



Strategi för fossilfri konkurrenskraft

BIOGEN KOLDIOXIDINFÅNGNING
(BIO-CCUS)



Fossilfritt
Sverige

En strategi av
Fossilfritt Sverige





Innehållsförteckning

Förord	5
Företag som står bakom strategin	6
Färdplaner för fossilfri konkurrenskraft	7
Förkortningar och begrepp	8
Sammanfattning	10
1 Introduktion	15
1.1 Strategins syfte och mål	15
1.2 Viktiga utgångspunkter för strategin	16
1.3 Avgränsningar	16
1.4 Genomförande	17
2 Bakgrund	18
2.1 Negativa utsläpp	18
2.2 Hållbara kolbaserade produkter	21
2.3 Blandade flöden och ökad cirkularitet	24
3 Koldioxidinfångning kan bidra till att möta framtida efterfrågan på biogent kol	26
3.1 Sammanställning av efterfrågan och tillgångar på outnyttjat biogent kol	27
3.2 Behov av negativa utsläpp	27
3.3 Efterfrågan på hållbara kolbaserade produkter	28
3.4 Tillgång på outnyttjat biogent kol	30
3.5 Långsiktiga scenarier för ökat nyttjande av biogent kol	31
3.6 Satsningar på både bio-CCS och bio-CCU behövs	34
4 Bio-CCU - Styrmedel för en konkurrenskraftig övergång till hållbara kolbaserade produkter	35
4.1 Förslag gällande elektrobränslen till drivmedel	35
4.2 Förslag gällande förnybar och återvunnen råvara i material och kemikalier	37
4.3 Förslag om tillgång till och kostnad för el	40
4.4 Förslag om möjlighet till allokering vid blandade flöden	40
4.5 Förslag om stöd till investeringar, demoprojekt och förstudier	41
5 Mål och rapportering av negativa utsläpp	43
5.1 Förslag om separata mål för utsläppsminskningar och kolinlagring	43
5.2 Förslag om gemensam definition av residuala utsläpp	44

5.3 Jämförelse av de olika alternativen för rapportering inom EU	45
5.4 Förslag om rapportering av permanenta negativa utsläpp inom EU	47
6 Affärsmodeller och ägandeskap av negativa utsläpp	48
6.1 Översikt över olika finansieringsmodeller	48
6.2 Statligt stöd	50
6.3 EU-gemensamma styrmedel	50
6.4 Andra stater som köpare	50
6.5 Styrmedel för att nå nettonegativa utsläpp	50
6.6 Frivilliga marknader	51
6.7 Ägandeskap och tillgodoräknande av negativa utsläpp	51
6.8 Förslag om acceptans av dubbla anspråk som bidrar med additionalitet	54
7 Transport och lagring av koldioxid	57
7.1 Förslag om statens roll i utveckling av infrastruktur för transport och lagring av koldioxid	57
7.2 Förslag om avtal för transport och lagring av koldioxid och förändringar av nationella och internationella regelverk	58
8 Handlingsplan	60
Referenser	65
Bilaga	72
Sammanställning av styrmedel, regelverk och processer som påverkar förutsättningarna för bio-CCUS	72



Förord

Det här är den sjätte strategin från Fossilfritt Sverige för att underlätta och påskynda genomförandet av de 22 färdplaner för fossilfri konkurrenskraft som näringslivet har tagit fram inom ramen för vårt arbete. Denna gång är ämnet biogen koldioxidinfångning där koldioxiden sedan antingen kan lagras permanent för att skapa negativa utsläpp (bio-CCS) eller användas för att skapa hållbara kolbaserade produkter (bio-CCU). En ny gren av den svenska bioekonomin som är en förutsättning för att vi ska nå uppsatta klimatmål och fasa ut fossila råvaror och bränslen.

I Paris 2015 kom världens länder överens om att den globala temperaturökningen ska begränsas till långt under 2°C, med sikte på högst 1,5°C. För att nå dit måste vi backa bandet och komma ned till koldioxidhalter i atmosfären som motsvarar nivåer i mitten av 1980-talet. Det är därför hög tid att komma igång med arbetet med att fånga in biogen koldioxid och lagra den permanent i exempelvis hålligheter i berggrunden för att åstadkomma negativa utsläpp.

Men för att nå målet om maximalt 1,5°C uppvärmning är det oerhört viktigt att vi även fortsätter minska de fossila utsläppen. För att inte bromsa omvandlingstrycket och marknaden för ny fossilfri teknik är det därför en förutsättning att negativa utsläpp endast används för att kompensera för utsläpp som är mycket svåra och dyra att minska på andra sätt. Ett verktyg för att minska de fossila utsläppen är att använda den infångade koldioxiden till att producera produkter som kan ersätta fossila råvaror och material, så kallad CCU. Detta kan handla om exempelvis elektrobränslen till flyg och sjöfart samt elektrokemikalier till plast och läkemedel. Insikten om den kommande jakten på de gröna kolatomerna stärker min bild av att vi i framtiden inte kommer att ha några skorstenar med utsläpp av rökgaser kvar.

Arbetet med denna sjätte strategi har varit komplext och orsakat visst huvudbry kring flera av frågorna vi har arbetat med, men det har också varit lärorikt och otro-

ligt intressant. Frågan om dubbla anspråk, eller kanske gemensamma anspråk som det borde kallas, har varit en stor utmaning men där vi nu känner att vi i strategin landat i en god balans mellan vikten av trovärdighet för den globala klimatnyttan och behovet av att snabbt skala upp tekniken.

En aha-upplevelse i arbetet har även varit insikten om så kallade bioelektrobränslen där man genom att tillföra el eller vätgas direkt till biomassan vid produktion av bi drivmedel ökar verkningsgraden så att mer drivmedel kan produceras av given bioråvara.

Utvecklingen inom området går nu i ett högt tempo, nya förslag och beslut kommer i rask takt inom EU och intrasset från företag som funderar på hur de ska uppnå sina mål om nettonollutsläpp växer. Sverige ligger långt fram inom både bio-CCS och bio-CCU men behöver nu hänga med i svängarna för att visa vägen framåt inom EU och behålla sin ledande roll i utvecklingen. Det är också syftet med den här strategin som Fossilfritt Sverige nu har tagit fram i samverkan med företag och akademi.



Svante Axelsson

Nationell samordnare, Fossilfritt Sverige



Företag som står bakom strategin

Fossilfritt Sverige har i arbetet med strategin haft dialog med ett antal företag och organisationer. Dessa står bakom strategin i sin helhet, men inte nödvändigtvis alla enskilda formuleringar och åtgärdsförslag.

Avfall Sverige, Tony Clark, VD

Energiföretagen Sverige, Åsa Pettersson, VD

E.ON AB, Vijay Tank, COO Energy Infrastructure Solutions, Nordic

Göteborg Energi AB, Per-Anders Gustafsson, VD

Göteborgs Hamn, Göran Eriksson, VD

Heba Fastighets AB, Patrik Emanuelsson, VD

Klimpo, Karolina Unger, VD

Marginal Carbon, Robert Höglund, VD

Nasdaq Stockholm, Tomas Thyblad, Vice President & Head of ESG Solutions, European Markets

Jämtkraft AB, Ylva Andersson, VD

Liquid Wind, Claes Fredriksson, VD & Grundare

Perstorp, Cecilia Svensson, EVP Communications & Sustainable Transformation

Preem, Magnus Heimburg, VD

SCA, Kristina Enander, SVP Strategic Development

St1, Per-Arne Karlsson, Senior rådgivare

Stiftelsen Futura Environmental Initiatives, Gunnar Lindell, Ordförande

Stockholm Exergi, Anders Egelrud, VD

Sundsvall Energi AB, Anders Jonsson, VD

Sysav, Malin Dahlroth, VD

Söderenergi AB, Robert Tingvall, VD

Södra, Andreas Hörnfeldt, Chef Nya Affärer

Tekniska verken i Linköping AB, Charlotte Billgren, Hållbarhetschef

Umeå Energi AB, Jan Ridfeldt, VD

Uniper Sverige, Johan Svenningsson, VD

Vattenfall AB, Lovisa Fricot Norén, Vice President Business Unit Heat Sweden

Vectura Fastigheter AB, Joel Ambré, VD

Växjö Energi AB, Erik Tellgren, VD

Öresundskraft, Soraya Axelsson, Commercial Director CCS

Ørsted AB, Sebastian Hald Buhl, Sverigechef

22 färdplaner för fossilfri konkurrenskraft

I färdplanerna för fossilfri konkurrenskraft visar 22 branscher hur de kan bidra till att Sverige når målet om att vara klimatneutralt senast 2045. Tillsammans visar de också inom vilka områden det krävs avgörande insatser för att transformationen ska lyckas och konkurrenskraften stärkas. Fossilfritt Sverige tar därför fram horisontella strategier tillsammans med aktörer i berörda värdekedjor för att lösa upp knutarna och visa vägen framåt. Den här strategin för biogen koldioxidinfångning (bio-CCUS) är Fossilfritt Sveriges sjätte strategi. De tidigare strategierna är strategi för en hållbar batterivärdekedja, vätgasstrategin, strategi för bioenergi och bioråvara i industrins omställning, finansieringsstrategin samt strategi för en effektiv användning av energi och effekt.



Förkortningar och begrepp

Bio-CCS	CCS står för » <i>Carbon Capture and Storage</i> «, det vill säga avskiljning och lagring av koldioxid. Bio-CCS används när avskiljning och lagring av koldioxid av biogent ursprung avses. På engelska, och ibland på svenska, används även förkortningen BECCS (<i>Bio-energy with carbon capture and storage</i>).
Bio-CCU	CCU står för » <i>Carbon Capture and Utilization</i> «, det vill säga avskiljning och användning av koldioxid. Är koldioxiden av biogent ursprung används begreppet bio-CCU. När bränslen (drivmedel) produceras från koldioxid och el används ofta benämningen elektrobränslen , eller e-bränslen. Även termen <i>power-to-x</i> används, där x kan stå för till exempel » <i>fuels</i> «, » <i>liquids</i> « eller » <i>chemicals</i> «.
Bio-CCUS	CCUS står för » <i>Carbon Capture Utilization and Storage</i> «, det vill säga avskiljning, användning och lagring av koldioxid.
Bioelektrobränslen	Produktion av bränslen (drivmedel) från biomassa och el. Även kallat hybridbränslen .
Bioraffinaderi	Anläggningar som producerar flera högvärdiga produkter från biomassa, som drivmedel, kemikalier eller material. Även kallat biokombinat .
Carbon credit	Kolkredit , även växthusgaskredit används på svenska. Finansiellt instrument. Avses specifikt krediter för borttagning av koldioxid kan negativa utsläppskrediter användas.
CDR	» <i>Carbon Dioxide Removal</i> «, åtgärder för upptag av koldioxid från atmosfären.
Contribution claim	Anspråk om klimatfinansiering eller klimatbidragssanspråk , det vill säga att ett företag bidragit till uppfyllandet av ett lands klimatmål.
Corresponding adjustment	Överföring till ett annat land med tillhörande justering i säljar- respektive köparlandets utsläppsbokföring. På svenska kan motsvarande justering användas.
CRCF	» <i>EU Carbon Removal Certification Framework</i> «, certifieringsramverk för upptag och infångning av koldioxid.
DACCS	» <i>Direct Air Carbon Capture and Storage</i> « eller » <i>Direct Air Capture</i> « (DAC), direktinfångning och avskiljning av koldioxid från luften och lagring.
Dubbla anspråk	Både ett företag och en nation gör anspråk på (räknar) ett negativt utsläpp (eller en utsläppsminskning). Kan även benämnas gemensamma anspråk efter engelskans <i>co-claiming</i> .
ESR	» <i>Effort Sharing Regulation</i> «, ansvarsfördelningsförordningen inom EU:s klimatpaket.
EU ETS	» <i>EU Emission Trading System</i> «, EU:s utsläppshandelssystem.

Gemensamma anspråk	Både ett företag och en nation gör anspråk på (räknar) ett negativt utsläpp (eller en utsläppsminskning). Kan även benämnas dubbla anspråk .
Hållbara kolbaserade produkter	Produkter i form av drivmedel eller andra energibärare, material samt kemikalier som utgår ifrån hållbart biobaserat kol direkt från biomassa, cirkulärt återvunnet kol från avfalls- och industriella procesströmmar, infångad biogen koldioxid eller koldioxid infångad från luften.
Kompletterande åtgärder	Godkända åtgärder enligt det klimatpolitiska ramverket för att kompensera för utsläpp som är svåra och kostsamma att eliminera. Till kompletterande åtgärder räknas ökad nettoinlagring i skog, mark och träbaserade produkter, avskiljning, transport och lagring av koldioxid med biogent ursprung, verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder och negativa utsläpp genom andra tekniska åtgärder.
LULUCF	»Land Use, Land Use Change and Forestry«, EU-sektor för klimatpåverkan från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk, inklusive inlagring av kol i träbaserade produkter.
NDC	»Nationally Determined Contributions«, nationellt beslutade klimatplaner inom ramen för Parisavtalet.
Negativa utsläpp	Åtgärder som leder till upptag av koldioxid från atmosfären utöver de upptag som annars skulle ha uppstått naturligt i kolcykeln.
Nettonollutsläpp	Nettonollutsläpp uppnås när de av människan orsakade utsläppen av växthusgaser motsvarar det av människan orsakade upptaget av växthusgaser.
Nettonegativa utsläpp	Nettonegativa utsläpp uppstår när de negativa utsläppen överstiger de kvarvarande utsläppen av växthusgaser.
RED	»Renewable Energy Directive«, förnybartdirektivet.
Residuala utsläpp	De utsläpp som bedöms vara svåra och dyra att helt bli av med och därmed kvarstår efter att möjliga utsläppsminskningar genomförts, till exempel metan- och lustgasutsläpp från förbränning av biobränslen, avloppsreningsverk, rötning för biogasproduktion och utsläpp från jordbruket.
RFNBO	»Renewable Fuels of Non-Biological Origin«, bränslen vars energiinnehåll hämtas från andra förnybara källor än biomassa. De är bränslen som produceras genom 1) omvandling av förnybar el genom elektrolys av vatten för att producera vätgas 2) blandning av vätgas med koldioxid för att producera kolväten (elektrobränslen). Även termen syntetiska bränslen används.
SAF	»Sustainable Aviation Fuels«, hållbara flygbränslen.
Tekniska kolsänkor	Inte naturliga utan skapade kolsänkor, till exempel genom bio-CCS, DACCS och biokol.
UNFCCC	»United Nations Framework Convention on Climate Change«, FN:s klimatkonvention.
VCM	»Voluntary Carbon Market«, frivillig marknad för handel med kolkrediter för företag och individer som vill kompensera sina växthusgasutsläpp eller bidra till utsläppsminskningar eller negativa utsläpp utanför sin egen verksamhet.
Återvunna kolbaserade bränslen	»Recycled carbon fuels«, bränslen som produceras från flöden av avfall av icke-förnybart ursprung som inte lämpar sig för materialåtervinning eller från gaser från avfallshantering och avgaser av icke-förnybart ursprung som framställs som en följd av produktionsprocessen i industrianläggningar. Exempel är restgaser från stål- och kemiindustrin samt fossila fraktioner av avfall.

Sammanfattning

För att nå klimatmålen och begränsa den globala temperaturökningen till under 1,5°C måste de globala utsläppen av växthusgaser drastiskt minska de kommande årtiondena. Enligt FN:s klimatpanel, IPCC, behöver utsläppen halveras till år 2030, nå nettonoll till 2050, för att därefter bli nettonegativa och uppnå en minskad koncentration av koldioxid i atmosfären. I sektorer som är beroende av kolatomer kan det fossila kolet ersättas av cirkulära kolflöden och hållbara biobaserade kolkällor. Parallellt behöver en ökande mängd kol varje år fångas in, genom både naturliga och tekniska åtgärder, för att därigenom skapa negativa utsläpp för att nå mål om klimatneutralitet och sedan nettonegativa utsläpp.

Globalt behövs ungefär 5–10 gigaton negativa utsläpp per år, om nettonollutsläpp ska uppnås 2050. För att nå målet om maximalt 1,5°C uppvärmning behöver koldioxidhalten i atmosfären troligen minska till under 350 ppm, vilket motsvarar koldioxidhalten i mitten på 1980-talet. Detta kräver negativa utsläpp i storleksordningen 220 gigaton, från dess att nettonoll uppnås fram till år 2100.

Ett viktigt verktyg för att åstadkomma negativa utsläpp är genom bio-CCS, alltså infångning och lagring av biogen koldioxid. De infångade kolatomerna kan även användas till att producera hållbara kolbaserade produkter, exempelvis drivmedel och plaster, så kallad bio-CCU.

Inom ramen för Fossilfritt Sverige har 22 branscher tagit fram färdplaner för hur de ska bli fossilfria senast till 2045. Tillsammans ger färdplanerna en framtida bild av Sveriges fortsatta välförhållanden där en grön industri leder till ökad export som ger arbetstillfällen och skatteintäkter som finansierar den gemensamma välförhållanden. Flera av färdplanerna lyfter behovet av CCS, såväl som CCU, för att lyckas med sin omställning, exempelvis cementbranschen, uppvärmningsbranschen och sjöfartsnäringen. Teknikerna kan även hjälpa till att möjliggöra omställningen för exempelvis bygg- och anläggningssektorn, drivmedelsbranschen och kemiindustrin.

Syftet med den här strategin är att möjliggöra en nöd-

vändig teknikutveckling för att Sverige på sikt ska kunna åstadkomma nettonegativa utsläpp samt stötta utvecklingen av en ny svensk exportindustri för permanenta negativa utsläpp och hållbara kolbaserade produkter. Hållbara kolbaserade produkter från bio-CCU och permanenta negativa utsläpp från bio-CCS möjliggör industrins omställning och har potentialen att skapa en ny svensk industrisektor med ökad export, stärkt konkurrenskraft och uppfyllelse av de uppsatta klimatmålen som följd. De europeiska ramarna finns ännu inte på plats och Sverige har därför en unik möjlighet att ta en ledande roll och visa vägen framåt för EU och dess regelverk. På så sätt kan Sverige bibehålla sin ledande roll i utvecklingen för bio-CCUS (infångning, lagring och användning av biogen koldioxid).

Utvecklingen av bio-CCUS är i ett tidigt skede där nya affärsmodeller håller på att växa fram. Strategins inriktning är därför hur Sverige bör agera på kort sikt för att undanröja hinder, skapa förutsättningar och incitament för en utbyggnad av anläggningar för bio-CCUS. I strategin inkluderas även blandade flöden där koldioxiden både har biogent och fossilt ursprung.

Viktiga utgångspunkter för strategin

Koldioxidinfångning stärker Sveriges konkurrenskraft

Sverige har goda tillgångar på skogsråvara och verksamheter med stora punktutsläpp av koldioxid inom massa- och pappersindustrin och kraftvärmesektorn. Det innebär stor potential för negativa utsläpp genom bio-CCS och produktion av hållbara kolbaserade produkter genom bio-CCU. Det finns därmed möjlighet för Sverige att inte bara tillgodose egna behov utan även att bli nettoexportör av såväl negativa utsläpp som hållbara kolbaserade produkter.

Negativa utsläpp ska inte ersätta utsläppsminskningar

Att begränsa jordens temperaturökning till 1,5°C är utmanande, och kommer att kräva nettonegativa utsläpp. Potentialen för negativa utsläpp är begränsad i en överskådlig framtid på grund av framför allt tillgängligt och

ekonomiskt möjliga lagringsutrymmen. Det är därför viktigt att åtgärder för negativa utsläpp kompenserar för de utsläpp som verkligen är svåra och dyra att få bort, och att negativa utsläpp inte ersätter fortsatta utsläppsminskningar som är möjliga att åstadkomma.

Systemperspektiv

Hållbar bioråvara är en begränsad resurs och behöver betraktas i ett system där biomassan och de biogena kolatomerna bidrar till klimatomställningen på ett energi- och resurseffektivt sätt. Hållbarheten, inklusive biologisk mångfald, måste värderas hela vägen från produktion till slutanvändning.

Satsningar på både bio-CCS och bio-CCU behövs

Det framtida behovet av permanenta negativa utsläpp och hållbara kolbaserade produkter är stort. På lång sikt kommer de biogena kolatomerna att vara begränsade och fördelningen av dem kommer att styras av betalningsviljan för olika användningsområden på en europeisk och global marknad. På kort- och medellång sikt begränsar andra faktorer som tillgången till el och annan infrastruktur samt inte minst förekomsten av styrmedel den realiserbara potentialen för bio-CCUS.

Bio-CCU kan bidra med hållbara kolbaserade produkter som substituerar användandet av fossila bränslen och produkter. För produktion av hållbara kolbaserade produkter måste dock ett bredare perspektiv än CCU antas, då det finns effektivare lösningar än ren CCU på sikt för de flesta applikationer (till exempel att producera drivmedel direkt från biomassa med kraftig elektrifiering). På kort- och mellanlångsikt finns dock en outnyttjad resurs i form av kolatomer i rökgaser där ytterligare ansträngningar behövs för att tillgängliggöra dessa för produktion av hållbara drivmedel och kemikalier.

Framför allt CCU, men även CCS, kräver stora mängder el. För att avskilja och lagra 10 miljoner ton koldioxid krävs ungefär 4–7 TWh el. Om motsvarande mängd koldioxid istället ska omvandlas till elektrobränsle krävs totalt ungefär 100 TWh el för att producera 50 TWh elektrobränsle. Kommande satsningar behöver ta i beaktande vad som är en realistisk nivå på ökat elbehov för detta ändamål i jämförelse med det ökade elbehov som övrig industri kräver för sin omställning.

Parallellt med en satsning och utveckling av CCU behöver även bio-CCS utvecklas för att kunna användas till att kompensera för utsläpp som är mycket svåra eller dyra att minska på andra sätt och på sikt även skapa nettonegativa utsläpp globalt för att minska halten koldioxid i atmosfären.

Bio-CCU – Styrmedel för en konkurrenskraftig övergång till hållbara kolbaserade produkter

För att åstadkomma en konkurrenskraftig övergång till hållbara kolbaserade produkter inom såväl transportsektorn som inom kemi- och materialindustrin krävs incitament för att ersätta det fossila kolet med cirkulärt återvunnet kol, och/eller hållbart biobaserat kol. Nuvarande styrmedel är inte tillräckliga för att åstadkomma denna övergång och realisera den stora svenska potentialen för produktion av hållbara kolbaserade produkter.

Kommande styrmedel inom EU kommer på sikt att skapa en betydande efterfrågan på elektrobränslen för både flyg och sjöfart. För att stärka Sveriges konkurrenskraft och underlätta för den svenska industrin att möta upp den kommande efterfrågan behöver styrmedel för att stimulera den inhemska produktionen av elektrobränslen komma på plats.

Styrmedel som stimulerar inhemska produktion av förnybara drivmedel har efterfrågats i många år. Befintliga och tidigare svenska styrmedel har främst riktats mot användningen av biodrivmedel, vilket har lett till att Sverige är en stor nettoimportör av biodrivmedel och råvaror till biodrivmedel. Sverige med sina stora inhemska tillgångar på bioråvara från skogs- och jordbruk, såväl som av biogen koldioxid, bör i stället vara en betydande nettoexportör.

Styrningen för en ökad materialeffektivitet kan i dagsläget bedömas som svag. Industri där biogen koldioxid används som råvara till material och produkter omfattas inte av några befintliga styrmedel i dagsläget, varken inom EU eller nationellt. För att ge tydlig vägledning och incitament för omställningen från fossila till återvunna och förnybara råvaror behövs en reglering inom EU med mål för hållbar råvara som används i kemikalier och plastprodukter i kombination med ett arbete för att fasa ut användningen av nya jungfruliga fossila råvaror.

Det saknas idag styrmedel tidigt i värdekedjan för att skapa incitament för att cirkulera avfall. Samtidigt behöver avfallshierarkin bli mer nyanserad så att även lösningar som CCUS kan premieras långsiktigt för de fraktioner där förbränning är lämpligast. Strategins bedömning är att en incitamentsstruktur som gynnar återvinning av kolatomer från avfall så högt upp i avfallstrappan som möjligt behövs, men att det också i ett kortare perspektiv behövs ett ökat tillvaratagande av kolatomerna från avfallsförbränning genom CCS och CCU.

Vid koldioxidinfångning på blandade flöden, exempelvis vid avfallsförbränning, är möjligheten att allokera exempelvis den biogena delen av ett flöde till CCU och den fossila delen till CCS oklar. Om olika delflöden betraktas som mixade kan det skapa hinder för investeringar i CCS eller CCU. För att öka möjligheterna för investeringar i CCUS från blandade flöden behöver allokering tillåtas.

Mål och rapportering av negativa utsläpp

Negativa utsläpp behövs både för att kompensera residuala utsläpp så att nettonollutsläpp kan uppnås och för att i ett senare skede nå nettonegativa utsläpp. För att nå målet om maximalt 1,5°C uppvärmning krävs också kraftiga utsläppsminskningar. Därför är det viktigt att de residuala utsläppen minskar så mycket som möjligt.

Separata mål för utsläppsminskningar respektive kolinlagring inom EU tydliggör att de flesta utsläppskällor och sektorer behöver nå nollutsläpp senast 2050 och minskar risken att negativa utsläpp bromsar teknikutveckling och takten i arbetet med att begränsa de fossila utsläppen. Sverige bör även gå före och införa ett nationellt separat mål för kolinlagring inklusive permanenta negativa utsläpp.

Det är ännu inte klarlagt hur de permanenta negativa utsläppen ska rapporteras inom EU. Mycket är fortfarande också oklart kring hur EU ETS, ESR och LULUCF kommer att utvecklas efter 2030. Det finns därmed många olika möjliga kombinationer av hur rapporteringen av negativa utsläpp och styrmedel på såväl nationell som EU-nivå kan se ut. Oavsett var rapportering av bio-CCS och andra tekniska, permanenta negativa utsläpp sker är det en förutsättning att det åstadkoms genom en mekanism som säkerställer ambitionshöjningar så att utsläppen av växthusgaser fortsätter att minska.

Affärsmodeller och ägandeskap av negativa utsläpp

För att infria potentialen av bio-CCS är det av största vikt att det finns ett förtroende på marknaden för permanenta negativa utsläpp som ett av alternativen för att begränsa den globala uppvärmningen. Vid utvecklingen av den frivilliga marknaden för negativa utsläpp är det därför avgörande att värna additionalitet och en ökad global omställningstakt så att den klimatnytta som tekniken bidrar med inte kan ifrågasättas.

Dubbla anspråk, mellan stater och företag, uppkommer när de köpta negativa utsläppen används för att kompensera köparens utsläpp och räknas mot företagets klimatmål samtidigt som det tas i anspråk och räknas av världsländet, för att uppnå nationella klimatmål. Gemensamma anspråk är en ny alternativ benämning på när stater och företag använder samma negativa utsläpp som reflekterar att så även är fallet vid rapportering av utsläppsminskningar.

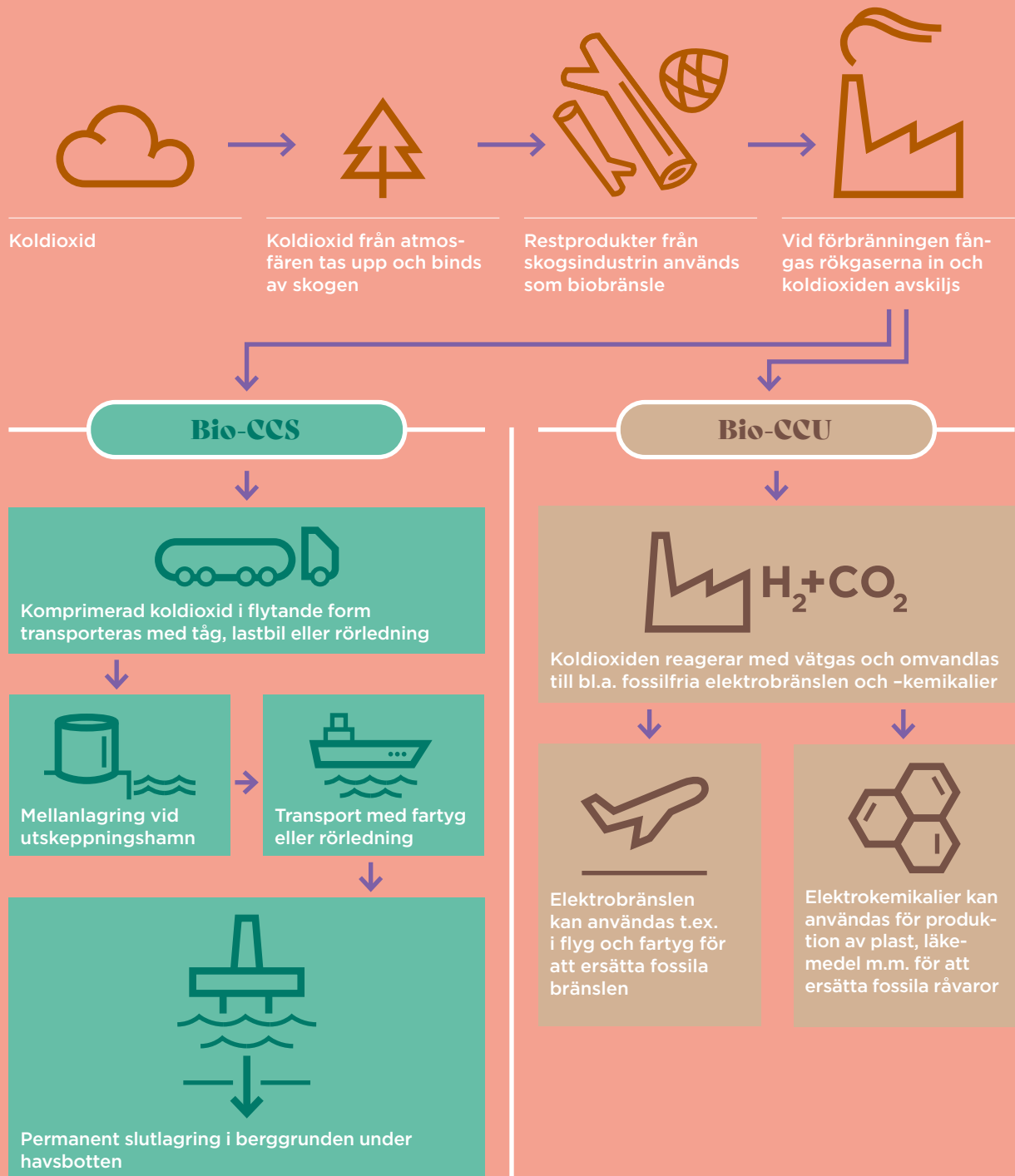
Anläggningar för bio-CCS är en dyr investering som stater kommer att behöva vara med att finansiera för att skala upp och skapa tillhörande infrastruktur för att tillgängliggöra tekniken. För att kunna utnyttja statligt kapital som en hävstång och realisera så stor potential som möjligt av permanenta negativa utsläpp är slutsatsen i den här strategin att statligt stöd bör användas på ett kostnadseffektivt sätt så att andelen skattemedel minimeras när de kombineras med finansiering från företag på frivilligmarknaden.

Regeringen har, i klimathandlingsplanen, gjort bedömningen att en frivillig marknad för negativa utsläpp såsom bio-CCS bör möjliggöras. Regeringen har också aviserat att utformningen av de nationella etappmålen till 2030 och 2040 bör ses över så att de bättre överensstämmer med Sveriges åtaganden inom EU. Användandet av negativa utsläpp som kompletterande åtgärd bör därför ses som en åtgärd för att nå Sveriges mål om nettonollutsläpp till 2045, där maximalt 15 procent får utgöras av kompletterande åtgärder.

För att möjliggöra en nödvändig teknikutveckling, stötta utvecklingen av en ny svensk exportindustri för permanenta negativa utsläpp, samtidigt som trovärdigheten och legitimiteten för de svenska permanenta negativa utsläppen bibehålls är bedömningen inom ramen för den här strategin att regeringen bör tydliggöra att Sve-



Biogen koldioxidinfångning – exempel på olika vägar



rige endast kommer att använda permanenta negativa utsläpp med dubbla anspråk för att kompensera för residuala utsläpp enligt det nationella klimatpolitiska ramverket och på ett sätt som inte minskar takten för fortsatta utsläppsminskningar. Regeringen bör även tydliggöra att den inte eftersträvar att permanenta negativa utsläpp från bio-CCS får användas för att möta Sveriges ESR-åtagande till 2030 på EU-nivå. Driftstödet för bio-CCS bör även utformas på ett sätt som möjliggör att mängden bio-CCS som kan realiserats utifrån statligt stöd maximeras och att köp på en frivillig marknad bidrar med additionell klimatnytta.

Transport och lagring av koldioxid

Staten har ett ansvar för utveckling och samordning av samhällets infrastruktur, detta gäller även utvecklingen av infrastruktur för transport och lagring av koldioxid. Samtidigt är det svårt att förutse hur behovet kommer att se ut i framtiden och därmed finns en risk att det skapas inläsningar i infrastruktur som inte efterfrågas. För att de investeringar i infrastruktur som kommer att krävas för transport och lagring av koldioxid ska bli av kan staten minska risken och röja undan hinder som skapar osäkerheter för investeringarna. Staten har även ett samlande och samordnande ansvar för att underlätta för avskiljningsaktörer och infrastrukturinvestorer att träffa överenskommelser och därmed möjliggöra för uppbyggnaden av infrastruktur.

Prioriterade förslag

- Regeringen bör införa ett flexibelt och långsiktigt styrmedel i form av en intäktsgaranti för inhemsk produktion av elektrobränslen och andra förnybara drivmedel.
- Regeringen bör ta ledarskap i frågan om mål om återvunna och/eller förnybara råvaror till kemikalier och plastprodukter samt arbeta inom EU för att införa ett gemensamt stoppår, förslagsvis år 2040, för intag av nya jungfruliga fossila råvaror.
- Regeringen bör arbeta för att inom ramen för EU ETS-direktivet, samt andra relevanta direktiv, tillåta allokering av biogen respektive fossil koldioxid i blandade flöden till olika ändamål.
- Regeringen bör i det kommande arbetet med 2040-målen inom EU arbeta för separata mål för utsläppsminskningar respektive kolinlagring, inklusive

en specifik andel permanenta negativa utsläpp, för att tydliggöra andelen residuala utsläpp som kan accepteras 2050 för att nå de globala klimatmålen om maximalt 1,5°C uppvärmning.

- Regeringen bör ge Miljömålsberedningen i uppdrag att ta fram nationella mål för kolinlagring, inklusive en specifik andel permanenta negativa utsläpp, till 2045.
- Regeringen bör tydliggöra att Sverige endast kommer att använda permanenta negativa utsläpp med dubbla anspråk för att kompensera för residuala utsläpp enligt det nationella klimatpolitiska ramverket, på ett sätt som inte reducerar takten för fortsatta utsläppsminskningar, samt att den inte eftersträvar att permanenta negativa utsläpp från bio-CCS får användas för att möta Sveriges ESR-åtagande till 2030 på EU-nivå. Regeringen bör även driva samma ställningstagande inom EU i kommande förhandlingar om ett gemensamt regelverk för frivilligmarknaden.
- Regeringen bör i den kommande förordningen om det statliga driftstödet för bio-CCS:
 - Tydliggöra att hela den avsedda budgetramen ska användas för att skapa incitament för etablering av bio-CCS och att eventuella återbetalade medel går tillbaka till budgetposten avsedd för bio-CCS.
 - Utforma stödsystemet så att aktörer kan anpassa sina bud i auktioneringen med hänsyn till intäkter från den frivilliga marknaden och att ingen justering av stödnivåerna görs till följd av privata intäkter som angetts i budgivningen.
 - Undvika risker för överkompensation enligt statsstödsreglerna genom att projektets samtliga intäkter och kostnader redovisas.
 - Införa en undre gräns för privat finansiering, förslagsvis minst 50 procent, för de negativa utsläpp som samfinansieras med frivilligmarknaden.
- Regeringen bör tydliggöra regelverket för de gröna kreditgarantierna för att möjliggöra att stöd kan ges till investeringar i stödjande infrastruktur, så som rörledning, mellanlager och utskeppningshamnar för infångad koldioxid.

1. Introduktion

För att begränsa den globala temperaturökningen till under 1,5°C måste de globala utsläppen av växthusgaserna drastiskt minska de kommande årtiondena. Enligt FN:s klimatpanel, IPCC, behöver utsläppen halveras till år 2030, nå nettonoll till 2050, för att därefter bli nettonegativa och uppnå en minskad koncentration av koldioxid i atmosfären. I sektorer som är beroende av kolatomer kan det fossila kolet ersättas av cirkulära kolflöden, hållbara biobaserade kolkällor samt kol infångat från atmosfären. Parallellt behöver en ökande mängd kol varje år fångas in från atmosfären, genom både naturliga och tekniska åtgärder, för att därigenom skapa negativa utsläpp för att nå mål om klimatneutralitet och sedan nettonegativa utsläpp.¹

Det svenska klimatpolitiska ramverket anger att Sverige ska nå nettonollutsläpp senast 2045 och ha negativa nettoutsläpp därefter. Eftersom vissa utsläpp är svåra och kostsamma att eliminera behövs så kallade kompletterande åtgärder vid sidan av omfattande utsläppsminskningar. Avskiljning, transport och lagring av koldioxid med biogent ursprung (bio-CCS) är den åtgärd som tillskrivs störst potential i ett svenskt perspektiv. Det uppskattade behovet av kompletterande åtgärder år 2045 uppgår till ungefär 11 miljoner ton koldioxidequivaler årligen, där bio-CCS uppskattas bidra med mellan 3 och 10 miljoner ton koldioxidequivaler.² Globalt behövs ungefär 5-10 gigaton negativa utsläpp per år, om nettonollutsläpp ska uppnås 2050.³ För att nå målet om maximalt 1,5°C uppvärmning krävs sedan totalt omkring 220 gigaton negativa utsläpp, från dess att nettonoll uppnås fram till år 2100.⁴

Även produkter av hållbar biogen koldioxid kommer att krävas för att de uppsatta målen ska kunna nås, nationellt, inom EU och globalt. Till exempel inom flygsektorn är bedömningen att det långsiktigt kommer krävas hållbara flygbränslen, vid sidan av elektrifiering och ren vätgas, för att uppnå kraftiga utsläppsminskningar. Dessa kan produceras direkt från bioråvara eller genom att använda infångad biogen koldioxid tillsammans med el/vätgas (bio-CCU, carbon capture and utilisation) för produktion av så kallade elektrobränslen.

Kemiindustrins processer bygger också på kolväten och för en övergång till en fossilfri kemikalie- och materialproduktion krävs en övergång till hållbara förnybara kolkällor samtidigt som en stor del av produkterna produceras utifrån återvunnet material. Det finns således ett långsiktigt behov av de biogena kolatomerna både för negativa utsläpp och för hållbara kolbaserade produkter i form av drivmedel, kemikalier och material.

Inom ramen för Fossilfritt Sverige har 22 branscher tagit fram färdplaner för hur de ska bli fossilfria senast till 2045. Tillsammans ger färdplanerna en framtida bild av Sveriges fortsatta välstånd där en grön industri leder till ökad export som ger arbetstillfällen och skatteintäkter som finansierar den gemensamma välfärden. Flera av färdplanerna lyfter behovet av CCS, såväl som CCU, för att lyckas med sin omställning, exempelvis cementbranschen, uppvärmningsbranschen och sjöfartsnäringen. Teknikerna kan även hjälpa till att möjliggöra omställningen för exempelvis bygg- och anläggningssektorn, drivmedelsbranschen och kemiindustrin. För skogsnäringen tillsammans med uppvärmningsbranschen utgör bio-CCS dessutom en möjlighet för branscherna att inte »bara« bli fossilfria, utan också klimatpositiva.

Bio-CCUS är ett nytt område, inga storskaliga kommersiella anläggningar för att avskilja biogen koldioxid för att lagra eller omvandla finns ännu på plats även om Sverige jämförelsevis ligger långt fram. Det pågår just nu flera olika processer, såväl på nationell nivå som inom EU, som kommer att påverka utvecklingen och möjligheterna för bio-CCUS.

1.1 Strategins syfte och mål

Syftet med den här strategin är att möjliggöra en nödvändig teknikutveckling för att Sverige på sikt ska kunna åstadkomma nettonegativa utsläpp samt stötta utvecklingen av en ny svensk exportindustri för permanenta negativa utsläpp och hållbara kolbaserade produkter. Hållbara kolbaserade produkter från bio-CCU och permanenta negativa utsläpp från bio-CCS möjliggör industrins omställning och har potentialen att skapa

en ny svensk industrisektor med ökad export, stärkt konkurrenskraft och uppfyllelse av de uppsatta klimatmålen som följd. De europeiska ramarna finns ännu inte på plats och Sverige har därför en unik möjlighet att ta en ledande roll och visa vägen framåt för EU och dess regelverk. På så sätt kan Sverige bibehålla sin ledande roll i utvecklingen för bio-CCUS (infångning, lagring och användning av biogen koldioxid).

Utvecklingen av bio-CCUS är i ett tidigt skede där nya affärsmodeller håller på att växa fram. Strategins inriktning är därför hur Sverige bör agera på kort sikt för att undanröja hinder, skapa förutsättningar och incitament för en utbyggnad av anläggningar för bio-CCUS. I strategin inkluderas även blandade flöden där koldioxiden både har biogent och fossilt ursprung.

1.2 Viktiga utgångspunkter för strategin

Koldioxidinfångning stärker Sveriges konkurrenskraft

Sverige har goda tillgångar på skogsråvara och verksamheter med stora punktutsläpp av koldioxid inom massa- och pappersindustrin och kraftvärmesektorn. Det innebär stor potential för negativa utsläpp genom bio-CCS och produktion av hållbara kolbaserade produkter genom bio-CCU. Det finns därmed möjlighet för Sverige att inte bara tillgodose egna behov utan även att bli nettoexportör av såväl negativa utsläpp som hållbara kolbaserade produkter.

Negativa utsläpp ska inte ersätta utsläppsminskningar

Negativa utsläpp genom bio-CCS är viktigt för att nå globala, europeiska och nationella klimatmål. Detta gäller även för fossilbaserad CCS i de fall det saknas andra alternativ för de utsläppsminskningar som krävs. Att begränsa jordens temperaturökning till 1,5°C är utmanande, och kommer att kräva nettonegativa utsläpp. Potentialen för negativa utsläpp är begränsad i en överskådlig framtid på grund av framför allt tillgängligt och ekonomiskt möjliga lagringsutrymmen. Det är därför viktigt att åtgärder för negativa utsläpp kompenserar för de utsläpp som verkligen är svåra och dyra att få bort, och att negativa utsläpp inte ersätter fortsatta utsläppsminskningar som är möjliga att åstadkomma.

Systemperspektiv

Vid utformning av policy och regelverk är det viktigt med ett bredare systemperspektiv. Utgångspunkten bör vara hur den begränsade tillgången på hållbar bioråvara, tillsammans med andra resurser, kan användas för att åstadkomma allt mellan negativa utsläpp, hållbara kolbaserade produkter samt värme och el. På lång sikt kommer de biogena kolatomerna att vara begränsade och fördelningen av dem kommer att styras av betalningsviljan för olika användningsområden på en europeisk och global marknad.

Både CCS och CCU kräver betydande mängder energi. Utveckling av mer energieffektiva processer för avskiljning och omvandling av koldioxid, utveckling mot nya bioraffinaderiprocesser som möjliggör ett högre kolutnyttjande till en lägre energikostnad, tillsammans med ett ökat tillvaratagande av restvärme från dessa och andra processer utgör alla viktiga byggstenar för ett system där biomassan och de biogena kolatomerna på ett energi- och resurseffektivt sätt bidrar till klimatomställningen.

Användandet av bioråvaror har en viktig roll att spela i klimatomställningen. Hållbarheten, inklusive aspekter som biologisk mångfald, för varje enskild värdekedja måste värderas hela vägen från produktion till slutanvändning. Detta gäller också vid produktion av negativa utsläpp.

1.3 Avgränsningar

Strategins huvudfokus är hur biogen koldioxid kan användas för att skapa negativa utsläpp genom bio-CCS och för att skapa hållbara kolbaserade produkter för industri- och transportsektorn genom bio-CCU. Andra åtgärder för negativa utsläpp, till exempel olika biokolsapplikationer, utgör ett viktigt komplement till bio-CCS och kommer att vara betydelsefulla för inlagring av kol. Det gäller särskilt den närmaste tiden innan åtgärder för lagring i form av bio-CCS blir tillgängligt i större omfattning. Även för dessa åtgärder behövs adekvata styrmedel, men det är inte ett fokus för den här strategin.

Även blandade flöden av fossilt och biogent ursprung, där cirkularitet genom CCU eller koldioxidlagring genom CCS är möjlig, hanteras i strategin. Detta förekommer inom exempelvis avfallsförbränning och industrier. I dessa fall åstadkoms CCU baserad på återvunnen fossil

såväl som biogen råvara eller en blandning av bio-CCS och fossilbaserad CCS.

Värdekedjan för CCS ser i princip likadan ut oavsett vilket ursprung koldioxiden har. Därmed finns ett flertal frågeställningar som adresseras i den här strategin som är relevanta också för fossilbaserad CCS. Det handlar om infrastruktur för koldioxidtransport, lagringsutrymme för svenska aktörer samt regler och internationella konventioner som hindrar eller försvårar permanent koldioxidlagring. Dock är effekten av fossilbaserad CCS i form av utsläppsminskningar skild från effekten av bio-CCS i form av skapandet av negativa utsläpp och därmed också vad beträffar policy- och incitamentsfrågor.

1.4 Genomförande

Strategin för biogen koldioxidinfångning (bio-CCUS) har utvecklats på initiativ och under ledning av Fossilfritt Sverige. Arbetet har utförts med stöd från forskningsinstitutet RISE Research Institutes of Sweden och bygger på kunskapsinhämtning från litteratur, inspel från och diskussioner med särskilt inrättade referens- och industrigrupper samt andra intressenter från till exempel uppvärmningsbranschen, skogsindustrin, kemiindustrin, drivmedelsindustrin och myndigheter.

Referensgruppen har bestått av: Mathias Fridahl, *Linköpings universitet*; Filip Jonsson, *Chalmers*; David Mjureke, *WWF*; Kenneth Möllersten, *IVL*; Svante Söderholm, *Energimyndigheten* och Åsa Weinholt, *Naturvårdsverket*.

Industrigruppen har bestått av: Kristina Enander, *SCA*; Adam Kanne, *Perstorp*; Per-Arne Karlsson, *St1*; Fabian Levin, *Stockholm Exergi*; Rose Sargant, *Ørsted*; Karolina Unger, *Klimpo* och Jenny Westerberg, *Profu*.

Medlemmarna i referens- och industrigruppen ställer sig inte nödvändigtvis bakom alla delar av strategin.

2. Bakgrund

Negativa utsläpp kan åstadkommas genom bio-CCS. De infångade biogena kolatomerna kan även användas till att producera hållbara kolbaserade produkter, bio-CCU, som kan användas till att substituera produkter producerade från fossil råvara.

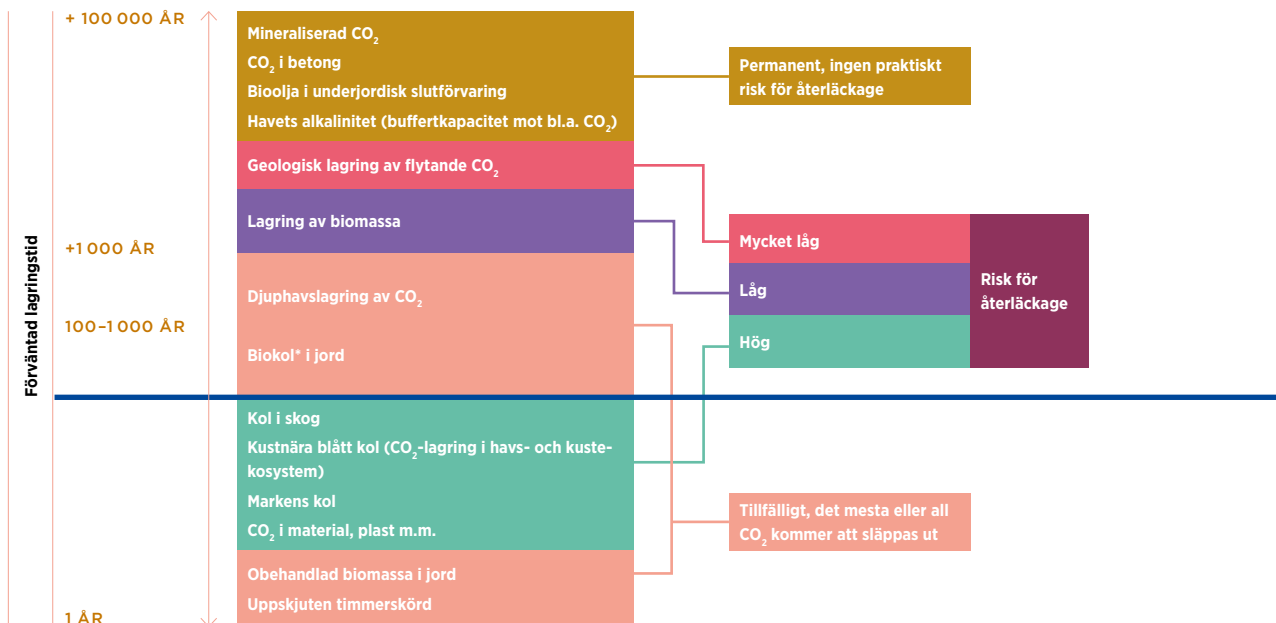
2.1 Negativa utsläpp

En kolsänka är en reservoar som binder och lagrar mer koldioxid från atmosfären än vad den släpper ut. Skogar och hav är exempel på naturliga kolsänkor. Negativa utsläpp uppstår om mänsklig aktivitet leder till upptag av koldioxid utöver det upptag som uppstår naturligt i kolcykeln,² till exempel genom bio-CCS, DACCS och biokol. Figur 1 visar en översikt över olika metoder för att lagra in kol och deras relaterade lagringstid.

De svenska klimatmålen

Enligt det klimatpolitiska ramverket⁶ ska Sverige senast år 2045 inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp. Utsläppen ska minska gradvis, med etappmål för 2030 och 2040, för att 2045 ha uppnått en minskning på minst 85 procent jämfört med år 1990. De utsläpp som kvarstår när utsläppen minskats, ofta kallat residuala utsläpp, bedöms främst bestå av metan- och lustgasutsläpp, från exempelvis jordbruk, förbränning av biobränslen och avloppsreningsverk, varav jordbruket förväntas stå för den största delen. Dessa utsläpp bedöms vara svåra och dyra att helt bli av med.

KOLINLAGRINGSMETODER



Figur 1 Olika metoder för att lagra in kol och deras relaterade förväntade lagringstid. Källa: Höglund (2023).⁵

* Ny forskning pekar på att högkvalitativ biokol kan utgöra permanent lagring av CO₂, men konsensus i frågan har ännu inte nåtts.

För att nå Sveriges klimatmål finns det så kallade kompletterande åtgärder som kan tillgodoräknas. Till kompletterande åtgärder räknas ökat nettoupptag och minskade utsläpp i skog och mark, bio-CCS, verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder och negativa utsläpp genom andra tekniska åtgärder. I Klimatpolitiska vägvalsutredningens betänkande SOU 2020:4 »Vägen till en klimatpositiv framtid - strategi och handlingsplan för negativa utsläpp av växthusgaser efter 2045«² föreslogs principer och mål för en politik på området kompletterande åtgärder och en handlingsplan för att nå dessa mål.

Bio-CCS

Under de senaste åren har flera företag undersökt möjligheterna för bio-CCS, främst inom värmesektorn. Värmesektorn har även tagit fram en strategi för bio-CCS inom ramen för projektet »Bio-CCS i fjärrvärmesektorn«.⁷ Stockholm Exergi har sedan 2016 bedrivit olika typer av studier gällande bio-CCS.⁸ De har bland annat en pilotanläggning för test av avskiljningsteknik i anslutning till det biobränsleeldade kraftvärmeverket i Värtan. Där planeras för en bio-CCS-anläggning som kan fånga in 800 000 ton koldioxid varje år, ett projekt som under 2021 beviljades ett stöd på 180 miljoner euro från EU:s innovationsfond. Totalt har ett 15-tal företag fått stöd för genomförbarhetsstudier av Energimyndigheten genom Industriklivet,⁹ däribland Vattenfall och Växjö Energi. Även flera aktörer med blandade flöden undersöker möjligheterna för CCS (se avsnitt 2.3).

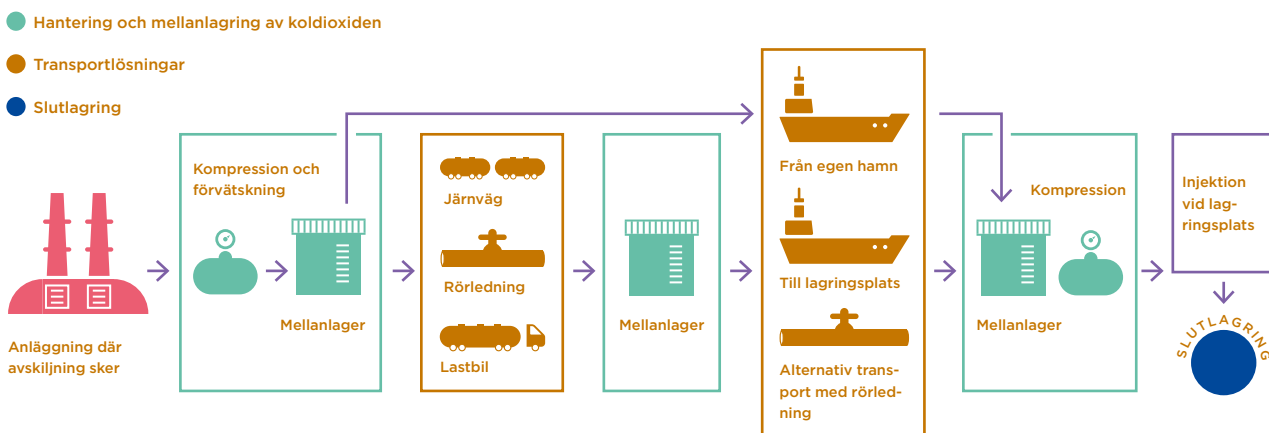
Avskiljning

Det finns flertalet tekniker för att avskilja koldioxid och en del har använts i många år inom till exempel kemiindustrin. Dock är tillämpningen för bio-CCS ny. Teknikerna som är mest relevanta i närtid bygger i huvudsak på absorption och kräver energi i form av värme och/eller el. Det pågår även mycket forskning och utveckling av olika alternativa tekniker för koldioxidavskiljning med syftet att minska energiåtgången och kostnaden. Det totala elbehovet (inklusive minskad elproduktion) är i storleksordningen 0,4–0,7 MWh per ton för avskiljning, förvätskning, transport och lagring av koldioxid för de tekniker som främst är aktuella i närtid.^{7,10}

Anläggningsspecifika förutsättningar som koncentrationen av koldioxid i rökgaserna, storleken på de årliga utsläppen och möjlighet att använda överskottsenergi, påverkar möjligheten för energi- och kostnadseffektiv CCS. Generellt har anläggningar inom massa- och pappersindustrin större volymer koldioxid och dessutom en kontinuerlig drift året runt, jämfört med kraftvärmeverk i fjärrvärmesystem som generellt är mindre med mer varierad drift över året. Däremot har anläggningarna i fjärrvärmesystem bättre förutsättningar att ta tillvara lågvärdig värme från avskiljningsprocessen.

Transport och lagring

I Figur 2 visas infrastrukturkedjan för transport och lagring av koldioxid.



Figur 2 Infrastrukturkedja för transport och lagring av koldioxid. Källa: Löfblad och Kjærstad (2022).¹¹

Efter att koldioxiden avskilts från en anläggning behöver den i de flesta fall förvätskas inför transport. Nästa steg är transport antingen direkt till lagringsplats eller via ett mellanlager, till exempel en hamn. För transport från Sverige för lagring i Nordsjön utreds framför allt fartygs-transport. För anläggningar som inte ligger vid hamn behöver koldioxiden först transporteras med lastbil eller tåg, vilket innebär en ökad kostnad. Det är således en fördel att vara lokaliserad i anslutning till en hamn. Även rörtransport kan vara ett alternativ, framför allt för stora volymer koldioxid som ska transporteras korta eller medellånga avstånd.

Då hantering av stora volymer koldioxid generellt sänker kostnaden är samverkan mellan olika aktörer nyckeln för att nå kostnadseffektivitet. Samverkansmöjligheter genom regionala koldioxidterminaler, eller hubbar, i hamnar där koldioxid från olika anläggningar samlas för gemensam förvätskning, mellanlagring och vidare transport med fartyg till slutlagring undersöks på flera håll i Sverige, till exempel i Göteborg¹² och i Sydsverige.¹³

De lagringsalternativ som på kort sikt förefaller mest rimliga för svensk del är geologisk lagring i akvifärer och eventuellt uttömda olje- och gasfält under Nordsjöns botten, till exempel genom Northen Lights-projektet¹⁴ i Norge. Även i Danmark planeras för lagring, till exempel i CO₂RYLUS-projektet,¹⁵ där koldioxiden ska lagras djupt under markytan.

Den teoretiska potentialen för geologisk lagring av koldioxid är mycket stor globalt sett. Den faktiska och praktiska lagringskapaciteten är däremot betydligt mindre och det finns dessutom en stor osäkerhet i storleken på denna, vilket gör att det skulle kunna bli konkurrens om lagringsutrymmet på kort- och mellanlång sikt.⁷ På lång sikt bedöms dock inte den geologiska lagringskapaciteten som en begränsande faktor.¹⁶ SGU har fått i uppdrag att undersöka och utreda lämpliga platser för permanent lagring av koldioxid i Sverige samt förutsättningarna för dessa.¹⁷ Den totala lagringskapaciteten i Sverige har bedömts till runt 3,4 miljarder ton,¹⁸ bedömningen är teoretisk och behöver verifieras genom ytterligare undersökningar.

Koldioxid skulle också kunna lagras genom mineralisering. På Island och i Sverige undersöker man lagring av koldioxid i basalt och andra reaktiva bergsformationer

som innehåller kalcium och magnesium som reagerar med koldioxiden och bildar karbonater.¹⁹

Kostnader

I Klimatpolitiska vägvalsutredningen² gjordes kostnadsbedömningar för bio-CCS baserat på flera tidigare studier. För den kategori av anläggningar inom massa- och pappersindustrin och kraftvärmeproduktion som har mest gynnsamma förutsättningar för bio-CCS uppskattades den totala kostnaden för hela värdekedjan till 650–1100 kronor per ton koldioxid.

I en studie från 2021²⁰ intervjuades 40 svenska aktörer inom bio-CCS. De totala kostnaderna för bio-CCS som angavs låg mellan 1000–2000 kronor per ton koldioxid. Kostnaderna varierade kraftigt bland annat beroende på storlek på anläggning och geografiskt läge.

De senaste årens prisutveckling och fördjupade studier av flera aktörer visar dock på ännu högre kostnadsnivåer, ungefär 3000 kronor per ton koldioxid, speciellt i närtid då samordningsmöjligheter för hantering av stora flöden saknas för de tidigaste aktörerna.

Andra åtgärder för negativa utsläpp

Biokol

Användning av biokol möjliggör långsiktig kolinlagring samtidig som andra nyttor kan skapas. Biokol kan vara stabilt med en hög kolhalt, vilket innebär en mycket lång nedbrytningstid på hundratals eller till och med tusen år. I Sverige pågår redan en småskalig produktion och användning av biokol, som även har ett värde som material och skapar andra nyttor i tillägg till negativa utsläpp. Till exempel används biokol som jordförbättringsmedel i parker och trädplanteringar och kan inom lantbruket öka skördar och minska risken för övergödning och torka tack vare vatten- och näringshållande egenskaper. Kolsänkor genom användning av biokol redovisas i nuläget inte i Sveriges klimatrapportering.^{2, 21, 22}

DACCS

Det går även att fånga in och lagra koldioxid direkt från atmosfären (så kallad DACCS). Då koncentrationen av koldioxid är flera hundra gånger lägre i luften än i rök-gaser är tekniken betydligt mer energikrävande och kostsam än CCS tillämpad på punktutsläpp. Fördelen

är dock att DACCS-anläggningar inte behöver placeras vid punktkällor utan kan placeras på samma plats som koldioxiden ska lagras och där det finns god tillgång till fossilfri energi.²³ Den största anläggningen för DACCS i världen (kapacitet om 4000 ton/år) drivs av Climeworks på Island. Där är även en anläggning med ungefär tio gånger så stor kapacitet under uppbyggnad.^{24, 25}

2.2 Hållbara kolbaserade produkter

Inom både transportsektorn, främst flyget men även sjöfarten, och inom kemi- och materialindustrin behövs fortsatt kol för att producera drivmedel, kemikalier och material. Användandet av nytt jungfruligt fossilt kol i form av olja, naturgas och kol behöver ersättas av cirkulärt återvunnet kol från avfalls- och industriella processströmmar, hållbart biobaserat kol direkt från biomassa eller från infångad biogen koldioxid samt koldioxid infångad från luften. Hållbara kolbaserade produkter används i strategin som benämning för produkter i form av drivmedel, kemikalier och material som traditionellt produceras från fossilt kol, men där det fossila kolet nu ersätts av återvunnet och biogent kol.

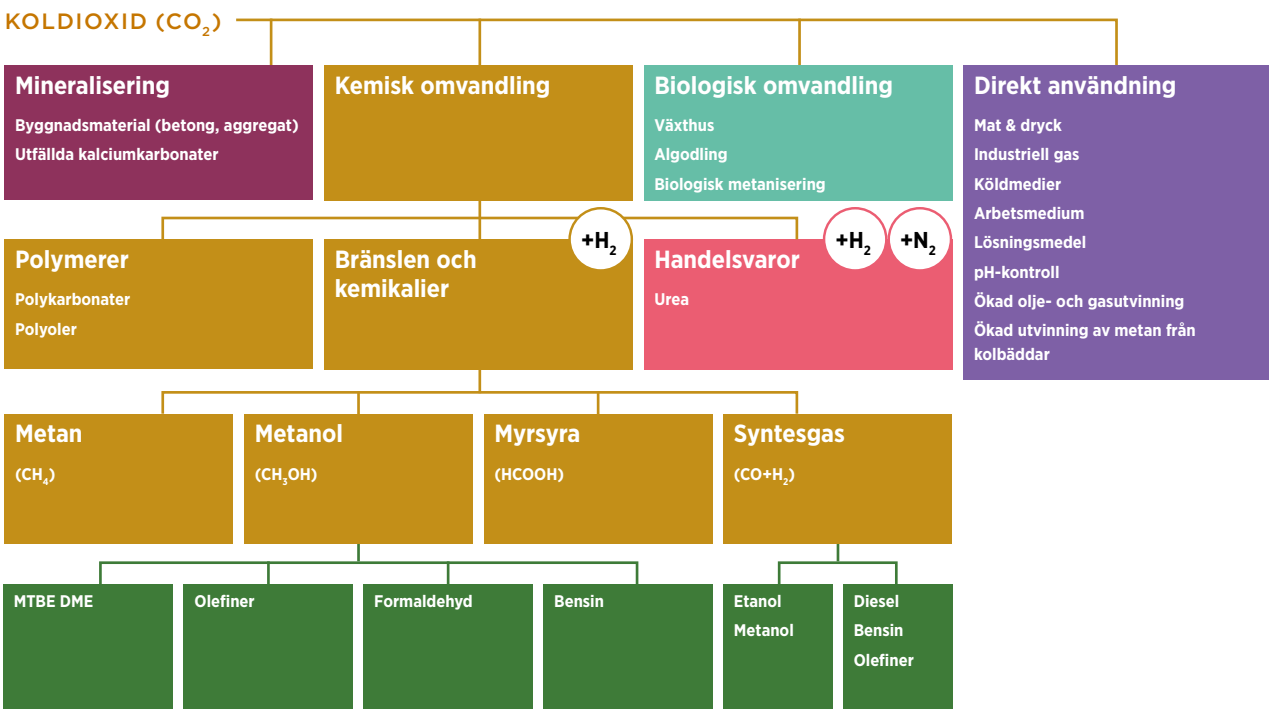
CCU

Avskild koldioxid kan antingen användas direkt, omvandlas biologiskt eller kemiskt eller mineraliseras till nya produkter. Figur 3 visar olika möjligheter att nyttja koldioxid. Bränslen och kemikalier kan produceras genom att låta vätgas reagera med koldioxid.

Elanvändning, lokalisering och storlek på anläggning

En mycket viktig faktor vid lokalisering av en CCU-anläggning är tillgången till el. För att producera en energienhet bränsle som metan eller metanol krävs ungefär dubbelt så mycket elenergi. Liksom för CCS-anläggningar innebär storskalighet lägre specifika kostnader, såväl i avskiljning som omvandling av koldioxid. Det är dock utmanande med elförsörjningen, såväl som storleken på investeringen, då flödena blir för stora. Ett alternativ är att kombinera CCU med CCS, där endast en del av den avskilda koldioxiden omvandlas till produkter.

Koldioxid från en eller flera anläggningar skulle kunna avskiljas och transporteras till en annan plats med gynn-



Figur 3 Olika möjliga användningsområden för koldioxid. Källa: Olsson m.fl. (2022).²⁶

samma förutsättningar i form av el- eller vätgastillgång för omvandling. Det kan dock finnas en fördel med att omvandla koldioxiden i direkt anslutning till avskiljningen, eftersom överskottsvärmen från koldioxidomvandlingen då kan nyttjas vid koldioxidavskiljningen. Vid samlokalisering är därmed närheten till en hamn inte en faktor på samma sätt som för CCS.

Annonserade satsningar på bio-CCU

I Sverige pågår flera satsningar på CCU:

Elektrobränslen i Örnsköldsvik, Sundsvall, Umeå och Östersund

I Örnsköldsvik har Ørsted investerat i Sveriges första CCU-anläggning, FlagshipOne, och under 2023 påbörjades byggnationen i anslutning till Övik Energis bio-

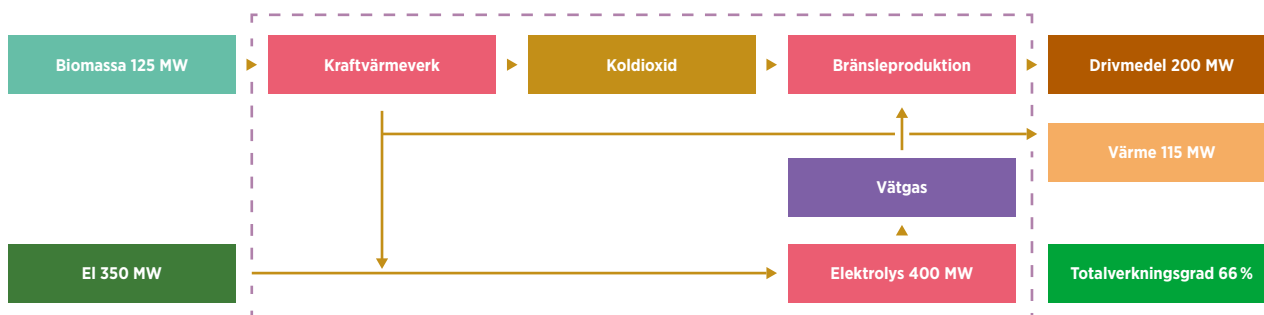
bränsleeldade kraftvärmeverk. Anläggningen kommer årligen att leverera 50 000 ton elektrobränsle, primärt till sjöfarten.

Liquid Wind, som utvecklat FlagshipOne, utvecklar även e-metanolprojekt tillsammans med energibolag och teknikleverantörer i Sundsvall och Umeå²⁷ och ett liknande projekt utvecklas även av Uniper vid Jämtkrafts bio-bränsleeldade kraftvärmeverk i Östersund.

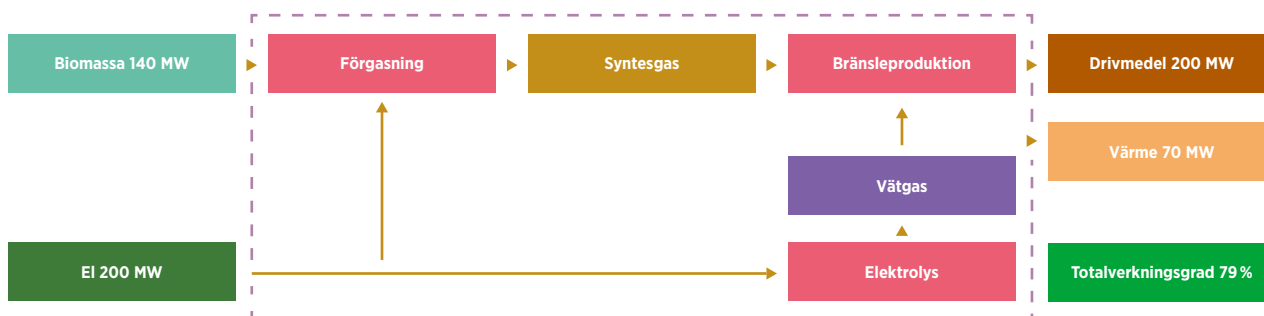
E-flygbränsle i Forsmark och på västkusten

Vattenfall, Shell, LanzaTech och SAS undersöker möjligheten till produktion av e-flygbränsle i Forsmark i det så kallade »HySkies«-projektet. Målet är produktion av 90 000 ton bränsle årligen, huvudsakligen flygbränsle, vilket motsvarar ungefär 25 procent av SAS globala bränslebehov. Projektet har beviljats 80 miljoner euro i

(1) KRAFTVÄRMEVERK MED CCU-ANLÄGGNING



(2) BIOELEKTROBRÄNSLEANLÄGGNING BASERAD PÅ FÖRGASNING



Figur 4 Jämförelse mellan produktion av drivmedel och värme genom (1) kraftvärmeverk integrerad med en CCU-anläggning och (2) bioelektrobränsleanläggning baserad på förgasning.



Fotograf: Niklas Jonasson



stöd från EU:s innovationsfond men inget slutgiltigt investeringsbeslut har tagits.²⁸

St1 och Vattenfall utför en genomförbarhetsstudie avseende produktion av e-flygbränsle baserad på el från havsbaserad vindkraft. Målet är att producera en miljon kubikmeterbränsle år 2029, vilket motsvarar den årliga flygbränsleförbrukningen vid Arlanda.²⁹

Biogen koldioxid till livsmedelsproduktion i Norrköping och Linköping

Flera biogas- och etanolanläggningar i Europa levererar redan idag biogen koldioxid för användning inom främst dryckes- och livsmedelsindustrin, till exempel Agroetanolns anläggning i Norrköping.^{30, 31}

Tekniska verken i Linköping har fått stöd från Klimatklivet för en anläggning för att ta tillvara och förvätska koldioxid från deras biogasanläggning, med tänkt användning inom livsmedelsindustrin för att ersätta användning av fossil koldioxid. Tänkt driftstart är under 2024. Det blir då den första anläggning i Sverige som fångar in och nyttjar koldioxid från biogasanläggningar.³²

Produktion direkt från biomassa i bioraffinaderier

Samma produkter som kan produceras via CCU och biogen koldioxid kan också produceras direkt från biomassa i bioraffinaderier eller biokombinat.¹ I flera bioraffinaderierprocesser, till exempel förgasningsbaserade processer, avskiljs relativt rena strömmar av koldioxid som skulle kunna nyttjas för bio-CCU (eller bio-CCS), utan en energikrävande avskiljningsprocess. Det finns också möjlighet att i flera av dessa processer tillföra el eller vätgas för att höja verkningsgraden. Tillförseln gör att man undviker att koldioxid bildas och att så stor del av det biogena kolet som möjligt hamnar i det producerade drivmedlet (eller annan önskad produkt). Eftersom produktionen bygger på biomassa och el kan det betraktas som en kombination mellan bio- och elektrobränslen, så kallade bioelektrobränslen (eller hybridbränslen) och alltså implicit som en form av CCU.

Jämfört med när koldioxid ska tas tillvara från förbränningsutsläpp, möjliggör flera bioraffinaderierprocesser ett högre kolutnyttjande till en lägre energianvändning,

se Figur 4. En sådan jämförelse är relevant vid nyinvesteringar i till exempel fjärrvärmekapacitet i kombination med förnybara drivmedel. För befintliga kraftvärmeverk är situationen en annan och startpunkten för elektrobränsleprocessen är rökgaserna från skorstenen och inte biomassan.

I Långsele undersöker Uniper och Sasol möjligheterna för bioelektroflygbränsle via förgasning i det så kallade »SkyFuel H2«-projektet.³³ Hösten 2023 beviljades ett stöd om 133 miljoner kronor för projektering och design från Industriklivet.

Kostnader

Produktionskostnader för att producera elektro- och bioelektrobränslen har uppskattats till 110-230 euro per MWh i ett 5-10 års perspektiv.³⁴ I ett 20-30 års perspektiv sjunker kostnadsintervallet till mellan 90-160 euro per MWh. Detta kan relateras till produktionskostnadsnivåerna för fossila drivmedel som ligger i intervallet 20-70 euro per MWh för oljepriser mellan 30-100 dollar per fat. Produktionskostnaderna för bioelektrobränslen är lägre än motsvarande kostnader för elektrobränslen, men högre än för rena biodrivmedel.³⁵

Lagring av koldioxid i långlivade produkter

Precis som vid byggnation av trähus eller användning av biokol kan kolsänkor eller negativa utsläpp åstadkommas genom långlivade CCU-produkter. Det är stor variation i hur länge koldioxiden lagras beroende på produkt. Det kan vara mindre än ett år för bränslen eller kemikalier, årtionden för plastmaterial som inte används för förpackningar och möjligen århundraden för vissa byggnadsmaterial.²⁶ För att koldioxidanvändning ska betraktas som ett negativt utsläpp krävs att koldioxiden är biogen eller atmosfärisk samt lagras in långsiktigt. I EU:s certifieringsramverk för kolsänkor ska koldioxiden lagras i minst 35 år för att det ska betraktas som inlagring i produkt.³⁶

2.3 Blandade flöden och ökad cirkularitet

Avfall som förbränns för energiåtervinning består av en blandning av främst plast, trä och papper. Uppskattningsvis har cirka 40 procent av de totala koldioxid-

*Ett kombinat innebär att en industri producerar flera olika produkter av samma råvara.



utsläppen fossilt ursprung,³⁷ främst från plast. Även om andelen återvunnet avfall förväntas öka, är en stor mängd fortfarande inte lämpliga för återvinning. För att uppnå cirkularitet behöver denna återstående del behandlas med andra metoder för att skapa insatsvaror till exempelvis kemiindustrin.

Naturvårdsverkets³⁸ avfallstrappa identifierar olika steg när återanvändning eller mekanisk återvinning av avfall inte är möjlig. De översta stegen utgörs av kemiska återvinningsmetoder som följs av pyrolys, förgasning respektive CCU. Med en övergång mot mer återvunna och biogena råvaror till kemiindustrin kommer mängden plast, såväl som andelen fossilt i plast och därmed i avfall att successivt minska.

Även CCS är en möjlighet för avfall som inte kan återanvändas eller återvinnas, vilket innebär utsläppsminskningar (för den fossila delen) och negativa utsläpp (för den biogena delen). Exempelvis Öresundskraft³⁹ och Sysav⁴⁰ undersöker möjligheterna för detta. Liquid Winds satsningar i Sundsvall och Umeå²⁷ bygger på en kombination av CCS och CCU på kraftvärmeanläggningar med blandade flöden, där den biogena andelen avses användas för CCU, medan den fossila andelen för CCS.

De kolatomer i kemiindustrins processer som inte hamnar i produkter, avgår till atmosfären som koldioxid. Genom CCU kan ett cirkulärt kolflöde skapas istället. Inom ramen för »Project Air« undersöker Perstorp och Uniper möjligheterna att från biogas, koldioxid från processerna och vätgas producera metanol som råvara för kemiska produkter.⁴¹ Projektet har beviljats stöd från både EU:s innovationsond (97 miljoner euro) och Industrilivet (30 miljoner euro).

Enligt det klimatpolitiska ramverket är CCS endast tillåtet att använda som en åtgärd för att nå klimatmålen när det inte finns några andra realistiska alternativ inom den tidsram då utsläppsminskningen behöver ske. För att nå målet om nettoollutsläpp till 2045 kommer troligtvis CCS behövas, exempelvis inom cementproduktion. Heidelberg Materials arbetar för att 2030 få till stånd en CCS-anläggning i Slite på Gotland.⁴²



3. Koldioxidinfångning kan bidra till att möta framtida efterfrågan på biogent kol

I den växande bioekonomin syns en kraftigt ökad efterfrågan på biogena produkter – både produkter som traditionellt produceras från bioråvara i form av papper och sågade träprodukter till exempel för träbyggnation, men också nya produkter i form av drivmedel, kemikalier och material. Dessutom finns behovet av att skapa negativa utsläpp genom att permanent lagra biogent kol.

I dagsläget hamnar mindre än hälften av det biogena

kolet som tas ut från skogen i produkter. Resten avgår som koldioxid till atmosfären vid förbränning av restprodukter för energiändamål inom främst massa- och pappersindustrin och i våra fjärrvärmesystem.⁴³ Koldioxid som avgår till atmosfären vid förbränning av biomassa innebär biogena kolatomer som utgör en outnyttjad resurs. Det finns också möjligheter att öka användningen av biomassa i form av restprodukter från skogs- och jordbruk. Bio-CCU tillsammans med utveck-

Tabell 1 Sammanställning av årlig efterfrågan på biogent kol för icke traditionella användningsområden samt tillgångar på outnyttjat biogent kol i Sverige.

	Mton kol	Mton koldioxid	TWh
Tillgångar på outnyttjat biogent kol			
Stora biogena förbränningsutsläpp av koldioxid	9	33	
Ökad potential av bioråvara från skogs- och jordbruk	5-6		45-62
Totala tillgångar	14-15		
Efterfrågan från icke traditionella användningsområden 2045			
Vägtrafik	0,1		1
Arbetsmaskiner	0,3		4
Flyg	0,8		13
Sjöfart	1,8		25
<i>Totalt transportsektorn</i>	<i>3,0</i>		<i>42</i>
Kemiindustrin	0,6		8
Järn- och stål samt metallindustrin	0,5		7
Negativa utsläpp genom bio-CCS	0,8-2,7	3-10	
Total efterfrågan	5-7		



lingen av nya bioraffinaderier, som också på olika sätt kan kombineras med CCS och CCU, möjliggör ett högre kolutnyttjande och värdeskapande utifrån de begränsade biomassaresurserna.

Även om det finns stora mängder outnyttjat biogent kol, finns också stora framtida behov, speciellt sett i ett globalt perspektiv. Sverige har med sina stora inhemska tillgångar av biogent kol möjlighet att i framtiden utgöra en betydande nettoexportör av negativa utsläpp såväl som hållbara kolbaserade produkter. För detta krävs tillgång till betydande mängder el, annan infrastruktur samt styrmedel och regelverk som stimulerar utvecklingen.

3.1 Sammanställning av efterfrågan och tillgångar på outnyttjat biogent kol

Tabell 1 visar en sammanställning av svensk efterfrågan på biogent kol för icke traditionella användningsområden år 2045, samt tillgångar på outnyttjat biogent kol baserat på dagens situation.

Efterfrågan på biogent kol som redovisas i Tabell 1 bygger till stor del på de uppskattningar som gjordes inom ramen för Fossilfritt Sveriges »Strategi för bioenergi och bioråvara i industrins omställning« (biostrategin).⁴⁴ Tillgångar på biogent kol som presenteras i Tabell 1 i form av koldioxid från stora biogena förbränningsutsläpp tillsammans med ett ökat uttag av bioråvaror från skogs- och jordbruk, representerar potentialen för ökat kolutnyttjande och är större än den uppskattade framtida inhemska efterfrågan. Sverige skulle därmed kunna vara en nettoexportör av hållbara kolbaserade produkter och negativa utsläpp.

3.2 Behov av negativa utsläpp

Negativa utsläpp behövs för att kompensera residuala utsläpp och för att nå nettonollutsläpp, men i ett senare skede även för att nå nettonegativa utsläpp. Att uppnå nettonegativa utsläpp på global nivå är en förutsättning för att begränsa den globala temperaturökningen i enlighet med Parisavtalet.

För kompensation av residuala utsläpp

I Klimatpolitiska vägvalsutredningen² är inriktningen att fram till 2030 implementera kompletterande åtgärder motsvarande 3,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter år-

ligen, varav bio-CCS förväntas stå för 1,8 miljoner ton. Inriktningen till år 2045 är att åstadkomma kompletterande åtgärder som motsvarar minst 10,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år, varav bio-CCS förväntas bidra med mellan 3 och 10 miljoner ton.

I EU-kommissionens scenarioanalys, »A clean planet for all«, är fokus på hur EU kan nå klimatneutralitet senast 2050. I scenarier där EU når nettonollutsläpp minskar utsläppen med mer än 90 procent. De utsläpp som återstår 2050 är främst utsläpp från flyg och sjöfart, vissa mindre utsläpp från industrin, utsläpp av metan och lustgas från jordbrukssektorn och en del mindre diffusa utsläpp från övriga delar av ekonomin. Nettonollutsläpp nås genom att de residuala utsläppen 2050 balanseras av en lika stor volym ökad inlagring av koldioxid genom så kallade tekniska åtgärder (bio-CCS eller DACCS), tillsammans med EU:s hela nettoupptag i LULUCF-sektorn, sammanlagt 500-600 miljoner ton koldioxid.⁴⁵ Bio-CCUS eller DACCS uppskattas i scenarierna bidra med 207-486 miljoner ton koldioxid år 2050, där lagring bedöms utgöra 80-298 miljoner ton.⁴⁶ En annan studie bedömer att bio-CCS i Europa skulle kunna bidra med ungefär 200 miljoner ton koldioxid per år.⁴⁷ Globalt behövs ungefär 5-10 gigaton negativa utsläpp per år, om nettonollutsläpp ska uppnås 2050.³

För att nå nettonegativa utsläpp

IPCC:s scenarier som begränsar den globala uppvärmningen till 1,5°C år 2100 kräver stora och snabba minskningar av utsläppen av växthusgaser och att nettonollutsläpp uppnås globalt i mitten av detta århundrade. Efter att nettonollutsläpp uppnåtts förutsätter dessutom nästan alla 1,5°C-scenarier att utsläppen globalt blir nettonegativa för att på det viset minska koldioxidhalten i atmosfären. Mängden negativa utsläpp varierar mellan olika scenarier, men medianvärdet är att det skulle behövas totalt 220 gigaton negativa utsläpp, från dess att nettonoll uppnås fram till 2100.⁴

Idag är koldioxidhalten i atmosfären över 420 ppm och halten kommer att fortsätta stiga fram tills att nettonollutsläpp uppnås globalt. Långsiktigt, till 2300, visar IPCC:s modellering, med högst sannolikhet att klara maximalt 1,5°C temperaturökning, att koldioxidhalten i atmosfären behöver minska till under 350 ppm, vilket motsvarar koldioxidhalten i mitten på 1980-talet.^{3, 48}

3.3 Efterfrågan på hållbara kolbaserade produkter

I Fossilfritt Sveriges biostrategi⁴⁴ sammanställdes uppskattningar för ökade behov av bioråvara för omställningen till 2030 och 2045 baserat på Färdplanerna för fossilfri konkurrenskraft och andra prognoser. Dessa jämfördes med potential för framtida uttag av bioråvara från jord- och skogsbruk. En möjlig lösning på pusslet presenterades, där alternativa lösningar som elektrifiering och effektivisering möjliggjorde en situation där Sverige 2045 täckte det framtida behovet av bioråvara, även för utrikes transporter, utan någon nettoimport.

Uppskattningarna i biostrategin byggde på antagandet att en hög efterfrågan på bioråvara kommer att driva vissa sektorer att hitta andra mer effektiva och billigare lösningar. Ett effektivare kolutnyttjande i form av användandet av biogen koldioxid (vilket endast till en liten del räknades med i biostrategin) och elektrifiering av biorafinaderier (se avsnitt 2.2) skulle dock kunna möjliggöra en större efterfrågan på lösningar baserat på biogent kol.

Transportsektorn

Det sammanlagda inhemska behovet till transportsektorn uppskattas till drygt 40 TWh år 2045 (se Tabell 1). EU:s

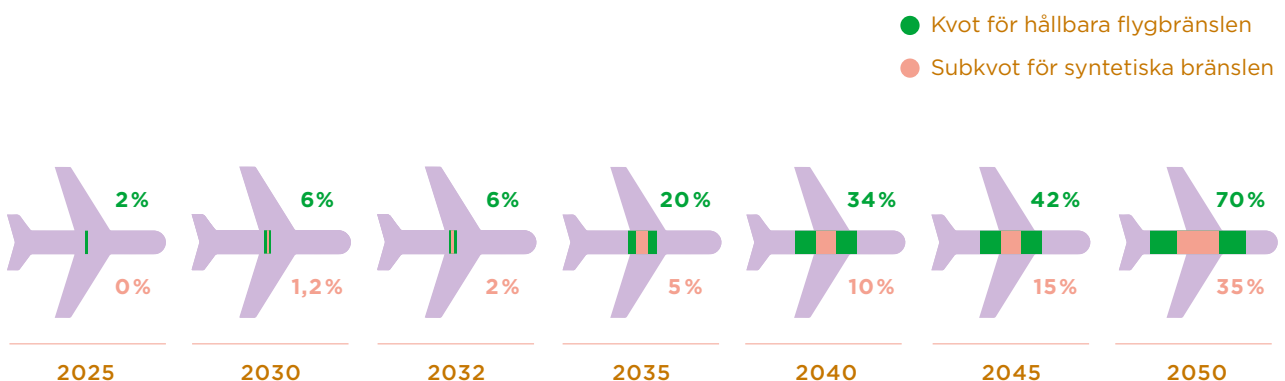
utsläppshandelssystem, EU ETS, omfattar utsläppen från delar av flyget. Under 2023 antogs förändringar av EU ETS som bland annat innebär att det utökas för att inkludera även sjöfart och att ett nytt utsläppshandelssystem för bland annat vägtransporter etableras (EU ETS 2).⁴⁹

Flygsektorn

Även om elektrifiering genom batterier och vätgas kommer att växa i betydelse för flyget, så kommer de främst täcka kort- och medeldistansflygningar. Hållbara flygbränslen förväntas därför utgöra 65–85 procent av det slutliga globala energibehovet i flygsektorn år 2050.⁵⁰ Under 2023 har nya mål för hållbara flygbränslen (sustainable aviation fuels, SAF) antagits inom ReFuelEU Aviation⁵¹ (se Figur 5). Målen utgörs av kvoter för SAF som andel av framtida bränslemixen, med specifika subkvoter för syntetiska bränslen som e-bränslen.* Nivåerna till 2030 är låga (6 procent SAF), medan SAF 2050 ska stå för 70 procent av bränslemixen.

Inom EU är nuvarande användning av flygbränslen ungefär 700 TWh/år. Med utgångspunkten att bränslebehovet år 2050 skulle vara ungefär detsamma som idag motsvarar kvoterna inom ReFuelEU Aviation en användning av hållbara flygbränslen i Sverige på ungefär

MÅL FÖR HÅLLBARA FLYGBRÄNSLEN



Figur 5 Mål för hållbara flygbränslen inom EU i form av volymbaserade kvoter (totalt för hållbara flygbränslen och med specifika subkvoter för syntetiska bränslen).^{51, 52}

* Subkvoten kan både uppfyllas av RFNBO:s och »synthetic low carbon fuels«, som är bränslen av icke-biologiskt ursprung vars energiinnehåll kommer från icke-fossilt ursprung, vilket kan vara elektrobränslen där elen kommer från kärnkraft.

9 TWh/år, varav 4,5 TWh syntetiska bränslen. För hela EU motsvarar kvoten för syntetiska bränslen år 2050 ungefär 250 TWh/år. Behovet i biostrategin utgår från flygbranschens färdplan som bygger på en fullständig utfasning av fossila drivmedel i flygsektorn till år 2045, vilket motsvarar en användning av ungefär 13 TWh hållbara flygbränslen i Sverige för inhemskt och internationell flygtrafik.

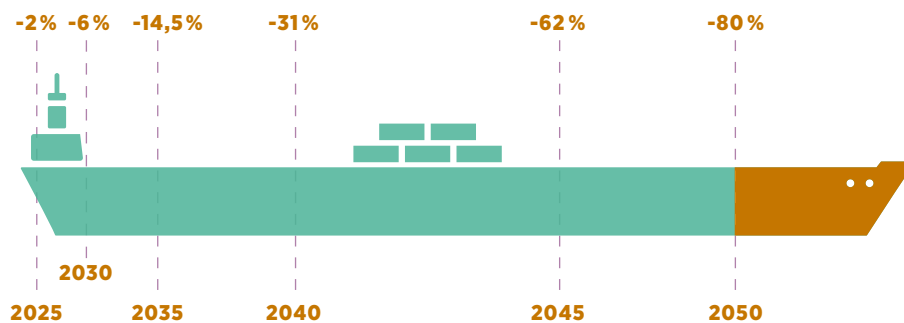
Syftet med förordningen är att upprätthålla lika villkor på unionens luftfartsmarknad och samtidigt öka användningen av hållbara flygbränslen. Energimyndigheten bedömer att medlemsstater sannolikt inte kommer tillåtas ha andra inblandningskrav än de i ReFuelEU Aviation.⁵³ Detta skulle innebära att den svenska reduktionsplikten

behöver anpassas eller upphöra när förordningen träder i kraft 1 januari 2025. En anpassning till kvoter inom RefuelEU Aviation innebär att flygets bränslemix även 2045 kan utgöras av huvudsakligen fossila bränslen. Detta är inte i linje med den svenska flygbranschens färdplan, där fossila bränslen ska vara utfasade till 2045. Det är inte heller i linje med de förväntade residualutsläppen i Sverige, där flyget inte förväntas ingå.

Sjöfart

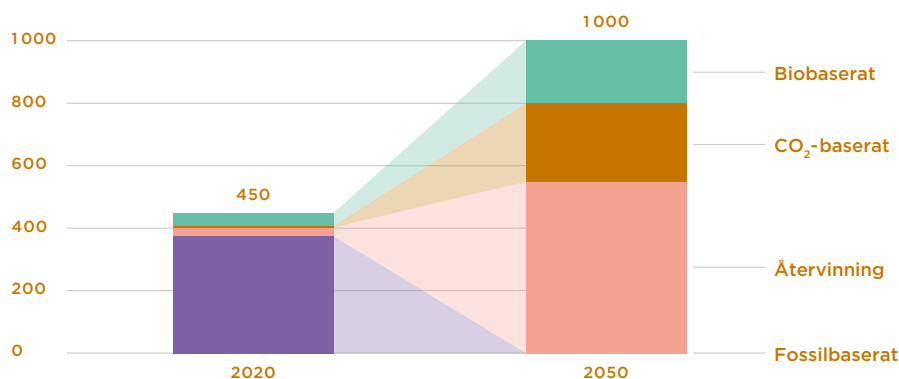
Fuel EU maritime-förordningen ålägger fartyg över 5 000 bruttoton som anlöper europeiska hamnar att minska växthusgasintensiteten i den energi som används ombord med 80 procent till år 2050 med delmål

GENOMSNITTLIG ÅRLIG REDUKTION AV VÄXTHUSGASINTENSITET JÄMFÖRT MED GENOMSNITTET ÅR 2020



Figur 6 Mål för minskning av växthusgasintensiteten i den energi som används ombord på fartyg som anlöper europeiska hamnar. Källa: Europaparlamentet (2023).⁵⁴

GLOBAL EFTERFRÅGAN PÅ KEMIKALIER OCH KEMISKA MATERIAL



Figur 7 Global efterfrågan på kemikalier och kemiska material, och en prognos om var källorna ska komma ifrån när fossila råvaror inte används mer. Källa: IKEM.⁵⁶

enligt Figur 6. Den totala användningen av bränsle för sjöfartssektorn inom EU motsvarar idag ca 500 TWh/år. Med bibehållen bränsleanvändning 2050 blir behovet av förnybara fartygsbränslen i storleksordningen 450 TWh (beroende på hur mycket reduktion som i genomsnitt uppnås).

Kemiindustrin

Så mycket som 96 procent av alla varor och material är beroende av kemikalier och 80 procent av alla material innehåller någon typ av kolförening. I biostrategin uppskattas det sammanlagda behovet av bioråvara och koldioxid till kemiindustrin till motsvarande ungefär 8 TWh/år. Samtidigt finns det scenarion som förutspår att den globala efterfrågan på kolatomer för kemikalier och kemiska material kommer att vara mer än dubbelt så stor 2050 jämfört med idag, se Figur 7.⁵⁵

Direktanvändning av koldioxid

Globalt används uppskattningsvis 230 miljoner ton koldioxid varje år, varav 90 procent används för produktion av urea för gödselmedel och ökad olje- eller gasutvinning.* Återstående användning är huvudsakligen inom dryckes- och livsmedelsindustrin.⁵⁷ Absolut merparten av koldioxiden som används är fossil och skulle kunna ersättas med biogen koldioxid. Då det i Sverige saknas offentlig statistisk för användning av koldioxid är den inte inkluderad i Tabell 1.

3.4 Tillgång på outnyttjat biogent kol

Mer än hälften av det biogena kolet som tas ut från den svenska skogen avgår som koldioxid till atmosfären vid förbränning av restprodukter för energiändamål.⁴³ Totalt avgår över 35 miljoner ton koldioxid till atmosfären från

storskalig förbränning inom skogsindustrin samt el- och värmesektorn. Denna koldioxid, tillsammans med ett ökat uttag av restprodukter från skogs- och jordbruk utgör tillsammans möjligheter för ett ökat kolutnyttjande och värdeskapande.

Stora punktutsläpp av biogen koldioxid

De stora punktutsläppen av biogen koldioxid återfinns främst inom massa- och pappersindustrin och el- och värmesektorn. Tabell 2 visar fördelningen av biogena koldioxidutsläpp från stora punktkällor i Sverige, varav massa- och pappersindustrin står för den största delen med ungefär miljoner ton per år. Anläggningarna inom massa- och pappersindustrin är i genomsnitt betydligt större än inom el- och värmesektorn, och 90 procent av de största anläggningarna (>500 000 ton/år) återfinns där.

I biostrategin uppskattades biomassaanvändningen för energiändamål genom olika effektiviseringsåtgärder kunna minska något, från ungefär 58 TWh idag, till 50 TWh 2045 inom massa- och pappersindustrin och från 71 till 56 TWh/år inom el- och värmesektorn. Däremot finns nya användningsområden som kommer generera nya biogena punktutsläpp när järn-, stål-, metall- och kemiindustrin går över till biogena energikällor och råvara. Utöver de stora punktkällorna (>100 000 ton) av biogen koldioxid i Tabell 2 finns också förhållandevis små punktkällor av biogen koldioxid, främst i sågverksindustrin, men även inom massa- och pappersindustrin. Beroende av förutsättningar som närhet till andra punktkällor skulle även dessa kunna vara aktuella för bio-CCS eller -CCU.

Andra biogena koldioxidkällor

Ytterligare källor för biogen koldioxid utgörs av de rela-

Tabell 2 Fördelning av biogena koldioxidutsläpp från stora punktkällor i Sverige 2018. Källa: Energimyndigheten (2021).²¹

Årliga utsläpp av biogen koldioxid, ton	Antal anläggningar	Totala årliga biogena utsläpp, ton	Procent inom massa- och pappersindustrin	Procent inom el- och värmesektorn
> 100 000	67	32 620 000	69	30
> 300 000	33	26 100 000	82	18
> 500 000	23	22 240 000	91	9

* Koldioxiden kan tryckas ner i gas- eller oljekällor för att utvinna mer gas eller olja, så kallad EHR (Enhanced Hydrocarbon Recovery).

tivt rena koldioxidströmmar som bildas vid etanol- och biogasproduktion. I dessa applikationer separeras koldioxid som en del av processen och det finns således ingen kostnad kopplat till det steget, vilket gör att dessa förhållandevis små flöden ändå kan vara lönsamma att utnyttja (vilket redan görs i flera fall, se avsnitt 2.2).

I nya bioraffinaderier i form av till exempel förgasningsbaserade processer eller vid produktion av etanol från lignocellulosa bildas rena koldioxidströmmar, likt vid befintlig etanol- och biogasproduktion. Dessa koldioxidflöden kan öka rejält i omfattning om ökad (och delvis befintlig) bioråvarupotential utnyttjas i bioraffinaderier. Dessa är därmed en potentiell källa antingen för negativa utsläpp genom bio-CCS eller för hållbara kolbaserade produkter genom bio-CCU.

Ökad tillgång på bioråvara

Utöver den outnyttjade koldioxiden finns möjlighet att öka uttaget av restprodukter från skogs- och jordbruk. I biostrategin presenteras en uppskattning för 2045 på mellan 45–62 TWh/år, vilken främst bygger på rapporten »Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi«⁵⁸ från

Lunds universitet. Uppskattningen avser den hållbara potentialen, där exempelvis mark som är värdefull för att bevara biodiversitet avsätts från brukande och uttag av grott innefattar att en viss mängd död ved lämnas kvar och aska återförs för att minimera uttagets inverkan på den biologiska mångfalden.⁴⁴

En förutsättning som ändrats sedan biostrategin är det ökade betinget inom LULUCF som innebär att kolsänkan i skog och mark ska öka (se avsnitt 5.3). Med beaktande av frigjord biomassa från effektiviseringar i skogsindustrin och el- och värmesektorn, skulle restprodukter om knappt 55 TWh/år kunna tillgängliggöras nya användningsområden, även med ett ökat uttag av restprodukter från skogs- och jordbruk som är lägre än uppskattningen i biostrategin, ungefär 30 TWh/år.

3.5 Långsiktiga scenarier för ökat nyttjande av biogent kol

I detta avsnitt presenteras olika framtida scenarier för ökat kolutnyttjande och värdeskapande utifrån de begränsade biomassaresurserna. Scenarierna representerar delvis ytterligheter och kan ses som ett underlag för diskussion om vad olika utvecklingsvägar för ökat

Tabell 3 Scenarier för ökat nyttjande av biogent kol.

	Scenario 1 Fokus på bio-CCS på stora punktutsläpp	Scenario 2 Fokus på bio-CCU på stora punktutsläpp	Scenario 3 Övergång till bioraffinaderier med fokus på bio-CCU	Scenario 4 Delvis övergång till bioraffinaderier – fokus både på bio-CCU och bio-CCS
Punktutsläpp förbränning	Alla punktutsläpp kvar.	Alla punktutsläpp kvar.	Inga förbränningsrelaterade punktutsläpp kvar.	En del punktutsläpp kvar (sodapannor, men ligninuttag max).
Bio-CCS	På 90% av alla stora punktutsläpp och på nya bioraffinaderier.	På 10% av alla stora punktutsläpp.	På 20% av nya bioraffinaderier.	På alla kvarvarande stora punktutsläpp och 1/3 av nya bioraffinaderier.
Bio-CCU	På 10% av alla stora punktutsläpp.	På 90% av alla stora punktutsläpp och på nya bioraffinaderier.	På 80% av nya bioraffinaderier.	På 2/3 av nya bioraffinaderier.
Nya bioraffinaderier	Bioraffinaderier med ökat biomassauttag.	Bioraffinaderier med ökat biomassauttag.	Bioraffinaderier med ökat biomassauttag samt all befintlig biomassa till förbränning.	Bioraffinaderier med ökat biomassauttag samt den del av biomassa som inte längre går till förbränning.

nyttjande av biogent kol innebär. Både i form av nationell tillgång, och möjligheten till export, samt vad de får för konsekvenser i form av ökat elbehov och tillgänglig värme i systemet. Tidsperspektivet är 2045.

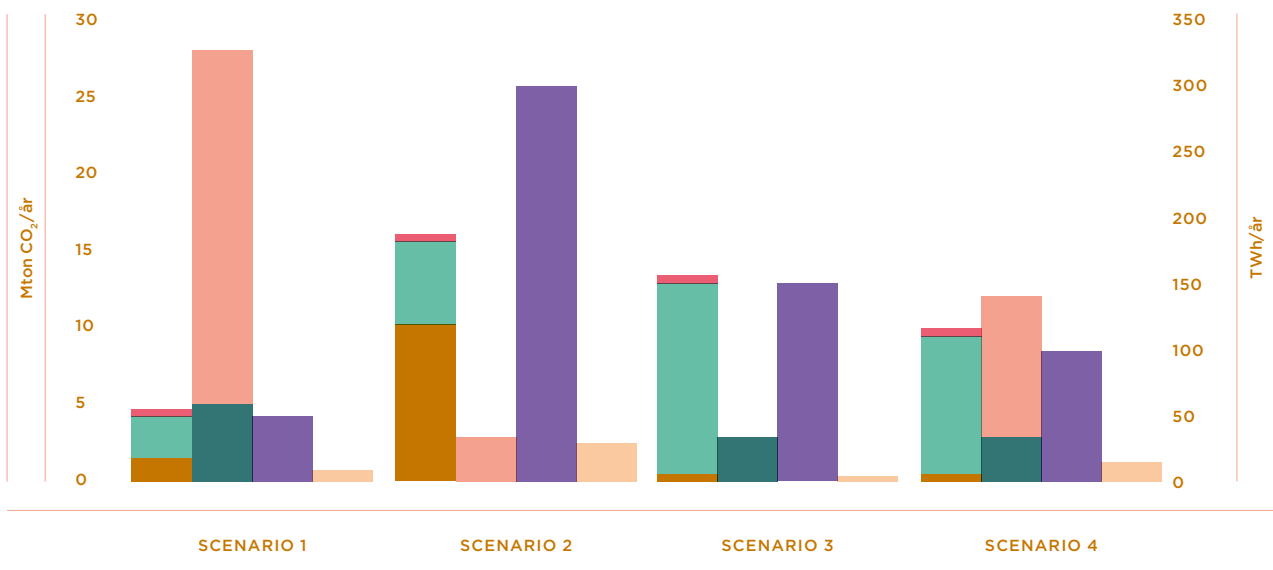
Ökat kolutnyttjande åstadkoms genom att ta till vara den biogena koldioxid som släpps ut till atmosfären vid storskalig förbränning (>100 000 ton koldioxid/år) samt genom ökat hållbart uttag av restprodukter från skogs- och jordbruk. Scenarierna visar olika utvecklingar beträffande om fokus är på bio-CCS eller bio-CCU, samt hur mycket biomassa som förbränns för energiändamål jämfört med hur mycket som används i bioraffinaderier för samproduktion av produkter (drivmedel/kemikalier) och värme.

Förutsättningarna för scenarierna presenteras i Tabell 3 och resultaten i Figur 8. Ungefär 55 TWh antas finnas tillgängliga för nya användningsområden (ökat uttag och förändrad användning). På kemiindustrins koldioxidströmmar tillämpas CCU i samtliga scenarier.

Scenario 1 – Fokus bio-CCS

Scenario 1 fokuserar på bio-CCS, främst på stora punktsläpp inom såväl massa- och pappersindustrin som kraftvärmesektorn. Scenariot resulterar i en mycket stor produktion av negativa utsläpp genom bio-CCS (28 miljoner ton/år), vilket skulle möjliggöra en mycket stor export utöver de framtida behov av bio-CCS för negativa utsläpp som indikerats i Klimatpolitiska vägvalsutred-

SCENARIER FÖR ÖKAT NYTTJANDE AV BIOGENT KOL



- Elektrobränslen och -kemikalier
- Biodrivmedel och -kemikalier
- Övrig ny användning
- Bio-CCS bioraffinaderier
- Bio-CCS förbränning
- Elbehov
- Värmeproduktion

Figur 8 Uppskattade mängder bio-CCS (uppdelat på förbränningsanläggningar och bioraffinaderier i »miljoner ton CO₂/år, vänstra axeln), elektrobränslen och -kemikalier, biodrivmedel och -kemikalier, elbehov samt värmeproduktion (TWh/år, högra axeln) i de olika scenarierna.

ningen (upp till ca 10 miljoner ton). Scenariots produktion av förnybara drivmedel- och kemikalier är i nivå med framtida uppskattade inhemska behov. Den resulterande ökningen av elbehovet är ungefär 50 TWh/år. Eftersom scenariot bygger på att förbränning fortsatt används i stor utsträckning i fjärrvärme- och industrisektorn för värmeändamål, kan det vara svårt att hitta avsättning för ny restvärme (främst från nya bioraffinaderier).

Scenario 2 – Fokus bio-CCU

Scenario 2 fokuserar på bio-CCU, främst på stora punktutsläpp. Scenariot resulterar i en mycket stor produktion (och export) av förnybara drivmedel och kemikalier (mer än 180 TWh/år). Detta medför dock en enorm ökning av elbehovet, ungefär 300 TWh/år. Produktionen resulterar också i mycket restvärme, som precis som i Scenario 1 kan vara svår att hitta avsättning för. Produktionen av negativa utsläpp ligger i detta scenario på ungefär 3 miljoner ton per år, vilket utgör en indikativ miniminivå för bio-CCS bidrag till kompletterande åtgärder år 2045. Detta skulle således medföra att merparten av kompletterande åtgärder behöver utgöras av annat än bio-CCS.

Scenario 3 – Fokus bio-CCU i bioraffinaderier

Scenario 3 beskriver en övergång från förbränningsanläggningar för värmeproduktion (och elproduktion) inom kraftvärmesektorn och massa- och pappersindustrin till bioraffinaderier, där drivmedel/kemikalier och värme (fjärr- eller processvärme) samproduceras. Ökat biomassauttag såväl som biomassa som idag används för förbränning används nu i bioraffinaderier. Scenariot fokuserar främst på bio-CCU och resulterar i en mycket stor produktion (och export) av förnybara drivmedel och kemikalier (mer än 150 TWh/år). Ökningen av elbehovet är signifikant lägre än i Scenario 2, men fortsatt mycket stort (ungefär 150 TWh). Elbehovet har minskat klart mer än produktionen av drivmedel och kemikalier i Scenario 3 jämfört med Scenario 2, vilket beror på att det i bioraffinaderier (till exempel förgasningsprocesser) krävs mindre energi för att uppnå högre koleffektivitet jämfört med avskiljning av koldioxid från rökgaser. Trots att alla förbränningsanläggningar för värmeproduktion är ersatta, så genereras tillräckligt med värme i systemet för att tillfredsställa behov på samma nivå som idag (och lite till). Detta är ett resultat av de kraftigt elektrifierade bioraffinaderierna där stora mängder restvärme gene-

reras. Precis som i Scenario 2 ligger produktionen av negativa utsläpp genom bio-CCS på den indikativa miniminivån (3 miljoner ton/år).

Scenario 4 – Fokus bio-CCS och bio-CCU

I Scenario 4 sker en delvis övergång till bioraffinaderier och fokus är på både bio-CCU och bio-CCS. Detta resulterar i en mindre, dock fortsatt stor produktion (och export) av förnybara drivmedel och kemikalier (ungefär 110 TWh/år). Negativa utsläpp genom bio-CCS uppgår till ungefär 13 miljoner ton per år, vilket möjliggör en signifikant export. Det är således möjligt att uppnå en betydande export av såväl hållbara kolbaserade produkter som negativa utsläpp. Elanvändningen i detta scenario är ungefär 100 TWh/år. Scenariot bygger på implementering av bio-CCS på kvarstående stora förbränningsbaserade punktutsläpp. På bioraffinaderier är fokus främst på produktion av hållbara kolbaserade produkter där elektrifiering möjliggör ett högt kolutnyttjande (bio-CCU), men på en tredjedel så tillämpas bio-CCS.

Diskussion

Det ökade nettoelbehovet som presenteras här är endast relaterat till det ökade nyttjandet av biogent kol i respektive scenario (samt relaterade förändringar som till exempel minskad elproduktion i kraftvärme) och inte övrig förväntad ökning av elbehovet inom till exempel industri- och transportsektorn. Trots detta krävs som synes mycket stora mängder el i de scenarier som gör mycket drivmedel och kemikalier. Speciellt elkrävande är Scenario 2, som bygger på bio-CCU från i huvudsak stora förbränningsutsläpp, och som visar på ett ökat elbehov omkring 300 TWh/år. En fråga som bör adresseras är vad som är en realistisk nivå på ökat elbehov för bio-CCUS givet förväntad utveckling av elbehov för övrig omställning av samhället. I Energimyndighetens långsiktiga scenarier över Sveriges energisystem⁵⁹ uppgår elanvändningen 2050 till som mest 350 TWh, varav knappt 190 TWh är inom industrin. Elanvändningen för CCU framgår inte explicit, men är högst 15 TWh. Det är således en stor skillnad mot elanvändningen i de scenarier för ökat kolutnyttjande som presenteras här.

Värmeöverskottet som presenteras här, främst från nya bioraffinaderier, tillsammans med värme från vätgasproduktion gör att mycket stora mängder restvärme kommer att finnas i systemet. I ett långsiktigt hållbart energisys-

tem och samhälle är det inte förenligt att parallellt bygga processer och system som genererar överskottsvärme som inte nyttjas samtidigt som biomassa används för att generera värme. Ökat tillvaratagande av restvärme lyftes fram inom ramen för biostrategin och flera förslag till åtgärder med syfte att främja detta föreslogs. Att undanröja hinder och införa relevanta styrmedel för att öka incitamenten är centralt samtidigt som andra faktorer som behovet av planerbar, flexibel elproduktion och utrymmesbrist i anslutning till fjärrvärmenät kan påverka möjligheten för tillvaratagandet av restvärme.

Hur stor del av potentialen för ökat kolutnyttjande som kommer att realiserats och fördelningen mellan bio-CCS och bio-CCU beror av flera olika faktorer, inte minst vilken betalningsvilja det finns för det biogena kolet för olika användningsområden. Vilka anläggningar som lämpar sig för implementering av bio-CCS respektive bio-CCU beror även av lokala förutsättningar såsom tillgången på el och infrastruktur för hantering av koldioxid. Scenarierna illustrerar att ett ökat kolutnyttjande kan realiserats på olika sätt.

3.6 Satsningar på både bio-CCS och bio-CCU behövs

Det framtida behovet av både permanenta negativa utsläpp och hållbara kolbaserade produkter är stort. Sverige har stor potential för ökat kolutnyttjande och att på sikt bli en betydande nettoexportör av såväl hållbara kolbaserade produkter som negativa utsläpp. På lång sikt kommer de biogena kolatomerna att vara begränsade och fördelningen av dem kommer att styras av betalningsviljan för olika användningsområden på en europeisk och global marknad. På kort- och medellång sikt begränsar andra faktorer som tillgången till el och annan infrastruktur samt inte minst förekomsten av styrmedel den realiserbara potentialen för bio-CCUS.

Negativa utsläpp från bio-CCS ska primärt användas till att kompensera för utsläpp som annars är svåra eller mycket dyra att få bort, samt är en åtgärd för att nå nettonegativa utsläpp och minska halten koldioxid i atmosfären. Bio-CCU kan bidra med hållbara biobaserade produkter som substituerar användandet av fossila bränslen och produkter. För produktion av hållbara kolbaserade produkter måste ett bredare perspektiv än CCU antas, då det finns mer effektiva lösningar än ren CCU på sikt

för de flesta applikationer (till exempel att producera drivmedel direkt från biomassa med kraftig elektrifiering). På kort- och mellanånga sikt finns dock en outnyttjad resurs i form av kolatomer i rökgaser där ytterligare ansträngningar behövs för att tillgängliggöra dessa för produktion av hållbara drivmedel och kemikalier.

EU:s kommande mål för hållbara flygbränslen, varav elektrobränslen kommer utgöra en betydande andel till 2035, tillsammans med ökade krav även inom sjöfarten skapar mer gynnsamma förhållanden för de relativt dyra elektrobränslena. Dock behövs ytterligare styrmedel, till exempel för att stimulera inhemsk produktion, samt inte minst för att skapa en efterfrågan på biogena och återvunna kolatomer inom kemi- och materialindustrin.

En parallell utveckling av bio-CCS är också nödvändig för att skapa förutsättningar för negativa utsläpp som i tillräcklig utsträckning kan bidra till att minska halten av koldioxid i atmosfären till 2045 och framåt. Det svenska stödsystemet för bio-CCS är ett första steg för att skapa incitament för negativa utsläpp genom bio-CCS. På sikt behöver kostnaden för negativa utsläpp förflyttas från staten och andra styrmedel på EU- och eller nationell nivå skapas. Satsningar på bio-CCU som leder till investeringar i teknik för koldioxidinfångning kan även skapa förutsättningar för att på längre sikt generera ytterligare negativa utsläpp genom bio-CCS.



4. Bio-CCU – Styrmedel för en konkurrenskraftig övergång till hållbara kolbaserade produkter

För att åstadkomma en konkurrenskraftig övergång till hållbara kolbaserade produkter inom såväl transportsektorn som inom kemi- och materialindustrin krävs incitament för att ersätta det fossila kolet med cirkulärt återvunnet kol, och/eller hållbart biobaserat kol. Nuvarande styrmedel är inte tillräckliga för att åstadkomma denna övergång och realisera den stora svenska potentialen för produktion av hållbara kolbaserade produkter.

4.1 Förslag gällande elektrobränslen till drivmedel

Styrmedel för inhemsk produktion av förnybara drivmedel

RefuelEUaviation och FuelEUmaritime kommer på sikt skapa en betydande efterfrågan på elektrobränslen. För att stärka Sveriges konkurrenskraft och underlätta för den svenska industrin att möta den kommande efterfrågan behöver styrmedel för att stimulera den inhemska produktionen av elektrobränslen komma på plats.

Ett styrmedel som stimulerar inhemsk produktion av förnybara drivmedel har efterfrågats i många år. Befintliga och tidigare svenska styrmedel har främst riktats mot användningen av biodrivmedel, vilket har lett till att Sverige är en stor nettoimportör av biodrivmedel och råvaror till biodrivmedel. Sverige med sina stora inhemska tillgångar på bioråvara från skogs- och jordbruk, såväl som av biogen koldioxid, bör i stället vara en betydande nettoexportör.

För förnybara drivmedel kan Industriklivet sedan 2021 ge investeringsstöd till nya anläggningar, pilot- och demonstrationsanläggningar samt finansiera förstudier (se avsnitt

4.5). Klimatklivet kan ge investeringsstöd till nya anläggningar (se Bilaga), och Riksgälden kan sedan 2021 ge statliga gröna kreditgarantier till nya investeringar gällande förnybara drivmedel (se Bilaga). Bioekonomiutredningens (SOU 2023:15)⁶⁰ analys visar dock att det krävs ytterligare styrmedel. Befintliga styrmedel bidrar med minskade kapitalutgifter vid investering i ny produktion, men bidrar inte till att dämpa risker i intäktsledet som finns kopplat till ny icke etablerad produktionsteknik jämfört med etablerade.

Utredningen har därför föreslagit att ett kompletterande, flexibelt och långsiktigt styrmedel införs i form av intäktsgarantier för tillkommande inhemsk produktion av flytande förnybara drivmedel och mellanprodukter, inklusive elektrobränslen. Styrmedlet är ett konkurrensumsatt anbudsförfarande och innebär att intäktsgarantier betalas i efterskott, under en tioårsperiod, baserat på mellanskillnaden mellan priset på en referensprodukt och angivet anbudspris. Enligt förslaget ska styrmedlet riktas mot inhemsk produktion av flytande drivmedel och mellanprodukter genom nya tekniklösningar och råvaror som idag inte, eller i begränsad omfattning, används för att framställa sådana produkter. För att stimulera produktion av både biodrivmedel och elektrobränslen är bedömningen i den här strategin att flytande drivmedel och mellanprodukter, inklusive elektrobränslen, bör bedömas separat i anbudsförfrågan till intäktsgarantin.

FÖRSLAG 1

Regeringen bör införa ett flexibelt och långsiktigt styrmedel i form av en intäktsgaranti för inhemsk produktion av elektrobränslen och andra förnybara drivmedel.

Även kvantitativa produktionsmål för förnybara drivmedel skulle kunna komplettera ett styrmedel, vilket lyfts i utredningen »Sveriges klimatstrategi« av John Hassler.⁶¹ Där betonas att den inhemska produktionen är viktig, inte minst för vår försörjningstrygghet, särskilt om produktionen baseras på inhemska råvaror.

Komplettering av reduktionsplikt och skatteundantag

Även om elektrobränslen främst kommer att användas inom flyg och sjöfart, så bör de också inkluderas inom befintliga styrmedel för vägtrafiken.

Leverantörer av bensen, diesel och flygfotogen i Sverige behöver enligt lagen om reduktionsplikt blanda in biodrivmedel så att utsläppen av växthusgaser årligen minskar med en viss procentsats. Utsläppsminskningen beräknas ur ett livscykelperspektiv (enligt metodik från förnybartdirektivet, RED), vilket innebär att biodrivmedel med hög klimatprestanda gynnas.⁶⁰ Regeringen har beslutat att nivån för bensen såväl som diesel minskas till 6 procent under perioden 2024–2026.⁶²

Elektrobränslen omfattas inte av förordningen om reduktionsplikt.⁶³ Reduktionspliktens syfte är att växthusgasutsläppen från transportsektorn ska minska. Detta kan åstadkommas såväl med biodrivmedel som med elektrobränslen.

Energi- och koldioxidskatten uppgår 2024 till 5,7 kronor per liter för bensen och 4,2 kronor per liter för diesel. Rena och höginblandade biodrivmedel är befriade från skatt för att främja en ökad användning av dessa bränslen. Denna skattebefrielse anses utgöra ett statligt stöd, och Sverige har under många år erhållit godkännande från kommissionen om undantag från statsstödsreglerna för att skattebefria dessa bränslen. Godkännandet har gällt ett år i taget, men från och med 2023 har Sverige fått ett fyraårigt undantag av energi- och koldioxidskatt för rena och höginblandade flytande biodrivmedel. Biodrivmedel som ingår i reduktionsplikten betalar full energi- och koldioxidskatt.⁶⁰

Elektrobränslen omfattas i nuläget inte av skatteundantaget. Vid användandet av fossila kolatomer för produktion av elektrobränslen (tillåtet på kort- och mellanlång sikt, se nedan) behövs utsläppsrätter. Därmed blir det en dubbel beskattning för den fossila

delen, trots att det är en återanvändning av en resurs som substituerar användning av drivmedel från nya fossila resurser.⁶³

Även Energimyndigheten (ER 2023:26) har föreslagit att elektrobränslen ska likställas med biodrivmedel i beskattning och reduktionsplikt.

FÖRSLAG 2

Regeringen bör komplettera förordningen om reduktionsplikt för bensen och diesel så att även elektrobränslen som, likt för biodrivmedel, uppfyller de hållbarhetskriterier som finns inom EU:s förnybartdirektiv (Renewable Energy Directive, RED) omfattas.

FÖRSLAG 3

Regeringen bör ansöka om undantag från EU:s statsstödsregler för att elektrobränslen som uppfyller uppställda hållbarhetskriterier inom EU:s förnybartdirektiv (Renewable Energy Directive, RED), precis som rena och höginblandade biodrivmedel, befrias från energi- och koldioxidskatt.

Förnybartdirektivet (RED)

Förnybartdirektivets (RED, Renewable Energy Directive) syfte är att bidra till en ökad användning av förnybar energi och hållbara bränslen inom EU. RED reglerar produktion och inblandning av hållbara bränslen, samt beskriver den metod för kvantifiering av växthusgasreduktion som ska användas med hänsyn till olika råvaror. I mars 2023 kom den senaste revideringen av direktivet (RED III)⁶⁴ som inkluderar ett mål om 5,5 procent avancerade biodrivmedel och RFNBO:s (Renewable Fuels of Non-Biological Origin), varav minst 1 procent RFNBO:s till 2030.

Enligt RED III ska RFNBO:s tillgodoräknas till måluppfyllelsen i den sektor och det land där slutprodukten används och inte längre där den produceras, vilket var fallet i RED II. Det innebär också att den förnybara el som används vid produktionen inte tillgodoräknas måluppfyllelsen. Syftet är att undvika dubbelräkning av den förnybara elen vid både framställning och förbränning av bränslet. Samtidigt som uppstramningarna kan förväntas öka efterfrågan på elektrobränslen blir det mindre attraktivt för en medlemsstat att inhemska före-

tag producerar dem för export. Det finns dock möjlighet att upprätta särskilda samarbetsavtal för att delar av den förnybara energin i stället ska tillgodoräknas i det land som den producerats.⁶³

I RED III introduceras ett nytt begrepp som avser bränslen som används i icke-energiändamål, alltså råmaterial i en industriell process. Detta skulle kunna innebära att även bio- och elektrokemikalier räknas med i målpuffyllelsen. När direktivet genomförs i nationell lagstiftning kommer det att behöva förtydligas vilka bränslen och ändamål som ingår i definitionen.⁶³

Hållbarhetskriterier för elektrobränslen och återvunna kolbaserade bränslen

I februari 2023 antogs två så kallade delegerade akter till RED med hållbarhetskriterier och metodbeskrivningar för RFNBO:s och återvunna kolbaserade bränslen*.^{65, 66} De huvudsakliga hållbarhetskriterierna inkluderar:

- Minst 70 procent växthusgasreduktion ska uppnås jämfört med det fossila referensalternativet.
- Användande av icke förnybara kolkällor kommer att räknas som utsläpp efter 2035 för elproduktionsanläggningar och efter 2040 för övriga anläggningar.
- Om den el som används för att producera transportbränslet tas från elnätet och inte anses vara helt förnybar, bör den genomsnittliga växthusgasintensiteten för el som förbrukas användas. Om elen som används däremot anses vara helt förnybar bör en växthusgasintensitet på noll tillämpas på elförsörjningen.

Klassificering av bioelektrobränslen

Bioelektrobränslen produceras genom att tillföra el och/eller vätgas vid produktion av biodrivmedel, vilket leder till ökad verkningsgrad genom att en större andel av biomassan blir drivmedel (se avsnitt 2.2). Det finns en generell kvot för hållbara flygbränslen (SAF) och subkvoter för e-flygbränslen inom ReFuelEU Aviation (se avsnitt 3.3). Det råder dock osäkerhet kring hur bioelektrobränslen ska klassificeras, och därmed vilken eller vilka kvoter de kan vara med och uppfylla. Det rimliga är att de betraktas som en hybrid, det vill säga delvis som biobränsle (drivmedel), delvis som elektrobränsle. Därmed kan de vara med och uppfylla kvoter (även) för e-bränslen.

För sjöfarten används en reduktionsplikt i stället för volymbaserade kvoter (se avsnitt 3.4). Dock behöver en viss andel vara e-bränslen. Samma resonemang kring hur bioelektrobränslen bör klassificeras gäller även här.

FÖRSLAG 4

Regeringen bör arbeta för att klassificeringen av bioelektrobränslen ska förtydligas och att de delvis ska klassificeras som elektrobränslen, vilket innebär att de kan användas för att uppfylla subkvoter speciellt för elektrobränslen.

4.2 Förslag gällande förnybar och återvunnen råvara i material och kemikalier

Styrningen för en ökad materialeffektivitet kan i dagsläget bedömas som svag.⁶⁷ Industri där biogen koldioxid används som råvara till material och produkter omfattas inte av några befintliga styrmedel i dagsläget. Kol som används i bränsle prissätts av EU ETS och svensk koldioxidsskatt. Utsläppshandeln reglerar utsläpp i atmosfären och inkluderar även processutsläpp vid tillverkning av material. Material som binder kol, så som plast, kan senare bli avfall och frigöra kol vid förbränning. Utsläpp från avfallsförbränning omfattas av utsläppshandeln, men påverkar inte i tillräckligt hög grad mängden av fossilt avfall som går till förbränning. Denna brist i dagens styrning kräver åtgärder tidigt i värdekedjan, helst hos de som säljer fossila material på marknaden där incitament behöver skapas för att ersätta fossil råvara med återvunnen och biobaserad råvara.⁶³

På EU-nivå såväl som på nationell nivå finns både pågående och föreslagna processer kring material- och resurseffektivitet och omställningen mot en cirkulär och biobaserad ekonomi. Dock saknas ett helhetsgrepp. Kemiiindustrin lyfter till exempel behovet av ett brett EU-regelverk kring kol.⁶⁸ Ett sådant skulle säkra tillgången på hållbara, biobaserade och återvunna kolatomer samt säkerställa att övrig EU-lagstiftning skapar incitament för att byta en fossil kolatom mot en hållbar.

EU-nivå

På EU-nivå pågår ett flertal processer för att främja en

* Recycled carbon fuels, bränslen som framställs av avfallsströmmar eller industriella restgaser av icke-förnybart ursprung.

cirkulär ekonomi, bland annat inom ramen för den uppdaterade strategin för cirkulär ekonomi (CEAP). Bland annat föreslås det befintliga Ekodesigndirektivet, som endast täcker in energirelaterade produkter, att ersättas med en ny förordning som täcker in en bred kategori av produktgrupper och ställer nya typer av krav, exempelvis på lättillgänglig och transparent information om produktens miljömässiga hållbarhet genom digitala produktpass.²³ Direktivet om förpackningar och förpackningsavfall är föremål för revidering, där kommissionen bland annat har föreslagit krav på att plastförpackningar ska kunna materialåtervinnas och att de från 2030 ska innehålla en viss mängd återvunnet material.⁶⁹

Mål för kemikalier och plastprodukter från hållbara icke-fossila källor

EU-kommissionen har föreslagit att 20 procent av kolet som används i kemikalier och plastprodukter ska komma från hållbara icke-fossila källor till år 2030.⁷⁰ Ett beslut i linje med detta förslag skulle enligt kemiindustrin vara ett bra första steg mot en reglering för industriellt hållbart kol, vilket har föreslagits av Nederländerna.⁶⁸ En sådan reglering skulle innehålla fortsatta mål för hållbar råvara fram i tiden och relaterade avgifter om målen inte nås, vilket skulle ge tydliga direktiv och incitament för omställningen från fossila till återvunna och förnybara råvaror. Liket för drivmedel bör ett stoppår, förslagsvis 2040, för fortsatt intag av nya jungfruliga fossila råvaror sättas. En reglering bör harmonisera med RED-regelverket som introducerat ett nytt begrepp som avser bränslen som används i icke-energiändamål, alltså råmaterial i en industriell process (se avsnitt 4.1).

Att cirkulera och återvinna kolatomer i material, oavsett ursprung, är alltid att föredra framför att släppa ut dem till atmosfären. Lagstiftningen måste dock fasa ut användningen av nya jungfruliga fossila råvaror så att det på sikt inte tillförs nya fossila kolatomer till systemet.

FÖRSLAG 5

Regeringen bör ta ledarskap i frågan om mål om återvinna och/eller förnybara råvaror till kemikalier och plastprodukter samt arbeta inom EU för att införa ett gemensamt stoppår, förslagsvis år 2040, för intag av nya jungfruliga fossila råvaror.

Behov av förändringar i avfallslagstiftningen och förslag som gynnar CCU-baserade material

Branschföreningen IKEM, Sveriges innovations- och kemiföretag, har lyft att dagens avfallslagstiftning inom EU försvårar möjligheterna att ta till vara på befintliga resurser när avfall förbränns och släpper ut koldioxid i atmosfären.⁵⁶ Energimyndigheten⁶³ uppmärksammar vikten av att ge återvunna kolatomer en tydligare plats i avfallspolitiken, så att den mest energi- och resurseffektiva cirkulationen premieras där så är möjligt. Samtidigt behöver det även finnas incitament för att återvinna kolatomer genom CCU när andra alternativ inte är möjliga. Detta bör speglas i EU:s avfallshierarki och kommande EU-krav på återvunnet material i plastförpackningar.⁶³

FÖRSLAG 6

Regeringen bör arbeta för att krav på en viss andel återvunnet material i plastförpackningar, inom kommande förordning om förpackningar och förpackningsavfall inom EU, utformas så att även CCU-baserade material gynnas.

Kvotpliktssystem

Längre livslängd på produkter och material, mer återbruk samt resurs- och energieffektiva processer är av stor vikt för att en mer cirkulär ekonomi ska uppnås. I ett sådant system används energiåtervinning genom avfallsförbränning först när produkterna inte kan cirkuleras ytterligare.

I biostrategin⁴⁴ föreslogs att ett nationellt kvotpliktsystem med återvinningscertifikat för plast bör införas för att stärka efterfrågan på avfallsbaserad återvunnen plastråvara och öka incitamenten för ytterligare sortering av avfall. Naturvårdsverket har i ett pågående regeringsuppdrag⁷¹ tittat på detta och den juridiska analysen visar att det inte är genomförbart på nationell nivå utan Sverige bör i stället arbeta för ett system med kvotplikter på EU-nivå.

Nationell nivå

Även behovet av styrmedel på nationell nivå har lyfts i flera rapporter och utredningar. Dock saknas ännu skarpa förslag som skulle kunna implementeras i närtid.



Det finns ett pågående regeringsuppdrag kring ekonomiska styrmedel för att främja omställningen till en cirkulär ekonomi⁷² och Bioekonomiutredningen⁷³ har föreslagit en analys av i vilken utsträckning befintliga styrmedel främjar cirkulära, biobaserade lösningar. Naturvårdsverket och Energimyndigheten har i ett gemensamt regeringsuppdrag⁶⁷ föreslagit vidare utredning om potentialen som material- och resurseffektivisering har vad gäller att underlätta för industrins omställning och vilka styrmedel som kan vara lämpliga för en sådan utveckling.

Energimyndigheten föreslår närmare utredning av ett utvidgat producentansvar för plast som dels tar in avgifter för jungfrulig fossil plast som sätts på marknaden, och dels betalar ut stöd till lösningar som förhindrar att det kol som bundits in i plasten släpps ut.⁶³ Det finns även förslag kring hur finansiering för cirkulära lösningar inklusive CCU, såväl som CCS, skulle kunna åstadkommas genom att överföra kostnader uppströms på avfallslämnaren.⁷⁴ Att mer aktivt använda offentlig upphandling för att premiera klimatneutrala material och andra produkter har lyfts inom ramen för flera olika utredningar, senast av Energimyndigheten.⁶³

Behov av förnybar metan

En viktig del i kemiindustrins omställning är tillgången på förnybar metan i form av biogas som råvara. Branschen pekar på behovet av en nationell biogasstrategi med kraftigt ökad biogasproduktion.⁶⁸ De pekar också på behovet av ett industristöd som skulle ge industrin motsvarande förutsättningar att använda biogas som transportsektor.

4.3 Förslag om tillgång till och kostnad för el

Säkerställande av elproduktion och eleffekt är central för omställningen inom industrin, transportsektorn och övriga samhället. Realiserandet av en ökad koleffektivitet, inte minst genom CCU, kräver, som redovisats i avsnitt 3.5, också stora mängder el.

De mest dominerande hindren för genomförandet av en majoritet av Fossilfritt Sveriges färdplaner för fossilfri konkurrenskraft är de långa tillståndsprocesserna samt att en tillräcklig elkraftsproduktion möjliggörs. Under 2022 presenterades förslag för effektivare tillståndsprocesser från de statliga utredningarna Miljöprövningsut-

redningen och Klimaträttsutredningen. Fossilfritt Sverige har identifierat tolv konkreta förslag från de två utredningarna som omgående skulle kunna antas. Förslagen överlämnades till regeringen under våren 2023.⁷⁵

Utökad förslag om sänkt elskatt för koldioxidinfångning

Regeringen har föreslagit sänkt energiskatt för koldioxidinfångning. Lagförslaget innebär att de företag som fångar in, transporterar och lagrar koldioxid ska omfattas av den lägre energiskattenivån om 0,6 öre per kWh för den el som förbrukas i CCS-installationen.⁷⁶ En anläggning för avskiljning och omvandling av koldioxid till en produkt klassas som en tillverkande industri och är därmed redan berättigad till den lägre energiskattenivån. Om däremot koldioxiden endast avskiljs och sedan transporteras vidare för användning eller omvandling på annan plats, omfattas inte avskiljningsanläggningen av den lägre skattenivån enligt förslaget från regeringen.

Lagförslaget bör även ses över så att inte bara själva koldioxidinfångningen omfattas utan även elanvändningen i resterande delar av CCS-värdekedjan, till exempel i förvätskningen.

FÖRSLAG 7

Regeringen bör utöka lagförslaget om sänkt energiskatt för koldioxidinfångning till att även omfatta anläggningar som avskiljer koldioxid som ska nyttjas för andra ändamål än lagring. Lagförslaget bör också utökas till att omfatta hela CCS-värdekedjan, inte bara koldioxidinfångningen.

4.4 Förslag om möjlighet till allokering vid blandade flöden

En fråga vid koldioxidinfångning på blandade flöden, som till exempel avfall, är möjligheten till allokering av kolatomerna. Enligt nuvarande regelverk i form av ETS-direktivet och förordningen om övervakning och rapportering är det inte tillåtet att hävda att till exempel den biogena delen av ett flöde går till CCU, medan den fossila delen går till CCS.⁶³ Om inte allokering får göras, innebär det att både flödet som går till CCU och flödet som går till CCS betraktas som en blandning av fossilt och biogent enligt den fördelning som föreligger i det specifika fallet (vilken

bestäms genom massbalansprincipen). Detta innebär att den del som går till CCU till viss del kommer att betraktas som fossil och kommer därmed kräva utsläppsrätter, vilket kan skapa hinder för investeringar. Dessutom, i de fall den avskilda koldioxiden används till att producera drivmedel, kan fossil koldioxid endast användas fram till 2035 (för elproduktionsanläggningar) enligt RED och de hållbarhetskriterier som har beslutats gällande elektrobränslen (se avsnitt 4.1). Detta är med största sannolikhet en för kort tidshorisont för att motivera investeringen i anläggningen. Denna typ av allokering kan dock vara möjligt enligt RED, vilket framgår av kommissionens svar på frågor gällande tolkning av de delegerade akterna avseende RFNBO:s.⁷⁷ Detta behöver dock förtydligas i kommande skrivningar.

För att öka möjligheterna för investeringar i CCUS från blandade flöden är bedömningen i den här strategin att allokering bör tillåtas inom ramen för ETS-direktivet såväl som i andra relevanta direktiv.

Storskalighet minskar den specifika kostnaden både för CCS och CCU. Det blir således högre specifika kostnader om parallella investeringar i CCS och CCU genomförs i anslutning till en anläggning. Ett sätt att möjliggöra att vissa anläggningar kan investera i enbart CCS, medan andra anläggningar kan investera i enbart CCU, samtidigt som flödena betraktas som enbart biogena eller enbart fossila trots att de är blandade, är att tillåta massbalansering på en högre systemnivå. Det skulle till exempel kunna göras genom att införa ursprungsgarantier för infångad koldioxid som kan säljas och köpas mellan bolag för att kunna räkna en blandad ström som helt biogen eller helt fossil (eller vilken mix man så önskar) oavsett den faktiska fysiska mixen.

FÖRSLAG 8

Regeringen bör arbeta för att, inom ramen för EU ETS-direktivet, samt andra relevanta direktiv, tillåta allokering av biogen respektive fossil koldioxid i blandade flöden till olika ändamål.

4.5 Förslag om stöd till investeringar, demoprojekt och förstudier

Inom Industrilivet kan bidrag ges till förstudier, forsknings-, pilot- och demonstrationsprojekt. Bidrag kan

även ges till investeringar i ny teknik som minskar industrins processrelaterade utsläpp av växthusgaser (till exempel CCS), eller som bidrar till permanenta negativa utsläpp (bio-CCS eller DACCS) samt till strategiskt viktiga insatser inom industrin som på ett väsentligt sätt bidrar till att minska växthusgasutsläppen i samhället.

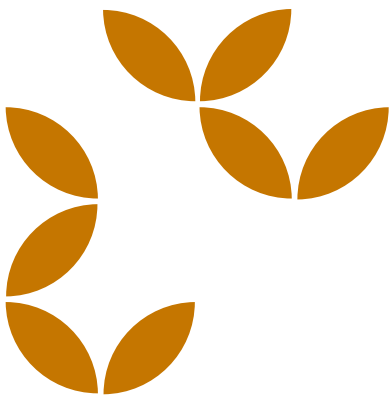
I fråga om bio-CCU har Industrilivet vissa begränsningar. Aktörer som inte klassas som industrier, såsom kraft- och fjärrvärmeverk, kan idag falla utanför Industrilivets ramar om de vill avskilja biogen koldioxid för användning. Detta skiljer sig mot bio-CCS, där även kraft- och fjärrvärmeverk kan få stöd.

Som beskrivits i avsnitt 4.2 är det viktigt att det skapas incitament för att cirkulera avfall genom styrmedel tidigt i värdekedjan. Samtidigt behöver avfallshierarkin bli mer nyanserad så att även lösningar som CCU och CCS kan premieras långsiktigt för de fraktioner då förbränning lämpligast används. På kort sikt finns stora resurser av biogena såväl som fossila kolatomer, som släpps ut från förbränning av avfall och andra bränslen.

Bedömningen i den här strategin är att det samtidigt som en incitamentsstruktur som gynnar återvinning av kolatomer från avfall så högt upp i avfallstrappan som det är möjligt byggs upp, bör också ett ökat tillvaratagande av kolatomerna från avfallsförbränning genom CCUS gynnas, på ett sätt som inte skapar inlåsning och fördröjer omställning till mer långsiktiga lösningar. CCS för den fossila delen av avfallsförbränning faller i nuläget utanför befintliga ekonomiska stöd då det inte är inkluderat i Industrilivet. En utvidgning av Industrilivet till att omfatta såväl CCS som CCU oavsett kolatomernas ursprung och sektor har föreslagits av Energimyndigheten.⁶³ För fossila tillämpningar bör dock stöd endast kunna ges där rimliga alternativ saknas. Vid en utvidgning, bör det säkerställas att även andra cirkulära lösningar från avfall blir stödberättigade inom Industrilivet.

**FÖRSLAG 9**

Regeringen bör, som Energimyndigheten föreslår (ER 2023:26), vidga Industriklivets förordning till att omfatta CCS och CCU, oavsett sektor och oavsett kolatomernas ursprung. Industriklivets möjlighet att stödja CCS och CCU på fossila tillämpningar bör dock begränsas till fall där det saknas rimliga alternativ för att minska utsläppen.



5. Mål och rapportering av negativa utsläpp

Sverige har en skyldighet att rapportera sina utsläpp av växthusgaser både gentemot UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) och Parisavtalet. Både EU som helhet och dess medlemsländer har godkänt och agerar i enlighet med Parisavtalet. Inom EU har man fastställt en gemensam målsättning, och Sveriges ansvar ligger i att bidra till detta övergripande mål. En grundläggande princip är att de rapporterade utsläppen ska vara de som härrör från aktiviteter inom landets geografiska område. Vid vissa omständigheter kan dock överföring av utsläpp mellan olika länder och andra justeringar vara nödvändiga och önskvärda.⁷⁸

EU:s strategi för att minska unionens växthusgasutsläpp bygger på tre huvudsakliga förordningar:

1. ETS (EU Emission Trading System, utsläppshandelsdirektivet), som är EU:s handelssystem för handel med utsläppsrätter.
2. Den icke-handlade sektorn ESR (Effort Sharing Regulation, ansvarsfördelningsförordningen).
3. LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry), det regelverk som styr utsläpp och upptag av koldioxid kopplade till skog och mark.

För att medlemsländer ska kunna uppfylla sina EU-åtaganden (NDC) tillåts vissa överföringar mellan LULUCF och ESR. Om ett överskott genereras inom LULUCF kan upp till 0,5 miljoner ton koldioxid per år överföras till ESR-sektorn. I princip obegränsade överskott kan flyttas från ESR till LULUCF. Det finns även möjlighet att handla med både LULUCF- och ESR-enheter mellan länder.⁷⁸

Hur permanenta negativa utsläpp som bio-CCS ska rapporteras inom EU i framtiden är ännu inte beslutat. Att sortera in dem i någon av de befintliga pelarna är en möjlighet liksom att skapa en egen, fjärde, pelare, som enbart fokuserar på negativa utsläpp. Det är troligt att det i samband med förhandlingarna om EU:s 2040-mål fattas beslut om hur bio-CCS ska bokföras för perioden

2031–2040, men det kan inte garanteras att samma sätt att bokföra bio-CCS kan användas för perioden fram till 2030.⁷⁹

5.1 Förslag om separata mål för utsläppsminskningar och kolinlagring

Negativa utsläpp behövs både för att kompensera residuala utsläpp så att nettonollutsläpp kan uppnås och för att i ett senare skede nå nettonegativa utsläpp på global nivå, vilket är en förutsättning för att begränsa temperaturökningen i enlighet med Parisavtalet.

Naturvårdsverket pekar på behovet av ambitiösa separata mål för utsläppsminskningar och kolinlagring och att detta bör vara en prioriterad uppgift när 2040-målen ska förhandlas inom EU. Med en sådan uppdelning blir det tydligt att växthusgasutsläppen från de allra flesta utsläppskällor och sektorer behöver nå noll senast 2050 i EU, samtidigt som utrymmet att kompensera residuala utsläpp genom en hållbar kolinlagring med lång lagringstid är begränsat.⁴⁵

Europeiska kommissionen presenterade i februari 2024 en rekommendation om ett EU-gemensamt klimatmål till år 2040. Kommissionen rekommenderar att unionens nettoutsläpp av växthusgaser ska minska med 90 procent till 2040, jämfört med 1990. Kommissionen bedömer att de faktiska utsläppen kan minska med omkring 85 procent till 2040. De resterande utsläppen, för att nå 90 procent utsläppsreduktion, bedöms som mycket svåra och/eller dyra att minska och kommer att behöva kompenseras för genom kolinlagring, antingen inom LULUCF eller genom koldioxidinfångning. Förslaget innehåller inte separata mål för utsläppsminskningar respektive kolinlagring, men kommissionen planerar att utvärdera ett övergripande mål för industriell kolinlagring i linje med EU:s klimatambition för 2040 och klimatneutralitetsmålet 2050, med sikte på att nå nettonegativa utsläpp efter det.^{80, 81} För att tydliggöra förväntningarna

på utsläppsminskningar respektive kolinlagring, inklusive permanenta negativa utsläpp, bör Sverige i de kommande förhandlingarna om EU:s 2040 mål arbeta för att separata mål införs.

Sveriges nationella mål om nettonollutsläpp till 2045 innebär redan idag ett specifikt mål för utsläppsminskningar på minst 85 procent. De resterande 15 procenten, de residuala utsläppen, kan kompenseras för genom kompletterande åtgärder, där permanenta negativa utsläpp är en åtgärd. Klimatpolitiska vägvalsutredningen² lyfter att bio-CCS kan förväntas bidra med mellan 3-10 miljoner ton negativa utsläpp till 2045, men inga specifika andelar finns dock fastställda i inom det klimatpolitiska ramverket.

Det svenska klimatmålet om utsläppsminskningar med minst 85 procent till 2045 innebär att om målet skulle överträffas kan förväntningarna och behovet av permanenta negativa utsläpp sänkas. För att tydliggöra för aktörer som vill investera i bio-CCS eller DACCS samt skapa förutsättningar för att på sikt uppnå den storskalighet som behövs för att Sverige ska kunna bidra till netto-negativa utsläpp globalt bör de nationella klimatmålen kompletteras med ett separat mål för kolinlagring till 2045, där även en specifik andel för permanenta negativa utsläpp fastställs. En sådan process kan med fördel koordineras med förhandlingarna om EU:s 2040-mål.

Ett sådant mål bidrar även till att möjliggöra en frivillig marknad för negativa utsläpp som bidrar med klimatnytta (se avsnitt 6.7-6.8).

FÖRSLAG 10

Regeringen bör i det kommande arbetet med 2040-målen inom EU arbeta för separata mål för utsläppsminskningar respektive kolinlagring, inklusive en specifik andel permanenta negativa utsläpp, för att tydliggöra andelen residuala utsläpp som kan accepteras 2050 för att nå de globala klimatmålen om maximalt 1,5°C uppvärmning.

FÖRSLAG 11

Regeringen bör ge Miljömålsberedningen i uppdrag att ta fram nationella mål för kolinlagring, inklusive en specifik andel permanenta negativa utsläpp, till 2045.

5.2 Förslag om gemensam definition av residuala utsläpp

En översyn har visat att länder definierar sina residuala utsläpp olika och på relativt höga nivåer (i genomsnitt 18 procent av nuvarande utsläpp). Skulle samtliga av världens länder göra liknande prognoser innebär det ett mycket stort behov att negativa utsläpp för kompensation i framtiden, uppskattningsvis 12 Gt per år.⁸²

Hur företag definierar sina residuala utsläpp är nära sammankopplat med respektive hemländers residualer och kommer därmed också vara av stor betydelse för behovet av negativa utsläpp i framtiden. Företag inom Science Based Target Initiative (SBTi) sätter mål för sina utsläppsminskningar i linje med Parisavtalet och målet om att begränsa den globala uppvärmningen till 1,5°C. Ett nettonollmål enligt SBTi:s standard⁸³ innebär att företaget behöver minska sina totala utsläpp med minst 90 procent jämfört med som tidigast år 2015 samt att de residuala utsläppen ska kompenseras för genom permanenta negativa utsläpp.

För att negativa utsläpp inte ska ersätta utsläppsminskningar som är möjliga att nå på andra sätt är det viktigt med en restriktiv hållning kring vilka residuala utsläpp som behöver kompenseras för. Tillsammans med en utveckling av separata mål för utsläppsminskningar respektive kolinlagring bör därför en gemensam definition tas fram för medlemsstater respektive företag inom EU. Detta för att standardisera rimliga förväntningar på residuala utsläpp som ska kompenseras för genom permanenta negativa utsläpp. Definitionen behöver utformas på ett sådant sätt att nya möjligheter till utsläppsminskningar tas i beaktande för att vid behov justera nivåerna för de accepterade residuala utsläppen. I ett första steg bör Sverige verka för en gemensam definition inom EU.

FÖRSLAG 12

Regeringen bör verka för att en gemensam definition tas fram, för medlemsstater respektive företag inom EU, för att standardisera vilka residuala utsläpp som kan accepteras 2050 för att nå de globala klimatmålen om maximalt 1,5°C uppvärmning. Kontrollstationer bör läggas in på vägen fram till 2050 för att vid behov justera definitionen utifrån nya möjligheter och teknikutveckling för utsläppsminskningar.

5.3 Jämförelse av de olika alternativen för rapportering inom EU

I Tabell 4 listas olika för- och motargument kring placering av negativa utsläpp genom bio-CCS inom EU ETS, ESR respektive LULUCF.

EU ETS

EU:s utsläppshandelssystem, EU ETS, omfattar utsläppen från den största delen av industrin, kraft- och värmeproduktion samt delar av flyget och sjöfarten. Totalt inkluderas cirka 13 000 anläggningar i hela EU, varav cirka 750 återfinns i Sverige. EU ETS motsvarar cirka 45 procent av de totala utsläppen av växthusgaser inom unionen.⁸⁴

Under 2023 antogs förändringar av EU ETS som bland annat innebär en skärpning av det befintliga EU ETS.

Dessutom reviderades ESR vilket bland annat innebar etablering av ett nytt utsläppshandelssystem för byggnader, vägtransporter och viss industri (kallat ETS2).⁴⁹ Även ett ETS3 utreds som skulle inkludera jordbrukets utsläpp.⁴⁵ I ETS-direktivet anges att kommissionen senast sommaren 2026 ska lämna en rapport om hur negativa utsläpp ska bokföras och hur dessa kan täckas av utsläppshandel.⁸⁵ I EU:s strategi för hantering av koldioxid i industrin, som presenterades i februari 2024, anges att det ska utvecklas styrmedel för industriell kolinlagring, inklusive huruvida de ska redovisas i EU ETS.⁸¹

I och med reformeringen av EU ETS kommer EU:s utsläppshandelstak att sänkas med 4,3 – 4,4 procent per år. Om denna årliga minskning upprätthålls kommer taket att nå noll under runt år 2038–2040. Det är dock troligt att det kommer att finnas utsläpp kvar vid den tidpunkten, för vilka minskningar kommer att bli dyrt och/eller

Tabell 4 Olika för- och motargument kring placering av negativa utsläpp genom bio-CCS inom EU ETS, ESR respektive LULUCF.

Alternativ	Argument för	Argument emot
EU ETS	<p>Skapar ekonomiska incitament för bio-CCS.</p> <p>Avlastar behovet av statlig finansiering till bio-CCS.</p> <p>Möjliggör fortsatt politiskt stöd för ETS genom negativa utsläppskrediter som kan användas för att kompensera residualutsläpp.</p> <p>Kan dämpa pristoppar och volatilitet inom ETS.</p>	<p>Risk att företag köper negativa utsläppskrediter istället för att minska utsläppen.</p> <p>Omfattande revidering av EU ETS behövs för att upprätthålla omställningstrycket vid inkludering av negativa utsläpp.</p> <p>Risk att incitament för att uppnå nettonegativa utsläpp uteblir.</p>
ESR	<p>Skapar incitament för EU:s medlemsstater att främja bio-CCS.</p> <p>Är logiskt då det i nuläget finns utsläpp inom ESR som förväntas utgöra en del av de framtida residualutsläppen som är svåra att ta bort (jordbruket).</p>	<p>Risk att bio-CCS leder till att hög potential för utsläppsminskningar inte realiseras, exempelvis genom utebliven klimatpolitik i jordbrukssektorn eller genom utebliven reglering av transportsektorn.</p>
LULUCF	<p>Skapar incitament för EU:s medlemsstater att främja bio-CCS.</p> <p>Är logiskt då länder rapporterar sina övriga utsläpp och upptag från biomassa inom LULUCF.</p> <p>Behövs för att nå Sveriges ökade beting inom LULUCF (behovet är mindre i ESR).</p> <p>Möjlig utökning av LULUCF till att omfatta även jordbruk (som förväntas utgöra en del av de framtida residualutsläppen som är svåra att ta bort).</p>	<p>Bio-CCS och andra tekniska kolsänkor utgör ett permanent upptag och bör särskiljas från de naturliga sänkorna.</p> <p>Risk att Sverige når sitt ökade beting inom LULUCF genom att använda bio-CCS.</p>

tekniskt svårt. Det finns även en oro för att de kommande skärpningarna kommer att leda till höga pristopp och volatilitet och därmed äventyra den politiska acceptansen och stödet för utsläppshandelssystemet.⁸⁶

Ett upprätthållande av systemet skulle vara möjligt om det finns negativa utsläppskrediter, från permanenta åtgärder så som bio-CCS och DACCS, som kan användas för att kompensera residualutsläpp i EU ETS samt även stabilisera marknaden i övergången från positiv till nettonegativ utsläppshandel samtidigt som nettoutsläppsbanan hålls oförändrad. Detta skulle kunna leda till en betydande efterfrågan på bio-CCS. Genom att begränsa antalet negativa utsläppskrediter som kan användas eller att tillämpa en växelkurs, till exempel två-till-ett, där ett ton utsläpp måste kompenseras med två ton negativa utsläpp hanteras risken att företag köper negativa utsläppskrediter snarare än att minska utsläppen. En växelkurs skulle också möjliggöra att nettonegativa utsläpp uppnås på sikt, och inte endast nettonollutsläpp.⁸⁷

Naturvårdsverket har lyft att det kommer krävas ytterligare mer långsiktig finansiering utöver det incitament som ett ETS-pris kan skapa för att kunna skala upp tekniker som bio-CCS och DACCS och nå den volym som behövs för att de ska kunna bidra till nettonollmålet till 2050 och nettonegativa utsläpp därefter.⁴⁵

ESR

ESR hanterar de utsläpp av växthusgaser som inte omfattas av EU ETS och LULUCF, vilket främst är utsläppen från vägtransporter, egen uppvärmning av bostäder och lokaler, arbetsmaskiner samt jordbruk.

För att nå EU:s 55-procentsmål ska utsläppen i ESR minska med 40 procent till 2030, jämfört med 2005. Sverige har fått ett beting att minska sina utsläpp med 50 procent till 2030, jämfört med 2005 (vilket motsvarar en minskning på 60 procent, jämfört med 1990). Det svenska nationella målet för 2030 är att minska utsläppen inom ESR med 63 procent, jämfört med 1990, varav åtta procentenheter kan nås med kompletterande åtgärder.⁸⁸ Naturvårdsverket har konstaterat att målet inom ESR blir svårt att nå med en sänkt reduktionsplikt.⁸⁹

Det råder osäkerheter kring hur ESR kommer att ut-

vecklas och om det överhuvudtaget kommer finnas kvar efter 2030. Om jordbrukets utsläpp skulle flyttas till ett ETS3 alternativt till LULUCF, och det nya handelssystemet ETS2 integreras i EU ETS, skulle behovet av att behålla ESR på sikt bli litet. Skulle dock jordbrukets utsläpp finnas kvar inom ESR är inkludering av kolsänkor ett möjligt sätt att hantera den kvarstående residualen. En placering i ESR innebär dock att det finns en risk att det döljs att de faktiska utsläppen i sektorn inte minskar. I ESR-direktivet påpekas att en analys av var tekniska kolsänkor bör redovisas kan genomföras efter att förordningen om certifierade upptag har trätt i kraft, vilket förväntas ske under 2024.^{45, 78, 85}

En placering i ESR skulle på ett tydligt sätt separera tekniska permanenta negativa utsläpp från naturliga, icke permanenta kolsänkor i LULUCF, vilket är i linje med EU:s certifieringsramverk (se Bilaga). Samma tydliga separation blir det vid en inkludering i EU ETS.

En inkludering i ESR skapar inte automatiskt ekonomiska incitament för bio-CCS som i fallet med inkludering i EU ETS, utan system för detta behöver skapas genom andra styrmedel på nationell och/eller EU-nivå.

LULUCF

Skogens nettoupptag av koldioxid mäts genom att jämföra årlig tillväxt med avgång av biogen koldioxid genom avverkning och naturliga processer. Hur den avverkade biomassan används påverkar utsläppen från avverkning, det vill säga om den används för långlivade träprodukter, kortlivade träprodukter eller biobränsle. När biobränslen förbränns inom ETS- och ESR-sektorerna räknas utsläppen av biogen koldioxid som noll, eftersom dessa utsläpp redan har beaktats i nettobalansen för LULUCF-sektorn i det ursprungliga produktionslandet för biomassan.⁷⁸ LULUCF-förordningen inkluderar redan flera aktiviteter för ökad kolsänka som förändrad åldersstruktur i skog och återplantering av skog, medan andra metoder som till exempel biokol inte är inkluderade i nuläget.⁹⁰

Det finns förslag kring att utöka LULUCF till att också omfatta utsläppen från jordbruket utöver koldioxid som redan ingår. Detta skulle innebära att en AFOLU-sektor (Agriculture Forestry and Other Land Use) införs. En risk som pekas på kopplat till detta är att inte tillräckliga

incitament skulle föreligga för att minska jordbrukets utsläpp, då de kan kvittas mot ökade kolsänkor.⁴⁵

År 2022 fattades beslut om en reviderad LULUCF-förordning som bland annat innebär att Sverige ska öka kolinlagringen inom LULUCF-sektorn med 4 miljoner ton koldioxidekvivalenter till 2030, jämfört med perioden 2016–2018. Ökningen av det totala nettoupptaget ska bokföras som kompletterande åtgärder och ligga till grund för avräkning mot de svenska klimatmålen.⁸⁵

Vid inkludering av permanent kolinlagring från bio-CCS i LULUCF är ett alternativ att detta separeras i en egen kategori för att minska risken att det ska ersätta kolinlagring i skog och mark som har kortare livslängd och större risker för läckage.

Liksom vid en inkludering i ESR behöver ekonomiska incitament skapas genom andra styrmedel på nationell och/eller EU-nivå.

Egen fjärde pelare

I de dialoger som Fossilfritt Sverige fört inom ramen för framtagandet av den här strategin har det lyfts att permanenta negativa utsläpp i någon mening bör ha sin egen pelare för rapportering, det vill säga att det inte ska gå direkt in i någon av de tre existerande pelarna för rapportering av utsläpp. Ska det gå in i någon av dessa så behöver dessa system anpassas och i praktiken kan det nästan bli som att permanenta negativa utsläpp är sin egen pelare, även om det kopplas till något av de befintliga rapporteringssystemen. Det är således en glidande skala kring vad som skulle kunna vara innebörden av en egen fjärde pelare och den skulle också kunna vara en del av, eller kopplad till, någon av de existerande förordningarna.

En egen fjärde pelare för rapportering av permanenta negativa utsläpp har rimligen sin utgångspunkt i en ekonomisk incitamentsstruktur, till exempel ett auktionssystem eller program för negativa utsläpp. Se vidare avsnitt 6.3 kring styrmedel för bio-CCS på EU-nivå.

Att på EU-nivå enas om formerna för en helt egen fjärde pelare anses vara en tidskrävande process som till stora delar än så länge mest diskuteras nationellt i Sverige.

5.4 Förslag om rapportering av permanenta negativa utsläpp inom EU

Bio-CCS erbjuder möjligheter att åstadkomma negativa utsläpp. Om nettonegativa utsläpp uppnås på global nivå kan halten av koldioxid i atmosfären minskas. De negativa utsläppen kan även användas till att kompensera utsläpp. Som har konstaterats som en utgångspunkt för den här strategin är det mycket viktigt att de negativa utsläppen från bio-CCS inte innebär en minskad ambitionsnivå för att fortsätta arbetet med att minska de fossila utsläppen.

Mycket är fortfarande oklart kring hur de befintliga pelarna kommer att utvecklas efter 2030. ETS 1 och ETS 2 kan komma att slås ihop, ett ETS 3 där jordbrukets utsläpp placeras är ett möjligt scenario alternativt att jordbrukets utsläpp, av metan och lustgas, flyttas till LULUCF, där jordbrukets utsläpp av koldioxid redan ingår. Inom vilken eller vilka pelare de huvudsakliga residuala utsläppen kommer att finnas efter 2030 är alltså i dagsläget svårt att förutse. Möjligheten med rapportering i en egen, fjärde, pelare har lyfts av flera aktörer. Dock kan detta anses vara en svårframkomlig och tidskrävande väg, vilket även lyfts av aktörer som principiellt förespråkar en fjärde pelare.

Det finns många olika möjliga kombinationer av hur rapporteringen av negativa utsläpp och styrmedel på EU- och nationell nivå kan se ut. Oavsett var rapportering av bio-CCS och andra tekniska, permanenta negativa utsläpp sker är det en förutsättning att det åstadkoms genom en mekanism som säkerställer ambitionshöjningar så att utsläppen av växthusgaser fortsätter att minska.

FÖRSLAG 13

Regeringen bör i kommande förhandlingar inom EU som gäller rapportering av permanenta negativa utsläpp säkerställa att dessa bidrar till en ambitionshöjning i klimatarbetet oavsett i vilken pelare de placeras.

6. Affärsmodeller och ägandeskap av negativa utsläpp

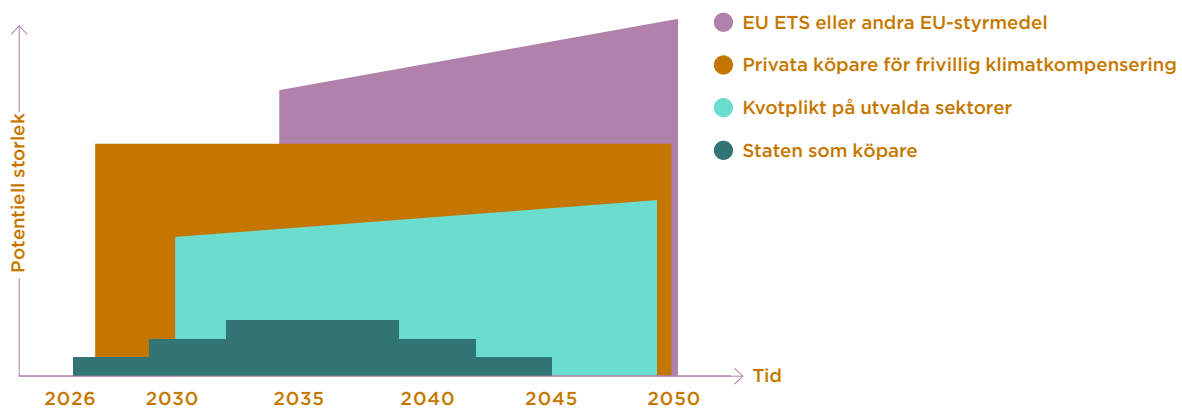
För att realisera potentialen av negativa utsläpp och bio-CCS krävs ekonomiska incitament. Det finns olika möjliga finansieringsmodeller för bio-CCS som skulle kunna komplettera varandra över tid; statlig finansiering, kvotplikt på utvalda sektorer, inkludering i EU ETS med mera. En frivillig marknad för negativa utsläpp för klimatkompensation håller också på att växa fram där ett välkänt exempel är Microsoft som deklarerat att de ska vara koldioxidnegativa till år 2030 samt även kompensera för sina historiska utsläpp. På senare tid har också flera företag i Sverige tecknat avsiktsförklaringar gällande köp av negativa utsläpp genom bio-CCS. I Sverige kommer även ett stödsystem för bio-CCS i form av omvända auktioner att införas inom kort.

6.1 Översikt över olika finansieringsmodeller

Det finns flera olika möjliga finansieringsmodeller och styrmedel för bio-CCS. Figur 9 visar exempel på finan-

sieringsmodeller för bio-CCS och hur dessa skulle kunna komplettera varandra över tid.

Negativa utsläpp bidrar med en gemensam nytta och en utmaning är vem som har ansvaret att betala för denna gemensamma nytta. Ett sätt kan vara genom statsbudgetar medan andra sätt kan handla om att företag som släpper ut fossil koldioxid (eller andra växthusgaser) bidrar till finansiering av bio-CCS och andra negativa utsläpp.⁸⁷ Frivilligmarknaden tillskrivs av flera aktörer en stor betydelse för finansiering av negativa utsläpp, på framför allt kort- och mellanlång sikt.⁹¹ Samtidigt lyfter flera osäkerheter kring framtida efterfrågan och betalningsvilja på en sådan marknad.⁷⁴ Oavsett position kring frivilligmarknadens betydelse finns det en konsensus kring att det på sikt behövs kraftfulla politiska styrmedel för att realisera stora volymer av bio-CCS och andra åtgärder för negativa utsläpp. I dagsläget finns styrmedel i form av investeringsstö-



Figur 9 Finansieringsmodeller för bio-CCS. Källa: Zetterberg, Johnsson och Möllersten (2022).⁷⁴



genom exempelvis Industriklivet, Klimatklivet och EU:s innovationsfond (se Bilaga).

6.2 Statligt stöd

Energimyndigheten fick 2021 i uppdrag att utforma och utföra omvända auktioner, finansierade genom statsbudgeten, för att skapa förutsättningar för de första investeringarna i bio-CCS i Sverige. I en omvänd auktion, som på många vis fungerar som en upphandling, lägger aktörer bud på en tjänst till en köpare och aktörer med de lägsta buden vinner. De aktörer som vinner de omvända auktionerna kommer att tilldelas kontrakt för 15 år.⁹² Det har tidigare meddelats att 1 till 3 omvända auktioner kommer att hållas mellan 2023 och 2026. Tidsplanen är dock förskjuten i väntan på godkännande av EU-kommissionen av undantag från statsstödsreglerna. Den första auktionen beräknas nu ske under 2024. I december 2023 skickades förslag på förordning och föreskrifter ut på remiss för det svenska driftstödet för bio-CCS.⁹³ I förslaget framgår att bud ska läggas motsvarande den totala intäkten som en aktör vill ha för att genomföra bio-CCS (bruttobud). Stödet justeras sedan ned med 90 procent om det finns andra intäkter, såsom andra offentliga stöd eller intäkter från en försäljning på den frivilliga marknaden (dock får 10% av intäkterna behållas).

En utmaning med den här modellen är att den är dyr för staten.⁸⁷ 36 miljarder kronor har anslagits för åren 2026–2046. Om kostnaden för bio-CCS antas vara 3000 kronor per ton koldioxid, räcker enbart de 36 miljarderna till att finansiera lagring av 800 000 ton koldioxid per år i 15 år. I Klimatpolitiska vägvalsutredningen gjordes bedömningen att bio-CCS till år 2045 behöver bidra med mellan 3–10 miljoner ton koldioxid till år 2045 för att målet om nettonollutsläpp ska uppnås.²

6.3 EU-gemensamma styrmedel

Hur negativa utsläpp skulle kunna inkluderas i EU ETS och hur det kan möjliggöra finansiering av permanenta negativa utsläpp redogörs för i avsnitt 5.3. Andra möjliga styrmedel på EU-nivå utgörs till exempel av omvända auktioner eller att centralt upphandla negativa utsläpp.²

Det finns också finansieringsmodeller, där sektorer som har svårt att minska sina utsläpp bidrar till finansieringen av negativa utsläpp, exempelvis kvotplikt och certifikathandel. Sådana system skulle reducera kostnaden för

staten samtidigt som incitament för minskade utsläpp skapas för inkluderade sektorer. Om alla residuala utsläpp på sikt inkluderas i sådana system och sektorerna som står för dessa åläggs att kompensera samtliga utsläpp med negativa utsläpp skulle Sverige nå nettonollutsläpp.^{87, 74}

Ytterligare alternativ som har lyfts är program för negativa utsläpp (CDR-program) där speciella mål fördelas mellan medlemsstaterna baserat på deras potential och finansiella kapacitet. Länderna kan sedan handla negativa utsläpp med varandra.⁸⁷

6.4 Andra stater som köpare

Artikel 6 i Parisavtalet tillåter frivilligt samarbete mellan parterna för att uppnå sina nationella utsläppsmål. Detta kan vara relevant i en situation där ett annat land tillhandahåller finansiering för bio-CCS i Sverige och landet vill göra anspråk på (hela eller delar av) de negativa utsläppen mot sitt nationella mål. För att undvika dubbelräkning kräver artikel 6 att en så kallad »corresponding adjustment« görs, vilket innebär att Sverige behöver godkänna en internationell överföring och justera sin utsläppsbalans så att de negativa utsläppen inte räknas mot Sveriges nationella mål.⁸⁷ »Corresponding adjustment« är i nuläget inte tillåtet för länder inom EU.

Sverige har nyligen ingått ett samförståndsavtal med Schweiz där möjligheterna för »Corresponding adjustment« kommer att testas i ett pilotprojekt.⁹⁴ Med detta vill länderna bidra till att bana väg för en internationell handel med negativa utsläpp under Parisavtalets regelverk.

6.5 Styrmedel för att nå nettonegativa utsläpp

Oavsett om styrmedel och incitament för negativa utsläpp skapas på nationell eller EU-nivå finns det en utmaning kring hur dessa inte bara ska stimulera vägen mot klimatneutralitet, där residuala utsläpp kompenseras av negativa utsläpp, utan också hur de i förlängningen ska skapa nettonegativa utsläpp. Ett möjligt sätt är att tillämpa en växelkurs, vilket betyder att ett ton utsläpp måste kompenseras med mer än ett ton negativa utsläpp.⁸⁷ En växelkurs kan tillämpas i kombination med flera av tidigare nämnda styrmedel, som till exempel kvotplikt, program för negativa utsläpp och även inom EU ETS. En växelkurs minskar även risken för att negati-

va utsläpp ersätter utsläppsminskningar som är möjliga att nå på andra sätt och bör övervägas som ett möjligt alternativ i kommande arbete med ramverk och styrmedel både inom EU och nationellt.

6.6 Frivilliga marknader

Efterfrågan på kolkrediter* på den frivilliga marknaden (Voluntary Carbon Markets, VCM) kommer från företag och individer som frivilligt vill minska växthusgasutsläpp utanför den egna verksamheten. På senare år har en specifik efterfrågan på negativa utsläpp växt fram drivet av efterfrågan från icke-statliga aktörer som inkluderar begrepp som »klimatneutralitet« och »nettonollutsläpp« i sina klimatmål. Efterfrågan förväntas fortsätta växa eftersom det är svårt att uppnå nollutsläpp för alla utsläpp, särskilt på kort sikt. Därför används kompensation ofta som en del av målet för koldioxidneutralitet.⁸⁷

Utvecklingen av frivilliga marknader hålls just nu tillbaka, till stor del på grund av att reglering saknas på olika nivåer från nationellt till internationellt. Det måste bli tydligare kring vad som säljs, till exempel distinktioner avseende olika kolsänkors permanens (något som EU:s certifieringsramverk kommer att bidra till, se Bilaga), men inte minst kring hur köparen kan använda de köpta kolkrediterna.^{5, 95, 96}

6.7 Ägandeskap och tillgodoräknande av negativa utsläpp

Kopplat till införandet av det svenska stödsystemet och den handel med negativa utsläpp som har börjat ta fart har frågor om ägandeskap och vem eller vilka som kan tillgodoräkna sig de negativa utsläppen blivit högaktuella, inklusive vilka anspråk/påståenden olika aktörer ska tillåtas göra.

Dubbla anspråk uppkommer när de köpta negativa utsläppen används för att kompensera köparens utsläpp och uppnå företagets klimatmål samtidigt som det tas i anspråk och räknas av värdlandet för att uppnå nationella klimatmål. Gemensamma anspråk är en ny alternativ benämning på när stater och företag använder samma negativa utsläpp som reflekterar att så även är fallet vid rapportering av utsläppsminskningar. Det finns olika

syn på dubbla anspråk och om det är ett problem att ett företag räknar samma negativa utsläpp som en nation.

Alternativa sätt för offentlig och privat samfinansiering av bio-CCS på frivilligmarknaden

För att skala upp investeringar i bio-CCS behövs både statligt stöd och privat finansiering. Handel med negativa utsläpp på en frivillig marknad har potential att bidra med privat kapital. Det finns dock alternativa tillvägagångssätt för samfinansiering mellan stat och företag på frivilligmarknaden med avseende på hur de negativa utsläppen används av respektive part och som har betydelse för hur bio-CCS och frivilligmarknaden kan utvecklas de kommande åren.

Contribution claim

»Contribution claim« innebär att köpare av kolkrediter väljer att inte använda dem för att kompensera (kvitta) utsläpp utan endast redovisar att de bidragit till uppfyllandet av ett lands klimatmål. Tillvägagångssättet innebär dock en risk att inte generera tillräckligt med intäkter då intresset bland kolkreditköpare för enheter som inte kan användas för kompensationsanspråk i nuläget är osäkert.

Intresset för »contribution claim« ökar dock som alternativ till kompensationsanspråk och påståenden om klimatneutralitet, som har blivit alltmer ifrågasatta på senare år. Det nyligen beslutade direktivet »Empowering consumer for the green transition«⁹⁷ förbjuder företag att använda påståenden som hävdar att dess produkter har en neutral, minskad eller positiv påverkan på klimatet om detta har uppnåtts genom kompensation av utsläpp utanför produkternas värdekedja. Företag kan dock fortsatt kommunicera sina investeringar i kompensationsprojekt, så länge det sker på ett sätt som inte är vilseledande.

Dubbla anspråk

Tillvägagångssättet innebär att bio-CCS kan få intäktsströmmar från både statliga medel och privata aktörer på frivilligmarknaden och att de negativa utsläpp som genereras räknas både mot de nationella målen såväl som att de används för att kompensera utsläpp av kö-

* På engelska »carbon credits«. Även växthusgaskredit används på svenska. Avses specifikt krediter för borttagning av koldioxid kan negativa utsläpps krediter användas.

paren på marknaden. Förespråkare av detta tillvägagångssätt menar att redovisningen och anspråken på de negativa utsläppen inte skiljer sig från den befintliga och accepterade redovisningen i form av länders rapportering och företagens hållbarhetsrapporter.

Detta tillvägagångssätt är i linje med det förslag som lagts fram av Energiföretagen, såväl som av flera av dess enskilda medlemsföretag. Det är också i linje med standardiseringsorganisationen Verras position i frågan.

Kritiker menar att dubbla anspråk, strider mot principer kring god miljöintegritet och att klimatnyttan är obefintlig. Samma negativa utsläpp som används för att kompensera för företagets utsläpp, används också av Sverige som en kompletterande åtgärd för att nå nationella klimatmål.

Stat och frivilligmarknaden fördelar nyttan mellan sig

Detta tillvägagångssätt innebär att vid samfinansiering av bio-CCS mellan stat och företag på frivilligmarknaden fördelas nyttan av de negativa utsläppen mellan

de olika finansiärerna. En justering görs i det svenska utsläppsregistret (corresponding adjustment) för den andel negativa utsläpp som inte ska räknas av Sverige utan användas för att kompensera utsläpp av företag. Det resulterar i att det negativa utsläppet inte räknas av någon stat och därmed bidrar till en höjning av den globala ambitionsnivån för klimatarbetet då kolkrediter från svensk bio-CCS bidrar till minskningar utöver befintliga nationella klimatmål, vilket har varit praxis för den frivilligmarknad för handel med utsläppsminskningar som byggdes upp under Kyotoprotokollet.

Under COP28 i Dubai 2023 signerade bland annat Belgien, Frankrike och Tyskland ett gemensamt uttalande med en uppmaning om att köp av kolkrediter på en frivillig marknad som köparen avser att använda för kompensation av sina växthusgasutsläpp bör justeras via en »corresponding adjustment« för att undvika dubbla anspråk. Uppmaningen gäller internationell handel, för handel inom EU, som har gemensamma klimatmål (NDC), kan nationella regelverk ha företräde.⁹⁸ Kritiker till tillvägagångssättet, om att fördela nyttan mellan finansiärerna, menar att om kopplingen mellan

NEGATIVA UTSLÄPP OCH FÖRHÅLLET MELLAN LANDET DÄR DET NEGATIVA UTSLÄPPET SKER (VÄRDLAND) OCH FRIVILLIGA KÖPARE



Figur 10 När bidrar en försäljning av kolkrediter på frivilligmarknaden till klimatnytta. Källa: Höglund (2023).⁹⁹

nationer och frivilligmarknaden skulle tillämpas leder det till att kolkrediterna blir dyrare och sannolikt når en kostnadsnivå som endast ett mycket begränsat antal företag skulle vara villiga att betala.

Avstå statliga anspråk

Tillvägagångssättet innebär att samfinansiering av bio-CCS sker med medel från staten och privata aktörer, men där staten helt avstår från anspråk på de negativa utsläppen och inte räknar dem mot nationella mål. Svenskt statligt stöd skulle då kunna användas som en hävstång för att mobilisera privat kapital från frivilligmarknaden med syfte att maximera realiseringen av den svenska bio-CCS-potentialen. Motivet skulle vara att samla erfarenheter och reducera kostnader för bio-CCS för att sedan kunna användas för att uppfylla det långsiktiga målet om nettonollutsläpp. Även detta tillvägagångssätt kräver »corresponding adjustment«.

Försäljning av kolkrediter som bidrar till klimatnytta

Ett köp av kolkrediter på frivilligmarknaden kan leda till klimatnytta även om både ett land och ett företag gör anspråk på kolsänkan, så länge köpet leder till ökade nationella ambitioner.

Hur ett land använder det negativa utsläppet i kombination med hur det statliga stödet är utformat ger förutsättningar för om försäljning av negativa utsläpp på en frivilligmarknad bidrar med klimatnytta eller inte.⁹⁹ Figur 10 visar olika situationer, där röda fält innebär en hög risk att försäljningen inte bidrar till någon klimatnytta, en kombination av gult och grönt innebär att det sannolikt leder till klimatnytta, medan två gröna fält innebär en definitiv klimatnytta.

Värdlandets användande av kolsänkan:

- Om värdlandet använder kolsänkan som ett substitut för utsläppsminskningar (som inte förväntas utgöra en framtida residual) har försäljningen en hög risk att inte leda till någon klimatnytta.
- Om värdlandet räknar kolsänkan, men använder den för ett separat mål för negativa utsläpp, kan försäljningen gynna klimatet, beroende på hur ett statligt stöd är uppbyggt.
- Om värdlandet inte räknar kolsänkan alls, är det inget problem, och försäljningen av en kolkredit gynnar

klimatet (så länge det är en högkvalitativ borttagning i alla andra aspekter som permanens etc.).

Utformning av statligt stöd:

- Om ett land minskar sitt finansiella stöd till projekt för kolsänkor med samma belopp som inkomsterna från försäljning av kolkrediter leder det till att köpet inte blir additionellt, såvida medlen från försäljningen inte används för att öka landets klimatambitioner.
- Om det statliga stödet redan täcker hela kostnaden för kolsänkan skulle det också kunna göra att en försäljning av kolkrediter inte blir additionell, men en försäljning skulle ändå kunna gynna klimatet om den leder till ökade ambitioner i värdlandet.

Enligt det Klimatpolitiska ramverket kan Sverige använda så kallade kompletterande åtgärder, där negativa utsläpp genom bio-CCS är en åtgärd, för att uppnå det långsiktiga målet till 2045, samt etappmålen till 2030 och 2040. Kompletterande åtgärder får användas för att klara högst 8 respektive 2 procent av utsläppsminskningarna till 2030 och 2040. För att klara 2045-målet får högst 15 procent utgöras av kompletterande åtgärder.⁶ Detta innebär att Sverige inte kan ersätta andra utsläppsminskningar genom att använda permanenta negativa utsläpp som en kompletterande åtgärd. Ambitionsnivån om att Sverige ska minska sina utsläpp med minst 85 procent till 2045 ligger fast oberoende.

Om köpet på den frivilliga marknaden bidrar med någon ytterligare klimatnytta beror på hur det statliga stödet till det negativa utsläppet är utformat (se Figur 10). Enligt förslaget på förordning och föreskrifter för det svenska driftstödet för bio-CCS ska beviljat stöd minskas med 90 procent av summan av privat finansiering. För att ett sådant upplägg ska bidra med klimatnytta är en förutsättning att de medel som inte betalas ut bibehålls inom den avsedda budgetramen för bio-CCS. Eftersom staten, enligt förslaget, aviserat full finansiering av projektet som beviljats stöd är additionaliteten som ett köp på den frivilliga marknaden kan bidra med marginell då det negativa utsläppet hade skett ändå. Detta kan försvåra försäljning av krediter på den frivilliga marknaden, eftersom additionalitet är ett krav från potentiella köpare och certifieringssystem.

6.8 Förslag om acceptans av dubbla anspråk som bidrar med additionalitet

För att infria potentialen av bio-CCS är det av största vikt att det finns ett förtroende för permanenta negativa utsläpp som ett av alternativen för att begränsa den globala uppvärmningen. Vid utvecklingen av den frivilliga marknaden för negativa utsläpp är det därför avgörande att värna additionalitet och en ökad global omställningstakt så att den klimatnytta som tekniken bidrar med inte kan ifrågasättas.

Anläggningar för bio-CCS är en dyr investering som stater kommer att behöva vara med att finansiera för att skala upp och tillgängliggöra tekniken. För att kunna utnyttja statligt kapital som en hävstång och realisera så stor potential som möjligt av negativa utsläpp är slutsatsen i den här strategin att statligt stöd bör kunna kombineras med finansiering från företag på frivilligmarknaden.

Regeringen har, i klimathandlingsplanen, gjort bedömningen att en frivillig marknad för negativa utsläpp såsom bio-CCS bör möjliggöras. Aktörer som får statsstöd för bio-CCS bör få sälja negativa utsläpp på en frivillig marknad. Köparen av negativa utsläpp bör få göra anspråk på dessa för sina egna frivilliga klimatmål. Sverige kommer att redovisa de negativa utsläpp som sker på svenskt territorium i sin nationella bokföring. Det bör därför ställas krav på att företag som får stöd avtalar med köpare av negativa utsläpp att de i sin klimatredovisning redogör för att dessa bidrar till Sveriges möjligheter att nå sina klimatmål.¹⁰⁰

Regeringen har också avisat att Miljömålsberedningen bör få i uppdrag att se över utformningen av de nationella etappmålen till 2030 och 2040 så att de bättre överensstämmer med Sveriges åtaganden inom EU.¹⁰⁰ Användandet av negativa utsläpp som kompletterande åtgärd bör därför ses som en åtgärd för att nå Sveriges mål om nettonollutsläpp till 2045, där maximalt 15 procent får utgöras av kompletterande åtgärder.

Koldioxidlagring genom bio-CCS är inte reglerat inom EU (se kapitel 5). För närvarande kan Sverige därför inte använda permanenta negativa utsläpp från bio-CCS som ett sätt att nå det svenska betinget på utsläppsminskningar inom ESR till 2030. Regeringen har dock efterlyst EU-kommissionens tolkning om Sverige

kan använda bio-CCS som ett sätt att nå målen inom ESR-sektorn till 2030.

Sammantaget är det alltså oklart i vilken utsträckning permanenta negativa utsläpp kommer eller får användas för att nå det nationella etappmålet och det svenska ESR-betinget inom EU till 2030. Ett användande av negativa utsläpp för att ersätta nödvändiga utsläppsminskningar som annars hade genomförts för att nå uppsatta klimatmål, exempelvis inom transportsektorn, kan skada trovärdigheten och leda till att klimatnyttan med de negativa utsläppen ifrågasätts på den frivilliga marknaden med en minskad efterfrågan från privata köpare som följd.

För att stötta och möjliggöra utvecklingen av en frivillig marknad för negativa utsläpp som bidrar med additional klimatnytta är bedömningen inom ramen för den här strategin att regeringen bör tydliggöra att Sverige endast kommer att använda permanenta negativa utsläpp med dubbla anspråk för att kompensera för residuala utsläpp enligt det nationella klimatpolitiska ramverket och på ett sätt som inte minskar takten för fortsatta utsläppsminskningar. Regeringen bör även tydliggöra att den inte eftersträvar att permanenta negativa utsläpp från bio-CCS får användas för att möta Sveriges ESR-åtagande till 2030 på EU-nivå.

För att maximera mängden bio-CCS som kan realiseras utifrån statligt stöd bör förordning och föreskrifter för driftstödet till bio-CCS tydligt redovisa att hela den avsedda budgetramen ska användas för att skapa incitament för etablering av bio-CCS. Stödsystemet bör även utformas så att aktörer kan anpassa sina bud i auktioneringen med hänsyn till intäkter från den frivilliga marknaden och att ingen justering av stödnivåerna görs till följd av privat finansiering (nettobud). Risken för överkompensation enligt statsstödsreglerna bör undvikas genom att alla intäkter och kostnader redovisas enligt ett så kallat »open-book«-förfarande. För intäkter som tillkommer i efterhand och som inte redogjorts för i anbudet, bör stödnivån justeras ned. Bedömningen i den här strategin är att detta tillvägagångssätt ökar incitamenten för att sälja permanenta negativa utsläpp på den frivilliga marknaden, bidrar till att köp på den frivilliga marknaden är additionella samt att mängden bio-CCS som åstadkoms genom både statliga och privata medel ökar.

Desto större andel av finansieringen som kommer från den frivilliga marknaden, desto större mängd bio-CCS kan realiseras utifrån det statliga stödet. En större andel privat finansiering bidrar samtidigt till att kostnadsnivån på krediterna som säljs på den frivilliga marknaden är högre jämfört med vid en mindre andel privat finansiering. Detta minskar risken för att de negativa utsläppen ersätter utsläppsminskningar hos företagen som är möjliga att nå på andra sätt. I utformningen av stödssystemet bör därför en undre gräns för privat finansiering, förslagsvis minst 50 procent, införas för de negativa utsläpp som samfinansieras med frivilligmarknaden. På så sätt undviks att en stor mängd negativa utsläpp tillgodoräknas av företag på frivilligmarknaden i förhållande till hur stor andel de har varit med och finansierat. Den undre gränsen avser endast de negativa utsläpp där samfinansiering med frivilligmarknaden föreligger, vilket endast behöver utgöra en del av en aktörs totala mängd negativa utsläpp som läggs bud för inom ramen för stödssystemet.

Genom denna utformning möjliggör staten en nödvändig teknikutveckling som krävs för att Sverige på sikt ska kunna åstadkomma nettonegativa utsläpp, stöttar utvecklingen av en ny exportindustri för permanenta negativa utsläpp, samtidigt som trovärdigheten och legitimiteten för de svenska permanenta negativa utsläppen bibehålls.

Regeringen bör även driva på inom EU, i kommande förhandlingar om ett gemensamt regelverk för frivilligmarknaden, för att permanenta negativa utsläpp med dubbla anspråk inte reducerar takten för fortsatta utsläppsminskningar.

FÖRSLAG 14

Regeringen bör tydliggöra att Sverige endast kommer att använda permanenta negativa utsläpp med dubbla anspråk för att kompensera för residuala utsläpp enligt det nationella klimatpolitiska ramverket, på ett sätt som inte reducerar takten för fortsatta utsläppsminskningar, samt att den inte eftersträvar att permanenta negativa utsläpp från bio-CCS får användas för att möta Sveriges ESR-åtagande till 2030 på EU-nivå. Regeringen bör även driva samma ställningstagande inom EU i kommande förhandlingar om ett gemensamt regelverk för frivilligmarknaden.

FÖRSLAG 15

Regeringen bör i den kommande förordningen om det statliga driftstödet för bio-CCS:

- Tydliggöra att hela den avsedda budgetramen ska användas för att skapa incitament för etablering av bio-CCS och att eventuella återbetalade medel går tillbaka till budgetposten avsedd för bio-CCS.
- Utforma stödssystemet så att aktörer kan anpassa sina bud i auktioneringen med hänsyn till intäkter från den frivilliga marknaden och att ingen justering av stödnivåerna görs till följd av privata intäkter som angetts i budgivningen.
- Undvika risker för överkompensation enligt statsstödsreglerna genom att projektets samtliga intäkter och kostnader redovisas.
- Införa en undre gräns för privat finansiering, förslagsvis minst 50 procent, för de negativa utsläpp som samfinansieras med frivilligmarknaden.

Nya angreppssätt kan behövas när europeiska ramverk finns på plats

Separata mål för utsläppsminskningar och negativa utsläpp (vilket har föreslagits i avsnitt 5.1) är en förutsättning för att skapa trovärdighet och legitimitet för de permanenta negativa utsläpp som bio-CCS kan bidra med. Strategins bedömning är att även företag behöver ta fram separata mål för sina utsläppsminskningar och negativa utsläpp. EU-kommissionen har presenterat en rekommendation om att införa ett nettomål om 90 procent utsläppsminskningar till 2040, jämfört med 1990. Inga separata mål för utsläppsminskningar respektive kolinlagring, inklusive permanenta negativa utsläpp, finns med i kommissionens rekommendation.⁸⁰ EU:s 2040-mål kommer att förhandlas under nästa mandatperiod.

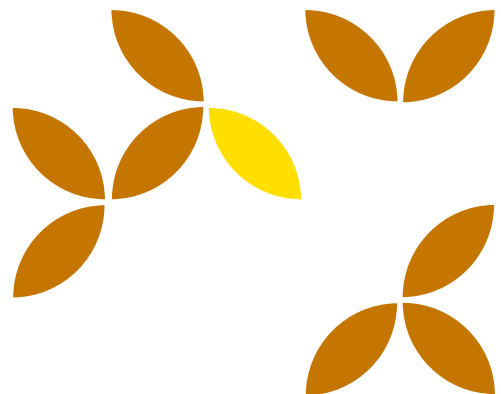
Nyligen togs beslut om direktivet »Empowering consumers for the green transition»⁹⁷ som förbjuder företag att använda påståenden om bland annat klimatneutralitet och klimatpositivitet för produkter som har uppnåtts genom kompensation av utsläpp i deras värdekedja. Det föreligger fortfarande osäkerhet kring vilka påståenden som får göras övergripande för företag med hjälp av kompensation och detta kommer att behöva klargöras i framtida direktiv (till exempel Green Claims). Flera stan-

darder och riktlinjer, så som ISO¹⁰¹ och Greenhouse Gas Protocol,¹⁰² inför och stärker också skrivningar om att dubbla anspråk ska undvikas. Frågan blir därmed aktuell hur negativa utsläpp kommer att efterfrågas av köpare i framtiden, både utifrån aspekten om dubbla anspråk och för kompensation av residuala utsläpp i företagens värdekedja.

Det pågår även flera andra processer inom EU som kommer att skapa förutsättningar och ramverk för permanenta negativa utsläpp, bland annat certifieringsramverket för upptag och infångning av koldioxid (CRCF) och hur de negativa utsläppen ska rapporteras inom unionen. EU-kommissionen har även presenterat en CCUS-strategi som beskriver vilken roll tekniken för avskiljning, användning och lagring av koldioxid kan spela till 2030, 2040 respektive 2050.

Bedömningen i den här strategin är att det behöver införas styrmedel inom EU, för att aktörer som ger upphov till fossila utsläpp bidrar till finansieringen av permanenta negativa utsläpp. Detta skulle exempelvis kunna ske med en kvotplikt i kombination med en växelkurs för att på sikt även skapa nettonegativa utsläpp (se avsnitt 6.3 och 6.5). Vilka eller vilket styrmedel som är mest lämpligt och kostnadseffektivt bör övervägas med utgångspunkt i de kommande ramverk och styrmedel som väntas beslutas inom EU kommande år.

Mot bakgrund av detta och osäkerheter kring utfall i de olika processerna bedöms det vara mest meningsfullt att inom ramen för den här strategin endast peka ut vad som gäller fram till 2030 och inte en exakt väg framåt på längre sikt.



7. Transport och lagring av koldioxid

Effektiv infrastruktur för transport och mellanlagring av koldioxid är en av de förutsättningar som behövs för att åstadkomma en storskalig implementering av CCS.¹⁰³

För utvecklingen av bio-CCS i Sverige på kort sikt är behovet av logistikkedjor till lagringsplatser i andra länder helt avgörande. Lagringsplatser i Sverige utreds, men är en möjlighet först på längre sikt. Samverkan kring infrastruktur för transport och lagring av koldioxid kan sänka kostnader då större volymer generellt ger skalfördelar och bidrar till lägre kostnader. Betydligt högre kostnader indikeras i närtid, både för slutlagring, fartygstransport och mellanlagring i hamn jämfört med det kostnadsintervall som uppskattades av Klimatpolitiska vägvalsutredningen² (250-500 kronor), vilka bygger på mycket storskalig hantering, med stora mellanlager och stora fartyg som transporterar koldioxiden.

7.1 Förslag om statens roll i utveckling av infrastruktur för transport och lagring av koldioxid

Inom ramen för de dialoger Fossilfritt Sverige har haft i arbetet med att ta fram den här strategin har statens roll i utvecklingen av infrastruktur för transport och lagring av koldioxid diskuterats. En del lyfter behovet av att staten tar ett ansvar för samordning av infrastruktur inklusive bland annat hubbar för båttransporter, planering av rörledningar och säkerställande av lagringsplatser, då detta annars riskerar att bli för dyrt och hindra etablering av (bio-)CCS-anläggningar. Andra menar att staten inte ska ta den rollen och att det är svårt att förutse exakt hur behovet av infrastruktur kommer att se ut och att inläsningar riskerar att skapas där CCS-lösningar premieras jämfört med andra möjligheter.

Klimatpolitiska vägvalsutredningen² avrådde från en satsning i statlig regi på transportinfrastruktur för koldioxid. Utredningen menade att det var viktigt att det är de inblandade privata aktörerna som styr hur en transportinfrastruktur för koldioxid växer fram och som har

ägandeskapet över denna, framför allt för att minska risken för strandade investeringar i suboptimalt planerad infrastruktur.

John Hassler lyfter i sin utredning Sveriges klimatstrategi att det finns potential för större satsningar på bio-CCS än de omvända auktionerna. Han lyfter särskilt infrastruktur för transport och lagring av koldioxiden och pekar på att dessa investeringar är billiga i ett samhällsekonomiskt perspektiv sett till hur mycket klimatnytta de bidrar med, men menar att en delfinansiering eller kreditgarantier är att föredra framför en helfinansiering.⁶¹

Åtgärder för att underlätta investeringar i infrastruktur för transport och mellanlagring av koldioxid

Ett problem för potentiella avskiljningsaktörer är att det är svårt att ta ett investeringsbeslut för (bio-)CCS utan att veta att det finns en utskeppningshamn för koldioxiden. Samtidigt är det svårt för hamnar att göra stora investeringar i koldioxidinfrastruktur utan att veta att det finns ett underlag för detta i form av tillräckliga mängder avskild koldioxid. Här pekar många på behovet av statlig inblandning i någon form.

Ett annat exempel är möjligheten till storskaliga investeringar i rörledningsinfrastruktur. Det finns exempelvis en studie som tittat på möjligheten till rörledning längs hela svenska kusten för vidare transport av koldioxid till Norge, vilket skulle kunna vara ett billigare alternativ än fartygstransporter vid tillräckligt stora volymer.¹⁰⁴ En sådan rörledning kräver dock investeringar från flera olika aktörer där samordningen dem emellan skulle kunna underlättas av staten. En sådan typ av investering tar dock tid att få på plats och i det korta perspektivet är fokus snarare på hur koldioxiden skall transporteras på land från anläggningar (rör, lastbil eller järnväg) till hubbar och kring vilka hubbar flödena i Sverige ska koncentreras.

I dagsläget har flera olika projekt som tittar på infra-

strukturlösningar och samordningsmöjligheter för avskild koldioxid fått stöd genom till exempel Industriklivet. Industriklivet kan dock inte stödja själva investeringarna, då dessa inte är innovationsdrivande. För att ytterligare underlätta för infrastrukturlösningar skulle exempelvis kreditgarantier kunna användas som ett sätt att minska risken för investeringar i sådana projekt. Riksgälden har dock uppmärksammat att det kan vara problematiskt att använda de befintliga gröna kreditgarantierna till investeringar som inte själva skapar miljö- eller klimatnytta. Energimyndigheten föreslår därför att regelverket för kreditgarantierna förtydligas. Dessutom kan stöd endast utgå till investeringar som överstiger 500 miljoner kronor, vilket ytterligare innebär en möjlig begränsning att använda kreditgarantier till investeringar i infrastruktur för transport och mellanlagring av koldioxid.⁶³

Denna typ av infrastruktur kan användas även för CCU-applikationer. För CCS utgör även slutlagringsutrymme en del av den infrastruktur som behöver omfattas av riskavlastningar i form av gröna kreditgarantier.

Investeringsstöd och riskavlastning genom gröna kreditgarantier behöver kompletteras av att staten tar ett större ansvar för samordning mellan aktörer. Energimyndigheten har uppdraget att vara »Nationellt centrum för CCS«, vilket innebär att planera och driva samordning och främjande av CCS i Sverige.¹⁰⁵ Den här strategins bedömning är att uppdraget om samordning bör förtydligas med syfte att påskynda investeringar i infrastruktur. Det är dock viktigt att låta marknaden styra vilka investeringar som bör ske och en statlig samordning bör därför fokusera på att exempelvis sammanföra olika intressenter, bistå med en överblick av Sverige som nation och identifiera »vita fläckar« i infrastrukturen samt samordning av nationell och europeisk finansiering.

FÖRSLAG 16

Regeringen bör tydliggöra regelverket för de gröna kreditgarantierna för att möjliggöra att stöd kan ges till investeringar i stödjande infrastruktur, så som rörledningar, mellanlager och utskeppningshamnar för infångad koldioxid.

FÖRSLAG 17

Regeringen bör förtydliga Energimyndighetens uppdrag om ett »Nationellt centrum för CCS« för samordning mellan avskilningsaktörer och infrastrukturinvesteringar i syfte att påskynda investeringar i infrastruktur för transport av koldioxid.

Statlig upphandling av lagringsutrymme

Flera aktörer pekar på fördelen med att centralt handla upp lagring för avskild koldioxid i Sverige, åtminstone medan volymerna är relativt små. En central statlig upphandling ger bättre förutsättningar för att förhandla förmånliga priser jämfört med om dessa förhandlingar sker av varje bolag eller anläggning var för sig.

Argument som lyfts mot detta är att staten skulle gå in på en ny marknad som aktör vilket inte är i linje med hur politiken och EU ser på staten som ägare idag. Det kan också finnas en betydande risk att det leder till en snedvridning av marknaden för lagring av koldioxid, då det kan vara svårt att avgöra vem som ska få tillgång till det av staten köpta lagringsutrymmet och den subvention av priset det innebär.

Bedömningen i den här strategin är att en sådan upphandling inte bör ske i nuläget. Vid en upphandling av en viss volym negativa utsläpp genom bio-CCS från statens sida skulle dock en upphandling av lagringsutrymme kunna övervägas.

7.2 Förslag om avtal för transport och lagring av koldioxid och förändringar av nationella och internationella regelverk

Det finns befintliga regler och internationella konventioner som har uppmärksammat för att kunna utgöra potentiella hinder för transport och lagring av koldioxid.⁷ En del av dessa har utretts och bedöms inte utgöra något hinder, medan andra kräver fortsatta åtgärder.

- Via ett tillägg i Londonprotokollet tillåts transport av koldioxid för lagring till havs* i annan stat, men tillägget har ännu inte trätt i kraft eftersom inte tillräckligt många länder ratificerat det. Med anledning av detta fick Energimyndigheten i uppdrag att ta fram förslag

* För lagring på land gäller CCS-direktivet.

till avtal. Avtalet tecknas mellan Sverige och ett annat land. Ett förslag till avtal med Norge har arbetats fram. Dock menar EU-kommissionen nu att befintlig EU-lagstiftning är tillräcklig och att enklare överenskommelser endast behövs, vilket har tecknats mellan exempelvis Danmark och Belgien.

- Det är i dag inte tillåtet att lagra mer än 100 000 ton koldioxid på land i Sverige och då i forskningssyfte.¹⁰⁶ För att på sikt kunna utnyttja potentialen för landbaserad lagring i Sverige behöver denna volymbe-gränsning tas bort.
- CCS-direktivet skiljer inte på koldioxidmolekylernas ursprung vid blandade flöden. Läckage av biogen koldioxid vid exempelvis transport riskerar att behöva kompenseras för inom EU:s system för utsläpps-handel vilket kan försvåra och fördyra bio-CCS.
- Moratoriet i konventionen om biologisk mångfald tillåter inte klimatrelaterade geoengineering-akti-viteter som kan påverka biologisk mångfald. Infång-ning och lagring av koldioxid från fossila bränslen undantas uttryckligen från moratoriet, men inte bio-CCS. Detta har utretts av Energimyndigheten som konstaterar att lagring av biogen koldioxid också är tillåtet så länge det används biobränslet uppfyller hållbarhetskriterier inom förnybartdirektivet (RED, implementerat i den svenska hållbarhetslagen).

För ett potentiellt svenskt lager på längre sikt tillkommer ytterligare utmaningar:

- Helsingforskonventionen tillåter inte lagring av koldi-oxid i Östersjön.
- Några av de möjliga svenska lagringsplatserna sträcker sig till territorium eller ekonomiska zoner utanför Sverige och potentiellt även utanför Europ-eiska unionens territorium och CCS-direktivet tillåter inte lagring utanför dessa territorier.
- Det finns ett förbud avseende utvinning av fossila bränslen till havs i Sverige. Detta kan bli ett hinder vid undersökning eller genomförande av koldioxid-lagring i Östersjön då det är sannolikt att gas kan påträffas inom detta område. Detta behöver då han-teras, vilket det i dagsläget inte finns reglering för.

FÖRSLAG 18

Regeringen bör ge Energimyndigheten i uppdrag att ta fram förslag till överenskommelser för transport och lagring av koldioxid i annan stat enligt befintlig EU-lagstiftning, likt den överenskommelse som träffats mellan exempelvis Danmark och Belgien.

FÖRSLAG 19

Regeringen bör tillåta lagring av mer än 100 000 ton koldioxid årligen på land i Sverige, gällande för både geologisk lagring (i salina akviferer och i ultramafiska bergarter) samt genom karbonatiseringsprocesser (i mineraliska restprodukter).

FÖRSLAG 20

Regeringen bör arbeta för att inom CCS-direktivet göra skillnad på koldioxidmolekylernas ursprung vid blandade flöden så att läckage av biogen kol-dioxid vid infångning, mellanlagring och transport inte behöver kompenseras på samma sätt som fossil koldioxid, förutsatt att bio-CCS inte täcks av EU ETS, samt arbeta för att inkludera ett undantag avseen-de geologisk lagring av koldioxid i formationer som sträcker sig utanför EU:s territorium.

FÖRSLAG 21

Regeringen bör arbeta för att förtydliga Helsingfor-skonventionen så att koldioxid inte räknas som avfall och att koldioxid tillåts att lagras (deponeras) under havsbotten i Östersjön inklusive Kattegatt.



8. Handlingsplan

Omställningen både i Sverige och globalt går för långsamt. De fossila utsläppen av växthusgaser måste minska i snabbare takt. Bio-CCU kan bidra med hållbara kolbaserade produkter som substituerar användandet av fossila bränslen och produkter. Negativa utsläpp från bio-CCS kan användas till att kompensera för utsläpp som annars är svåra eller mycket dyra att få bort och är dessutom en åtgärd för att nå nettonegativa utsläpp och minska halten av koldioxid i atmosfären.

För att substituera användningen av fossila bränslen och produkter måste dock ett bredare perspektiv än CCU antas, då det finns effektivare lösningar än ren CCU på sikt för de flesta applikationer. På kort- och mellanlångsikt finns dock en outnyttjad resurs i form av kolatomer i rökgaser där ytterligare ansträngningar behövs för att tillgängliggöra dessa för produktion av hållbara drivmedel och kemikalier.

Sverige har goda tillgångar på skogsråvara och verksamheter med stora punktutsläpp av biogen koldioxid inom massa- och pappersindustrin och kraftvärmesektorn, vilket innebär stor potential för negativa utsläpp genom bio-CCS och produktion av hållbara kolbaserade produkter genom bio-CCU. Det finns därmed möjlighet för Sverige att inte bara tillfredsställa sina egna behov utan även att bli nettoexportör av såväl negativa utsläpp som produkter genom bio-CCU.

Syftet med den här strategin är att möjliggöra en nödvändig teknikutveckling för att Sverige på sikt ska kunna åstadkomma nettonegativa utsläpp samt stötta utvecklingen av en ny svensk exportindustri för permanenta negativa utsläpp och hållbara kolbaserade produkter. Hållbara kolbaserade produkter från bio-CCU och permanenta negativa utsläpp från bio-CCS möjliggör industrins omställning och har potentialen att skapa en ny svensk industrisektor med ökad export, stärkt konkurrenskraft och uppfyllelse av de uppsatta klimatmålen som följd. De europeiska ramarna finns ännu inte på plats och Sverige har därför en unik möjlighet att ta en ledande roll och visa vägen framåt för EU och dess regelverk. På så sätt kan Sverige bibehålla sin ledande roll i utvecklingen för bio-CCUS.

Utvecklingen av bio-CCUS är i ett tidigt skede där nya affärsmodeller håller på att växa fram. Strategins inriktning är därför hur Sverige bör agera på kort sikt för att undanröja hinder, skapa förutsättningar och incitament för en utbyggnad av anläggningar för bio-CCUS. I strategin inkluderas även blandade flöden där koldioxiden både har biogent och fossilt ursprung.

I strategin identifieras och analyseras hinder och utmaningar för utvecklingen av negativa utsläpp genom bio-CCS och hållbara kolbaserade produkter genom bio-CCU. Strategin innehåller även förslag till regeringen på hur dessa utmaningar kan hanteras. Nedan följer en sammanställning över samtliga förslag som presenterats i kapitel 4-7.

Bio-CCU – Styrmedel för en konkurrenskraftig övergång till hållbara kolbaserade produkter

För att åstadkomma en konkurrenskraftig övergång till hållbara kolbaserade produkter inom såväl transportsektorn som inom kemi- och materialindustrin krävs incitament för att ersätta det fossila kolet med cirkulärt återvunnet kol, och/eller hållbart biobaserat kol. Nuvarande styrmedel är inte tillräckliga för att åstadkomma denna övergång och realisera den stora svenska potentialen för produktion av hållbara kolbaserade produkter.

Kommande styrmedel inom EU kommer på sikt att skapa en betydande efterfrågan på elektrobränslen för både flyg och sjöfart. För att stärka Sveriges konkurrenskraft och underlätta för den svenska industrin att möta upp den kommande efterfrågan behöver styrmedel för att stimulera den inhemska produktionen av elektrobränslen komma på plats.

Styrningen för en ökad materialeffektivitet kan i dagsläget bedömas som svag. Industri där biogen koldioxid används som råvara till material och produkter omfattas inte av några befintliga styrmedel i dagsläget, varken inom EU eller nationellt. För att ge tydliga direktiv och incitament för omställningen från fossila till återvunna och förnybara råvaror behövs en reglering inom EU



med mål för hållbar råvara som används i kemikalier och plastprodukter.

Strategins förslag:

1. Regeringen bör införa ett flexibelt och långsiktigt styrmedel i form av en intäktsgaranti för inhemsk produktion av elektrobränslen och andra förnybara drivmedel.
2. Regeringen bör komplettera förordningen om reduktionsplikt för bensen och diesel så att även elektrobränslen som, likt för biodrivmedel, uppfyller de hållbarhetskriterier som finns inom EU:s förnybartdirektiv (Renewable Energy Directive, RED) omfattas.
3. Regeringen bör ansöka om undantag från EU:s statsstödsregler för att elektrobränslen som uppfyller uppställda hållbarhetskriterier inom EU:s förnybartdirektiv (Renewable Energy Directive, RED), precis som rena och höginblandade biodrivmedel, befrias från energi- och koldioxidskatt.
4. Regeringen bör arbeta för att klassificeringen av bioelektrobränslen ska förtydligas och att de delvis ska klassificeras som elektrobränslen, vilket innebär att de kan användas för att uppfylla subkvoter speciellt för elektrobränslen.
5. Regeringen bör ta ledarskap i frågan om mål om återvunna och/eller förnybara råvaror till kemikalier och plastprodukter samt arbeta inom EU för att införa ett gemensamt stoppår, förslagsvis år 2040, för intag av nya jungfruliga fossila råvaror.
6. Regeringen bör arbeta för att krav på en viss andel återvunnet material i plastförpackningar inom kommande förordning om förpackningar och förpackningsavfall inom EU, utformas så att även CCU-baserade material gynnas.
7. Regeringen bör utöka lagförslaget om sänkt energiskatt för koldioxidinfångning till att även omfatta anläggningar som avskiljer koldioxid som ska nyttjas för andra ändamål än lagring. Lagförslaget bör också utökas till att omfatta hela CCS-värdekedjan, inte bara koldioxidinfångningen.
8. Regeringen bör arbeta för att, inom ramen för EU ETS-direktivet, samt andra relevanta direktiv, tillåta allokering av biogen respektive fossil koldioxid i blandade flöden till olika ändamål.

9. Regeringen bör, som Energimyndigheten föreslår (ER 2023:26), vidga Industriklivets förordning till att omfatta CCS och CCU, oavsett sektor och oavsett kolatomernas ursprung. Industriklivets möjlighet att stödja CCS och CCU på fossila tillämpningar bör dock begränsas till fall där det saknas rimliga alternativ för att minska utsläppen.

Mål och rapportering av negativa utsläpp

Negativa utsläpp behövs både för att kompensera residuala utsläpp så att nettonollutsläpp kan uppnås och för att i ett senare skede nå nettonegativa utsläpp. Det senare är en förutsättning för att begränsa den globala temperaturökningen i enlighet med Parisavtalet. Potentialen för negativa utsläpp är begränsad i en överskådlig framtid på grund av framför allt tillgängligt och ekonomiskt möjliga lagringsutrymmen. Därför är det viktigt att de residuala utsläppen minskar så mycket som möjligt.

Separata mål för utsläppsminskningar respektive kolinlagring inom EU tydliggör att de flesta utsläppskällor och sektorer behöver nå nollutsläpp senast 2050 och minskar risken att negativa utsläpp bromsar teknikutveckling och takten i arbetet med att begränsa de fossila utsläppen.

Det är ännu inte klarlagt hur de permanenta negativa utsläppen ska rapporteras inom EU. Mycket är fortfarande också oklart kring hur EU ETS, ESR och LULUCF kommer att utvecklas efter 2030. Det finns därmed många olika möjliga kombinationer av hur rapporteringen av negativa utsläpp och styrmedel på EU- och nationell nivå kan se ut. Oavsett var rapportering av bio-CCS och andra tekniska, permanenta negativa utsläpp sker är det en förutsättning att det åstadkoms genom en mekanism som säkerställer ambitionshöjningar så att utsläppen av växthusgaser fortsätter att minska.

Strategins förslag:

10. Regeringen bör i det kommande arbetet med 2040-målen inom EU arbeta för separata mål för utsläppsminskningar respektive kolinlagring, inklusive en specifik andel permanenta negativa utsläpp, för att tydliggöra andelen residuala utsläpp som kan accepteras 2050 för att nå de globala klimatmålen om maximalt 1,5°C uppvärmning.

11. Regeringen bör ge Miljömålsberedningen i uppdrag att ta fram nationella mål för kolinlagring, inklusive en specifik andel permanenta negativa utsläpp, till 2045.
12. Regeringen bör verka för att en gemensam definition tas fram, för medlemsstater respektive företag inom EU, för att standardisera vilka residuala utsläpp som kan accepteras 2050 för att nå de globala klimatmålen om maximalt 1,5°C uppvärmning. Kontrollstationer bör läggas in på vägen fram till 2050 för att vid behov justera definitionen utifrån nya möjligheter och teknikutveckling för utsläppsminskningar.
13. Regeringen bör i kommande förhandlingar inom EU som gäller rapportering av permanenta negativa utsläpp säkerställa att dessa bidrar till en ambitionshöjning i klimatarbetet oavsett i vilken pelare de placeras.

Affärsmodeller och ägandeskap av negativa utsläpp

För att infria potentialen av bio-CCS är det av största vikt att det finns ett förtroende för permanenta negativa utsläpp som ett av alternativen för att begränsa den globala uppvärmningen. Vid utvecklingen av den frivilliga marknaden för negativa utsläpp är det därför avgörande att värna additionalitet och en ökad global omställningstakt så att den klimatnytta som tekniken bidrar med inte kan ifrågasättas.

Anläggningar för bio-CCS är en dyr investering som stater kommer att behöva vara med att finansiera för att skala upp och skapa tillhörande infrastruktur för att tillgängliggöra tekniken. För att kunna utnyttja statligt kapital som en hävstång och realisera så stor potential som möjligt av permanenta negativa utsläpp är slutsatsen i den här strategin att statligt stöd bör kunna kombineras med finansiering från företag på frivilligmarknaden.

Regeringen har, i klimathandlingsplanen, gjort bedömningen att en frivillig marknad för negativa utsläpp såsom bio-CCS bör möjliggöras. Regeringen har också aviserat att utformningen av de nationella etappmålen till 2030 och 2040 bör ses över så att de bättre överensstämmer med Sveriges åtaganden inom EU.¹⁰⁰ Användandet av negativa utsläpp som kompletterande åtgärd bör därför ses som en åtgärd för att nå Sveriges mål om nettonollutsläpp till 2045, där maximalt 15 procent får utgöras av kompletterande åtgärder.

För att möjliggöra en nödvändig teknikutveckling för att Sverige på sikt ska kunna åstadkomma nettonegativa utsläpp, stötta utvecklingen av en ny svensk exportindustri för permanenta negativa utsläpp, samtidigt som trovärdigheten och legitimiteten för de svenska permanenta negativa utsläppen bibehålls är bedömningen inom ramen för den här strategin att regeringen bör tydliggöra att Sverige endast kommer att använda permanenta negativa utsläpp med dubbla anspråk för att kompensera för residuala utsläpp enligt det nationella klimatpolitiska ramverket och på ett sätt som inte minskar takten för fortsatta utsläppsminskningar. Regeringen bör även tydliggöra att den inte eftersträvar att permanenta negativa utsläpp från bio-CCS får användas för att möta Sveriges ESR åtagande till 2030 på EU-nivå. Driftstödet för bio-CCS bör även utformas på ett sätt som möjliggör att mängden bio-CCS som kan realiseras utifrån statligt stöd maximeras och att köp på en frivillig marknad bidrar med additionell klimatnytta.

Strategins förslag:

14. Regeringen bör tydliggöra att Sverige endast kommer att använda permanenta negativa utsläpp med dubbla anspråk för att kompensera för residuala utsläpp enligt det nationella klimatpolitiska ramverket, på ett sätt som inte reducerar takten för fortsatta utsläppsminskningar, samt att den inte eftersträvar att permanenta negativa utsläpp från bio-CCS får användas för att möta Sveriges ESR-åtagande till 2030 på EU-nivå. Regeringen bör även driva samma ställningstagande inom EU i kommande förhandlingar om ett gemensamt regelverk för frivilligmarknaden.
15. Regeringen bör i den kommande förordningen om det statliga driftstödet för bio-CCS:
 - Tydliggöra att hela den avsedda budgetramen ska användas för att skapa incitament för etablering av bio-CCS och att eventuella återbetalade medel går tillbaka till budgetposten avsedd för bio-CCS.
 - Utforma stödsystemet så att aktörer kan anpassa sina bud i auktioneringen med hänsyn till intäkter från den frivilliga marknaden och att ingen justering av stödnivåerna görs till följd av privata intäkter som angetts i budgivningen.
 - Undvika risker för överkompensation enligt statsstödsreglerna genom att projektets samtliga intäkter och kostnader redovisas.

- Införa en undre gräns för privat finansiering, förslagsvis minst 50 procent, för de negativa utsläpp som samfinansieras med frivilligmarknaden.

Transport och lagring av koldioxid

Staten har ett ansvar för utveckling och samordning av samhällets infrastruktur, detta gäller även utvecklingen av infrastruktur för transport och lagring av koldioxid. Samtidigt är det svårt att förutse hur behovet kommer att se ut i framtiden och därmed finns en risk att inläsningar i infrastruktur som inte efterfrågas skapas. För att de investeringar i infrastruktur som kommer att krävas för transport och lagring av koldioxid ska bli av kan staten minska risken och röja undan hinder som skapar osäkerheter för investeringarna. Staten har även ett samlande och samordnande ansvar för att underlätta för avskiljningsaktörer och infrastrukturinvestorer att träffa överenskommelser och därmed möjliggöra för uppbyggnaden av infrastruktur.

Det finns fortfarande även regler och internationella konventioner som utgör potentiella hinder för transport och lagring av koldioxid och som kräver fortsatta åtgärder.

Strategins förslag:

16. Regeringen bör tydliggöra regelverket för de gröna kreditgarantierna för att möjliggöra att stöd kan ges till investeringar i stödjande infrastruktur, så som rörledning, mellanlager och utskeppningshamnar för infångad koldioxid.
17. Regeringen bör förtydliga Energimyndighetens uppdrag om ett »Nationellt centrum för CCS« för samordning mellan avskiljningsaktörer och infrastrukturinvestorer i syfte att påskynda investeringar i infrastruktur för transport av koldioxid.
18. Regeringen bör ge Energimyndigheten i uppdrag att ta fram förslag till överenskommelser för transport och lagring av koldioxid i annan stat enligt befintlig EU-lagstiftning, likt den överenskommelse som träffats mellan exempelvis Danmark och Belgien.
19. Regeringen bör tillåta lagring av mer än 100 000 ton koldioxid årligen på land i Sverige, gällande för både geologisk lagring (i salina akviferer och i ultramafiska bergarter) samt genom karbonatiseringsprocesser (i mineraliska restprodukter).
20. Regeringen bör arbeta för att inom CCS-direktivet göra skillnad på koldioxidmolekylernas ursprung vid blandade flöden så att läckage av biogen koldioxid vid infångning, mellanlagring och transport inte behöver kompenseras på samma sätt som fossil koldioxid, förutsatt att bio-CCS inte täcks av EU ETS, samt arbeta för att inkludera ett undantag avseende geologisk lagring av koldioxid i formationer som sträcker sig utanför EU:s territorium.
21. Regeringen bör arbeta för att förtydliga Helsingforskonventionen så att koldioxid inte räknas som avfall och att koldioxid tillåts att lagras (deponeras) under havsbotten i Östersjön inklusive Kattegatt.

Referenser

1. Regeringskansliet, »Certifieringsramverk för upp- tag och infångning av koldioxid 2022/23:FPM40« 20 01 2023. https://www.riksdagen.se/sv/doku- ment-och-lagar/dokument/fakta-pm-om-eu-for- slag/certifieringsramverk-for-upptag-och-infang- ning-av_HA06FPM40/.
2. Statens offentliga utredningar, »Vägen till en kli- matpositiv framtid: Betänkande av Klimatpolitiska vägvalsutredningen. SOU 2020:4« Klimat- och nä- ringslivsdepartementet, <https://www.regeringen.se/ rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredning- ar/2020/01/sou-20204/>, 2020.
3. IPCC, »Climate Change 2021 The Physical Science Basis,« IPCC, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>, 2021.
4. IPCC, »Climate change 2022: Mitigation of climate change« Intergovernmental panel on climate, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>, 2022.
5. R. Höglund, »Supply and demand of carbon credits world wide«. Presentation vid the Bio Carbon Cap- ture & Storage Conference 2023 – Klimpo. [https:// mcusercontent.com/fe26d7f1c7779e721c23b7d6f/ files/2d8cc435-346a-6562-a7a4-d0c293341b3c/ Robert_H_3_Okt.pdf](https://mcusercontent.com/fe26d7f1c7779e721c23b7d6f/ files/2d8cc435-346a-6562-a7a4-d0c293341b3c/ Robert_H_3_Okt.pdf), 2023.
6. Energimyndigheten, »Det klimatpolitiska ramver- ket« 10 05 2023. <https://www.energimyndigheten. se/klimat--miljo/sveriges-energi--och-klimatmal/ det-klimatpolitiska-ramverket/>.
7. H. Sköldberg m.fl., »Bio-CCS i fjärrvärmesektorn - syntes« Energiforsk, <https://energiforsk.se/me- dia/30931/bio-ccs-i-fjarrvarmesektorn-syntes-ener- giforskrapport-2022-842.pdf>, 2022.
8. Stockholm Exergi, »Large-scale BECCS facility« <https://beccs.se/>.
9. Energimyndigheten, »Från små steg till stora kliv - En syntes av Industriklivets projekt inom bio- CCS ER 2022:11« 2022. <https://energimyndighe- ten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?Re- sourceId=206974>.
10. Vinnova, »Metodutveckling för redovisning av nega- tiva utsläpp genom BECCS - fallstudie kraftvärme« <https://www.vinnova.se/p/metodutveckling-for-re- dovisning-av-negativa-utslapp-genom-beccs---fall- studie-kraftvarme/>, 2022.
11. E. Löfblad och J. Kjärstad, »Infrastruktur för trans- port och lagring« 2022. <https://view.officeapps.live. com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fenergi- forsk.se%2Fmedia%2F30961%2Finfrastruktur-fo-r- transport-och-lagring-ebba-lo-fblad-och-jan-kja- rstad.pptx&wdOrigin=BROWSELINK>.
12. COWI, »Cinfracap: Gemensam infrastruktur för transport av koldioxid« <https://www.goteborgs- hamn.se/globalassets/dokument/cinfracap-forstu- die-23-april-2021.pdf>, 2021.
13. Växjö energi, »Sydsvenskt projekt för att fånga in koldioxid« <https://www.veab.se/om-oss/satsning- ar-och-projekt/cnetss/>.
14. Northern Lights, »Accelerating decarbonisation« <https://norlights.com/>.
15. Gas Storage Denmark, »Tender for CO2 storage capacity« <https://gasstorage.dk/news/2023/10/17/ co2-tender-for-storage/>, 2023.
16. J. Kearns, G. Teletzke, J. Palmer, H. Thomann, H. Kheshgi, Y.-H. Henry Chen, S. Paltsev och H. Herzog, »Developing a Consistent Database for Regional Geologic CO2 Storage Capacity Worldwide,« Ener- gy Procedia, vol. 114, nr <https://www.sciencedirect. com/science/article/pii/S1876610217317976>, pp. 4697-4709, 2017.
17. Ekonomistyrningsverket, »Regleringsbrev för bud- getåret 2023 avseende Sveriges geologiska under- sökning« 2022. <https://www.esv.se/statsliggaren/ regleringsbrev/?RBID=23458>.
18. G. M. Mortensen och D. Sopher, »Geologisk lagring av koldioxid i Sverige och i grannländer - status och utveckling« SGU, 2021. <https://resource.sgu. se/dokument/publikation/rr/rr202104rapport/ RR2104.pdf>.
19. Carbfix, »Turn CO2 into stone. Presentation vid the Bio Carbon Capture & Storage Conferen- ce 2023 – Klimpo« <https://mcusercontent.com/ fe26d7f1c7779e721c23b7d6f/files/2c56dc->

- [fe-0e44-4c64-4e8b-54fff54e5f48/Carbfix_Intro_KLIMPO_BIOCCUS_2023_OlafurJohannsson.pdf](https://www.klimpo.se/fe-0e44-4c64-4e8b-54fff54e5f48/Carbfix_Intro_KLIMPO_BIOCCUS_2023_OlafurJohannsson.pdf).
20. M. Fridahl och L. Lundberg, »Aktörspreferenser i design av ett stödsystem för bio-CCS« Linköpings universitet och RISE, <https://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1548418/FULLTEXT01.pdf>, 2021.
 21. Statens energimyndighet, »Första, andra, tredje... Förslag på utformning av ett stödsystem för bio-CCS« ER 2021:31. <https://www.regeringen.se/contentassets/d232104ea40d4234a5ffde3fe7d48b37/forsta-andra-tredje-forslag-pa-utformning-av-ett-stodsystem-for-bio-ccs.pdf>.
 22. EON, »Kolsänkor, bio-CCS-teknik och biokol« <https://www.eon.se/artiklar/kolsaenkor-och-ccs-teknik>.
 23. Statens energimyndighet, »Industrin - nuläge och förutsättningar för omställning förutsättningar för omställning«. ER 2022:13. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=210676>.
 24. Climeworks, »Orca: the first large-scale plant« <https://climeworks.com/plant-orca>.
 25. Climeworks, »Mammoth: our newest facility« <https://climeworks.com/plant-mammoth>.
 26. O. Olsson, N. Abdalla, S. Bürck och H. Fehrenbach, »Carbon accounting in Bio-CCUS supply chains - Identifying key issues for science and policy« IEA Bioenergy, <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2022/06/IEA-Bio-BECCUS-Carbon-accounting.pdf>, 2022.
 27. Liquid wind, »Scalable electrofuel production« <https://www.liquidwind.se/facilities>.
 28. Vattenfall, »Hyskies: Fossilfritt flygbränsle får EU-stöd« 19 01 2023. <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/pressmeddelanden/2023/hyskies-fossilfritt-flygbransle-far-eu-stod>.
 29. St1, »Vattenfall och St1 ingår nytt partnerskap inom fossilfritt e-flygbränsle« 2022. <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2022/06/IEA-Bio-BECCUS-Carbon-accounting.pdf>.
 30. EBA, »Biogenic CO2 From the biogas industry : A mature business opportunity to enhance sustainable carbon cycles and untap the circularity and climate benefits of biogas production« 09 2022. https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2022/10/Biogenic-CO2-from-the-biogas-industry_Sept2022-1.pdf.
 31. Lantmännen, »Lantmännen Agroetanol« <https://www.lantmannen.se/forskning-och-innovation/innovation-fran-jord-till-bord/cirkulara-biofloden/lantmannen-agroetanols-bioraffinaderi/>.
 32. A. Wennberg, »Tekniska verken i Linköping beviljas klimatklivsstöd« 30 11 2022. <https://www.energinyheter.se/20221130/27919/tekniska-verken-i-linkoping-beviljas-klimatklivsstod>.
 33. Uniper, »SkyfuelH2« <https://www.uniper.energy/sv/sverige/jetfuel>.
 34. M. Grahn, E. Malmgren, A. D. Korberg, M. Taljegard, J. . E. Anderson, S. Brynolf, J. Hansson, I. Ridjan Skov och T. J. Wallington, »Review of electrofuel feasibility—cost and environmental impact« Progress in Energy, vol. 4, nr <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2516-1083/ac7937/meta>, 29 June 2022.
 35. E. Furusjö, S. Mesfun, M. Samavati, A. Larsson och G. Gustafsson, »Bio-electro fuels: hybrid fuels for improved resource efficiency« https://f3centre.se/app/uploads/FDOS-45-2022_50452-1_SR_220616.pdf, 2022.
 36. Europeiska unionens råd, »Climate action: Council and Parliament agree to establish an EU carbon removals certification framework« 20 Februari 2024. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/02/20/climate-action-council-and-parliament-agree-to-establish-an-eu-carbon-removals-certification-framework/>.
 37. G. Erselius, »Restavfallets klimatpåverkan En sammanställning av beräkningsunderlag för Stockholm Exergi« Stockholm Exergi, 2050 consulting, <https://www.stockholmexergi.se/content/uploads/2021/07/Rapport-Avfallens-klimatp%C3%A5verkan-2021.pdf>, 2021.
 38. H. Lassesson, M. Gottfridsson, M. Nellström, T. Rydberg, L. Josefsson och C. Mattsson, »Kemisk återvinning av plast: Teknik, flöden och miljöaspekter« Naturvårdsverket, <https://www.naturvardsverket.se/4ac551/globalassets/media/publikationer-pdf/6900/978-91-620-6990-2.pdf>, 2021.
 39. Öresundskraft, »Från restavfall till el, värme och lagrad koldioxid« <https://www.oresundskraft.se/ccs-re-san/sa-funkar-det/>.
 40. Sysav, »Nästa steg på vägen mot koldioxidinfångning« 19 09 2022. <https://www.sysav.se/om-oss/>



- [press-och-media/nasta-steg-pa-vagen-mot-koldioxidinfangning/](#).
41. Project Air, »Project Air granted environmental permit« <https://projectair.se/en/>.
 42. Heidelberg cement, »Färdplan för konkurrenskraft och netto-nollutsläpp: Cementbranschen« Fossilfritt Sverige, <https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sites/default/files/2023-10/F%C3%A4rdplan%20f%C3%B6r%20cementbranschen%20reviderad%20oktober%202023%20%28002%29.pdf>, 2018.
 43. S. Svensson, E. Furusjö, O. Cintas Sanchez, J. Zetterholm, K. Pettersson, S. Larsson, P. Funk och J. Johansson, »Kartläggning av biogena kolflöden i de skogsbaserade värdekedjorna i Sverige« RISE, <https://www.bioinnovation.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2022/10/omradesanalys-biogena-kolfloden.pdf>, 2023.
 44. Fossilfritt Sverige, »Strategi för fossilfri konkurrenskraft – Bioenergi och bioråvara i industrins omställning« https://fossilfritt.sverige.se/wp-content/uploads/2021/09/Strategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-bioenergi-och-bioravara-i-industrins-omstallning_webb.pdf.
 45. Naturvårdsverket, »Analys av EU:s klimatmål och klimatramverk till 2040« <https://www.naturvardsverket.se/4aceca/contentassets/f1821fc959934673bbc1f2578f9f2325/skrivelse-redodvisning-eu-till-rk.pdf>, 2023.
 46. Europeiska kommissionen, »In-depth analysis in support on the COM(2018) 773: A Clean Planet for all – A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy« https://climate.ec.europa.eu/system/files/2018-11/com_2018_733_analysis_in_support_en.pdf, 2018.
 47. R. Lorenzo, D. L. Sanchez och M. Mazzotti, »Assessment of carbon dioxide removal potential via BECCS in a carbon-neutral Europe: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/ee/d1ee00642h>« Energy Environ. Sci., 13 04 2021.
 48. EEA, »Atmospheric concentration of carbon dioxide« <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/atmospheric-concentration-of-carbon-dioxide-5/download.table>.
 49. Naturvårdsverket, »Förslag på förordningsändringar för att genomföra ändringar i utsläppshandelssystemet EU ETS« <https://www.regeringen.se/contentassets/b9a7a4fde6f844a48a8efeb3e4dfd1cc/forslag-pa-forordningsandringar-for-att-genomfora-andringar-i-eu-ets-1.pdf>, 2023.
 50. Mission possible partnership, »Making net-zero aviation possible: An industry-backed, 1.5°C-aligned transition strategy« <https://missionpossiblepartnership.org/wp-content/uploads/2023/01/Making-Net-Zero-Aviation-possible.pdf>, 2022.
 51. Europaparlamentet, »Regulation of the European Parliament and of the council on ensuring a level playing field for sustainable air transport (ReFuelEU Aviation) : 2021/0205 (COD)« <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-29-2023-INIT/en/pdf>, 2023.
 52. N. Junge, »Renewable aviation – Power-to-Liquid«. Presentation vid THE Bio Carbon Capture & Storage Conference 2023 – Klimpo. https://mcusercontent.com/fe26d7f1c7779e721c23b7d6f/files/5d16679d-8334-315e-9ff0-0759999a9d92/NorskeFuel_The_BioCCUS_Conference.pdf.
 53. Energimyndigheten, »Kontrollstation för reduktionsplikten 2022 Delrapport 1 av 2 : Delrapport 1 av 2« <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=208637>, 2022.
 54. Europaparlamentet, »Regulation of the European Parliament and of the Council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC« <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-26-2023-INIT/en/pdf>, 2023.
 55. IKEM, »Kemi är lösningen: Reformagenda för en konkurrenskraftig och hållbar innovations- och kemiindustri« <https://www.ikem.se/globalassets/media-ikem/dokument/rapporter/industrins-reformagenda/kemi-ar-losningen-jan23.pdf>, 2023.
 56. IKEM, »Tema 2: Den gröna omställningen kräver mer fossilfri el och cirkulära råvaror« <https://www.ikem.se/fragor-vi-driver/kemiindustrins-reformagenda/den-grona-omstallningen-kraver-mer-fossilfri-el-och-cirkulara-ravaror/>.
 57. IEA, »Putting CO2 to Use: Creating value from emissions« https://iea.blob.core.windows.net/assets/50652405-26db-4c41-82dc-c23657893059/Putting_CO2_to_Use.pdf, 2019.

58. P. Börjesson, »Potential för ökad tillförsel och av-sättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi« Lund university, https://lup.lub.lu.se/search/files/7279231/B_rjesson_P_2016_Rapport_nr_97_Milj_och_energisystem_Lunds_Universitet.pdf, 2016.
59. Energimyndigheten, »Scenarier över Sveriges energisystem 2023: Med fokus på elektrifieringen 2050« <https://www.energimyndigheten.se/49428c/globalassets/statistik/prognoser-och-scenarier/langsiktiga-scenarier/langsiktiga-scenarier-over-sveriges-energisystem-2023.pdf>, 2023.
60. Statens offentliga utredningar, »Förnybart i tanken: Ett styrmedelsförslag för en stärkt bioekonomi. SOU 2023:15« <https://www.regeringen.se/contentassets/5351ab1c7862465ba9b6999e16d5a9cd/delbetankande-av-bioekonomiutredningen-sou-202315.pdf>, 2023.
61. J. Hassler, »Sveriges klimatstrategi 46 förslag för klimatomställningen i ljuset av Fit for 55« 2023. <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/departementsserien-och-promemorior/2023/10/sveriges-klimatstrategi-46-forslag-for-klimatomstallningen-i-ljuset-av-fit-for-55/>.
62. Regeringskansliet, »Regeringen går vidare med förslag om sänkt reduktionsplikt« 12 10 2023. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/10/regeringen-gar-vidare-med-forslag-om-sankt-reduktionsplikt/>.
63. Statens Energimyndighet »Styrmedel för CCS och CCU - Avskiljning och lagring respektive användning av koldioxid« ER 2023:26, <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=218689>.
64. Europaparlamentet och Europeiska unionens råd, »Direktiv (EU) 2018/2001« 2023. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302413.
65. Europeiska Kommissionen, »Förordning (EU) 2023/1185« <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1185>.
66. Europeiska kommissionen, »Förordning (EU) 2023/1184« 2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1184>.
67. Naturvårdsverket och Energimyndigheten, »Industrins klimatomställning« <https://www.naturvardsverket.se/4ac316/globalassets/media/publikationer-pdf/7000/978-91-620-7045-8.pdf>, 2022.
68. I. Jensen och E. Källström, »Svensk kemiindustri går i täten för att bryta fossilberoendet« 2023. <https://www.di.se/debatt/svensk-kemiindustri-gar-i-taten-for-att-bryta-fossilberoendet/>.
69. Klimat- och näringslivsdepartementet, »EU-förordning om förpackningar och förpackningsavfall 2022/23:FPM43 : COM(2022) 677« 2023. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/fakta-pm-om-eu-forslag/eu-forordning-om-forpackningar-och_ha06fpm43/.
70. Miljödepartementet, »Meddelande om hållbara kolcykler 2021/22:FPM56 : COM(2021) 800« 2022. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/fakta-pm-om-eu-forslag/meddelande-om-hallbara-kolcykler_h906fpm56/.
71. Naturvårdsverket, »Rätt plast på rätt plats« 2023. <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/regeringsuppdrag/pagaende-regeringsuppdrag/ratt-plast-pa-ratt-plats>.
72. Regeringskansliet, »Ekonomiska styrmedel för att främja omställningen till en cirkulär ekonomi« 2022. <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/kommittedirektiv/2022/06/dir.-202267>.
73. Statens offentliga utredningar, »En hållbar bioekonomistategi - för ett välmående fossilfritt samhälle. SOU 2023:84« <https://www.regeringen.se/contentassets/9690f67e83b8410192f1869d0d5da392/en-hallbar-bioekonomistategi--for-ett-valmaende-fossilfritt-samhalle-sou-202384.pdf>, 2023.
74. L. Zetterberg, F. Johnsson och K. Möllersten, »Incitament för bio-CCS i fjärrvärmens« Energiforsk, <https://energiforsk.se/media/30905/incitament-for-bio-ccs-i-fjarrvarmen-energiforskrapport-2022-836.pdf>, 2022.
75. Fossilfritt Sverige, »Rapport: 12 förslag för effektiva tillståndprocesser« <https://fossilfrittssverige.se/2023/05/02/rapport-12-forslag-for-effektiva-re-tillstandsprocesser/>.
76. Regeringskansliet, »Ökade incitament för investeringar i koldioxidinfångning« 2023. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/06/okade-incitament-for-investeringar-i-koldioxidinfangning/>.

77. Europeiska kommissionen, »Q&A implementation of hydrogen delegated acts« 2023. https://energy.ec.europa.eu/system/files/2023-07/2023_07_26_Document_Certification_questions.pdf.
78. S. Söderholm, »Bio-CCS: bokföring och utsläpp samt disposition av dessa« Energimyndigheten, <https://www.energimyndigheten.se/492ae9/globalassets/klimat--miljo/ccs/promemoria-bio-ccs-bokforing-och-rapportering-av-negativa-utslapp-samt-disposition-av-dessa.pdf>, 2023.
79. Naturvårdsverket, »Analys av bokföring av Bio-CCS inom reviderat 2030-ramverk på EU nivå« <https://www.naturvardsverket.se/4accee/contentassets/f1821fc959934673bbc1f2578f9f2325/analys-av-bokforing-av-bio-ccs-inom-reviderat-2030-ramverk-pa-eu-niva.pdf>, 2023.
80. Europeiska kommissionen, »Commission presents recommendation for 2040 emissions reduction target to set the path to climate neutrality in 2050« 2024. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_24_588.
81. Europeiska kommissionen, »Questions and Answers on the EU Industrial Carbon Management Strategy« 6 Februari 2024. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_24_586.
82. H. J. Buck, W. Carton, J. Friis Lund och N. Markusson, »Why residual emissions matter right now« Nature Climate Change, vol. 13, nr <https://www.nature.com/articles/s41558-022-01592-2>, pp. 351-358, 2023.
83. Science Based Targets, »SBTi Corporate Net-Zero Standard, Version 1.1« <https://sciencebasedtargets.org/resources/files/Net-Zero-Standard.pdf>, 2023.
84. Naturvårdsverket, »Utsläppshandel - för allmänheten« <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/utslappshandel/>.
85. Naturvårdsverket, »Kompletterande åtgärder enligt det klimatpolitiska ramverket« <https://www.naturvardsverket.se/4accf0/contentassets/72ca3395d21f434a9ba454676be8b612/redovisning-ru-kompletterande-atgarder-enligt-klimatpolitiska-ramverket.pdf>, 2023.
86. W. Rickels, R. Rothenstein, F. Schenuit och M. Fridahl, »Procure, Bank, Release: Carbon Removal Certificate Reserves to Manage Carbon Prices on the Path to Net-Zero« Energy Research and Social Science, vol. 94, nr <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629622003619>, 2022.
87. K. Möllersten och L. Zetterberg, »Bringing BECCS credits to voluntary carbon markets A policy brief by Sustainable Finance Lab (Sweden)« Sustainable Finance Lab, <https://www.sustainablefinancelab.se/wp-content/uploads/sites/14/2023/08/Bringing-BECCS-credits-to-voluntary-carbon-markets-web.pdf>, 2023.
88. Naturvårdsverket, »Sveriges del av EU:s klimatmål« <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-del-av-eus-klimatmal/>, 2023.
89. N. Stahle, »Naturvårdsverket: Svårt för Sverige att nå klimatmålen om reduktionsplikten sänks» 22 APRIL 2023. <https://www.svt.se/nyheter/inrikes/naturvardsverket-det-maste-sverige-gora-for-att-na-klimatmalen>.
90. M. Fridahl, F. Schenuit, L. Lundberg, K. Möllersten, M. Böttcher, W. Rickels och A. Hansson, »Novel carbon dioxide removals techniques must be integrated into the European Union's climate policies« Communications Earth & Environment, vol. 4, nr <https://www.nature.com/articles/s43247-023-01121-9>, 2023.
91. K. Mistry, B. Carroll, T. Baker, P. Ponce de León Baridó, A. Dewar och A. Sims, »Climate Needs and Market Demand Drive Future for Durable CDR« Boston Consulting Group, <https://www.bcg.com/publications/2023/the-need-and-market-demand-for-carbon-dioxide-removal>, 2023.
92. L. Lundberg och M. Fridahl, »The missing piece in policy for carbon dioxide removal: reverse auctions as an interim solution« Discover Energy, vol. 2, nr <https://link.springer.com/article/10.1007/s43937-022-00008-8>, 2022.
93. Energimyndigheten, »Remiss av förordning samt av föreskrifter om statligt stöd för bio-CCS genom omvänd auktion« <https://www.energimyndigheten.se/4afe0e/globalassets/klimat--miljo/ccs/stod-for-bio-ccs/missiv-remiss-av-forordning-och-foreskrifter-2023-12-20.pdf>, 2023.
94. S. Lindström, »Sverige och Schweiz banar väg för internationell handel med negativa utsläpp« Energimyndigheten, 2023. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2023/sverige-och-schweiz-banar-vag-for-internationell-handel>

- [del-med-negativa-utslapp/](#).
95. G. Vulturius, »Scaling BioCCS with sustainable finance«. Presentation vid the Bio Carbon Capture & Storage Conference 2023 - Klimpo. https://mcusercontent.com/fe26d7f1c7779e721c23b7d6f/files/d781bbe5-1a24-151a-fd49-d703f2fa9787/SEB_Scaling_BioCCS_with_sustainable_finance.pdf.
 96. T. Thyblad, »Can we finance CCS with carbon credits on a voluntary market?« Presentation vid the Bio Carbon Capture & Storage Conference 2023 - Klimpo. https://mcusercontent.com/fe26d7f1c7779e721c23b7d6f/files/O9da0171-94c9-f16b-b511-ba902ef78868/Klimpo_Oct_2023_Nasdaq_Can_we_finance_CCS_with_carbon_credits_on_a_voluntary_market.pdf, 2023.
 97. Europeiska parlamentet, »Empowering consumers for the green transition« 2024. <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-european-green-deal/file-consumers-in-the-green-transition>.
 98. Government of the Netherlands, »COP28: Netherlands, Germany, France, Spain, Finland, the federal government of Belgium and Austria propose framework to prevent greenwashing and restore integrity in voluntary carbon markets« 2023. <https://www.government.nl/latest/news/2023/12/10/cop28-netherlands-germany-france-spain-finland-belgium-and-austria-propose-framework-to-prevent-greenwashing-and-restore-integrity-in-voluntary-carbon-markets>.
 99. R. Höglund, »When do sales of carbon removal credits benefit climate?« 14 08 2023. <https://marginalcarbon.substack.com/p/when-does-sales-of-carbon-removal>.
 100. Regeringskansliet, »Regeringens klimathandlingsplan - hela vägen till nettonoll« 23 12 2023. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/12/regeringens-klimathandlingsplan--hela-vagen-till-nettonoll/>.
 101. ISO, »ISO 14068-1:2023, Climate Change Management, Transition to net-zero« <https://www.iso.org/standard/43279.html>.
 102. Greenhouse Gas Protocol, »Land Sector and Removals Guidance« <https://ghgprotocol.org/land-sector-and-removals-guidance>.
 103. Energimyndigheten, »Ett skepp kommer lastat: Sammandrag från Energimyndighetens nätverksevenemang« <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=217689>, 2023.
 104. E. Lindeberg, »CO₂ pipeline transport as a competitive alternative to ship transport in Nordic CCS scenarios«.
 105. Energimyndigheten, »Nationellt centrum för CCS« 2023. <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/ccs/nationellt-centrum-for-ccs/>.
 106. Klimat- och näringslivsdepartementet, »Förordning (2014:21) om geologisk lagring av koldioxid SFS nr: 2014:21» 16 01 2014. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-201421-om-geologisk-lagring-av_sfs-2014-21/.
 107. Europaparlamentet, »Unionsram för certifiering av koldioxidupptag« https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0402_SV.pdf, 2023.
 108. Europeiska kommissionen, »Towards an ambitious Industrial Carbon Management for the EU« 2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52024DC0062>.
 109. T. Schøn och L. L. Pade, »CCS tenders and other funding for CCS development« Danish Energy Agency, <https://ens.dk/en/our-responsibilities/ccs-carbon-capture-and-storage/ccs-tenders-and-other-funding-ccs-development>.
 110. The Norwegian Ministry of Energy, »Carbon capture and storage - CCS« <https://www.regjeringen.no/en/topics/energy/carbon-capture-and-storage/id86982/>.
 111. B. Sovacool, F. W. Geels och M. Iskandarova, »Industrial clusters for deep decarbonization« Research Gate, p. DOI:10.1126/science.add0402, 11 2022.
 112. Great Gov, »Carbon capture, usage and storage« <https://www.great.gov.uk/international/content/investment/sectors/carbon-capture-usage-and-storage/>.
 113. Drax, »Drax submits plans to build world's largest carbon capture and storage project« 12 07 2022. https://www.drax.com/press_release/drax-submits-plans-to-build-worlds-largest-carbon-capture-and-storage-project/.
 114. Office of Fossil Energy and Carbon Management,

»Carbon Negative Shot« <https://www.energy.gov/fecm/carbon-negative-shot>.

115. A. C. Jones och D. J. Marples, »The Section 45Q Tax Credit for Carbon Sequestration« 25 08 2023. <https://sgp.fas.org/crs/misc/IF11455.pdf>.



Bilaga – Sammanställning av styrmedel, regelverk och processer som påverkar förutsättningarna för bio-CCUS

Det finns en mängd styrmedel, regelverk, processer och förslag, både på EU-nivå och nationellt, som på olika sätt påverkar förutsättningarna för bio-CCS och

-CCU. Tabellen nedan listar exempel på de viktigaste. De allra flesta har beskrivits och diskuterats inom ramen för strategin.

Tabell Exempel på aktuella styrmedel, regelverk samt processer och förslag som påverkar förutsättningarna för bio-CCUS.

Nationellt	Inom EU
Införandet av ett stödsystem för bio-CCS i form av omvända auktioner	Certifieringsramverk för upptag och infångning av koldioxid
Nedsatt elskatt för koldioxidinfångning	Empowering consumers for the green transition
Tecknande av avtal gällande lagring av koldioxid i annat land	Green claims directive
Pågående utredning av lämpliga platser för geologisk lagring av koldioxid i Sverige	Förhandling om EU:s klimatmål till 2040
Utredning av styrmedel för CCS och CCU	EU:s strategi för hantering av koldioxid i industrin
Bioekonomiutredningen	Strategin för cirkulär ekonomi (CEAP)
Reduktionsplikt	Ekodesigndirektivet
Skatteundantag för förnybara drivmedel	Direktivet om förpackningar och förpackningsavfall
Industriklivet	ReFuelEU Aviation
Klimatklivet	The Fuel EU maritime regulation
Gröna kreditgarantier	Förnybartdirektivet (RED)
	Hållbarhetskriterier för elektrobränslen (RFNBOs)
	EU:s innovationsfond
	Londonprotokollet
	Helsingforskonventionen
	Offshoredirektivet
	CCS-direktivet

Nedan följer beskrivningar av några centrala saker som endast i korthet har redogjorts för inom ramen för strategin.

Certifieringsramverk för upptag och infångning av koldioxid

EU-kommissionen presenterade i november 2022 ett förslag till certifieringsramverk för upptag och infångning av koldioxid (CRCF, Carbon Removal Certification Framework).¹ I november 2023 antog EU-parlamentet en ny version av förslaget,¹⁰⁷ vilket sedan har förhandlats vidare av parlamentet, rådet och kommissionen. I februari 2024 nåddes en preliminär överenskommelse (i väntan på formellt antagande) om en förordning om inrättande av den första certifieringsramen på EU-nivå för permanenta koldioxidupptag, kolinlagrande jordbruk och koldioxidinlagring i produkter.³⁶

När förordningen har trätt i kraft innebär det ett första steg mot införandet av ett omfattande ramverk för koldioxidupptag och minskning av markutsläpp i EU:s lagstiftning som ett bidrag till EU:s mål om klimatneutralitet till 2050.

Förordningen kommer att omfatta följande verksamheter för koldioxidupptag och minskning av koldioxidutsläpp och skilja mellan fyra motsvarande enhetstyper:

- Permanent koldioxidupptag (lagring av atmosfäriskt eller biogent kol i flera århundraden).
- Tillfällig koldioxidlagring i långvariga produkter (till exempel träbaserade byggprodukter) i minst 35 år och som kan övervakas på plats under hela övervakningsperioden.
- Tillfällig koldioxidlagring från kolinlagrande jordbruk (till exempel återställande av skogar och mark, brukad våtmark, sjögräsängar).
- Minskning av markutsläpp (från kolinlagrande jordbruk).

Förordningen gäller endast upptag av atmosfäriskt eller biogent kol. Verksamhet som inte leder till koldioxidupptag eller minskningar av markutsläpp, såsom undvikande av avskogning, omfattas inte.

Ramverket ska bidra till och säkerställa hög kvalitet på åtgärderna och förordningen omfattar kvalitetskriterier

med avseende på kvantifiering, additionalitet, långsiktig lagring och hållbarhet. Certifieringen ska vara frivillig, åtminstone inledningsvis, men ambitionen är att bli styrande på sikt och användas såväl vid handel med certifikat på den frivilliga marknaden som vid annan privat såväl som offentlig finansiering av kolsänkor.

De certifierade enheterna kan endast användas för uppfyllandet av EU:s klimatmål och får inte användas av tredjeländer. Reglerna kommer att ses över under 2026.

I versionen som antogs av parlamentet 2023 finns skrivningar om användningen av krediter och att dessa inte ska användas eller tas i anspråk av mer än en juridisk eller fysisk person och inte räknas av mer än en medlemsstat i dess klimatrapportering. Detta tolkas av flera aktörer som att det är tillåtet för ett företag att göra anspråk på en enhet samtidigt som det räknas av en medlemsstat (dubbelt/gemensamt anspråk). Avseende användandet av krediter hänvisas även till direktivet »Empowering consumer for the green transition«. I hänvisningen står det att direktivet förbjuder företag att använda påståenden som hävdar att produkter, såväl som företag i sig, har en neutral, minskad eller positiv påverkan på klimatet om detta har uppnåtts genom kompensation av utsläpp i företagets eller dess produkters värdekedja. Om dessa skrivningar kvarstår i den slutförhandlade versionen är i februari 2024 fortfarande oklart.

EU:s klimatmål till 2040

Enligt den europeiska klimatlagen ska EU uppnå klimatneutralitet senast 2050 och att fram till 2030 nå delmålet att minska nettoutsläppen av växthusgaser med minst 55 procent, jämfört med 1990 års nivåer. EU har sedan dess antagit paketet »Fit for 55« som syftar till att möjliggöra måluppfyllelse till 2030.

I februari 2024 offentliggjorde kommissionen en detaljerad konsekvensbedömning av olika alternativ för att nå det överenskomna målet om ett klimatneutralt EU senast 2050.⁸⁰ Utifrån denna rekommenderar kommissionen att unionens nettoutsläpp av växthusgaser ska minska med 90 procent till 2040, jämfört med 1990. Ett lagstiftningsförslag kommer att läggas fram av nästa kommission, efter valet till Europaparlamentet. När klimatmålet för 2040 har antagits kommer detta mål att ligga till grund för EU:s nya nationellt fastställda bi-

drag enligt Parisavtalet, som måste meddelas UNFCCC under 2025.

I förordning om nettonollindustri (Net Zero Industry Act) har kommissionen föreslagit att minst 50 miljoner ton koldioxid per år ska lagras geologiskt till 2030. Modelleringsresultat i anslutning till det föreslagna 2040-målet visar på att cirka 280 miljoner ton skulle behöva fångas in senast till 2040 och cirka 450 miljoner ton senast till 2050.

EU:s strategi för hantering av koldioxid i industrin

I februari 2024 presenterade kommissionen även EU:s strategi för hantering av koldioxid i industrin (EU Industrial Carbon Management Strategy)^{108, 81} som fokuserar på CCUS. Antalet operativa storskaliga CCUS-projekt i Europa är för närvarande begränsat samtidigt som tekniken ska spela en betydande framtida roll i EU. Strategin syftar därför till att upprätta ett heltäckande ramverk för industriell koldioxidhantering och skapa en inre marknad för koldioxid.

Strategin belyser behovet av ambitiösa och väl samordnade strategier på nationell nivå, såväl som strategisk infrastrukturplanering och integration på EU-nivå. Strategin kommer att komplettera befintlig policy och finansieringsinstrument på EU-nivå, särskilt CCS-direktivet, EU ETS, CRCF, EU:s innovationsfond med flera.

Strategin anger tre olika steg i utvecklingen av industriell koldioxidhantering i Europa:

- För 2030 är det strategiska EU-målet utbyggnad av en koldioxidlagringskapacitet på minst 50 miljoner ton per år, tillsammans med tillhörande transportinfrastruktur bestående av rörledningar, fartyg, järnvägar och vägar.
- Senast 2040 bör de flesta värdekedjor vara ekonomiskt lönsamma för att uppfylla EU:s klimatmål och koldioxid en handelsvara för lagring eller användning inom EU:s inre marknad. Upp till en tredjedel av den infångade koldioxiden beräknas användas och resterande två tredjedelar lagras.
- Efter 2040 bör industriell koldioxidhantering vara en integrerad del av EU:s ekonomiska system, och biogent eller atmosfäriskt kol bör bli huvudkällan för kolbaserade industriella processer eller transportbränslen.

Osäkerhet om framtida koldioxidvolym, komplicerad samordning över värdekedjorna och långa tillståndsförfaranden utgör betydande hinder för investerare att gå vidare med koldioxidtransportprojekt idag. Därför föreslår kommissionen att man inleder ett förberedande arbete med ett eventuellt framtida regleringspaket för koldioxidtransporter samt arbeta för en EU-omfattande planeringsmekanism för transportinfrastruktur för koldioxid i samarbete med medlemsstaterna. Kommissionen kommer också att stödja medlemsstaterna i utformningen av möjliga så kallade »Important Project of Common European Interest« för infrastruktur för transport och lagring av koldioxid.

För CCU ska alternativen för att öka upptaget av hållbart kol som en resurs i olika industrisektorer utvärderas. Ett sammanhängande ramverk för att redogöra för och stödja utbyggnaden av innovativa och hållbara CCU-tillämpningar ska också utarbetas.

Vidare planerar kommissionen att utvärdera ett övergripande mål för industriell kolinlagring i linje med EU:s klimatambition för 2040 och klimatneutralitetsmålet 2050, med sikte på att nå nettonegativa utsläpp efter det. Det ska också utvecklas styrmedel för industriell kolinlagring, inklusive hur de ska redovisas i EU ETS. Stöd till forskning, innovation och tidig demonstration av ny industriell teknik för att avlägsna koldioxid inom Horizon Europe och innovationsfonden kommer också att stärkas.

Investeringsstöd och kreditgarantier

EU:s Innovationsfond är ett investerings- och driftstöd till nya anläggningar som bidrar med innovativ förnybar energi, energilagring, CCU eller CCS, samt innovativa utsläppsnåla tekniker och processer. Projekten väljs utifrån klimatnytta, innovationsgrad, projektmognad, skalbarhet och kostnadseffektivitet. Innovationsfonden finansieras av intäkter från auktioneringen av utsläppsrätter och för perioden 2020 till 2030 förväntas fonden uppgå till 10 miljarder euro.⁶⁰

Klimatklivet har i nuvarande form funnits sedan 2015 och är ett investeringsstöd som bidrar till klimatinvesteringar och kan ges till CCUS-projekt. Klimatklivet kan även ge stöd till flera separata anläggningar som använder samma teknik, inte bara den första av sitt slag, vilket ofta är fallet med Industriklivet (se avsnitt 4.1 och 4.5). Bioeko-

nomiutredningen har föreslagit att Klimatklivet förlängs till år 2030.⁷³

Sedan 2021 kan Riksgälden utfärda gröna kreditgarantier till större investeringar i grön teknik. Garantierna innebär att Riksgälden bär delar av risken för lånet för investeringen, upp till ett visst belopp. För att en investering ska kunna ta del av en garanti måste lånet uppgå till minst 500 miljoner kronor. Investeringen måste väsentligt bidra till minst ett av målen i miljömålssystemet eller det klimatpolitiska ramverket och får inte väsentligt motverka något annat av dessa mål.⁶⁰

Exempel från andra länder – bio-CCS

Danmark

Danmark har inrättat fonderna CCUS-fonden och NECCS-fonden med syfte att stötta CCUS.¹⁰⁹ Ambitionen är att fonderna ska bidra till 1,4 miljoner ton koldioxidminskningar årligen till 2030.

CCUS-fonden ska stödja infångning av fossil och/eller biogen koldioxid och omfattar maximalt 815 miljoner DKK per år. Inom ramen för fonden genomfördes under 2022 en första omvänd auktion med målet att fånga in och lagra minst 400 000 ton koldioxid per år mellan 2026 och 2046. I maj 2023 tillkännagavs den vinnande aktören, Ørsted, som kommer att bygga en anläggning för bio-CCS som ska fånga in 430 000 ton koldioxid per år från två befintliga kraftvärmeverk.

NECCS-fonden syftar till att skapa negativa utsläpp genom bio-CCS eller DACCS. Fonden är på 2,5 miljarder DKK och målet är att bidra till 0,5 miljoner ton negativa utsläpp per år mellan 2025 till 2032. En omvänd auktion öppnade i december 2023, där aktörer kan lämna anbud för att få betalt för att skapa negativa utsläpp.

Norge

I stadsbudgeten för 2021 godkände det norska parlamentet ett fullskaligt projekt för att demonstrera avskiljning, transport och lagring av koldioxid från industriella källor. Projektet är på 25,1 miljarder NOK, där staten står för cirka två tredjedelar och industrin för cirka en tredjedel av kostnaderna i projektets första fas.

Inom projektet hjälper den norska staten till att finansie-

ra koldioxidinfångning vid Norcems cementfabrik och Hafslund Oslo Celsios avfallsförbränningsanläggning, samt ger finansiellt stöd till koldioxidlagringsprojektet »Northern Lights«. Industriaktörerna kommer att äga, bygga och driva sina anläggningar, medan norska staten bidrar med finansiering, stöd och riskreducering.¹¹⁰

Storbritannien

Storbritannien har valt att stötta CCUS genom att ge stöd till industrikuster med aktörer i samma geografiska område för att utnyttja fördelar med att samordna transporten från fler aktörer. Klustren kan söka finansiering för transport- och lagringsinfrastruktur samt för investeringar i koldioxidinfångning via en fond som omfattar 1 miljard pund.¹¹¹ Ambitionen är att fånga in och lagra 20-30 miljoner ton biogen och fossil koldioxid per år till 2030.¹¹² I ett av de finansierade klustren som ska starta i mitten av 2020-talet ingår kraftverket Drax, som planerar att fånga in 8 miljoner ton biogen koldioxid per år.¹¹³

USA

I november 2021 lanserade det amerikanska energidepartementet »The Carbon Negative Shot«, med syftet att främja utvecklingen av CCUS och med målet att få ner kostnaderna för koldioxidinfångning och lagring till under 100 dollar per ton.¹¹⁴ I USA finns också ett skatteavdrag för företag som fångar in koldioxid. Skatteavdraget gäller för både biogen och fossil koldioxid och inkluderar även koldioxid som fångas in för att användas, inklusive användning för ökad oljeutvinning (dock med en lägre summa än för koldioxid som lagras).¹¹⁵

