningar	13
5.1 System 1. Staten som köpare av Bio-CCS-reduktioner	14
5.2 System 2. Kvotplikt kopplat till fossila bränslen.....	15
5.3 System 3. Kvotplikt på avfalls-producenter eller förbränningsanläggningar	18
5.4 System 4. Ett reformerat EU-ETS som tillåter Bio-CCS-krediter.....	20
5.5 System 5. Frivilliga aktörer som vill klimatkompensera.....	23
6. Slutsatser	24
7. Referenser.....	26

1. Sammanfattning

Det svenska klimatmålet innebär att Sveriges territoriella utsläpp ska minska med minst 85% till år 2045. Återstående utsläpp, preliminärt ca 10,8 Mt/år behöver Sverige åstadkomma genom så kallade "kompletterande åtgärder". De möjliga kompletterande åtgärder vi känner till i dag är främst ökade upptag av koldioxid i skog och mark, verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder samt biogen koldioxidinfångning och lagring, Bio-CCS. I det sammanhanget bedöms Bio-CCS vara ett viktigt alternativ. Det finns idag ingen naturlig efterfrågan på Bio-CCS, vilket innebär att den behöver skapas.

Syftet med denna rapport är att analysera och lämna förslag till den klimatpolitiska vägvalsutredningen (M 2018:07) om olika typer av styrmedel som potentiellt skulle kunna bidra till att skapa incitament och finansieringsunderlag för ett genomförande av Bio-CCS. Den totala potentialen för Bio-CCS i Sverige uppskattas enligt två olika studier till 13 - 23 Mt/år till en kostnad av ca 80 - 90 Euro per lagrat ton CO₂. En tredje studie anger ett kostnadsspann på omkring 75–250 Euro per ton lagrad CO₂.

Rapporten diskuterar olika principer för att skapa incitament och kommer fram till att *Polluter Pays Principle* (PPP) inte är direkt tillämplig eftersom det inte rör sig om utsläpp utan om motsatsen - negativa utsläpp, vilket utgör en samhällsnytta. Det kan därför vara mer relevant att tala om en *Beneficiary Pays Principle* (BPP), det vill säga att den som erhåller nyttan av Bio-CCS bör betala. Eftersom negativa utsläpp är en gemensam nytta skulle betalningen kunna ske via statsbudgeten. Men ur ett finansieringsperspektiv kan man ändå ställa krav på de som släpper ut växthusgaser att finansiera Bio-CCS. Utifrån denna principiella diskussion har olika aktörsgrupper identifierats och fem olika systemansatser för finansiering av Bio-CCS har analyserats.

System 1 innebär att staten finansierar Bio-CCS direkt genom att ingå långsiktiga avtal med Bio-CCS-producenter. Om man antar att Bio-CCS kostar 1000 kr/ton lagrad CO₂ skulle en uppköpt volym på 1 miljon ton per år kosta staten 1 miljard kronor per år. Systemet har fördelen att det kan användas i ett inledningsskede när det inte finns etablerade Bio-CCS-producenter. En annan fördel är att staten kan styra hur stora volymer man vill köpa. En nackdel med ansatsen är att kostnaderna riskerar att bli höga för staten.

System 2 innebär att man lägger en kvotplikt på fossilbränsleleverantörer att köpa och lämna in Bio-CCS-certifikat motsvarande en del av deras försäljning av fossila bränslen, som ju leder till utsläpp när de används. Ett räkneexempel visar att om en kvotplikt införs år 2021 motsvarande 10 % av koldioxidutsläppen från fossila drivmedel skulle det innebära en efterfrågan på Bio-CCS-certifikat med ca 1,6 Mt/år.

System 3 innebär att man lägger en kvotplikt på avfallsproducenter eller avfallsförbränningsanläggningar att köpa och lämna in Bio-CCS-certifikat motsvarande en del av den fossila koldioxiden som uppstår från förbränningen av plasten i avfallet. Ett räkneexempel visar att om en kvotplikt införs motsvarande 50% av de fossila koldioxidutsläppen från

avfallsförbränningen skulle det innebära en efterfrågan på Bio-CCS-krediter på motsvarande ca 1,7 Mt CO₂/år.

Systemen med kvotplikt har fördelarna att betalningsunderlaget är stort, i alla fall inledningsvis, och att tillräckliga höga intäkter kan skapas för att finansiera en påtaglig volym av Bio-CCS i Sverige. En möjlig nackdel med dessa system är att betalningsunderlaget, de fossila utsläppen, förväntas minska fram till 2045.

System 4 innebär att deltagare inom det europeiska utsläppshandelssystemet, EU ETS, ges möjlighet att klara sina åtaganden genom att köpa Bio-CCS-krediter. Systemet har fördelen att efterfrågan kan bli väldigt stor, uppemot 10 till 20 Mt CO₂ per år. En nackdel är att Sverige inte har rådighet över vad som blir tillåtet i EU ETS. Om det skulle bli tillåtet är det sedan svårt att veta hur stor efterfrågan kommer att bli, något som styrs av kostnadsbilden i Sverige jämfört med den internationella kostnadsbilden för Bio-CCS och för andra typer av utsläppsreduktioner inom EU ETS.

System 5, frivillig klimatkompensering, har fördelen att den kan fånga in icke-territoriella utsläppskällor, som t ex internationella flygresor, som inte täcks av övriga systemförslag. Nackdelen är att den utgör en osäker grund för att finansiera Bio-CCS. Dessutom är det tveksamt om åtgärderna skulle leda till nettominskade utsläpp av koldioxid, eftersom den som frivilligt kompenserar kanske hade valt ett annat sätt att kompensera sina utsläpp om denne inte valt Bio-CCS-krediter.

Man kan även tänka sig en hybridlösning där staten (system 1) fortvarigt utgör den huvudsakliga uppköparen av Bio-CCS samt inför kvotpliktssystemen (system 2 och 3) för att skapa intäkter till staten.

2. Inledning

Avskiljning och lagring av koldioxid (Carbon dioxide Capture and Storage, CCS) har i första hand diskuterats som en möjlighet att åtgärda utsläpp från fossilbränslebaserade processer. CCS tillämpat på koldioxidutsläpp från processer som är baserade på biomassa (Bio-Energy with CCS, Bio-CCS) har diskuterats som koncept sedan sent 1990-tal men intresset har intensifierats avsevärt de allra senaste åren. Det ökade intresset beror på att tekniken potentiellt kan förbättra förutsättningarna att klara ambitiösa klimatmål (såväl globalt som regionalt och nationellt). Ett relativt omfattande vetenskapligt underlag om Bio-CCS har byggts upp under de senaste 20 åren om teknisk-ekonomiska prestanda för möjliga Bio-CCS-tekniker. Litteraturen omfattar även Bio-CCS potentiella roll i globala utsläppsscenarioer som visar hur långsiktiga temperaturmål kan nås samt under de senaste åren om miljö- och resursmässiga begränsningar. Något som däremot saknas och som också efterfrågas i denna litteratur är kunskapen om styrmedel, incitamentsstrukturer och förutsättningar för att införa och utveckla Bio-CCS.

2.1 Klimatpolitiska vägvalsutredningen (M 2018:07)

Regeringen har gett en särskild utredare uppdraget att föreslå en strategi för hur Sverige ska nå negativa utsläpp av växthusgaser efter 2045. Uppdraget ska redovisas till Regeringskansliet senast den 31 januari 2020. Utredaren ska undersöka hur bland annat ökade upptag av koldioxid i skog och mark, avskiljning och lagring av koldioxid med biogent ursprung (Bio-CCS) och verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder kan och bör bidra till detta. Utredaren ska föreslå hur incitament kan skapas och hinder undanröjas för önskvärd utveckling. Syftet med utredningen är att främja uppfyllandet av målen i det klimatpolitiska ramverket med särskilt fokus på att uppnå negativa utsläpp efter 2045.

2.2 Syfte och innehåll

Syftet med denna rapport är att analysera och lämna förslag till utredningen om olika typer av styrmedel som potentiellt skulle kunna bidra till att skapa incitament och finansieringsunderlag för ett genomförande av Bio-CCS. Rapporten ger, baserat på litteraturstudier, en bakgrund för Bio-CCS i Sverige och internationellt inklusive förutsättningar och potentiella volymer för Bio-CCS (Kapitel 3). Rapporten diskuterar hur incitament kan skapas för Bio-CCS, ger förslag på vilka styrmedel som skulle kunna användas för ändamålet och sätter de föreslagna styrmedlen i relation till tänkbara aktörsgrupper som skulle kunna stå för genomförandet av bio-CCS (kapitel 4). Utifrån detta beskriver och analyserar rapporten fem alternativa styrmedelsansatser som skulle kunna skapa incitament och finansieringsunderlag för Bio-CCS (kapitel 5). Ansatserna analyseras utifrån hur de kan skapa incitament och finansieringsunderlag, vilka potentiella volymer av Bio-CCS-reduktioner som ansatserna kan leda till, samt vilka aktörsgrupper som skulle finansiera dem. En

av ansatserna beskriver specifikt hur EU ETS kan förändras så att systemet ger incitament för Bio-CCS och hur det skulle interagera med befintliga mekanismer som handelssystemets marknadsstabilitetsreserv. Genomgången beskriver hur EU ETS behöver reformeras så att användandet av Bio-CCS inte leder till att utsläppen flyttar till andra delar av EU.

Arbetet baseras på litteraturstudier (kapitel 3), samt på intervjuer och arbetsmöten med experter i Sverige och utomlands (kapitel 4 och 5). Uppdraget har utförts av Lars Zetterberg, Lovisa Källmark och Kenneth Möllersten på IVL under perioden december 2018 till april 2019.

3. Bakgrund

Nästan alla globala scenarier som beskriver en utveckling som är förenlig med 1,5-gradersmålet, samt flertalet scenarier som är förenliga med 2-gradersmålet, inkluderar Bio-CCS. Det finns sedan ett fåtal scenarier som istället lägger tyngre vikt på sänkor inom i LULUCF-sektorn (Rogelj, m.fl., 2018).

Endast ett fåtal publikationer berör behovet av incitamentsstrukturer för Bio-CCS¹. Torvanger (2018) menar att det är anmärkningsvärt att det har publicerats så lite forskning kring negativa utsläppsteknologier med tanke på hur viktiga de är för att nå Parisavtalets mål. Rapporten pekar framförallt på frånvaron av forskning om incitamentsstrukturer för Bio-CCS. Vidare menar författaren att det finns ett antal andra frågor som behöver utredas närmare för att Bio-CCS-teknik ska kunna införas i Sverige. Det handlar bland annat om fysiska lagringsmöjligheter i Sverige och i Sveriges närhet, kostnader samt systemstudier på olika nivåer. Ur ett globalt perspektiv ifrågasätter han om de antagna volymerna för ambitiösa långsiktiga temperaturmål² verkligen kan genomföras och upprätthållas, samt hur dessa relaterar till icke önskvärda socioekonomiska effekter och negativ miljöpåverkan (exempelvis vattenförbrukning, samspel med energisystemet och markanvändning). Det finns vidare styrmedel på plats (såsom EU ETS) och regleringar på såväl svensk som EU- och internationell nivå (såsom Londonkonventionen) som på olika sätt inverkar på förutsättningarna för utveckling och genomförande av Bio-CCS i Sverige.

Grönkvist et al (2008) har uppskattat den totala potentialen från massa- och pappersindustri i Sverige till 23 Mt/år och från kraft- och värmeproduktion till 13 Mt/år, (både biogen och fossil CCS). I en nyare studie har Garðarsdóttir et al. (2018) undersökt potentialen för Bio-CCS och CCS för anläggningar med utsläpp som motsvarar eller överstiger 500 ktCO₂/år. Studien kommer fram till att den totala potentialen för BIO-CCS i de 17 massa- och pappersanläggningar som inkluderas i studien motsvarar 13,6 Mt CO₂ per år. I studien kommer forskarna fram till att den totala investeringskostnaden och driftskostnaden för Bio-CCS blir 61,8 Euro per ton infångad CO₂, ej

¹ bl.a. Grönkvist S, Möllersten K, Pingoud K (2006). Equal opportunity for avoided CO₂ emissions: a step towards more cost-effective climate change mitigation regimes. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11 (5-6): 1083-1096; Bioenergy with carbon capture and storage - From global potentials to domestic realities, Ed. Fridahl, M. Fores, 2018.

² I IPCC:s rapport om 1,5 graders global uppvärmning innehåller utsläppsbanor som är förenliga med 1,5-gradersmålet borttagning av koldioxid ur atmosfären om 100 – 1000 miljarder ton fram till 2100 (Rogelj, m.fl., 2018).

inräknat transport och lagring. Motsvarande investeringskostnad och driftkostnad för CCS inom stålindustrin beräknades till 50,4 Euro per ton infångad CO₂. Inkluderar man kostnaderna för transport och lagring för Bio-CCS eller CCS hamnar den totala kostnaden på mellan 80–90 Euro per lagrat ton CO₂.³ Som jämförelse kommer Torvanger (2018) fram till ett kostnadsspann på omkring 75–250 USD per ton lagrad CO₂. Torvanger menar att på grund av den osäkerhet som finns kring den faktiska kostnaden för Bio-CCS, blir det svårt att genomföra Bio-CCS utan statligt stöd. Enligt rapporten skulle en möjlighet vara att staten garanterar ett pris per infångat ton CO₂. Priset skulle då behöva vara tillräckligt högt för att minimera företagets investeringsrisk. Det statliga stödet skulle senare fasas ut i takt med att CO₂ priset stiger eftersom styrmedel stramas åt på sikt för att nå Parisavtalet. De första pilot- och demonstrationsanläggningarna kommer också att vara viktiga för att generera kunskap om hur man kan minska kostnaderna för de olika stegen i Bio-CCS-kedjan. Även detta leder enligt Torvanger (2018) till att det statliga stödet kan minskas på sikt. På liknande sätt menar Smith et al. (2016) att det kommer krävas 5–10 stora demonstrationsprojekt för Bio-CCS (med lagring upp till 1 Mt CO₂ per år) för att kunna utvärdera tekniken och dess kostnader.

I kapitel 4 och 5 kommer vi använda kostnaden 1000 kr per ton CO₂ som en schablon för de exempelberäkningar som presenteras där.

4. Incitament och målgrupper

4.1 Incitament – hur och var?

Ur ett globalt perspektiv är nyttan med borttagning av koldioxid ur atmosfären (genom exempelvis Bio-CCS) en minskning av koldioxidhalten i atmosfären och därmed minskad risk för klimatändringar. Miljöekonomier kallar denna typ av nytta för en *positiv externalitet*, en nytta där hela världen är mottagare. Enligt IPCC kan nyttan delas upp i (i) en möjlighet att nå till nettonollutsläpp tidigare och (ii) en möjlighet att i efterhand kompensera för utsläpp som ägt rum tidigare. Sammantaget gör Bio-CCS och andra åtgärder för borttagning av koldioxid ur atmosfären det möjligt att nå ambitiösare klimatmål. Ur ett strikt svenskt perspektiv har Bio-CCS förutsättningar att bidra till att Sverige kan uppnå klimatmålet om nettonollutsläpp till 2045. Klimatmålet innebär att Sveriges territoriella utsläpp ska minska med minst 85% till år 2045. Återstående utsläpp, preliminärt ca 10,8 Mt/år behöver Sverige åstadkomma genom så kallade ”kompletterande åtgärder”. De möjliga kompletterande åtgärder vi känner till i dag är främst ökade upptag av koldioxid i skog och mark, verifierade utsläppsminskningar genom

³ Transportkostnaderna bygger på en tidigare studie av Kjærstad et al. (2016) som utgår från en transportlösning med fem transporthubbar i Sverige.

investeringar i andra länder samt bio-CCS. I det sammanhanget bedöms Bio-CCS vara ett viktigt alternativ. Det finns idag ingen naturlig efterfrågan på Bio-CCS, vilket innebär att den behöver skapas.

Var ska incitamenten ligga och vem ska betala?

Ett vanligt sätt att skapa incitament för minskad miljöpåverkan är den s.k. *Polluter Pays Principle* (PPP), dvs låta förorenaren betala för sina utsläpp, t ex genom att införa en CO₂-skatt. Att prissätta utsläpp leder till incitament att minska utsläpp samt ger intäkter till staten. Dessa intäkter kan under vissa förutsättningar betraktas som en ersättning för den förorenade miljön. Ett annat styrmedel som prissätter utsläpp är utsläppshandel. Den ansvariga "myndigheten" (*Regulator* på engelska) bestämmer på förhand hur stora utsläppen får vara och tilldelar utsläppsrätter till deltagande anläggningar. Deltagarna måste varje år överlämna lika många utsläppsrätter som motsvarar deras utsläpp. Genom att begränsa det totala antalet utsläppsrätter, skapas en knapphet av utsläppsrätterna. Utsläppshandeln ger deltagarna två valmöjligheter - att minska utsläppen själva eller köpa utsläppsrätter av andra deltagare. Därmed skapas en marknad och ett pris på utsläppsrätterna vilket skapar incitament för utsläppsminskningar. På så sätt genomförs utsläppsminskningar där det är som billigast och det övergripande utsläppsmålet uppnås till lägsta möjliga kostnad.

Med negativa utsläpp, t ex Bio-CCS, gäller inte PPP. Den som skapar negativa utsläpp förorenar ju inte utan bör snarare få betalt för sin nyttighet. Så vem ska betala? Ur ett globalt perspektiv bidrar ett upptag av koldioxid ur atmosfären till en global nytta (en positiv externalitet). Ur ett strikt svenskt perspektiv kan Bio-CCS bidra till att Sverige uppnår sitt klimatmål. Med ett sådant synsätt skulle ansvaret för att betala för denna gemensamma nytta kan istället falla på oss alla och envar och betalas ut via statsbudgeten. Det skulle skapa incitament för Bio-CCS. Vill man formulera en princip för detta som är analog med PPP skulle den kunna kallas *Beneficiary Pays Principle* (BPP), det vill säga att den som får nyttan av Bio-CCS-reduktionerna betalar den som skapar negativa utsläpp.

Ur ett finansieringsperspektiv kan man låta de som släpper ut koldioxid få finansiera infångningen via Bio-CCS. Eftersom de släpper ut växthusgaser kan man argumentera för att de bör kompensera för sina utsläpp. Men det är inte självklart att ansvaret ska falla på just dessa aktörer, utan ansvaret kan lika gärna ligga på det allmänna enligt resonemanget om *Beneficiary Pays Principle*. Om man ändå väljer att lägga ansvaret på de som släpper ut så ska man ha klart för sig att det egentligen inte finns någon koppling mellan de fossila utsläppen och infångningen av biogen koldioxid. Det är istället två separata styrsystem som kombineras: 1) Utsläpparna får betala för sina fossila koldioxidutsläpp (PPP), vilket skapar incitament för minskade utsläpp, och 2) de som fångar upp och lagrar koldioxid får betalt för det (BPP), vilket skapar incitament för negativa utsläpp.

Hur kan incitament skapas?

Enligt Zakkour et al (2014) finns det två utgångspunkter man kan ta avstamp i för att utveckla incitament och styrmedel för Bio-CCS 1) centrally-planned view 2) economic persuit view. Under

det första tillvägagångsättet ingår system som gröna certifikat, handelssystem och inmatningspriser (feed-in tariffs). Under den senare kategorin förväntas befintliga och kommande koldioxidmarknader som skapar ett pris CO₂, av eget intresse driva fram utvecklingen och produktion av Bio-CCS.

Idag finns inga direkta incitament för genomförande av Bio-CCS i Sverige och det finns heller ingen naturlig efterfrågan. Därför måste incitamenten skapas av det allmänna.

För att kunna implementera system som skapar incitament behövs först **regelverk** för **mätning**, **rapportering** och **verifiering** av bio-CCS-projekt. Detta kan sen ligga till grund för skapandet av olika styrmedel:

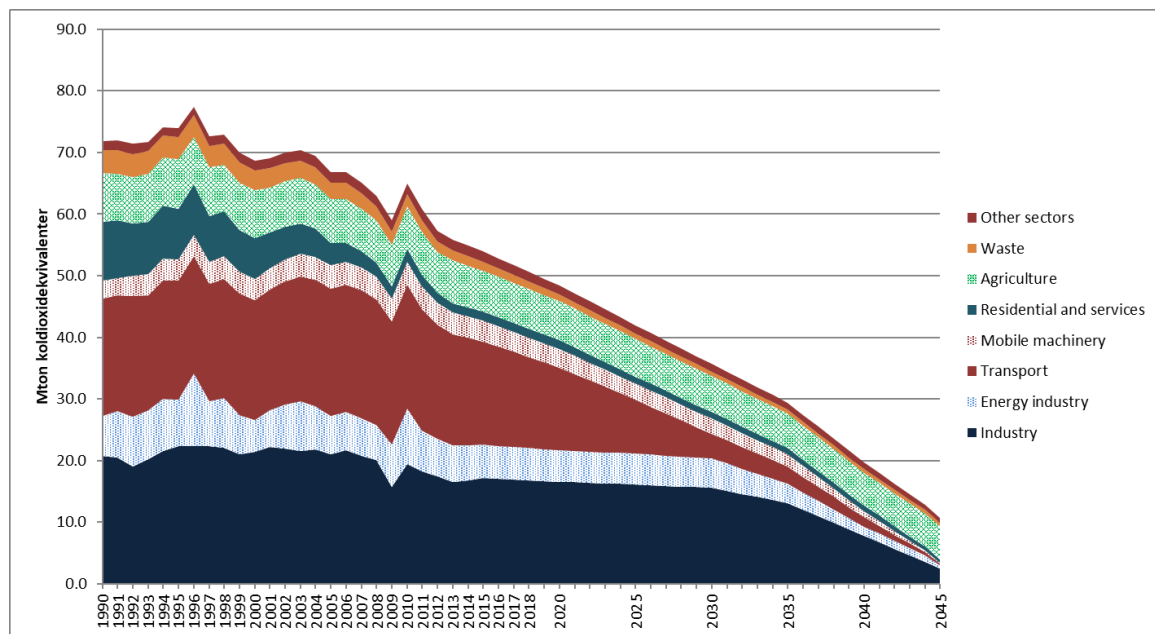
- *Statlig upphandling.* Staten handlar upp en större volym Bio-CCS direkt från producenter. Det kan implementeras i form av långsiktiga avtal, där staten garanterar att köpa en viss volym Bio-CCS över en viss tid till en viss kostnad.
- *Negativ CO₂-skatt.* Alternativt kan staten köpa verifierade reduktioner från Bio-CCS ton för ton till ett fast pris. Det kan liknas vid *inmatningstariffer* eller ses som en *negativ CO₂-skatt*. En normal CO₂-skatt innebär ju att den som släpper ut betalar en skatt till staten. På motsvarande sätt skulle en negativ CO₂-skatt innebära att den som fångar in CO₂ genom Bio-CCS får ersättning från staten.
- *Kvotplikt.* Staten skapar en efterfrågan för Bio-CCS genom att införa en kvotplikt i verksamheter som släpper ut växthusgaser, vilket innebär att verksamhetsutövarna måste förvärva en viss mängd Bio-CCS för att få driva sin verksamhet. De som producerar Bio-CCS erhåller *Bio-CCS-certifikat* från staten efter mätning, rapportering och verifiering. De kvotpliktiga måste sedan förvärva ett antal Bio-CCS-certifikat för att få bedriva sin verksamhet. Liknar elcertifikatsystemet. En efterfrågan skapas därmed för Bio-CCS.
- *Bio-CCS-krediter* som får användas inom EU:s utsläppshandel. En Bio-CCS-kredit innebär att ett ton CO₂ har reducerats genom Bio-CCS. Även här utfärdar staten (eller motsvarande) särskilda Bio-CCS-krediter till Bio-CCS-producenterna efter mätning, rapportering och verifiering. Dessa kan sedan överföras (handlas med) mellan deltagarna i handelssystemet och användas för att uppfylla åtaganden. Genom att möjliggöra användandet av Bio-CCS i utsläppshandel skapas en efterfrågan för Bio-CCS.
- Krediter kan även användas på frivillig basis av aktörer som vill klimatkompensera.

4.3 Potentiella aktörer och köpare av Bio-CCS

Det allmänna ska enligt den svenska regeringsformen (1974:152) främja en hållbar utveckling som leder till en god miljö för nuvarande och kommande generationer.

Det är det allmänna (vars makt utgår från folket) som gemensamt får nyttan av Bio-CCS-reduktionerna och den svenska staten utgör därför en uppenbar ansvarig aktör för genomförandet av Bio-CCS. Ur ett finansieringsperspektiv kan det dock även vara möjligt att låta dem som släpper ut växthusgaser få finansiera infångningen via Bio-CCS.

Miljömålsberedningen har tagit fram så kallade målscenarier som illustrerar hur utsläppen i Sverige kommer att utvecklas fram till 2045, se Figur 1, när målet om 85 procent utsläppsminskning nås.



Figur 1. Sveriges utsläpp av växthusgaser, fördelat på sektorer från 1990 till 2017, samt Miljömålsberedningens målscenarier till 2045.

Om man vill ställa krav att de som släpper ut fossil koldioxid ska finansiera Bio-CCS finns det ett flertal potentiella ansvariga aktörer på kort sikt: Transporter och arbetsmaskiner (18 Mt CO_{2e}), industrin (17 Mt CO_{2e}), energisektorn inklusive raffinaderier (5 Mt CO_{2e}), jordbruket (6 Mt CO_{2e}), samt avfall.

Eftersom Sveriges utsläpp ska minska med 85% till 2045 så ser bilden väldigt annorlunda ut på lång sikt. Enligt uppskattningarna i Miljömålsberedningens målscenarier till år 2045 består de kvarvarande utsläppen huvudsakligen av utsläpp i jordbruket (5 Mt CO_{2e}), samt restutsläpp i industrin (2,5 Mt CO_{2e}). Utsläppen i jordbruket visar på en potential för utsläppsminskningar i Sverige. Men eftersom det kan finnas strategiska skäl till att ha jordbruksproduktion i Sverige kan

det vara svårt att belasta jordbruket med extra kostnader som en finansiering av Bio-CCS skulle medföra. Och om det ännu längre in i framtiden inte finns grupper som släpper ut växthusgaser, vilka grupper kan då finansiera Bio-CCS? Man kan tänka sig att de som historiskt sett har släppt ut har ett särskilt ansvar för att kompensera för sina historiska utsläpp. Med ett sådant synsätt hamnar man i stort sett i samma ansvariga aktörer som ovan, möjligen med ett större inslag av energi- och bostadssektorn som hade större utsläpp när oljeanvändningen var hög i Sverige på 1970-talet och innan.

Även om Sveriges territoriella utsläpp förväntas minska kraftigt fram till 2045 orsakar svenskarnas konsumtion utsläpp som sker utanför landet och som inte syns i statistiken över territoriella utsläpp. Till dessa utsläpp hör internationellt flyg och sjöfart, samt importen av klimatintensiva produkter, exempelvis kläder, kött och mejerivaror, stålprodukter och elektronik. Idag står svenskarnas flygvanor för ca 10 Mt CO₂e per år (Kamb och Larsson 2018). Utsläpp från flyget är alltså i samma storleksordning som 1/5 av Sveriges territoriella utsläpp och kan år 2045 till och med vara högre än Sveriges territoriella utsläpp. Som en potentiell finansiär av Bio-CCS vore därför internationellt flyg en väldigt intressant målgrupp, dels på grund av storleken, men även för att målgruppen tycks ha en hög betalningsvilja. Det är dock svårt för Sverige att införa en kvotplikt på utsläpp från internationellt flyg. Skulle man t ex rikta kvotplikten på resebyråerna kan man tänka sig att de helt enkelt flyttar utomlands. Om man ska tvinga in det internationella flyget som en finansiär för Bio-CCS behöver det troligen ske via internationella avtal.

Importerade, klimatintensiva varor är möjliga att beskatta, men det behöver göras på ett sätt som inte strider mot EU:s regler om varors fria rörlighet och internationella handelsavtal.

En annan tänkbar ansvarig aktörsgroup är de som vill klimatkompensera på frivillig basis. Gruppen är relevant eftersom den kan fånga upp utsläpp som sker utanför Sverige, t ex internationellt flyg.

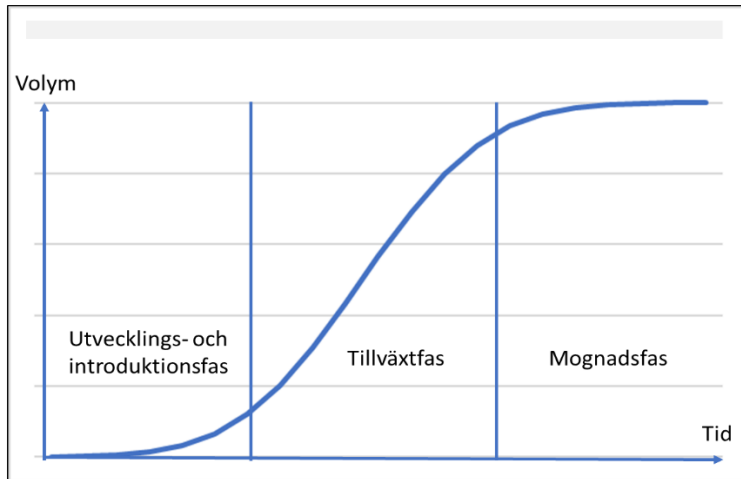
Sammanfattningsvis kan vi identifiera följande potentiella ansvariga aktörer och aktörsgroups:

- Staten
- Transportsektorn och arbetsmaskiner
- El- och värmeproduktion, raffinaderier och industrin
- Avfallsproducenter
- Internationellt flyg
- Köpare av importerade växthusgasintensiva produkter
- Frivilliga aktörer som vill klimatkompensera

4.4 Additionalitet

Ur ett svenskt klimatpolitiskt perspektiv är det viktigt att skapa negativa utsläpp (som minskar halten CO₂ i atmosfären). Därför är det viktigt att de styrmedel som införs för att skapa incitament för Bio-CCS verkligen leder till nettonegativa utsläpp och inte används för att kompensera för utsläpp.

4.5 Olika faser för införande av Bio-CCS



Figur 2. Olika faser vid införandet av ny teknik (egen bearbetning efter Rogers, 2003)

Införandet av ny teknik brukar typiskt följa en S-kurva, se Figur 2. Utvecklingen karakteriseras av en utvecklings- och introduktionsfas, en tillväxtfas och sist en mognads- och mättnadsfas. Under introduktionsfasen kan det behövas stöd för att den nya tekniken ska etableras; under utvecklingsfasen sker det en snabb tillväxt och i mognadsfasen är marknaden självgående. Överfört på Bio-CCS kan man tänka sig att i introduktionsfasen fastställs regelverk, staten inför incitament, tillför finansiering och demoanläggningar kommer igång. I tillväxtfasen tar man med sig lärdomar från första fasan, ett antal fullskaliga anläggningar kommer igång, kostnaderna minskar. I mognadsfasen finns flera Bio-CCS-producenter som konkurrerar och pressar priserna. Kostnaderna minskar ytterligare och tillväxten mattas av. Eftersom det inte finns någon naturlig efterfrågan på Bio-CCS behöver staten skapa incitament som kvarstår över tiden. Det kan till exempel ske genom att lägga kvotplikt på olika aktörsgrupper eller genom statlig upphandling av Bio-CCS.

5. Analys av olika systemlösningar

Med utgångspunkt i de potentiella aktörsgrupperna som identifierades i kapitel 4, har vi beskrivit fem systemansatser som kan skapa incitament och finansieringsunderlag för Bio-CCS:

1. Staten som köpare av Bio-CCS-reduktioner
2. Kvotplikt på fossilbränsleanvändning
3. Kvotplikt på avfallsproducenter eller avfallsförbränningsanläggningar
4. Ett EU ETS där Bio-CCS får användas för att uppfylla verksamheternas åtaganden
5. Frivilliga aktörer som vill klimatkompensera

Systemen beskrivs utifrån följande faktorer:

- Utformning och aktörsgrupper
- Potentiella Bio-CCS-volymer som kan genereras på kort och lång sikt
- Kostnader och finansiering
- Genomförbarhet

5.1 System 1. Staten som köpare av Bio-CCS-reduktioner

Denna ansats innebär att staten köper Bio-CCS-reduktioner. Det kan ske genom långsiktiga avtal med Bio-CCS-producenter där staten garanterar att köpa en större volym Bio-CCS-reduktioner över en viss tid. För att minimera statens kostnader bör kontrakten auktioneras ut i portioner till lägst bjudande. Vad beträffar storleken på dessa portioner behöver en avvägning göras så att de är stora nog att utgöra en grund för investeraren, samt att portionerna är tillräckligt många för att skapa en prispress. Utöver volym och pris är kontraktstiden central för att investerare skall ges tillräckliga incitament.

Ett annat sätt är att staten garanterar att köpa Bio-CCS-reduktioner "per verifierat reducerat ton" till ett fast garantipris (liknande inmatningstariffer). Skillnaden mot ovan är att det inte handlar om en föreskriven volym utan att staten istället köper reduktioner ton för ton till ett föreskrivet pris. Man kan likna systemet vid en negativ skatt, i meningen att Bio-CCS producenten i efterhand får betalt för varje ton avskild och lagrat ton CO₂.

Potentiella volymer, kostnader och finansiering

Genom långsiktiga avtal kan staten på förhand avgöra vilka volymer som man vill köpa in, t ex 1 Mt Bio-CCS-reduktioner/år. Kostnaden per reducerat ton CO₂ kommer vara högre i ett inledningsskede eftersom tekniken är ny, kunskapen är låg, anläggningarna är mindre och få och konkurrensen låg. Men kostnaderna kan förväntas minska när man utvecklar andra generationens anläggningar och effektiviserar, får skalfördelar i takt med att volymerna ökar och att konkurrensen ökar. Kostnaderna för staten bör hamna nära de kostnader som Bio-CCS-producenterna har plus deras vinstmarginal. Antaget en Bio-CCS kostnad inklusive vinst på 1000 kr/ton CO₂ skulle en uppköpt volym på 1 miljon ton per år kosta staten 1 miljard kronor per år. Finansieringen skulle ske genom att området prioriteras i statsbudgeten. Finansieringen sker genom intäkter från framförallt statlig beskattning utan särskild öronmärkning.

Genomförbarhet

En stor fördel med en statligt finansierad lösning är att man i ett inledningsskede kan skapa förutsättningar för de första Bio-CCS-anläggningarna. En annan fördel är att staten kan ha viss rådgighet över hur stora volymer Bio-CCS som ska introduceras och till när och hur länge man vill stödja dem. Kontrakteringen skapar en förutsägbarhet för Bio-CCS-producenterna som väsentligt

skulle underlätta etableringen av nya Bio-CCS-anläggningar. Denna lösning är därför troligen intressantast i ett inledningsskede. En tredje fördel är att det potentiellt finns flera producenter som konkurrerar om att leverera Bio-CCS och att man därigenom kan få en uppfattning vad kostnaden för Bio-CCS är.

Långsiktiga avtal där staten åtar sig att köpa en större volym från en eller flera leverantörer har fördelen att staten kan pressa priset, men det finns en risk att leveransen uteblir p.g.a. konkurs eller annat. Inmatningstariffer där staten i efterhand betalar per "ton verifierat reducerat ton" har fördelen att staten betalar för utförd nytta, men med nackdelen att det kanske inte produceras några volymer alls, samt att det är svårt för staten att sätta rätt prisnivå.

En nackdel med statligt finansierade uppköp är att systemet blir beroende av återkommande budgetbeslut i riksdagen.

5.2 System 2. Kvotplikt kopplat till fossila bränslen

Denna ansats innebär att man lägger en kvotplikt på fossilbränsleleverantörer att införskaffa Bio-CCS-certifikat motsvarande en del av deras försäljning av fossila bränslen, som ju leder till utsläpp när de används. Systemet liknar det för gröna elcertifikat, där eldistributörer behöver köpa gröna elcertifikat motsvarande en viss andel av elen som säljs till slutkonsumenten.

I nuläget står transportsektorn för de största utsläppen i Sverige och skulle därför tillsammans med drivmedelanvändningen i arbetsmaskiner kunna utgöra ett naturligt mål för kvotplikten. Systemet skulle komplettera den befintliga CO₂- och energiskatten, reduktionsplikten⁴, bonus-malus och statliga subventioner för nya personbilar med låga utsläpp.

Man kan även tänka sig att införa en kvotplikt på andra grupper som använder fossila bränslen, exempelvis el- och värmeproducenter, raffinaderier och industrin. Dessa sektorer ingår i den handlande sektorn (European Commission 2003, European Commission 2009) och behöver inneha utsläppsrätter för sina utsläpp. Utsläppsrätterna har mellan 1 januari och 15 maj 2019 legat på mellan 18 och 27 euro per ton CO₂ (Marketsinsider 2019).

Att finansiera Bio-CCS i Sverige genom kvotplikt behöver inte innebära att man inför en 100-procentig kvotplikt på fossilbränsleanvändarna. En 100-procentig kvotplikt skulle innebära att den kvotpliktiga behöver förvärva ett ton Bio-CCS-reduktioner för varje ton koldioxid som släpps ut.

⁴ Reduktionsplikten, som infördes 1 juli 2018, innebär en skyldighet att minska utsläppen av växthusgaser genom inblandning av biodrivmedel (ER 2018:21). Inledningsvis är kravet att utsläppen ska minska med 2,6% för bensin och 19,3% för diesel jämfört med samma bränsle utan inblandning. Reduktionsplikten möjliggör för en aktör att minska sina utsläpp med mer än målet och överföra (sälja) sitt överskott till en annan aktör som inte kan eller vill uppfylla sin reduktionsplikt.

Man kan tänka sig att börja på en lägre nivå, med en kvotplikt som motsvarar 5 % till 10 % av utsläppen för att sedan öka över tid.

Ett system för kvotplikt förutsätter att det finns anläggningar som producerar Bio-CCS och kan sälja Bio-CCS-certifikat så att de som är kvotpliktiga kan uppfylla sina åtaganden. I ett inledningsskede, innan Bio-CCS-anläggningar kommit i drift, behövs därför en annan lösning. Man kan då tänka sig att kvotpliktiga får betala en maxavgift som är något högre än vad Bio-CCS kan förväntas kosta, mot att kvotplikten hävs. Staten kan sedan använda intäkterna till att finansiera en uppstartsverksamhet för Bio-CCS.

Ett system för kvotplikt som föreslås ovan skulle bli additionellt till andra styrmedel, det vill säga ett köp av Bio-CCS-certifikat motsvarande 1 ton CO₂ skulle innebära ett borttagande av 1 ton atmosfäriskt CO₂.

Potentiella volymer, kostnader och finansiering

Följande räkneexempel för fordonsbränslen och arbetsmaskiner illustrerar vilken efterfrågan på Bio-CCS-reduktioner som denna ansats kan skapa, samt kostnader och finansiering.

- Kort sikt (innan Bio-CCS-anläggningar finns). Om man antar att CO₂-utsläppen från fossila drivmedel år 2021 är 16 Mt/år (enligt figur 1) och att en kvotplikt införs motsvarande 10 % av koldioxidutsläppen skulle det innebära en efterfrågan på Bio-CCS-certifikat om 1,6 Mt/år. I ett inledningsskede, innan Bio-CCS-anläggningar finns, skulle istället drivmedelsleverantörerna få lösa in kvotplikten mot en maxavgift som ligger 10 % över det förväntade priset på certifikaten, uppskattningsvis 1100kr/ton CO₂, vilket skulle ge staten en intäkt på 1,76 miljarder kronor. Dessa medel kan bidra till att finansiera de första Bio-CCS-anläggningarna. Kostnadsökningen för bensin och diesel skulle i så fall bli ca 32 öre/liter respektive 29 öre/liter ⁵.
- Mellanlång sikt (ca år 2030). När det finns Bio-CCS-anläggningar kan bränsleleverantörerna köpa Bio-CCS-certifikat direkt från Bio-CCS-producenterna. Vi antar att kvotplikten höjs allteftersom, dels för att kompensera intäktsbortfallet från minskade utsläpp, men även för att stärka incitamenten för utsläppsminskningar. Om man antar att utsläppen från transportsektorn minskar till ca 6 Mt CO_{2e} år 2030 och att kvotplikten under samma period höjs till 20 % skulle det innebära en efterfrågan på Bio-CCS-certifikat om ca 1,2 Mt/år. Om man antar att Bio-CCS-certifikaten kostar 1000 kr/ton CO₂ så skulle värdet för dessa certifikat vara ca 1,2 miljarder kronor per år. Om man antar att reduktionsplikten är 60% för bensin och diesel skulle kostnadsökningen för bensin och diesel bli ca 24 öre/liter respektive 26 öre/liter inklusive moms.

⁵ Här antas att förbränningen av 1 liter bensin respektive diesel leder till 2,36 kg CO₂/liter bensin respektive 2,58 kg CO₂/liter diesel. Det baseras på emissionsfaktorer på 72 g/MJ, respektive 73 g/MJ för bensin respektive diesel, samt värmeverden på 32,8 MJ/liter och 35,3 MJ/liter för bensin respektive diesel (Gode et al 2011 Miljöfaktaboken). Reduktionsplikten (som gäller sen 1 juli 2018) innebär en inblandning av 2,6% biodrivmedel i bensin och 19,3% biodrivmedel i diesel. Om man antar att biodrivmedel är klimatneutralt blir emissionsfaktorerna 2.30 för bensin och 2.08 för diesel. Med en kvotplikt på 10% och en certifikatskostnad på 1100 kr/ton CO₂ skulle kostnadsökningen bli 32 öre per liter bensin och 29 öre per liter diesel, inklusive moms.

- Lång sikt (år 2045). På lång sikt kommer fossilbränsleanvändningen troligen att fasas ut helt och då försvinner även finansieringsunderlaget.

Om man riktar kvotplikten mot el- och värmeproduktionssektorn, raffinaderier och industrin (den handlande sektorn) ger följande räkneexempel en uppskattning av vilken efterfrågan på Bio-CCS-reduktioner som kan skapas samt kostnader.

- Kort sikt (innan Bio-CCS-anläggningar finns). Om man antar att utsläppen från fossilbränsleanvändningen i den handlande sektorn år 2021 är 8 Mt CO₂ och att en kvotplikt på 5 % av koldioxidutsläppen införs skulle det skapa en efterfrågan på 0,4 Mt Bio-CCS-certifikat till ett värde av ca 0,4 miljard kronor. I ett inledningskede innan Bio-CCS-anläggningar finns, skulle istället fossilbränsleleverantörerna få lösa in kvotplikten mot en maxavgift som till exempel ligger 10 % över det förväntade priset på certifikaten, uppskattningsvis 1100 kr/ton CO₂, vilket skulle ge staten en intäkt på ca 0,44 miljarder kronor som staten kan använda för att finansiera de första Bio-CCS-anläggningarna.
- Mellanlång sikt (år 2030). När Bio-CCS-anläggningar finns kan bränsleleverantörerna köpa Bio-CCS-certifikat direkt från Bio-CCS-producenter. Om man antar att utsläppen från den handlande sektorn minskar till ca 6 Mt år 2030 och kvotplikten höjs till 10%, skulle de innebära en efterfrågan på Bio-CCS-certifikat med ca 0,6 Mt år 2030. Antaget ett pris för Bio-CCS-certifikat på 1000 kr/ton så skulle värdet för dessa certifikat vara ca 600 miljoner kronor. Kostnadspåslaget för anläggningarna skulle då vara 100 kr/ton CO₂.
- Lång sikt (år 2045). Även här kan man förmoda att fossilbränsleanvändningen fasas ut helt och då försvinner även finansieringsunderlaget.

Genomförbarhet

Användningen av fossila bränslen är relativt stor idag vilket inledningsvis innebär ett potentiellt stort finansieringsunderlag för Bio-CCS. På längre sikt kommer dock fossilbränsleanvändningen att fasas ut och kanske helt försvinna och då försvinner även finansieringsunderlaget. En möjlighet är att då basera kvotplikten på alla bränslen, även fossilfria. Detta skulle reducera incitamenten för att substituera fossila bränslen mot fossilfria⁶. En fördel skulle vara att man behåller incitament för minskad bränsleanvändning, effektivare motorer och ett minskat transportarbete samt möjliggör för en fortsatt finansiering av Bio-CCS.

En nackdel med denna systemansats jämfört med statlig upphandling är risken att det byggs för få Bio-CCS-anläggningar eller kanske inga alls. Vid statlig upphandling upprättas ett långsiktigt avtal där staten garanterar att köpa en viss volym Bio-CCS certifikat under lång tid. Utan denna säkerhet finns det risk att potentiella Bio-CCS- producenter avstår från att investera. De vill knappast

⁶ Incitamenten till att substituera fossila bränslen mot fossilfria bränslen minskar, men kvarstår ändå tack vare EU ETS, Bonus-Malus med mera.

hamna i en situation där det finns en överetablering av producenter med dålig vinstmarginal som följd.

5.3 System 3. Kvotplikt på avfallsproducenter eller förbränningsanläggningar

Denna ansats innebär att man inför en kvotplikt på avfallsproducenter eller avfallsförbränningsanläggningar att införskaffa Bio-CCS-certifikat motsvarande en del av plastinnehållet i avfallet. Det skulle motiveras av att fossila utsläpp uppkommer vid förbränningen av plast. Kvotplikten kan gälla både hushållsavfall och icke farligt industriavfall som går till förbränning. Kvotplikten bestäms utifrån det fossila innehållet i avfallet. Inledningsvis kan kvotplikten utgöra en andel av det fossila innehållet, t ex 50 % för att sen öka över tid.

Idag betalar kommuner och andra avfallslämnare en avgift för att bli av med avfallet. Avgiften går till mottagaren av avfallet som en ersättning för de extra kostnader som avfallsförbränningsanläggningen har för att rena rökgaserna. Nivån på denna så kallade mottagningsavgift varierar från anläggning till anläggning, men vid Stockholm Exergi ligger den på idag på ca 500 kr/ton avfall (Stockholm Exergi 2019). Mottagaravgiften är inte satt utifrån CO₂-utsläppen utan motiveras för att täcka de kostnader som avfallsförbränningsanläggningen har för att rena rökgaserna från vissa andra ämnen än CO₂. Svenska avfallsförbränningsanläggningar ingår även i EU ETS och behöver förvärva utsläppsrätter för de fossila utsläppen som framförallt härrör från plasten i avfallet.

En kvotplikt för Bio-CCS kan riktas mot avfallsproducenterna. Som ett exempel kan vi tänka oss att Sala kommun producerar 4000 ton avfall per år. Förbränningen av ett ton hushållsavfall ger ca 400 kg fossila koldioxidutsläpp, som genomsnitt i Sverige⁷, vilket innebär ca 1600 ton CO₂ från Salas avfallsförbränning. Om den myndighet som utses som ansvarig för systemets genomförande lägger en kvotplikt på Sala motsvarande 50% av det fossila innehållet i avfallet skulle det motsvara 800 ton. Sala behöver då köpa Bio-CCS-certifikat motsvarande 800 ton som överlämnas till myndigheten för att uppfylla sitt åtagande. Med ett pris på Bio-CCS-krediter på 1000 kr/ton skulle kostnaden för Sala bli 800 000 kr/år.

Ett annat sätt att implementera detta vore att höja mottagningsavgiften som kommunerna betalar avfallsförbränningsanläggningar så att avgiften även täcker kvotplikten. Om man utgår ifrån en 50-procentig kvotplikt skulle mottagningsavgiften behöva höjas med ca 200 kr/ton avfall⁸. Om vi tar exemplet med Sala igen skulle en höjd mottagaravgift med 200 kr/ton innebära extra intäkter

⁷ Värdet 400 kg fossil CO₂/ton avfall används i räkneexemplet som illustration. Ett noggrannare värde är 369 kg fossil CO₂/ton avfall. Uppgiften baseras på uppgifter från avfallsförbränningsanläggningar i Sverige år 2017 (Pers kom Jan-Olof Sundqvist 2019).

⁸ Om ett ton avfall leder till utsläpp av 400 kg fossil koldioxid och man utgår från en 50-procentig kvotplikt så skulle förbränningen av 1 ton avfall behöva finansiera 200 kg Bio-CCS. Kostnaden för det är ca 200 kr, vilket innebär att mottagningsavgiften behöver höjas med 200 kr/ton avfall.

för mottagaren med 800 000 kr (200 kr gånger 4000 ton) vilket skulle räcka till att finansiera 800 ton Bio-CCS. Det är viktigt att säkerställa att den höjda mottagningsavgiften verkligen leder till Bio-CCS. Det kan ske genom att kvotplikten överförs från avfallsproducenten till avfallsförbränningsanläggningen som blir den som behöver förvärva och till myndigheten överlämna Bio-CCS-certifikat.

Det bör noteras att det inte behöver vara koldioxiden från avfallsförbränningen som avskiljs och deponeras. Avfallet kan förbrännas i en anläggning där koldioxiden släpps ut till atmosfären, medan CO₂-infångningen kan komma att ske i en annan biobränsleledad anläggning på en annan ort och av en annan operatör.

Potentiella volymer, kostnader och finansiering

I Sverige förbränns årligen ca 8,4 miljoner ton icke farligt avfall, varav 2,0 miljoner ton är träavfall (Naturvårdsverket 2018). Med en emissionsfaktor på 400 kg fossil CO₂/per ton avfall så blir de totala fossila CO₂-utsläppen från förbränning av icke-farligt avfall ca $8,4 * 0,400 = 3,4$ Mt CO₂/år. Med en kvotplikt på 50% skulle det innebära en efterfrågan på Bio-CCS-krediter på motsvarande ca 1,7 Mt CO₂/år, till ett värde av 1,7 miljarder kronor (antaget att certifikaten kostar 1000 kronor per ton). Finansieringen skulle ske genom kommuner och andra avfallsproducenter/importörer.

Om kvotplikten skulle integreras i mottagningsavgiften behöver den öka för att täcka kvotplikten. Med en kvotplikt på 50% och ett certifikatpris på 1000 kronor skulle mottagningsavgiften behöva höjas med i snitt 200 kronor per ton avfall. En lägre emissionsfaktor för avfall (motsvarande en lägre plastfraktion) skulle innebära en lägre mottagningsavgift och vice versa. Höjningen av mottagningsavgiften skulle innebära en ökad kostnad för avfallsproducenterna/importörerna med $8,4 * 200 = 1,7$ miljarder kronor.

I ett inledningsskede, innan Bio-CCS-anläggningar finns, skulle avfallsproducenterna få lösa in kvotplikten mot en maxavgift, t ex 1100kr/ton Bio-CCS. Det skulle ge staten en intäkt på 1,7 Mt gånger 1100 kr = 1,87 mdr kronor som kan bidra till att finansiera de första Bio-CCS-anläggningarna. På mellanlång sikt, när Bio-CCS-anläggningar finns kan avfallsproducenterna köpa Bio-CCS-certifikat direkt från Bio-CCS-producenterna.

På lång sikt kan man förvänta sig att plastinnehållet i avfall minskar vilket skulle innebära ett krympande underlag. En möjlighet är då att basera kvotplikten på avfallsvolymer oaktat plastinnehållet. Det skulle reducera incitamenten att minska förbränningen av just plastavfall⁹. Men det skulle bevara incitamenten för att minska de totala avfallsvolymer samt utgöra grund för en fortsatt finansiering av Bio-CCS.

Genomförande

Ansatsen har fördelen att avfallsvolymer som bränns i Sverige kan generera tillräckligt med intäkter för att finansiera en Bio-CCS-verksamhet i Sverige. Trenden är att avfallsmängderna ökar i

⁹ Incitamenten försvinner inte helt eftersom andra styrmedel fokuserar på plastinnehållet i avfall, till exempel EU ETS.

Sverige (SCB 2019) vilket innebär ett ökande finansieringsunderlag. På lång sikt dock (år 2045) bör plastinnehållet i avfall som förbränns minska vilket skulle innebära ett vikande finansieringsunderlag.

Analogt med en kvotplikt på fossila bränslen finns det en risk att den här ansatsen inte leder till att det byggs några Bio-CCS-anläggningar. Vid statlig upphandling upprättas ett långsiktigt avtal där staten garanterar att köpa en viss volym Bio-CCS certifikat under lång tid. Utan denna säkerhet finns det risk att potentiella Bio-CCS- producenter avstår från att investera. De vill knappast hamna i en situation där det finns en överetablering av producenter med dålig vinstmarginal som följd.

5.4 System 4. Ett reformerat EU-ETS som tillåter Bio-CCS-krediter

Denna ansats innebär att anläggningar inom EU ETS får använda Bio-CCS-krediter för att uppfylla sina åtaganden.

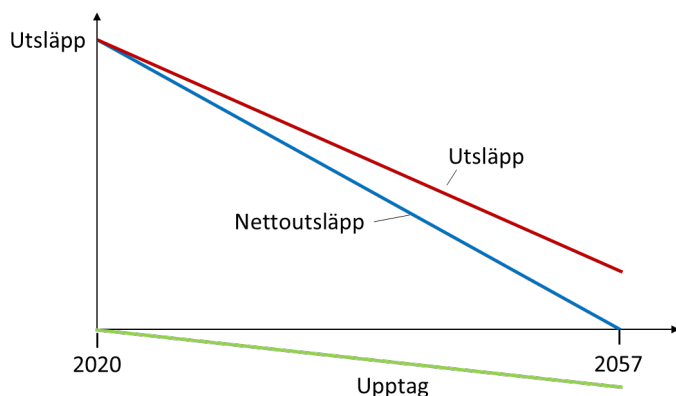
År 2018 reformerades EU ETS där de flesta regler som ska gälla under fas 4 (2021 till 2030) har fastställts. Enligt reglerna finns det ingen möjlighet att använda Bio-CCS-krediter för att uppfylla åtaganden. Det kommer visserligen att ske en översyn av delar av systemet år 2021 (EU KOM 2019), men det är inte troligt att man kommer att tillåta användandet bio-CCS-krediter före år 2030. På sikt, bortom 2030 är en ändring dock tänkbar. I EU:s *A Clean Planet for all* (European Commission 2018) finns scenarier där Bio-CCS står för en del av utsläppsminskningarna, i vissa scenarier med upp emot 180 Mt/år år 2050. Skulle EU anta mer ambitiösa klimatmål än idag, till exempel nettonollutsläpp till år 2050 kan man tänka sig att intresset för Bio-CCS ökar.

Man bör även nämna att det inom vissa grupper finns ett motstånd mot användningen av biomassa (Guardian 2019, Euractiv 2019). Detta motstånd skulle, om grupperna vinner gehör, kunna påverka förutsättningarna för att använda bio-CCS i framtiden.

Om EU utvecklar användningen av Bio-CCS är nästa fråga om Bio-CCS kommer att kopplas till EU ETS. Hur skulle en sådan koppling kunna se ut? På sikt kommer utsläppstaket inom EU ETS att krympa för att gå mot noll. Med nuvarande minskningstakt kommer det att inträffa år 2057. I takt med att taket går mot noll kommer kostnaderna för att minska de återstående utsläppen att bli högre och högre. Det är därför troligt att reglerna för EU ETS kommer att ändras så att det på sikt blir tillåtet för deltagarna inom EU ETS att använda någon form av krediter för att uppfylla sina åtaganden. Man kan tänka sig olika typer av krediter där ett alternativ är Bio-CCS-krediter. När priset på utsläppsrätter stiger och blir högre än priset på Bio-CCS, kan Bio-CCS-krediter utgöra ett kostnadseffektivt alternativ för att minska utsläppen.

Man kan även tänka sig att EU ETS öppnar upp för att tillåta krediter som kommer från andra negativa utsläppstekniker som exempelvis bio-kol, avskiljning och lagring av koldioxid ur luft (Direct Air Capture and Storage, DACS) eller från kompensationsåtgärder som genomförs i den icke handlande sektorn

Ett handelssystem som går mot nettonollutsläpp



Figur 3. Schematisk beskrivning av EU ETS där nettoutsläppen går mot noll år 2057, och där det finns kvarvarande positiva utsläpp samt upptag som är lika stora som utsläppen.

Ett utsläppstak som är noll med ingen allokering av utsläppsrätter – är det möjligt? Ja, på samma sätt som att ett företag kan ha skulder och tillgångar som tillsammans blir netto noll. I ett utsläppshandelssystem där utsläppstaket är noll kommer det att finnas utsläpp och krediter som tillsammans summeras till noll.

Additionalitet

Om man skulle tillåta att Bio-CCS-krediter används för att uppfylla åtaganden utan att EU ETS ändras i övrigt skulle deltagarna kunna köpa Bio-CCS istället för att minska sina egna utsläpp. I så fall skulle Bio-CCS inte leda till netto-negativa utsläpp. För att användningen av Bio-CCS-krediter ska vara additionell och inte bara kompensera för utsläpp, måste utsläppstaket på EU ETS minskas i motsvarande grad som användningen av Bio-CCS-krediter. Detta skulle kunna säkerställas genom införandet av en "additionalitetsregel" där den totala mängden utsläppsrätter minskas med 1 EUA för varje ton utnyttjad Bio-CCS-kredit.

Samspelet med marknadsstabilitetsreserven

År 2018 reformerades EU ETS, bland annat för att hantera det stora överskott av utsläppsrätter som finns. Överskottet, på engelska *Total Number of Allowances in Circulation – TNAC*, definieras som den totala mängden utsläppsrätter som delats ut sen år 2012 minus de totala utsläppen sen år 2012. En så kallad marknadsstabilitetsreserv, MSR, skapades där en del av överskottet av EUA kommer

att lagras. Från och med år 2019 kommer 24% av överskottet att överföras till MSR (från år 2023 minskar den årliga överföringstakten till 12% av överskottet). Från och med år 2023 får MSR endast hålla ett begränsat antal utsläppsrätter, så många utsläppsrätter som auktionerades ut året innan. Resten annulleras. Det innebär att om ett land, t ex Sverige, skulle införa extra utsläppsminskande åtgärder som leder till att överskottet ökar så kommer detta överskott så småningom att föras över till MSR och annulleras (Burtraw et al 2018).

En viktig fråga är hur införandet av Bio-CCS-krediter i EU ETS skulle påverka MSR och annulleringen. Men med en additionalitetsregel så kommer MSR och annulleringen inte att påverkas. Det fungerar så här: Om vi först betraktar EU ETS utan bio-CCS krediter måste ett företag som släpper ut 1000 ton CO₂ behöva lämna in 1000 utsläppsrätter efter årets slut som då är förbrukade. Utsläppen från företaget blir alltså 1000 ton och det totala antalet tillgängliga utsläppsrätter minskar med 1000 EUA. Om vi nu betraktar ett system med Bio-CCS så fungerar det istället så här: Företaget som släpper ut 1000 ton CO₂ köper istället 1000 Bio-CCS-krediter. Med en additionalitetsregel kommer den centrala tilldelningen av nya utsläppsrätter att minska med 1000 EUA. Utsläppen från företaget blir 1000 ton och det totala antalet tillgängliga utsläppsrätter minskar med 1000, alltså exakt som i fallet utan bio-CCS. Det totala överskottet av utsläppsrätter påverkas alltså inte och därmed skulle användningen av Bio-CCS-krediter inte leda till någon extra överföring till MSR eller annullering.

Det bästa vore om Bio-CCS-additionalitetsregeln infördes på EU-nivå. Men det skulle även fungera om Sverige, eller Sverige i koalition med andra villiga EU-stater, införde regeln och annullerade lika många EUA som man använder Bio-CCS. Det skulle dock innebära en högre kostnad för Sverige.

Potentiella volymer, kostnader och finansiering

En fördel med att koppla Bio-CCS till EU ETS är att man har många potentiella köpare av krediterna och kan därmed minska kostnaderna. Först när regelverket ändras så att Bio-CCS-krediter får användas av deltagarna för att uppfylla sina åtaganden kan man förvänta sig att det blir en efterfrågan. På kort sikt (före 2030) kommer det knappast att ske några köp. I ett senare skede, om Bio-CCS tillåts, kommer kostnaden för Bio-CCS i relation till priset på utsläppsrätter att vara avgörande för om det blir någon handel. Med ett pris på Bio-CCS på 1000 kronor eller mer så kommer det att behövas ett pris på utsläppsrätter i samma storleksordning för att Bio-CCS av egen kraft ska kunna bli ett alternativ för deltagarna.

På längre sikt, när priset på utsläppsrätter stiger och närmar sig kostnaden för Bio-CCS, kan handeln komma att bli betydande. Enligt EU:s långsiktiga modellering kan den totala volymen Bio-CCS i EU bli 180 miljoner ton. Sverige är ett av de länder i EU som har bäst förutsättningar för Bio-CCS. Om priset blir tillräckligt högt kan man tänka sig att hela den svenska potentialen utnyttjas. Grönkvist et al (2008) uppskattar den totala potentialen från massa- och pappersindustri till 23 Mt/år och från kraft- och värmeproduktion till 13 Mt/år, (både biogen och fossil CCS). Om uppgifterna fortfarande gäller skulle Sverige alltså kunna producera minst 23 Mt Bio-CCS-krediter per år till ett värde av minst 23 mdr kronor per år.

Genomförbarhet

På kort sikt kan man inte förvänta sig någon efterfrågan i EU ETS på Bio-CCS-krediter, men det kan vara en genomförbar lösning på sikt. Kritiskt för utfallet blir om och när EU ETS-regelverket ändras så att Bio-CCS-krediter får användas i systemet och om kostnaderna för deltagarna att köpa Bio-CCS-krediter blir jämförbara med eller lägre än priset på utsläppsrätter. Om det blir så kan efterfrågan på svenska Bio-CCS-krediter potentiellt bli stor. En annan fördel för Sverige är att en stor del av köparna kan finnas i utlandet vilket skulle göra verksamheten till en potentiellt lönsam exportverksamhet. En nackdel är att Sverige inte har rådighet över utsläpp och eventuella upptag av utsläpp inom EU ETS. Det blir svårt att styra vilken Bio-CCS-volymer som genomförs i Sverige och eventuellt då att nå svenska mål. Vilka volymer som hamnar i Sverige beror på kostnadsbilden och utvecklingstakten i Sverige och EU.

5.5 System 5. Frivilliga aktörer som vill klimatkompensera

Marknaden för frivillig klimatkompensation har funnits i över tio år och växer kontinuerligt. Intresset hos olika svenska aktörer, exempelvis resebyråer, hamburgerkedjor och kommuner att klimatkompensera ökar också. Ett finansieringssystem för Bio-CCS baserat på frivillig kompensation skulle innebära att de som vill klimatkompensera på frivillig basis köper Bio-CCS-certifikat av Bio-CCS-producenter.

Förväntade volymer, kostnader och finansiering

Eftersom systemet bygger på frivillighet är det svårt att uppskatta hur stora volymer som kommer att upphandlas. Uppskattningar baserat på enkäter indikerar att globalt mellan åren 2005 och 2016 har ca 1 miljard ton CO₂ kompenserats på frivillig basis (Hamrick and Gallant 2017).

Svenskarnas flygresor leder till en klimatpåverkan motsvarande ca 10 Mt per år (Kamb och Larsson 2018). Om 10% av dessa resor skulle kompenseras skulle det motsvara en efterfrågan på ca 1 Mt/år. Detta utgör alltså en påtaglig potential, men som är osäker. Betalningsviljan är också osäker, i synnerhet om billigare alternativ för klimatkompensation är tillgängliga.

Det är det tveksamt om frivilligt finansierad Bio-CCS skulle leda till nettominskade utsläpp av koldioxid, eftersom den som frivilligt kompenserar kanske hade valt ett annat sätt att kompensera sina utsläpp om denne inte valt Bio-CCS-krediter.

Vad beträffar det internationella flygets utsläpp har FN:s luftfartsorganisation ICAO beslutat sig för att köpa krediter för utsläpp över 2020 års nivåer (ICAO 2019). Om de i framtiden köpte krediter från negativa utsläppstekniker, t ex Bio-CCS. Det skulle kunna skapa en påtagligt stor efterfrågan för Bio-CCS. Men denna typ av kompensation skulle dock inte bli additionell.

Genomförbarhet

Nackdelen med en ansats som bygger på frivillighet är att det utgör en osäker grund för att finansiera Bio-CCS. Denna osäkerhet kan i viss mån även anföras alla system utom statlig upphandling, men för just frivilligmarknaden och EU ETS är osäkerheten om förväntade volymer större än för systemen som bygger på kvotplikt. En fördel med systemet är att den kan riktas mot utsläppskällor som inte ingår i Sveriges åtaganden, som t ex internationella flygresor, import av kläder och kött och som inte täcks av övriga styrmedelsförslag.

6. Slutsatser

Rapporten har beskrivit och analyserat fem systemansatser där var och en har sina respektive förutsättningar.

System 1 innebär att staten finansierar Bio-CCS direkt genom att ingå långsiktiga avtal med Bio-CCS-producenter. Om man antar att Bio-CCS kostar 1000 kr/ton lagrad CO₂ skulle en uppköpt volym på 1 miljon ton per år kosta staten 1 miljard kronor per år. Systemet har fördelen att det kan användas i ett inledningsskede när det inte finns etablerade Bio-CCS-producenter. En annan fördel är att staten kan styra hur stora volymer man vill köpa. En nackdel med ansatsen är att kostnaderna riskerar att bli höga för staten.

System 2 innebär att man lägger en kvotplikt på fossilbränsleleverantörer att köpa och lämna in Bio-CCS-certifikat motsvarande en del av deras försäljning av fossila bränslen, som ju leder till utsläpp när de används. Vårt räkneexempel visar att om en kvotplikt införs motsvarande 10 % av koldioxidutsläppen från fossila drivmedel skulle det innebära en efterfrågan på Bio-CCS-certifikat om ca 1,6 Mt/år.

System 3 innebär att man lägger en kvotplikt på avfallsproducenter eller avfallsförbränningsanläggningar att köpa och lämna in Bio-CCS-certifikat motsvarande en del av den fossila koldioxiden som uppstår från förbränningen av plasten i avfallet. Ett räkneexempel visar att om en kvotplikt införs motsvarande 50% av de fossila koldioxidutsläppen från avfallsförbränningen skulle det innebära en efterfrågan på Bio-CCS-krediter på motsvarande ca 1,7 Mt CO₂/år.

Systemen med kvotplikt har fördelarna att betalningsunderlaget är stort, i alla fall inledningsvis, och att tillräckliga höga intäkter kan skapas för att finansiera en påtaglig volym av Bio-CCS i Sverige. En möjlig nackdel med dessa system är att betalningsunderlaget, de fossila utsläppen, förväntas minska fram till 2045.

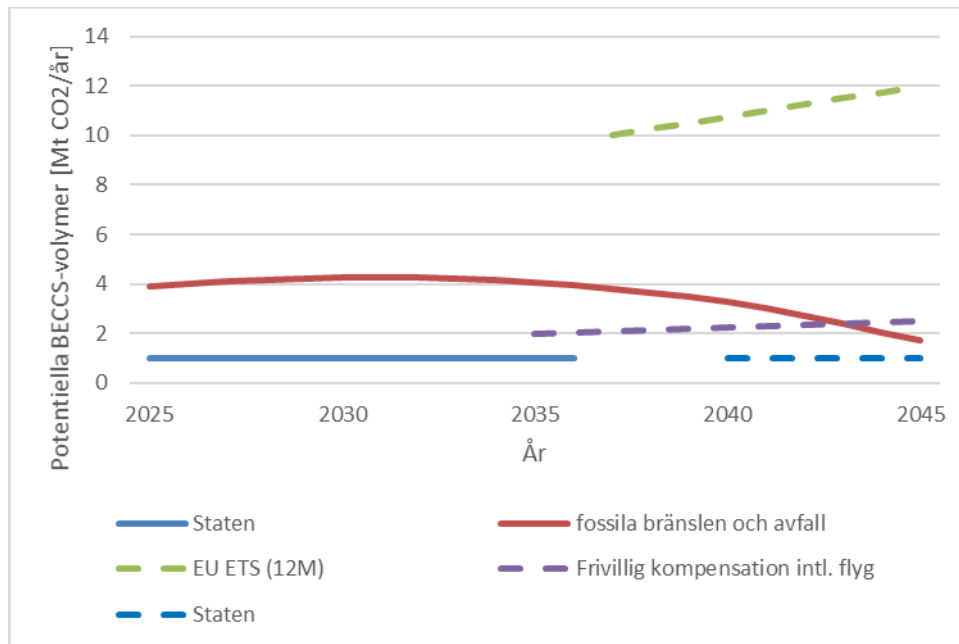
System 4 innebär att deltagare i EU ETS ges en möjlighet att klara sina åtaganden genom att lämna in Bio-CCS-krediter som ett alternativ till att lämna in utsläppsrätter. EU ETS-deltagarna köper Bio-CCS-krediterna av Bio-CCS-producenter. Systemet har fördelen att efterfrågan kan bli väldigt

stor – uppemot Sveriges totala potential för Bio-CCS. En nackdel är att Sverige inte har rådighet över vad som blir tillåtet i EU ETS. Om det skulle bli tillåtet är det sedan svårt att veta hur stor efterfrågan kommer att bli, något som styrs av kostnadsbilden i Sverige jämfört med den internationella kostnadsbilden för Bio-CCS och för andra typer av utsläppsreduktioner inom EU ETS.

System 5, frivillig klimatkompensering, har fördelen att den kan fånga in icke-territoriella utsläppskällor, som t ex internationella flygresor, som inte täcks av övriga systemförslag. Nackdelen är att den utgör en osäker grund för att finansiera Bio-CCS. Dessutom är det tveksamt om åtgärderna skulle leda till nettominskade utsläpp av koldioxid, eftersom den som frivilligt kompenserar kanske hade valt ett annat sätt att kompensera sina utsläpp om denne inte valt Bio-CCS-krediter.

De fem olika ansatserna skiljer sig åt beträffande hur säkert det är att Bio-CCS verkligen sker och vilka volymer som kan förväntas. I det avseendet är system 1 med staten som uppköpare av Bio-CCS det mest säkra både vad gäller genomförande och förväntade volymer. System 2 och 3 med kvotplikt kan skapa ett säkert finansieringsunderlag till staten på kort och mellanlång sikt, men det är fortfarande osäkert om de potentiella producenterna av Bio-CCS investerar i verksamheten utan att först ha statliga garantier. System 4 med EU ETS som potentiella köpare är ännu mer osäkert, men skulle kunna skapa en mycket stor efterfrågan. Man kan tänka sig en utveckling över tiden där staten inledningsvis köper Bio-CCS och att efter en tid kvotpliktsystemen utgör de största finansörerna av Bio-CCS. På lång sikt framåt 2040, när utsläppen minskar i kvotpliktsystemen kan det bli aktuellt att staten får gå in och köpa reduktioner igen, alternativt att EU ETS kommer in som en viktig köpare. Figur 4 beskriver, givet vissa antaganden, ett sådant scenario med potentiella Bio-CCS-volymer i Sverige över tid givet vissa antaganden.

Man kan även tänka sig en hybridlösning där staten (system 1) fortvarigt utgör den huvudsakliga uppköparen av Bio-CCS samt inför kvotpliktssystemen (system 2 och 3) för att skapa intäkter till staten.



Figur 4. Ett scenario för potentiella Bio-CCS-volymer i Sverige kopplat till olika systemansatser. Följande antaganden har gjorts: Staten finansierar Bio-CCS motsvarande 1 Mt CO₂/år från år 2025 till år 2036 och eventuellt åren 2040 - 2045 (streckad linje). Fossila bränslen i transportsektorn, energisektorn, raffinaderier och industrin: En kvotplikt på 5% införs år 2021 som växer linjärt till 30% år 2045. Utsläppen minskar från 24 Mt CO₂/år under år 2021 till noll år 2045. Avfallsförbränning: En kvotplikt på 50% av CO₂-utsläppen från plastinnehållet i avfallet införs år 2021 som växer till 100% år 2045. Andelen plast i avfall minskar från 3,4Mt CO₂ år 2021 till 1,7 Mt CO₂ år 2045. EU ETS: Här antas att Bio-CCS tillåts i EU ETS och att år 2037 utgör svenska Bio-CCS-anläggningar 10 Mt CO₂, vilket växer till 12 Mt år 2045. Klimatkompensation av internationellt flyg med hjälp av Bio-CCS startar ca 2035 motsvarande 20 % av svenskars internationella flyg och växande till 25 % år 2045. Streckade linjer innebär osäkra utfall.

7. Referenser

Carbon brief. Artikel av Jocelyn Timperley, publicerad 4 februari 2019.

<https://www.carbonbrief.org/corsia-un-plan-to-offset-growth-in-aviation-emissions-after-2020>, nedladdat den 2019-05-21.

Euractiv 2019. "EU dragged to court for backing forest biomass as 'renewable energy'".

<https://www.euractiv.com/section/energy/news/eu-dragged-to-court-for-backing-forest-biomass-as-renewable-energy/>, nedladdat 2019-05-21.

European Commission. 2003. Directive 2003/87/EC of the European Union and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC.

European Commission. 2009. Directive 2009/29/EC of the European Union and of the Council of 23 April 2009 amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading scheme of the community.

European Commission. 2019. Revision for phase 4 (2021-2030).

https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/revision_en, nedladdat 2019 05 21.

European Commission. 2018. Sida 193 i IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM(2018) 773 - A Clean Planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy.

Hamrick, K. and Gallant, M. 2017. Unlocking Potential – State of the Voluntary Carbon Markets 2017. Forest Trends' Ecosystem Marketplace 1203 19th Street, NW 4th floor Washington, DC 20036. <https://www.cbd.int/financial/2017docs/carbonmarket2017.pdf> nedladdad 2019-05-22.

Garðarsdóttir, S.Ó., Normann, F., Skagestad, R. and Johnsson, F., 2018. Investment costs and CO₂ reduction potential of carbon capture from industrial plants—A Swedish case study. *International*

Grönkvist, S., Grundfelt, E., Sjögren, H. 2008. CO₂-avskiljning i Sverige. Ångpanneföreningens Forskningsstiftelse and the Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm.

Guardian 2019. <https://www.theguardian.com/environment/2019/mar/04/europes-forests-threatened-by-biodiversity-collapse-warn-campaigners-poland-vistula>, nedladdat 2019-05-21.

ICAO 2019. What is CORSIA and how does it work?. https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/A39_CORSIA_FAQ2.aspx nedladdad 2019-06-10.

Journal of Greenhouse Gas Control, 76, pp.111-124. Karlsson, H., Delahaye, T., Johnsson, F., Kjärstad, J. and Rootzén, J., 2017. Immediate deployment opportunities for negative emissions with Bio-CCS: a Swedish case study. *arXiv preprint arXiv:1705.07894*.

Kamb, A., Larsson, J. 2018. Klimatpåverkan från svenska befolkningens flygresor 1990-2017. Chalmers tekniska högskola, Avdelningen för fysisk resursteori.

Kemper, J., 2015. Biomass and carbon dioxide capture and storage: A review. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 40, pp.401-430.

Markets insider. 2019. Priset på EUA nedladdat från <https://markets.businessinsider.com/commodities/co2-emissionsrechte> den 2019-05-16

Naturvårdsverket, 2018. Avfall i Sverige 2016. NV rapport 6839. Juni 2018. Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Rogelj, J, Shindell, D., Jiang, K., Fifita, S., Forster, P., Ginzburg, V., Handa, C., Kheshgi, H., Kobayashi, S., Kriegler, E., Mundaca, L., Séférian, R., Vilarino, M. V. 2018, Mitigation pathways compatible with 1.5°C in the context of sustainable development. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)].

Rogers, E. M. 2003. Diffusion of innovations, Free Press, New York.

SCB 2019. Statistiska Centralbyråns webbplats. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/avfall/avfall-uppkommet-och-behandlat/pong/tabell-och-diagram/behandlat-avfall/>, nedladdat 2019 05 21



Smith, P., Davis, S.J., Creutzig, F., Fuss, S., Minx, J., Gabrielle, B., Kato, E., Jackson, R.B., Cowie, A., Kriegler, E. and Van Vuuren, D.P., (2016): Biophysical and economic limits to negative CO₂ emissions. *Nature Climate Change*, 6(1), p.42.

Torvanger, A. 2018. Governance of bioenergy with carbon capture and storage (Bio-CCS): accounting, rewarding, and the Paris agreement, *Climate Policy*, DOI: 10.1080/14693062.2018.1509044

Zakkour, P., Kemper, J. and Dixon, T., (2014): Incentivising and accounting for negative emission technologies. *Energy Procedia*, 63, pp.6824-6833.

