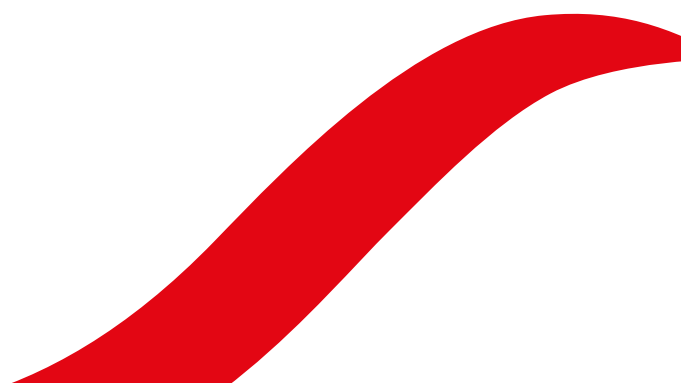




Hinder för klimatomställning i processindustrin

En rapport inom regeringsuppdraget
*Innovationsfrämjande insatser för att minska
processindustrins utsläpp av växthusgaser*

ER 2019:20



Energimyndighetens publikationer kan beställas eller laddas ner via www.energimyndigheten.se, eller beställas via e-post till energimyndigheten@arkitektkopia.se

© Statens energimyndighet

ER 2019:20

ISSN 1403-1892

September 2019

Upplaga: 40 ex

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma

Förord

Energimyndigheten har fått i uppdrag att redogöra för vilka tekniska och marknads-
mässiga hinder, tillika hinder i regelverken, som enligt myndigheten bedöms föreligga för
minskade växthusgasutsläpp från den svenska processindustrin. Myndigheten ska också
redovisa vilka insatser inom forskning, innovation och demonstration som bedöms
nödvändiga på området för att bidra till att Sverige senast 2045 inte ska ha några
nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp,
samtidigt som konkurrenskraften för svensk processindustri stärks. Effekter på andra
miljömål, exempelvis giftfri miljö, ska belysas.

Energimyndigheten ser stora tekniska möjligheter att ställa om processindustrin, men
fortsatt utvecklingsarbete krävs. Här spelar Industriklivet en central roll för att stödja
den nödvändiga teknikutvecklingen. Ett avgörande hinder för att det ska löna sig att
utveckla och använda de nya teknikerna är dock att de har svårt att konkurrera med
konventionella tekniker. I grunden beror detta på att industrin genom det låga utsläpps-
priset i så liten grad betalar för sina utsläpp. Ett annat hinder gäller utmaningar i att få
fram el och biomassa inom hållbara ramar. Detta aktualiserar inte minst behovet av en
elektrifieringsstrategi.

Uppdraget har genomförts i samverkan med Naturvårdsverket, Verket för innovations-
system (Vinnova) och Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser
(Tillväxtanalys). Tack till alla som varit inblandade i arbetet!

Robert Andréén
Generaldirektör

Innehåll

Sammanfattning	3
1 Inledning	5
1.1 Uppdraget	5
1.2 Bakgrund	5
1.3 Avgränsningar	7
1.4 Läsanvisning	8
2 Tekniska hinder	9
2.1 Järn och stål	9
2.2 Mineral	10
2.3 Kemi och raffinaderi	11
2.4 Övrig metall	14
2.5 Hur långt når åtgärderna?	14
2.6 Sammanfattande slutsatser om tekniska hinder	16
3 Andra hinder	18
3.1 Marknad	18
3.2 Regelverk	22
3.3 Resurstillgång och infrastruktur	25
3.4 Sammanfattande slutsatser om andra hinder	26
4 Vilka miljökonsekvenser får omställningen?	28
4.1 El	28
4.2 Biomassa	30
4.3 Vätgas	33
4.4 Koldioxidavskiljning och lagring/användning	33
5 Vad behöver göras?	35
5.1 Behov av forskning, innovation och demonstration	35
5.2 Behov av styrmedel och andra insatser	39
5.3 Slutsatser och förslag	45
6 Källförteckning	48

Sammanfattning

Stöd till forskning och utveckling är nödvändigt, men bör inte detaljstyras

- För att Sverige senast 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, samtidigt som konkurrenskraften för svensk processindustri stärks, krävs en omfattande teknisk utveckling. Visserligen finns i dag teknik delvis tillgänglig inom de huvudsakliga utvecklingsspåren elektrifiering, biomassa, vätgas samt koldioxidavskiljning och lagring eller användning (CCS/CCU), men teknikerna behöver utvecklas vidare och prövas i större skala innan de blir kommersiellt gångbara.
- De åtgärder som är aktuella i de berörda branscherna har potential att minska de processrelaterade utsläppen med i storleksordningen 65–85 procent. Framför allt handlar det om minskningar i de branscher som har tagit fram klimatfärdplaner, dvs. järn- och stålindustrin och cementindustrin. Däremot behöver kemi och raffinaderi samt övrig metallindustri presentera fler åtgärder för att kunna minska sina utsläpp i motsvarande grad.
- Det finns innovationsrelaterade marknadsmisslyckanden hela vägen från grundläggande forskning till fullskalig investering. För att motverka dessa marknadsmisslyckanden är det avgörande att statliga insatser kan sättas in genom hela innovationsprocessen, både i form av marknadsdrivande styrmedel och ekonomiskt stöd till forskning, innovation och demonstration. Staten har dock ett informationsunderläge jämfört med en fungerande marknad när det gäller att allokera dessa resurser, så därför är det viktigt att stödet ges på ett sätt som så långt möjligt ger förutsättningar för en effektiv fördelning. Då bör stödet inte på förhand detaljstyras till vissa branscher, processer, utvecklingssteg osv. utan utifrån transparenta kriterier och med underlag i de ansökningar som kommer in vid det aktuella utlysningstillfället styras dit pengarna gör mest nytta.
- Industriklivet spelar en central roll för att stödja den teknikutveckling som krävs för att minska industrins processrelaterade utsläpp. Utöver industrispecifika insatser behövs även bredare forskning, innovation och demonstration på energiområdet för att t.ex. säkerställa att omställningen kan ske utan negativa konsekvenser för andra miljömål än klimatmålet och att styrmedel kan utformas för att på ett effektivt sätt styra mot målen. Detta stöd behöver kunna rymma såväl grundläggande forskning som pilot- och demonstrationsverksamhet.

Prissättning är nyckeln, men EU ETS kan behöva kompletteras

- För att industrin ska våga investera i teknisk utveckling krävs inte bara stöd till forskning och utveckling utan det måste också finnas affärsmässiga utsikter för att de nya teknikerna ska kunna bära sig. Att de nya teknikerna i allmänhet är dyrare än befintliga, samtidigt som det i allmänhet är svårt att ta ut merkostnaden på produktpriset, innebär ett avgörande hinder för omställningen och är det hinder som är mest akut att komma till rätta med.
- För att ge incitament att utveckla mer klimatsmarta tekniker måste priset på utsläppen vara högre. EU:s utsläppshandelssystem EU ETS lyckas i dag inte leve-

ra en prissignal som är förenlig med de långsiktiga klimatmålen. Förutom att verka för en ökad ambitionsnivå inom utsläppshandeln kan därför kompletterande åtgärder övervägas, såsom exempelvis ett prisgolv i EU ETS, för att ge större säkerhet om den långsiktiga styrningen. Ytterligare en möjlighet är att ställa klimatkrav i tillståndsprövningen enligt miljöbalken även för anläggningar som ingår i EU ETS. Om klimatstyrningen av konkurrensutsatt industri skärps väsentligt så kan koldioxidtullar vara ett alternativ som kan övervägas i kommande revideringar av EU ETS för att hantera risken för koldioxidläckage.

- Efterfrågan på produkter med god klimatprestanda från konsumenter, företag och offentliga upphandlingar kan utgöra kraftfulla incitament för omställning. För detta krävs dock att produkter med god klimatprestanda kan skiljas från produkter med sämre, vilket i sin tur kräver välkända och pålitliga system för märkning och certifiering

Otydliga eller otidsenliga regelverk kan bromsa, men är i allmänhet inte det stora hindret

- Det är i allmänhet inte hinder i regelverket som främst bromsar omställningen av processindustrin. Det finns dock vissa områden där otydligheter eller snabba förändringar i regelverket kan skapa stora osäkerheter om förutsättningarna för en investering, t.ex. vad gäller beräkningsmetodik för utsläpp. Vidare bör det finnas visst utrymme att förbättra och effektivisera miljötillståndsprövningsprocessen utan att urholka miljöskyddet.

Omställningen kräver tillgång på el, biomassa och andra resurser – inom hållbara ramar

- Omställningen av industrin väntas leda till en kraftigt ökad användning av el och biomassa. För att inte denna omställning ska orsaka ohållbara konsekvenser för andra miljömål måste den kombineras med kraftfulla åtgärder för ökad energi- och annan resurseffektivitet.
- En ökad elektrifiering av industrin, liksom andra delar av samhället, innebär utmaningar i termer av kapacitet och leveranssäkerhet i elnätet. Parallellt med detta kommer elsystemet att ställas om till 100 procent förnybart. Här behövs en elektrifieringsstrategi som kan samordna dessa parallella omställningar, undanröja hinder, ta tillvara möjliga synergier och säkerställa att omställningen sker på ett hållbart sätt.
- Också vad gäller biomassa, CCS/CCU och vätgas behöver staten anta en mer strategisk roll, inte minst vad gäller hållbarhetsaspekter.

1 Inledning

1.1 Uppdraget

För att nå målet om att Sverige senast 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp, kommer det att krävas nya lösningar för att minska industrins processrelaterade utsläpp. Mot den bakgrunden gav regeringen i oktober 2016 i uppdrag åt Energimyndigheten att under perioden 2016–2019 genomföra utlysningar och samordna de statliga innovationsfrämjande insatserna för minskade processutsläpp inom svensk industri.

Senast 31 augusti varje år ska myndigheten lämna en delredovisning med resultat av uppdraget och hur medlen har använts. Föreliggande rapport svarar mot uppdraget att i delredovisningen för 2019 dessutom ”redogöra för vilka tekniska och marknadsmässiga hinder, tillika hinder i regelverken, som enligt myndigheten bedöms föreligga för minskade växthusgasutsläpp från den svenska processindustrin. Myndigheten ska också redovisa vilka insatser inom forskning, innovation och demonstration som bedöms nödvändiga på området för att bidra till att Sverige senast 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp, samtidigt som konkurrenskraften för svensk processindustri stärks. Effekter på andra miljömål, exempelvis giftfri miljö, ska belysas.”

1.2 Bakgrund

Industrin står för en tredjedel av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser (exklusive markanvändning och bunkring för internationella transporter). Av dessa utgör processutsläpp cirka en tredjedel, förbränningsutsläpp knappt två tredjedelar och diffusa utsläpp (vid t.ex. läckage och fackling) cirka 4 procent.¹

Processutsläpp uppstår i samband med industrins processer, främst vid omvandlingen av råvara. Det kan t.ex. handla om koldioxid som frigörs ur kalkstenen vid cementtillverkning eller när kol används som reduktionsmedel vid järntillverkning.

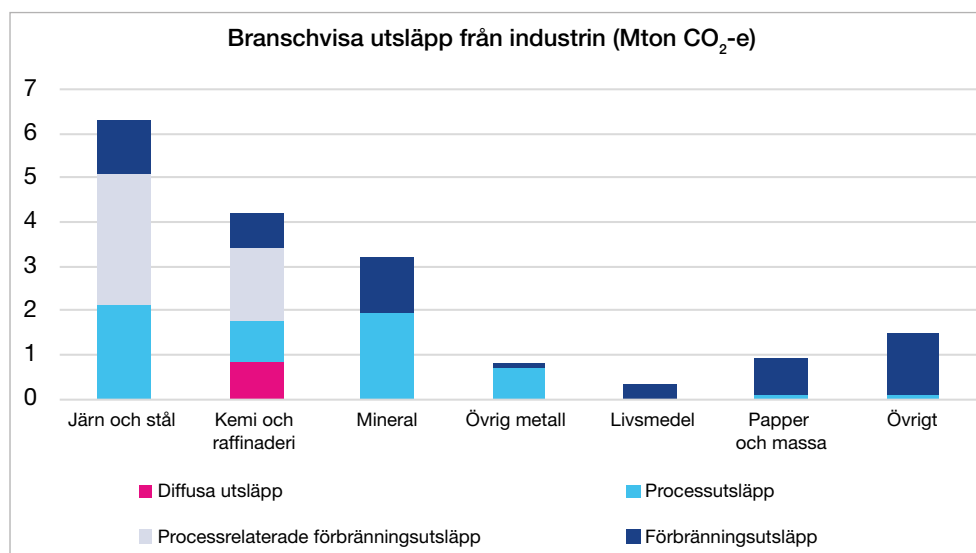
Processutsläpp är tydligt definierat i utsläppsstatistiken. I uppdraget används även begreppet processrelaterade utsläpp, som däremot inte definierats i utsläppsstatistiken. En definition av processrelaterade utsläpp togs fram i samband med nulägesanalysen² inom uppdraget om innovationsfrämjande insatser och har sen använts i Industriklivet. Enligt denna omfattar processrelaterade utsläpp alla processutsläpp men även utsläpp som uppstår vid förbränning av restprodukter från fossila råvaror i tillverkningsprocesser (dessa räknas i statistiken till förbränningsutsläpp), fackling av industriella (fossila) restgaser samt diffusa utsläpp.³

¹ *Fördjupad analys av svensk klimatstatistik 2018.*

² *Nulägesanalys – Underlag till regeringsuppdrag Uppdrag att genomföra innovationsfrämjande insatser för att minska processindustrins utsläpp av växthusgaser, 2017.*

³ I utsläppsstatistiken omfattar processrelaterade utsläpp kategorierna 1A1a (endast interna fossilbaserade bränslen/restgaser), 1A1b (endast interna fossilbaserade bränslen), 1A1c (endast interna fossilbaserade bränslen), 1A2 (interna fossilbaserade bränslen), 1B1c, 1B2a, 1B2c2, 2A, 2B, 2C, 2E och 2H.

I Figur 1 visas hur industrins utsläpp fördelas mellan olika branscher och olika sorters utsläpp. De processrelaterade utsläppen fördelas här på processutsläpp, processrelaterade förbränningsutsläpp och diffusa utsläpp.



Figur 1. Branschvisa utsläpp från industrin i miljoner ton CO₂-ekvivalenter.⁴

En minskning av de processrelaterade utsläppen kan ske med åtgärder på såväl efterfråge- som utbudssidan. I rapporten *The Circular Economy - a Powerful Force for Climate Mitigation*⁵ anges att EU:s utsläpp från tillverkningen av stål, aluminium, cement och plast till 2050 kan minska med 56 procent jämfört med referensscenariot genom en mer cirkulär ekonomi med ökad materialåtervinning, effektivare materialanvändning och nya cirkulära affärsmodeller. Kostnaden för sådana åtgärder är enligt rapporten i allmänhet lägre än för åtgärder i produktionen och i vissa fall rentav negativa (dvs. åtgärderna är lönsamma även utan styrmedel). Denna slutsats stöds även av den analys⁶ som ligger till grund för EU-kommissionens meddelande *En ren jord åt alla – En europeisk strategisk långsiktig vision för en stark, modern, konkurrenskraftig och klimatneutral ekonomi*. I kommissionens analys har det scenario som bygger på en övergång till en cirkulär ekonomi de lägsta energisystemkostnaderna av alla scenarier som uppnår motsvarande utsläppsminskning.

⁴ Beräkningarna baseras på Statistiska centralbyrån, Utsläpp av växthusgaser från industrin efter växt-husgas och bransch. År 1990 – 2017. *Statistikdatabasen* http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0107/MI0107IndustriN/?rxid=044a3d70-6d13-46bb-8a54-80622f75c36b (hämtad 190522). Utsläppen har fördelats enligt definitionerna av process-, förbrännings-, diffusa och processrelaterade utsläpp, där kategorin processrelaterade förbränningsutsläpp skapats för att visa de förbränningsutsläpp som är processrelaterade. Processrelaterade utsläpp som helhet omfattar därmed kategorierna processutsläpp, diffusa utsläpp och processrelaterade förbränningsutsläpp. Baserat på Industrins processrelaterade utsläpp och hur de kan minskas. *En nulägesanalys inom regeringsuppdraget Industrikivet*, ER 2018:24, figur 25, antas 85% av förbränningsutsläppen i raffinaderiindustrin vara processrelaterade medan all annan bränsleförbränning antas röra rena förbränningsutsläpp.

⁵ *The Circular Economy – a Powerful Force for Climate Mitigation*, 2018, s. 6.

⁶ *In-depth analysis in support of the Commission communication COM(2018) 773*, s. 208.

Förutom åtgärder för en mer cirkulär ekonomi kan även materialsubstitution ge värdefulla bidrag till att minska efterfrågan på de material som i dag ger upphov till processrelaterade utsläpp. Det kan t.ex. handla om att ersätta stål och cement med trä i byggnader och ersätta plast med cellulosebaserade fibrer i förpackningar, textil och andra produkter (vilket ger ett lägre behov av biomassa än om fibrerna ska omvandlas till biobaserad plast).⁷

Även om fokus i denna utredning ligger på åtgärder inom industrin är det alltså viktigt att notera att åtgärder utanför själva industrin behöver utgöra en central del om industrins processrelaterade utsläpp ska minskas på ett resurs- och kostnadseffektivt sätt.

1.3 Avgränsningar

1.3.1 Utsläpp

Utredningen behandlar de utsläpp som ingår i den officiella statistiken om växthusgaser, dvs. koldioxid, metan, dikväveoxid och fluorerade gaser. I linje med hur de svenska klimatmålen är formulerade behandlas endast fossilbaserade koldioxidutsläpp i denna utredning, medan insatser som minskar biogena utsläpp betraktas som kompletterande åtgärder.

Utredningen fokuserar på processrelaterade utsläpp enligt definitionen i 1.2, men därutöver berörs även översiktligt vissa förbränningsutsläpp från högtemperaturtillämpningar, då minskningen av dessa utsläpp liksom processrelaterade utsläpp möter större tekniska utmaningar än utsläpp från förbränning vid lägre temperaturer.

1.3.2 Sektorer

Processrelaterade utsläpp finns i flera olika sektorer, men som Figur 1 visar är de starkt koncentrerade till järn och stål, mineral (cement och kalk), kemi och raffinaderi samt övrig metall. Det är därför dessa sektorer som står i fokus för denna rapport.

1.3.3 Åtgärder

I rapporten behandlas endast hinder som begränsar de åtgärder som kan vidtas ”innanför fabriksgrindarna” för processindustrin. Denna avgränsning är dock inte knivskarp. Inte minst vad gäller möjligheten att öka användningen av återvunnet material i industrins processer finns ett flertal hinder där sådant som insamlings- och sorteringssystem ”utanför fabriksgrindarna” påverkar industrins möjligheter att använda det insamlade materialet. Frågan om vilka typer av materialsubstitution som ska anses ligga innanför respektive utanför fabriksgrindarna är inte heller självklar: Medan det t.ex. är svårt att hävda att substitution från cement till trä är en åtgärd som kan vidtas inom industrin är det inte lika uppenbart hur substitution från kalkbaserad cement till andra cementsorter ska betraktas. Även sådana åtgärder behandlas i utredningen, men något mer översiktligt än andra åtgärder.

⁷ *Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors by mid-century*, 2018, s. 33.

1.3.4 Hinder

Enligt uppdraget ska utredningen redogöra för ”tekniska och marknadsmässiga hinder, tillika hinder i regelverken”, utan närmare definition. I utredningen tolkas tekniska hinder som de fall där de tekniker som är kommersiellt tillgängliga i dag inte är tillräckliga för att eliminera utsläppen från en viss process, utan där det krävs fortsatta FoU-insatser för att utveckla och kommersialisera dessa tekniker – eller för att kompensera utsläpp som kvarstår med tekniker för negativa utsläpp. (FoU-insatser, dvs. insatser inom forskning och utveckling, används här synonymt med uppdragsbeskrivningens ”insatser inom forskning, innovation och demonstration”). Andra hinder tolkas som de fall där tekniken finns eller går att få fram men av olika skäl inte används i den utsträckning som krävs. Utöver hinder som uppenbart kan hänföras till marknad eller regelverk behandlas här ett antal hinder kopplade till infrastruktur och resurstillgång då dessa återkommer bland de hinder som lyfts fram av industrin och andra aktörer.

1.4 Läsanvisning

I kapitel 2 behandlas behovet av teknisk utveckling för att nå målet, dvs. det som i utredningen definieras som tekniska hinder. I kapitel 3 behandlas andra hinder, nämligen marknad, regelverk samt resurstillgång och infrastruktur. I kapitel 4 beskrivs vilka konsekvenser omställningen kan ha för andra miljömål än klimatmålet. Slutligen, i kapitel 5, resonerar vi om vad som behöver göras för att undanröja hindren för processindustrins omställning, både i termer av FoU-insatser och av styrmedel och andra insatser.

2 Tekniska hinder

För att veta vilka insatser som krävs för att ställa om processindustrin är det avgörande om hindren i första hand är av teknisk eller annan natur. Är hindren främst tekniska är det angeläget att stödja FoU-insatser, men om tekniken finns men bromsas av annat krävs helt andra lösningar. I praktiken flyter dock dessa hinder lätt ihop, särskilt när en ny teknik närmar sig kommersialisering. Högre kostnader för nya processer, osäkerhet kring råvarutillgång och marknaden för de nya produkterna är exempel på marknads- mässiga snarare än tekniska hinder, men däremot kan teknisk utveckling bidra till att sänka kostnader, vidga råvarubaser, minska osäkerheter och på andra sätt stärka de marknadsmässiga förutsättningarna för den nya tekniken.

I praktiken är det heller inte alltid så enkelt som att bara för att viss teknik används kommersiellt för en viss tillämpning så är det bara att överföra den till en helt annan process, industri, anläggning osv. När en ny teknik ska användas i ett större system kan det krävas anpassningar i andra delar av systemet för att allt ska fungera, vilket i sin tur kan kräva teknisk utveckling.

Nedan ges en översiktlig bild av några av de tekniker som kan vara aktuella för olika processer och vad som eventuellt återstår för att de ska bli kommersiellt tillgängliga. Sammanställningen bygger på industrins färdplaner inom Fossilfritt Sverige och annan litteratur på området.⁸

2.1 Järn och stål

Stål kan antingen produceras från malm (i Sverige 60 procent) eller från skrot (i Sverige 40 procent).⁹ Det är i den malmbaserade produktionen som de stora utsläppen uppstår: 85 procent av stålindustrins koldioxidutsläpp kommer från det kol som används för reduktion av järnmalm, dvs. då järnet och syret i malmen separeras varmed syret reagerar med kolet.¹⁰ Vid tillverkning från skrot behövs inte detta steg, utan skrotet smälts direkt.

Stålindustrin lyfter i sin färdplan¹¹ fram tre lösningar som de viktigaste för att bli fossilfria: vätgasreduktion, biokol och biobaserad gas.

⁸ Se t.ex. *In-depth analysis in support of the commission communication COM(2018) 773, A Clean Planet for all – A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*, 2018, *Industrial Transformation 2050 – Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry*, 2019, *Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors by mid-century*, 2018, Wiesner, *Klimatneutral konkurrenskraft – kvantifiering av åtgärder i klimatfärdplaner*, 2019, samt *Så klarar svensk industri klimatmålen – En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet*, 2019, för en närmare beskrivning av olika omställningsalternativ.

⁹ *Industrins processrelaterade utsläpp och hur de kan minskas. En nulägesanalys inom regeringsuppdraget Industriklivet*, ER 2018:24.

¹⁰ *Klimatfärdplan – För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige*, 2018, s. 29.

¹¹ *Klimatfärdplan – För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige*, 2018, s. 5.

Direktreduktion med vätgas är ett alternativ till järntillverkning i masugnar med kol som reduktionsmedel, vilket är den metod som främst används för malmbaserad produktion i Sverige i dag. När syret i malmen vid reduktionen reagerar med vätgas istället för kol bildas inte koldioxid utan vatten. Den s.k. järnsvamp som blir resultatet av reduktionsprocessen smälts sen i en elektrisk ljusbågsugn för att tillverka stål. Denna metod undersöks i initiativet Hybrit (Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology), som syftar till att hela kedjan från produktion av järnmalmspellet till färdigt stål ska bli fossilfri. I så fall krävs även att vätgasen kan tillverkas fossilfritt i stor skala, så därför undersöks inom Hybrit också möjligheterna för att producera vätgas genom elektrolys med fossilfri el. 2018 inleddes Hybrits pilotfas och därefter planeras för en demonstrationsfas 2025–2035. Planen är att implementera vätgasreduktion i full skala senast till 2040.¹²

Biokol är främst aktuellt för tillverkningen av järnpulver i Höganäsprocessen, som är en annan typ av malmbaserad produktion av järn i Sverige. Kol används som reduktionsmedel och bedöms inte kunna ersättas med andra reduktionsmedel utan att järnpulvrets egenskaper påverkas negativt. Däremot skulle det fossila kolet eventuellt kunna ersättas med ett förädlad biokol, men då krävs ett utvecklingsarbete för att tillverka ett biokol som motsvarar processens krav.

Biobaserad gas kan vara ett alternativ för värmning inför varmbearbetning, som främst sker i bränsleeldade ugnar med temperaturer över 1000°C. I dag är bränslet främst gasol eller naturgas, så en konvertering till biogas eller biogasol skulle kunna göras utan större processförändringar så länge dessa håller motsvarande kvalitet. Elektrifiering av värmningsugnar vid dessa höga temperaturer kräver däremot utveckling och branschen bedömer att värmningsugnar även i framtiden till största delen kommer att behöva bränslen.

Vidare planerar SSAB att ersätta masugnen i Oxelösund med en elektrisk ljusbågsugn. I framtiden kan järnsvamp från direktreduktion med vätgas användas, men inledningsvis kommer råvaran huvudsakligen att utgöras av skrot. Ljusbågsungen planeras att börja byggas under år 2021 och vara i full drift under år 2025. Den måste dock drivas parallellt med kokswerk och masugn under ett par år bl.a. för att säkerställa att den nya ljusbågsugnen klarar av att tillverka alla stålkaliteter.¹³

2.2 Mineral

Mineralindustrin omfattar bland annat tillverkning av glas, porslin, keramik, cement och gips. De största processutsläppen kommer från cement- och kalkproduktionen och uppstår när kalksten hettas upp kraftigt, det vill säga kalcineras, varvid koldioxid frigörs ur kalkstenen. Så länge kalksten används som insatsvara är alltså koldioxidutsläpp en ofrånkomlig del av kalcineringsprocessen. Därmed finns två sätt att minska utsläppen: antingen genom att ersätta kalkstenen med andra material eller att genom att avskilja den koldioxid som frigörs och sen antingen lagra (CCS¹⁴) eller använda (CCU¹⁵) den. För att minska utsläppen genom CCU krävs dock att den infångande koldioxiden

¹² www.hybritdevelopment.com (hämtad 190612)

¹³ *Samrådsunderlag – Tillståndsansökan SSAB Oxelösund*, 2019.

¹⁴ Carbon Capture and Storage

¹⁵ Carbon Capture and Utilisation

används i tillämpningar där den infångade koldioxiden binds mer eller mindre permanent och inte strax återförs till atmosfären igen (se vidare 4.4).

Tekniker för avskiljning, användning och lagring av koldioxid finns kommersiellt tillgängliga redan i dag, men för att få ner energianvändning och andra kostnader krävs fortsatt utveckling, uppskalning och anpassning till befintliga processer. När det gäller att ersätta kalkstenen med andra material är detta något som till viss del redan sker i dag. Förutom själva cementklinkern, som är resultatet av kalcineringsprocessen, ingår en viss mängd gips och andra material i cement. Genom en ökad inblandning av andra bindemedel än klinker har utsläppen från cement kunnat minskas. Dessa andra material utgörs huvudsakligen av kalksten (som bara mals och inte kalcineras), flygaska (en restprodukt vid förbränning i kolkraftverk) och masugnsslagg.¹⁶ Användningen av kalksten begränsas dock av dess förmåga att ingå i reaktionsprocessen.¹⁷ Dessutom kommer tillgången på flygaska och masugnsslagg att minska när el- och industriproduktionen ställer om och kolkraftverk och masugnar fasas ut till förmån för fossilfria lösningar.

Vid sidan av dessa konventionella alternativa bindemedel finns också andra bindemedel och cementsorter som är eller skulle kunna bli aktuella. Deras roll i omställningen begränsas dock av omfattningen av utsläppsminskningar de erbjuder och den begränsade tillgången på råvaror. I allmänhet är tillgången lägst för de ämnen som har högst potential att minska utsläppen.¹⁸

Cementas färdplan inom Fossilfritt Sverige¹⁹ omfattar ett antal åtgärder, där de som direkt rör de processrelaterade utsläppen är utveckling av nya cementsorter med mindre klimatavtryck (i dag främst genom inblandning av slag och flygaska) samt koldioxidavskiljning. Vidare undersöker Cementa tillsammans med Vattenfall i projektet CemZero förutsättningar för en elektrifierad cementproduktion, med målsättningen att kunna fasa ut fossilt bränsle och enklare kunna avskilja den koldioxid som frigörs vid kalcineringen när den inte blandas med övriga rökgaser.

I motsats till cementproduktionen har övrig kalkbaserad mineralindustri inte tagit fram någon färdplan för sitt klimatarbete. Tillverkningen av bränd kalk har dock en liknande problematik som cementproduktion, eftersom koldioxid frigörs när kalkstenen bränns. Denna skulle kunna hanteras med koldioxidavskiljning. Biobränsle kan ersätta en del av dagens fossilbränsle i förädlingsprocesserna, men både bränsleegenskaper samt bränsleförsörjning måste utvecklas. Elektriska uppvärmningstekniker kan användas på sikt men är omogna i dag.

2.3 Kemi och raffinaderi

Inom kemiindustrin är den petrokemiska industrin, vars produktion baseras på petroleum och naturgas samt deras sidoprodukter, mest utsläppsintensiv. Tillverkning av petrokemiska produkter och tillverkning av petroleumprodukter i raffinaderier har många

¹⁶ *Industrial Transformation 2050 – Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry*, 2019, s. 172.

¹⁷ Favier, A., De Wolf, C., Scrivener, K. L. and Habert, G, *A sustainable future for the European Cement and concrete industry*, ETH Zurich, 2018.

¹⁸ *Industrial Transformation 2050 – Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry*, 2019, s. 173.

¹⁹ *Färdplan cement för ett klimatneutralt betongbyggande*, 2018.

likheter då båda processerna använder fossila råvaror och på olika sätt bryter sönder, slår samman eller omformar kolväten till olika slutprodukter. I denna tillverkning uppstår processrelaterade utsläpp då olika restprodukter förbränns. I kemiindustrin finns också rena processutsläpp som till stor del uppstår då råvarorna sönderdelas till enklare byggstenar som sen kan användas för att bygga upp olika kemikalier. Raffinaderiindustrin har inga utsläpp som definieras som processutsläpp, men däremot stora diffusa utsläpp.

För att komma ifrån de processrelaterade utsläppen kommer branscherna antingen att behöva byta råvara eller avskilja den koldioxid som processerna ger upphov till. Den infångade koldioxiden kan sen lagras (CCS), men den kan också användas som råvara i produktionen av kolväten genom att reagera med vätgas (CCU) – dvs. en kombination av råvarubyte och koldioxidavskiljning.

Vätgas är redan i dag en viktig beståndsdel i den kemiska industrin och tillverkas främst från naturgas. Med CCS blir processen nästan koldioxidneutral, dock inte fullt ut då inte all koldioxid kommer att kunna avskiljas. En helt fossilfri vätgasproduktion kan ske genom elektrolys, under förutsättning att elen är fossilfri. Elektrolysteknik är kommersiellt tillgänglig men för att få ner kostnaderna krävs fortsatt teknisk utveckling. Då vätgasen och elektrolysoren ska användas i en komplex processindustri behöver tekniken prövas i mindre skala innan en kommersiell anläggning byggs. Tidsperspektivet här är 3–5 år av förstudier med efterföljande pilot och demonstration på 5–7 år. Situationen för vätgasproduktion från naturgas med CCS är snarlik och en kommersiell anläggning är kanske fem år bort.

2.3.1 Kemi

Kemiföretagen i Stenungsund, som utgör de största kemiföretagen i Sverige, har tagit fram en vision om att verksamheten 2030 ska vara baserad på förnybara och återvunna råvaror.²⁰

Omställningen av dagens kemiindustri bygger på tre delar: (1) återvinning av material, (2) byte av råvaror från fossilbaserade till biobaserade och (3) koldioxidavskiljning.

Den återvinning som främst diskuteras och är störst volymmässigt är plast, men förhållandena är i stor utsträckning desamma för andra polymerbaserade material såsom kompositer, där dock återvinningen försvåras ytterligare av närvaron av fibrer av olika slag. De främsta hindren för återvinning är bristen på ett utbyggt och väl fungerande återvinningssystem för olika plaster och kvaliteter.

Återvinning av plast kan ske genom mekanisk återvinning eller s.k. feedstock-återvinning. I dag används främst mekanisk återvinning, där materialet sönderdelas och smälts, vilket i allmänhet är mindre energikrävande och betydligt mer kostnadseffektivt än feedstock-återvinning. Allt plastavfall kan dock inte hanteras genom mekanisk återvinning, t.ex. när det består av olika sorters plaster som är svåra att separera. Plast som innehåller farliga ämnen som inte bör recirkuleras bör heller inte återvinnas mekaniskt. Inte heller ren och homogen plast kan recirkuleras hur många gånger som helst eftersom plast åldras och då försämras kvaliteten på polymererna. Detta blir ännu mer relevant om nya biologiskt nedbrytbara plaster blir vanligare i återvinningsströmmarna, då dessa

²⁰ <http://kemiforetagenistenungsund.se/>

riskerar att försämra kvaliteten på den återvunna plasten och då det i dag saknas teknik för att sortera ut dem.²¹

Feedstock-återvinning lämpar sig för att återvinna plaster som inte tekniskt kan materialåtervinnas mekaniskt eller för komplexa och kontaminerade plastflöden. Metoden innebär att polymerkedjorna i plasten bryts ner till sina beståndsdelar, som sen kan användas för att tillverka ny plast eller andra kemiska produkter. Det finns ett antal olika tekniker för feedstock-återvinning som prövats i pilotskala, så nu är det snarare en fråga om att applicera, anpassa och optimera teknikerna från pilotskala till kommersiellt gångbara lösningar. Annars handlar hindren främst om att det krävs kostsamma och riskfyllda investeringar.²²

Biobaserade råvaror får i dag en större marknad och efterfrågan ökar. Det rör sig om två utvecklingslinjer: att ersätta en befintlig polymer med en biobaserad eller att utveckla nya polymerer som ersätter befintliga fossilbaserade. För att funktionen ska kunna garanteras även med nya polymerer krävs ett omfattande utvecklingsarbete.

Om polymerernas byggstenar, i första hand olefiner (omättade kolväten, t.ex. eten), metan, metanol och vätgas, ska vara biobaserade krävs ett omfattande arbete som spänner från grundläggande forskning till pilotprojekt. Ett stort forsknings- och utvecklingsarbete har redan gjorts och görs när det gäller förnybar metan, metanol och vätgas för andra tillämpningar men det kvarstår utvecklingsarbete. Olefinerna däremot är unika för polymertillverkning.

2.3.2 Raffinaderi

Omställningen av raffinaderiindustrin består av två huvudsakliga delar: (1) byte av råvaror från fossilbaserade till bioråvaror och (2) koldioxidavskiljning. Vidare kan åtgärder för att minska läckage bidra till att minska de diffusa utsläppen.

Byte till biobaserade råvaror rymmer ett aktivt forskningsfält. I dag tillsätts små volymer biobaserade ämnen till vissa raffinaderiprodukter, t.ex. tallolja i diesel, men det finns också planer för nya anläggningar där lignin ersätter en del av råvaran i raffinaderier. Utveckling av nya tillsatser som kan ersätta delar av den fossila råoljan kräver allt från grundläggande forskning till pilotanläggningar.

Vilka insatser som krävs beror på hur marknaden kommer att se ut. Om dagens kolväten (bensin, diesel, fotogen etc.) även i framtiden kommer att dominera marknaden kommer mycket av dagens raffinaderiinfrastruktur att användas även om produkterna är biobaserade. Om övergången till bioråvaror däremot innebär att produkterna förändras (t.ex. till metan, alkoholer, etrar etc.) så krävs i stort sett helt nya anläggningar. Även om delar och olika processer provats och utvecklas i olika skalor krävs det en stor insats för att realisera ett raffinaderi som producerar dessa nya produkter.

²¹ SOU 2018:84.

²² Ibid.

2.4 Övrig metall

I övrig metallindustri ingår produktion av andra metaller än stål. Detta inkluderar bland annat framställning av basmetallerna koppar, zink och bly, ädelmetaller samt aluminium.²³ Industrin har inte tagit fram någon gemensam färdplan för klimatarbetet, utan nedanstående beskrivning baseras på IVA-rapporten *Så klarar svenskindustri klimatmålen*²⁴.

Då det i Sverige endast finns några enstaka anläggningar av respektive metall handlar det om för Sverige unika processer som ska förändras. Därför hamnar ett stort utvecklingsansvar på enskilda företag.

Den största källan till utsläpp från metallverken är det kol som används i reduktionsprocesserna både i form av elektroder vid aluminiumtillverkning och koks i ferrolegeringstillverkning och metallproduktion (koppar, zink, bly). Kol och koks skulle kunna bytas mot biokol, men forskning krävs för att utveckla ett biokol som uppfyller processkraven.

För att minska utsläppen från förbränning i stödprocesserna skulle fossila bränslen kunna ersättas av biobränslen. Användandet av biobränslen i metallurgiska processer har testats och utvärderats men ännu saknas tester och tillämpning i större skala.

Utsläppen från metallframställningen kan också minskas genom ökad återvinning. Vid återvinning av metall från elektronikmaterial separeras plast och andra material ut så långt som möjligt. I kvarvarande delar är dock plast och metall mycket tätt sammanlänkade, exempelvis i kretskort, vilket innebär att det sker viss förbränning av plast. På sikt kan nya krav på produktdesign ge möjlighet till ytterligare demontering och utsortering, vilket kan minska förbränningen av plast och de koldioxidutsläpp det medför.

2.5 Hur långt når åtgärderna?

Det finns några studier²⁵ som försökt uppskatta hur mycket den svenska industrins utsläpp kan minska utifrån de åtgärder som presenteras i färdplanerna eller utifrån andra bedömningar. Dessa omfattar dock inte enbart processrelaterade utsläpp och blir därmed inte helt relevanta utifrån denna rapportens avgränsningar. Utifrån den kvantifiering av åtgärder som beskrivs av Wiesner²⁶ går det dock att göra en bedömning av vilka av utsläppsminskningarna som avser processrelaterade utsläpp. Då åtgärderna är beskrivna på en relativt aggregerad nivå är det inte alltid knivskarpt vilken typ av utsläpp som

²³ *Industrins processrelaterade utsläpp och hur de kan minskas. En nulägesanalys inom regeringsuppdraget Industriklivet*, ER 2018:24, s. 53.

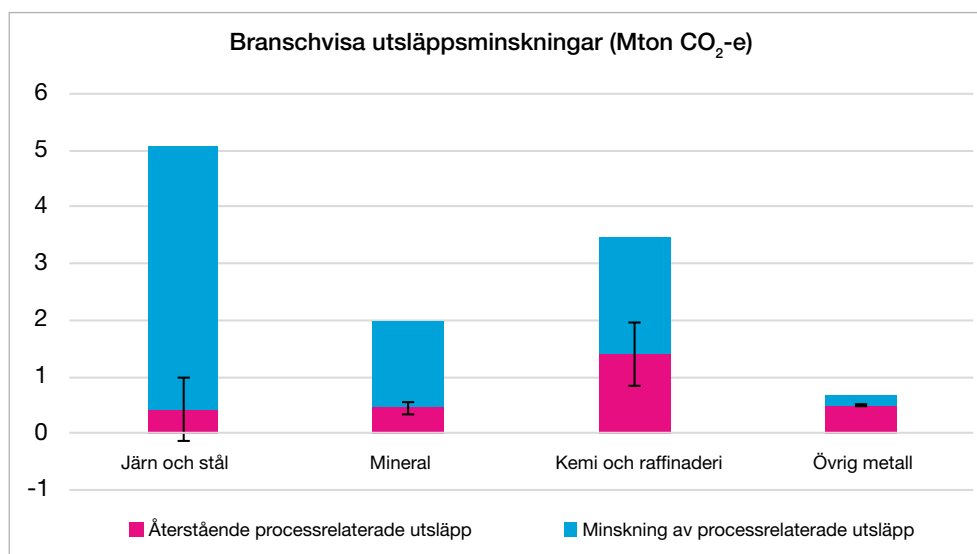
²⁴ *Så klarar svenskindustri klimatmålen. En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet*, 2019, s. 34.

²⁵ Wiesner, *Klimatneutral konkurrenskraft – kvantifiering av åtgärder i klimatfärdplaner*, 2019, samt *Så klarar svensk industri klimatmålen – En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet*, 2019.

²⁶ Wiesner, *Klimatneutral konkurrenskraft – kvantifiering av åtgärder i klimatfärdplaner*, 2019, s 15–17.

omfattas, så i dessa fall har en bedömning fått göras om hur stor andel av åtgärden som kan räknas till processrelaterade respektive andra utsläpp.²⁷

I Figur 2 jämförs dessa framräknade utsläppsminskningar med dagens processrelaterade utsläpp i berörda branscher. Sammantaget landar minskningen på 64–84 procent, där utsläppsminskningarna i både absoluta och relativa tal är störst i järn- och stålindustrin och minst i övrig metallindustri. Överlag är det tydligt att de branscher som tagit fram klimatfärdplaner, dvs. stål och cement, visar större potential för minskade utsläpp än de branscher som inte tagit fram egna färdplaner utan där Wiesners framräknade utsläppsminskningar i stället baseras på ett konstruerat scenario med tänkbara åtgärder. Om/när dessa branscher presenterar egna färdplaner kan det alltså röra sig om helt andra åtgärder och helt andra storleksordningar på utsläppsminskningarna.



Figur 2. Minskningar av processrelaterade utsläpp om industrins färdplaner eller motsvarande genomförs.

²⁷ För Hybrit har 100 % av utsläppsminskningen antagits vara processrelaterad, för CCS i kemi 75 % (källa: *Industrins processrelaterade utsläpp och hur de kan minskas. En nulägesanalys inom regeringsuppdraget Industriklivet*, ER 2018:24, avsnitt 4.2) och för CCS/CCU i gruvor och mineral 70 %, där de senare till 60 % fördelats till övrig metall och 40 % till mineral (källa: Statistiska centralbyrån, Utsläpp av växthusgaser från industrin efter växthusgas och bransch. År 1990–2017. *Statistikdatabasen* http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0107/MI0107IndustriN/?rxid=044a3d70-6d13-46bb-8a54-80622f75c36b, hämtad 190522).

2.6 Sammanfattande slutsatser om tekniska hinder

Processindustrins omställning handlar om områden av olika art och med olika inriktning: nya insatsvaror/råvaror, nya processer och/eller nya energibärare samt åtgärder för att förhindra att de växthusgaser som uppstår hamnar i atmosfären. Utifrån de färdplaner och andra underlag som finns framträder dock en bild med fyra huvudsakliga utvecklings-spår som i högre eller lägre grad är gemensamma för de aktuella branscherna:

- **Elektrifiering:** Elektrifiering minskar inte i sig självt de processrelaterade utsläppen men kan vara en del av en helhet som förbättrar förutsättningarna för andra förändringar av processen, som i sin tur minskar de processrelaterade utsläppen. T.ex. gör elektrifiering av cementugnar det enklare att avskilja koldioxiden från processen, och övergången till vätgasbaserad direktreduktion av järnmalm medför inte bara att stora mängder el går åt till att producera vätgasen utan också att masugnen ersätts med en elektrisk ljusbågsugn.
- **Biomassa:** Biomassa kommer att behövas för att ersätta både fossil råvara och fossila bränslen. Det senare minskar visserligen inte de processrelaterade utsläppen, men i tillämpningar med mycket höga temperaturer (över 1000°C) är de tekniska utmaningarna mer betydande än för bränslebyte vid lägre temperaturer. Förutom anpassning av utrustningen kan även nya biobränslen behövas tas fram som är anpassade för respektive process, vilket kan innebära åtskilliga års FoU innan biobaserade bränslen kan vara ett alternativ för alla relevanta processer.
- **Vätgas:** Vätgas producerad av fossil naturgas används redan i dag som råvara i kemi- och raffinaderiindustrin, så här blir utmaningen att producera vätgasen utsläppsfritt, antingen genom elektrolys med fossilfri el eller genom att skilja av den koldioxid som uppstår i den naturgasbaserade processen. Inom järn- och stålindustrin skulle däremot vätgas, producerad genom elektrolys, bli ett helt nytt inslag i en helt ny process.
- **CCS/CCU:** Givet den begränsade tillgången på i dag kända alternativa bindemedel med stor utsläppsminskningspotential framstår koldioxidavskiljning i dagsläget som det huvudsakliga alternativet för att uppnå mer omfattande minskningar av processutsläppen i mineralindustrin. Även kemi och raffinaderi visar visst intresse för CCS/CCU.

Vidare kommer energi- och annan resurseffektivisering, inte minst av de nya processerna, att vara avgörande för att omställningen ska kunna ske på ett hållbart sätt. Som visas i kapitel 4 riskerar omställningen, utan ytterligare åtgärder för energi- och annan resurseffektivisering, att leda till negativa konsekvenser för andra miljömål än klimatmålet. För att undvika detta, och för att frigöra resurser för tillämpningar som direkt minskar de processrelaterade utsläppen, kommer därför även effektiviseringsåtgärder riktade mot förbränningsutsläpp indirekt att öka möjligheterna att minska de processrelaterade utsläppen.

I dag finns teknik delvis tillgänglig för alla nämnda utvecklingsspår, men enskilda tekniker behöver sättas samman i nya system under nya förutsättningar, där teknikerna behöver anpassas till aktuell industrisektor och/eller anläggning samt skalas upp och integreras i en ny eller befintlig process. Om teknikerna visar sig framgångsrika – och om andra hinder än de tekniska övervinns så att teknikerna också kommer till användning – kan en stor andel av de processrelaterade utsläppen i järn- och stålindustrin och

cementindustrin – de branscher som tagit fram färdplaner – upphöra. Däremot behöver kemi och raffinaderi samt övrig metall presentera fler åtgärder för att kunna minska sina utsläpp i motsvarande grad. Även om så sker, och om alla de tekniker som planeras för blir framgångsrika, finns dock behov att ytterligare teknisk utveckling om utsläppen helt ska upphöra.

Såsom klimatmålet är formulerat krävs visserligen inte att utsläppen elimineras helt, utan 15 procent av utsläppen (basåret 1990) kan kvarstå om de kompenseras med kompletterande åtgärder såsom ökad kolsänka i skog och mark, bio-CCS och klimatåtgärder i andra länder. Det är dock flera sektorer som kan komma att konkurrera om detta utsläppsutrymme. I scenarioanalyser som gjorts i arbetet med att ta fram klimatmålen görs bedömningen att kvarvarande utsläpp 2050 främst kommer att härröra från jordbrukssektorn, processutsläpp från industrin, metan och lustgasutsläpp från förbränningsprocesser samt från övrig hantering av organiska substanser i olika delar av samhället (avloppsreningsverk, rötning, lösningsmedel) men även från förbränning av (plast)avfall.²⁸ Även om de processrelaterade utsläppen alltså inte kommer att behöva upphöra helt för att nå 2045-målet så finns fortfarande ett omfattande behov av åtgärder för att industrins utsläpp, tillsammans med övriga sektorer, ska rymmas inom målet – inte minst då Sverige efter 2045 ska uppnå negativa utsläpp. Utifrån genomgången i detta kapitel står det klart att insatser för teknikutveckling ingalunda torde vara hela lösningen men väl en del av den.

²⁸ SOU 2016:21

3 Andra hinder

Även om en viss teknik är kommersiellt tillgänglig så kan hinder inom marknad, regelverk osv. medföra att den inte används. I följande genomgång, baserad på såväl de färdplaner som vissa av branscherna tagit fram inom Fossilfritt Sverige som på annan litteratur och egna analyser, ges exempel på sådana hinder.

3.1 Marknad

3.1.1 *Alternativa processer är för dyra...*

Ett återkommande tema i industriernas färdplaner är att de alternativa processerna och råvarorna i allmänhet är dyrare än de konventionella. Detta är inte förvånande: hade alternativen tvärtom varit billigare hade industrin sannolikt redan använt dem. I vissa fall är alternativen helt enkelt dyrare i sig, kanske för att de innebär ytterligare processsteg eller en mer svårhanterlig råvara. I andra fall skulle de inte behöva vara dyrare om industrin började från noll, men så är ju inte fallet. Tvärtom har industrin under lång tid investerat i dagens utsläppstunga processer, vilket skapat ett stigberoende som gör det kostsamt att byta spår.

Detta stigberoende kan yttra sig på olika sätt. Det mest uppenbara är kanske att produktionsutrustningen ofta har en mycket lång teknisk livslängd, vilket gör det dyrt att av klimatskäl byta ut den dessförinnan. I omställningen till nya processer och råvaror är det inte bara fysiskt kapital i form av utrustning och anläggningar som kan bli värdelösa, utan det gäller även humankapital i form av medarbetarnas kunskap och i vissa fall socialt kapital om uppbyggda aktörsnätverk förändras. Omställningen ställer därmed inte bara nya krav på anpassningar av utbildningar på olika nivåer utan också på utbildningsinsatser för befintliga medarbetare.

Stigberoende kan uppstå av det enkla skälet att industrin, precis som alla andra, blir bra på det man gör. Nya processer kommer sannolikt inledningsvis att vara mindre effektiva än processer som utvecklats och optimerats under decennier. Stigberoende kan också vara ett resultat av tekniska beroenden, där förändringar i en del av processen ger följdverkningar i andra delar. Ett exempel är om en viss process ger upphov till överskottsenergi och där senare delar av processen utformas för att nyttja denna energi. Om processen då ändras så att överskottsenergin upphör, t.ex. genom att fossila bränslen som gett upphov till restgaser ersätts med el, behöver restgaserna ersättas med annan energi. Detta, och andra processförändringar, kan i sin tur begränsas av sådant som de logistiska förutsättningarna för nya råvaror eller energibärare på anläggningen.

Ett annat exempel är att det ofta finns skalfördelar i produktionen som avgör vilka volymer som måste till för att nå lönsamhet. Detta kan skapa inträdesbarriärer för aktörer som skulle vilja konkurrera med nya lösningar utanför den etablerade branschlogiken. Ett exempel från cementindustrin gäller potentiella aktörer som inte är beroende av befintliga råmaterial utan skulle vilja konkurrera med nya cementsorter som inte baseras på kalksten. Inom cementindustrin skapas dessutom ytterligare inträdesbarriärer av att dagens cementindustri är integrerad uppströms mot kalkbrytning och nedströms mot betongtillverkning och byggande, där dessa aktörer dessutom är de som

förhandlar om nya cementstandarder. Det finns inga starka aktörer som industriellt driver utvecklingen mot alternativa bindemedel i Sverige eller övriga Europa som dessutom har inflytande över framtida cementstandarder.²⁹

Om de högre kostnaderna beror på alternativens inneboende egenskaper är förutsättningarna för framtida kostnadsreduktioner rimligen mindre än om de högre kostnaderna beror på stigberoende. I de senare fallet är det framför allt en fråga om omställningskostnader under en övergångsperiod, där kostnaderna kan väntas sjunka när industrin anpassats till en ny branschlogik. Icke desto mindre kommer även övergående kostnader att utgöra ett hinder om det är ett alternativ att till lägre kostnad fortsätta som vanligt.

3.1.2 ... eller konventionella processer för billiga

Att alternativa processer och råvaror kan vara dyrare än konventionella är inget unikt för industrin. Det som däremot skiljer industrin från många andra sektorer som t.ex. transporter är att prissättningen av koldioxid av konkurrensskäl är mycket låg. Processindustrin ingår i EU:s system för utsläppshandel, EU ETS. Internationellt konkurrensutsatt industri tilldelas gratis utsläppsrätter på basis av produktiktmärken för branschen, vilka ska motsvara de mest utsläppsnåla anläggningarnas utsläpp. Företagen behöver därutöver köpa utsläppsrätter i den mån anläggningens utsläpp överstiger gratistilldelningen. Däremot betalar anläggningar i Sverige ingen koldioxidskatt och enbart 30 procent av normal energiskattesats. Om de fossila bränslena används som råvara, t.ex. i kemiindustrin, betalas ingen koldioxid- eller energiskatt alls.

Priset på utsläppsrätter ligger i dagsläget på ca €25/ton³⁰. Detta kan jämföras med olika uppskattningar om åtgärds kostnader för de nya processer och andra lösningar som krävs för att ställa om processindustrin, såsom *Industrial Transformation 2050 – Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry* som uppskattar åtgärds kostnaderna till i genomsnitt €75–91/ton.³¹ I *Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors by mid-century*, är spannet högre både mellan hög- och lågkostnadscenarier och framför allt mellan branscher och motsvarar i euro ca €22–260/ton.³²

Utsläppspriset kan också jämföras med den svenska koldioxidskatten som ligger på 1,18 kr/kg, dvs. motsvarande drygt €110/ton eller drygt fyra gånger så högt. Anläggningar inom EU ETS har därmed betydligt svagare ekonomiska incitamentet att minska utsläppen än sektorer som omfattas av koldioxidskatt och full energiskatt. Under dessa förhållanden kan det förmodas att företag inom industrin har en lägre betalningsvilja för förnybara alternativ, såsom biomassa. Denna skillnad förstärks ytterligare i sektorer där biomassaanvändningen subventioneras, såsom inom elproduktion där biobränslen berättigar till elcertifikat. Denna skillnad i styrning kan resultera i att begränsade resurser som biomassa i första hand köps upp av sektorer utanför utsläppshandeln, då dessa pga. de starkare styrmedlen är beredda att betala mer.

²⁹ Ibid, s. 89, 102.

³⁰ Montel.

³¹ *Industrial Transformation 2050 – Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry*, 2019.

³² *Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors by mid-century*, 2018.

3.1.3 Svårigheter att ta ut högre pris för klimatsmarta produkter

Flera studier³³ visar att merkostnaden för klimatanpassade processer i basindustrin skulle utgöra en mycket liten del av priset på slutprodukter som bilar, hus osv. – i storleksordningen 1 procent. Basindustrin säljer dock inte bilar och hus utan stål, cement, baskemikalier osv. Här skulle merkostnaden bli betydligt högre – från i storleksordningen 20 procent (stål) till uppemot det dubbla (cement). Om en sådan omställning ska gå att motivera företagsekonomiskt måste industrin kunna ta ut kostnadsökningen som ett högre pris för sina produkter.

Större delen av industribranscherna producerar i stort sett homogena bulkprodukter/material (särskilt kemi och cement) som främst konkurrerar med priset, vilket gör det svårt att ta ut kostnadsökningar som ett prispåslag.³⁴ Svenskt stål är visserligen sen flera decennier nischat mot specialstål som betingar ett högre pris än enklare stål, men stålindustrin upplever att den internationella priskonkurrensen även påverkar de starkt nischade stålföretagen.³⁵

Om företag ändå ska kunna ta ut ett högre pris behöver det finnas en efterfrågan på produkter med högre klimatprestanda. Till viss del kan svenska styrmedel påverka efterfrågan på produkter med bra klimatprestanda genom exempelvis krav i byggregler eller offentlig upphandling. Dock exporteras en stor del av produkterna, framförallt inom järn och stål samt kemi och raffinaderi där exportvärdena uppgår till nästan 70 procent respektive 83 procent av produktionsvärdena³⁶, vilket begränsar möjligheten att påverka efterfrågan genom svenska styrmedel. Cement däremot säljs till största del inom landet på grund av höga transportkostnader, vilket ger en större möjlighet för svenska styrmedel att påverka efterfrågan.³⁷

För att kunder – offentliga eller privata – ska kunna efterfråga produkter med högre klimatprestanda måste det gå att mäta och synliggöra denna klimatprestanda på ett sätt som kunderna kan förstå och lita på, trots att detta kan vara mycket komplext. Här finns en rad utmaningar som t.ex. vilka emissionsfaktorer som används för el, vilket ger stort utslag i resultatet. Att nya beräkningsmetoder för märkning accepteras internationellt är avgörande för stora delar av den svenska processindustrin då mycket av produktionen exporteras.

Utän erkända metoder för att mäta klimatprestanda tvingas de kunder som vill upphandla mer klimatsmarta produkter att använda mer trubbiga metoder, såsom att efterfråga precis vilket material (t.ex. trä) som efterfrågas i stället för att efterfråga det material som har de lägsta livscykelutsläppen i den aktuella tillämpningen (även om det t.ex. skulle visa sig vara en ny cementsort). På så sätt minskar drivkrafterna för att utveckla nya, innovativa material.

³³ T.ex. *Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors by mid-century*, 2018, och *Industrial Transformation 2050 – Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry*.

³⁴ Karltorp m.fl., *Statens roll för klimatomställning i processindustrin*, 2019.

³⁵ *Klimatfärdplan – För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige*, 2018, s. 25, 69.

³⁶ *Industrins processrelaterade utsläpp och hur de kan minskas. En nulägesanalys inom regeringsuppdraget Industriklivet*, ER 2018:24.

³⁷ Karltorp m.fl., *Statens roll för klimatomställning i processindustrin*, 2019.

Bristen på erkända märkningar och standarder försvårar också för industrin att minska sina utsläpp genom att ersätta jungfrulig råvara med återvunna material. Sådana utsläppsminskningar kan antingen ske direkt i processen om t.ex. fossil råvara ersätts med återvunnen plast eller indirekt om behovet av processen i fråga minskar genom t.ex. en högre andel skrotbaserad jämfört med malmbaserad tillverkning av olika metaller. I båda fallen krävs det utförlig information om innehållet i de material som ska återvinnas för att i nästa steg kunna garantera att den nya produkten håller utlovad kvalitet och inte exempelvis innehåller farliga ämnen från tillsatser eller legeringar i det återvunna materialet. Här handlar det alltså inte nödvändigtvis om att få konsumenten att vilja betala mer för en mer klimatsmart produkt utan om att konsumenten ska lita tillräckligt på produktens kvalitet för att vilja betala för den överhuvudtaget.

Svårigheten att ta ut ett högre pris påverkar också industrier som vill underlätta användningen av återvunna material genom att redan från början utforma produkter så att de är lätta att återvinna. Ett högre pris skulle kunna ge tillverkare av produkter incitament att designa dessa för att underlätta högvärdig återvinning, men då eventuell återvinning först sker åtskilliga steg längre fram i värdekedjan saknas i allmänhet sådana incitament i dag. Det har t.ex. resulterat i att många plastdetaljer utformas på ett sätt som försvårar eller omöjliggör återvinning, vilket minskar plastens värde vid återvinning. Producenterna bär inget av kostnaden så länge de inte har något ansvar för återvinningen av produkterna, och så länge kunderna inte är beredda att betala mer för att produkten i ett senare skede ska kunna återvinnas så kan inte producenten ta ut eventuella merkostnader på produktpriset.

Detta behöver dock nyanseras något, då renare avfallsfraktioner i flera fall kan betinga ett högre pris. Dessutom har införandet av producentansvar för vissa produktkategorier bl.a. bidragit till att biltillverkare (som omfattas av producentansvar) gått mot att utveckla bilar som är lättare att demontera och därmed ger bättre fraktioner. Också tillverkare av plastförpackningar har nyligen fått stärkta incitament inom producentansvaret, då den avgift tillverkarna av plastförpackningar betalar differentierats i två nivåer. Plastförpackningar som klarar vissa krav som gör dem lättare att återvinna har därmed en lägre avgift än andra plastförpackningar.³⁸ Producentansvar för plast finns dock bara för förpackningar, bilar och elektriska produkter, medan det för andra användningsområden för plast helt saknas producentansvar.

3.1.4 Risk/osäkerhet

Flera av aktörerna lyfter i sina färdplaner fram att de nya teknikerna är förknippade med betydande risker. Detta gäller inte bara de marknadsmässiga förutsättningarna, men behandlas bland de marknadsmässiga hindren i detta avsnitt eftersom ju högre riskerna är, desto större behöver den förväntade avkastningen vara för att motivera risktagandet.

Tillväxtanalys³⁹ delar in risker i risker kopplade till den teknik som utvecklas (teknologisk risk), utseendet och organiseringen av den framtida marknaden (marknadsrisk) och politiska målkonflikter och utformning av politiken (institutionell risk). En kombination av dessa tre risker är dessutom ofta förekommande. Betydelsen av höga risker

³⁸ Ny avgiftsstruktur för plastförpackningar, <https://ftiab.se/2509.html> (hämtad 190516).

³⁹ Vad är statens roll i omställningen till klimatneutrala konstruktionsmaterial?, 2018, s. 12.

inom hållbarhetsområdet understryks ytterligare av att själva kontexten för sådana investeringar ofta kännetecknas av en genuin osäkerhet: en omogen marknad, osäkerhet kring vilka potentiella teknikval som kan vara de rätta och att framtida köpare och leverantörer till del ännu är okända. En ytterligare konsekvens blir då att privata aktörer på kapitalmarknaderna kan få stora svårigheter att bedöma dessa risker, vilket kan leda till utebliven finansiering. Riskerna för kapitalintensiva investeringar inom hållbarhetsområdet är ibland för höga för att privata aktörer ska vara villiga att göra långsiktiga investeringar av sådan omfattning som är önskvärt utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Förutom risker förknippade med tekniken som sådan lyfter flera aktörer⁴⁰ marknadsrisker och institutionella risker kopplade till tillgången på resurser som biomassa och el. Dessa osäkerheter kan handla om i vilken utsträckning det går att få fram de mängder industrin efterfrågar till de priser industrin är beredd att betala, liksom hur politik och allmänhet kommer att bedöma legitimiteten i t.ex. vissa bioråvaror. Här spelar framtida styrmedelsutformning en stor roll.

För material som regleras i olika standarder kan osäkerheten om framtida utveckling av standarderna utgöra en marknadsrisk. Enligt Karltorp m.fl. finns det en kombination av okunskap, oro och försiktighet i byggbranschen inför nya standarder och material då alternativa bindemedel kan påverka torktider och cementens egenskap både positivt och negativt.⁴¹

Ytterligare osäkerheter kopplar till finansiering av FoU-insatser. Många av de insatser som krävs för att utveckla ny fossilfri teknik behöver pågå under lång tid, och för att industrin ska våga göra egna investeringar i tekniken behöver finansieringen kunna garanteras under hela projektperioden.⁴²

Tillståndsprocessen för miljötillstånd och liknande processer påverkar den institutionella risken, se också kapitel 3.2. Här, liksom för övriga risker, är det viktigt att notera att det som avgör om något blir ett hinder för investeringar är om aktörerna själva uppfattar det som en stor risk, snarare än hur riskabelt något rent faktiskt är. Däremot är lösningarna olika om det rör sig om en faktisk risk eller en upplevd risk som kan informeras bort.

3.2 Regelverk

3.2.1 Miljötillstånd

Tillstånd för miljöfarlig verksamhet (miljötillstånd) och liknande regleringar/tillståndskrav enligt miljöbalken m.fl. är en viktig del av miljöskyddslagstiftningen, som genom de villkor som ställs kan bidra till att driva på utvecklingen av miljöförbättrande teknik, processer etc. Emellertid finns det också delar av tillståndsprocessen som industrin upplever som hinder för omställningen. Exempelvis menar stålindustrin att tillståndsprocessen i Sverige tar lång tid och kräver omfattande underlag och att möjligheterna till överklaganden gör det svårt att planera för förändringar. Sammantaget menar stålindustrin att osäkerheten om hur lång tid tillståndsprocessen kan ta och vilka villkor

⁴⁰ Bl.a. *Klimatfärdplan – För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige*, 2018, och Karltorp m.fl., *Statens roll för klimatomställning i processindustrin*, 2019.

⁴¹ Karltorp m.fl., *Statens roll för klimatomställning i processindustrin*, 2019, s. 99.

⁴² *Klimatfärdplan – För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige*, 2018, s. 85.

som ska uppfyllas kan vara en begränsande faktor vid beslut om investeringar när tidsplaneringen för åtgärden är kritisk.⁴³

Utredningen *Anpassad miljöprövning för en grön omställning*⁴⁴ hade under 2018 till uppdrag att undersöka om det nuvarande systemet för miljöprövning av miljöfarlig verksamhet är utformat på ett sätt som främjar investeringar som driver teknik- och metodutvecklingen mot minskad negativ miljöpåverkan. Utredningen skulle även lämna förslag på hur systemet kan verka främjande för sådana investeringar och därigenom bidra till en effektivare och mer ändamålsenlig miljöprövningsprocess.

I utredningen redovisas inkomna synpunkter från Svenskt Näringsliv som framfört att tillståndsprövningen upplevs som administrativt svårarbetad och därför skulle kunna motverka teknik- och metodutveckling, samt att utrymmet för ändringsansökningar och ändringar endast efter en anmälan bör utökas. Utredningen föreslår att frågan bör utredas vidare och att förtydliganden bör göras för att bestämmelserna ska vara lättare att tolka och tillämpa. Utredningen konstaterar vidare att det med nuvarande lagstiftning är svårt att ompröva befintliga verksamheter och på det sättet få till stånd miljöförbättringar.

Vid sidan om själva reglernas utformning är det en avgörande fråga för att åstadkomma en effektiv tillståndsprocess hur reglerna tillämpas. I utredningen berörs också aspekter som kompetent hantering, tydlig processledning, flexibilitet i det enskilda fallet och lyhörddhet i intresseavvägningarna, där utredningen ser möjligheter till effektiviseringar genom ett löpande och strategiskt arbete hos framför allt prövningsmyndigheterna.

3.2.2 CCS

Ett område där hindren i regelverken är särskilt framträdande är CCS. Dessa frågor är föremål för särskild utredning⁴⁵ som till januari 2020 ska identifiera brister och hinder i lagstiftningen för hela CCS-kedjan och lämna författningsförslag för att undanröja dessa brister och hinder där så är relevant. I direktiven till utredningen uppges att det finns ett flertal juridiska frågor som behöver analyseras vidare, bl.a. kopplade till tillsyn, tillstånds- och miljöprövning för hantering, transport, export och lagring av koldioxid. Specifikt nämns hur möjligheterna att exportera koldioxidströmmar och lagra koldioxid påverkas av Londonprotokollet om förhindrandet av havsföroreningar till följd av dumpning av avfall och annat material och 1992 års konvention om skydd av Östersjöområdets marina miljö (Helsingforskonventionen), liksom i vilken utsträckning Sveriges genomförande av det s.k. offshoredirektivet⁴⁶ påverkar möjligheterna till geologisk lagring av koldioxid. Med hänvisning till denna utredning behandlas dessa frågor inte vidare här.

⁴³ *Klimatfärdplan – För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige*, 2018, s 72–73.

⁴⁴ DS 2018:38

⁴⁵ M 2018:07 *Utredningen om kompletterande åtgärder för att nå negativa utsläpp av växthusgaser*.

⁴⁶ Europaparlamentets och rådets direktiv 2013/30/EU om säkerhet för olje- och gasverksamhet till havs och om ändring av direktiv 2004/35/EG

3.2.3 Förnybartdirektivet

För raffinaderiindustrin är en väsentlig fråga hur utsläppsminskningarna från att övergå till biobaserade bränslen ska beräknas, eftersom detta påverkar hur mycket bränslena gynnas av styrmedel som den svenska reduktionsplikten. För biodrivmedel och flytande biobränslen regleras detta av det omarbetade förnybartdirektivet⁴⁷, som trädde i kraft den 24 december 2018 och ska vara genomfört senast den 30 juni 2021. Förnybartdirektivets beräkningsregler används också i den svenska reduktionsplikten.

Ett fall där förnybartdirektivets beräkningsregler – eller motsvarande i beräkningsregler i den svenska reduktionsplikten – kan bli helt avgörande är planerna på fossilfri produktion av vätgas, som bl.a. behövs i tillverkningen av drivmedel och då särskilt förnybara sådana. I dag tillverkas vätgasen från fossil naturgas, men nu undersöker Preem möjligheten att i stället tillverka vätgasen genom elektrolys, dvs. av el och vatten. För att den el som köps in till elektrolysören ska kunna räknas som fossilfri, trots att all el i det svenska elsystemet inte är det, måste det gå att demonstrera elens fossilfrihet genom ursprungsgarantier för elen eller någon motsvarande metod. I dagsläget är det dock oklart om det omarbetade förnybartdirektivet kommer att tillåta någon sådan metod. Utan den möjligheten skulle den framräknade klimatprestandan – och därmed lönsamheten – för de biodrivmedel som tillverkas med hjälp av vätgasen från elektrolysen bli betydligt sämre, vilket riskerar att omöjliggöra hela investeringen.

Ett annat exempel gäller fossila och förnybara bränslen som samprocessas, dvs. hanteras i en gemensam process i raffinaderiet. I dag tillåter förnybartdirektivet att andelen förnybart inom en process allokeras till slutprodukter med hjälp av en omräkningsfaktor och massbalans för värdekedjan. Det innebär att även om det förnybara bränslet kommer ut i olika fraktioner i ett raffinaderi så kan det t.ex. allokeras till en viss fraktion och specifikt till ett drivmedel som säljs på den svenska marknaden. Det finns nu ett förslag från kommissionen som skulle innebära att det fysiskt måste finnas den andel förnybart som hävdas i slutprodukten, vilket påverkar raffinaderiets möjligheter att dra nytta av svenska styrmedel som riktar sig mot förnybara bränslen.

3.2.4 Avfall och återvinning

Användning av återvunna material hämmas av ett otydligt regelverk som dessutom skiljer sig mellan olika länder, antingen för att det saknas gemensamt EU-regelverk eller för att detta implementeras olika i olika medlemsländer. Ett grundläggande problem är att det juridiskt kan vara svårt att definiera om något som har klassificerats som avfall återigen kan ses som en resurs. Om materialet som ska återvinnas klassas som miljöfarligt avfall krävs en omfattande administration om detta ska transporteras över territoriella gränser. Som berörts i 3.1.3 är ytterligare ett hinder att det saknas regler om märkning eller liknande för materials innehåll, t.ex. tillsatser i plaster och legeringar.⁴⁸

⁴⁷ Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/2001 av den 11 december 2018 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor

⁴⁸ Innovationskritiska metaller och mineral från brytning till produkt – hur kan staten stödja utvecklingen?, 2017, s 39, samt Tobias Persson, Tillväxtanalys, personlig kommunikation.

3.3 Resurstillgång och infrastruktur

Industrins omställning innebär också en omställning av systemen runt industrin i form av t.ex. insatsvaror och infrastruktur. För att infrastrukturen ska fungera måste det också finnas nätverk av aktörer som samspelar, ändamålsenlig lagstiftning osv. Marknadsstrukturen påverkar bland annat vem som driver utvecklingen, vem som betalar och vilken möjlighet staten respektive företagen har att påverka utvecklingen. Särskilt i frågor där enskilda företag har små möjligheter att påverka, såsom utbyggnad av kraftnät och kvaliteten i elsystemet, är det viktigt att industrin vågar lita på att tillgång och infrastruktur för insatsvaror utvecklas i takt med industrins utveckling för att inte omställningen ska bromsas.

Som framgår av kapitel 4 väntas omställningen av industrin öka dess efterfrågan på el (både för direkt elektrifiering av processer och för vätgastillverkning) och biomassa (både som bränsle och som råvara). Dessa resurser väntas också i ökande omfattning efterfrågas av andra sektorer, inte minst transportsektorn, vilket torde påverka prisutvecklingen. Negativa miljökonsekvenser av en ökad resursanvändning kan bli ett hinder för omställningen, liksom mer generellt allmänhetens acceptans för vissa av de nya teknikerna.

Elektrifiering och vätgastillverkning genom elektrolys förutsätter att elnätskapaciteten är tillräcklig. Enligt *Statens roll för klimatomställning i processindustrin* upplevs Svenska Kraftnäts nuvarande styrmodell och långsamma tillståndsprocesser som en risk för utvecklingen som kan begränsa industrins omställning.⁴⁹ SSAB har redan upplevt att deras övergång till skrotbaserad ståltillverkning i Oxelösund till 2025 riskerar att försenas eftersom den inte koordinerats tillräckligt med den förstärkning av elnätet som krävs och som kan ta upp emot 10 år att genomföra. Den långa tidshorisonten för förstärkning av kraftnätet förklaras delvis av att flera tillståndsprocesser ska genomföras.⁵⁰

Motsvarande problematik med kapacitet och överföring finns mellan norra och södra Sverige och även här kan de långa ledtiderna för nya ledningar bli ett hinder. Ett annat exempel på hur kritiskt det är med elförsörjningen är möjligheten att elektrifiera Cementas cementtillverkning på Gotland. För att hantera det kraftigt ökade effektbehovet som då skulle uppstå krävs med stor sannolikhet en ökad överföringskapacitet från fastlandet. Större elproduktion på ön tillsammans med energilagring kan också vara en del av lösningen.⁵¹ Simuleringar har indikerat att en elektrifiering skulle fungera väl tillsammans med planerad utbyggnad av vindkraft på Gotland, dels genom förbättrad energibalans men också genom minskande av det maximala effektöverskottet som vindkraften annars skulle ge upphov till.⁵² Här blir det avgörande att vindkraftsplanerna förverkligas och inte t.ex. bromsas i tillståndsprocesserna, samt att lagringsmöjligheter och ökade möjligheter till efterfrågefleksibilitet kan byggas ut för att kunna balansera tillförsel och efterfrågan då överföringskapaciteten till fastlandet är begränsad.

⁴⁹ Karltorp m.fl., *Statens roll för klimatomställning i processindustrin*, 2019, s. 132.

⁵⁰ Ibid, s 71.

⁵¹ *Energipilot Gotland – Färdplan för att möjliggöra att Gotland blir pilot för ett hållbart energisystem*, 2019, s. 24.

⁵² Wilhelmsson m.fl., *CemZero – A feasibility study evaluating ways to reach sustainable cement production via the use of electricity*, 2018.

Regelverket för nätkoncessioner har nyligen setts över i syfte att det inte ska skapa osäkerhet eller sätta upp onödiga hinder för energiaktörer, samtidigt som övriga samhällsintressen ska skyddas. Nätkoncessionsutredningen⁵³ refererar till tioåriga ledtider för att kunna bygga en koncessionerad ledning, men poängterar att detta avser hela projektprocessen, det vill säga den totala tid det tar för att planera en ledning, få alla tillstånd och bygga den. Vad gäller själva koncessionshandläggningen är genomsnittstiden cirka ett år. I betänkande lämnas ett stort antal förslag bl.a. för att förkorta tillståndsprocessen, så detta behandlas inte vidare här.

En ökad elektrifiering av industrin riskerar inte bara att hindras av bristande nätkapacitet, utan även av risker för störningar i elförsörjning och elkvalitet. Störningar kan ge allvarliga konsekvenser för tillverkningsprocesserna och leda till att stora mängder av produktionen måste skrotas.⁵⁴

I nuläget saknas det existerande infrastruktur för transport och lagring av koldioxid i Sverige så det kommer att krävas stora investeringar och åtgärder för att tillgodose det framtida behovet. För CCS är transport av koldioxid med fartyg och via rörledningar de huvudsakliga infrastrukturåtgärder som diskuteras. Inom Norden, med en kombination av måttliga mängder koldioxid och långa transportavstånd, är fartygstransport mer kostnadseffektiv än transport i rörledningar. Däremot kräver fartygstransporter mer logistik för lastning och lossning jämfört med transport i rörledningar, bl.a. någon typ av landbaserade mellanlager (cisterner).⁵⁵

3.4 Sammanfattande slutsatser om andra hinder

Det mest avgörande hindret, som återkommer i olika variationer, är att alternativa processer eller råvaror medför högre risk och/eller kostnader än dagens alternativ utan att producenten kan föra vidare dessa kostnader till kunden. I vissa fall är alternativet helt enkelt dyrare i sig, men i andra fall handlar det snarare om att industrin under lång tid investerat i dagens utsläppstunga processer, vilket skapat ett stigberoende som gör det kostsamt att byta spår.

Företag kan visserligen vidta åtgärder som inte omedelbart är lönsamma om de tror att det kommer att löna sig på sikt, men går det inte ens att på sikt se en affärsnytta med en investering är det mycket svårt att tro att den skulle komma till stånd. Det finns också en risk att företag inte fullt ut kan se eller våga lita på framtida affärsnyttor med omställningen och därför avstår från att agera. I det ljuset är det ett problem att industrin inom EU ETS möter en så svag prissättning av sina växthusgasutsläpp – betydligt lägre än i andra sektorer – och med stor osäkerhet om den långsiktiga prissignalen.

Vår bedömning är att det inte i allmänhet är hinder i regelverket som bromsar omställningen av processindustrin. Ett undantag är CCS, som dock är föremål för en egen utredning och därför inte behandlas vidare här. Det finns också vissa andra exempel där regelverket kan behöva uppdateras eller förtydligas för att inte bromsa omställningen. Inte minst gäller det frågan om hur biodrivmedelsproducenter ska kunna köpa in förnybar el från elnätet och räkna den som förnybar i reduktionsplikten, där det i

⁵³ SOU 2019:30.

⁵⁴ *Klimatfärdplan – För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige*, 2018, s. 76.

⁵⁵ *Geologisk lagring av koldioxid i Sverige – Lägesbeskrivning avseende förutsättningar, lagstiftning och forskning samt olje- och gasverksamhet i Östersjöregionen*, 2017, s. 8–9.

dag är oklart om detta kommer att tillåtas enligt förnybartdirektivet i beräkningen av produkternas livscykelutsläpp. Vidare bör det finnas visst utrymme att förbättra och effektivisera miljö tillståndsprocessen utan att urholka miljöskyddet.

När det gäller infrastruktur och resurstillgång handlar hindren framför allt om att elsystemets kapacitet och flexibilitet behöver utvecklas i tillräcklig takt för att matcha industrins ökade efterfrågan på el. Vidare kan bristande acceptans för vissa energislag, råvaror eller tekniker riskera att bli ett hinder. Detta hänger nära samman med omställningens miljökonsekvenser som behandlas i kapitel 4.

4 Vilka miljökonsekvenser får omställningen?

I kapitel 2 beskrivs ett antal tekniker som är eller kan tänkas bli aktuella för omställningen. Det är inte görbart att i detta skede bedöma miljökonsekvenserna av samtliga dessa tekniker, i synnerhet sådana som ännu inte är färdigutvecklade. Därför beskrivs i stället övergripande miljökonsekvenser för de huvudsakliga utvecklingsspår som identifierats i kapitel 2, dvs. elektrifiering, biomassa (där biomassan ersätter såväl fossil råvara som fossila bränslen), vätgas (som reduktionsmedel och insatsvara) och CCS/CCU. För el, biomassa och lagringsmöjligheter för koldioxid jämförs vidare den ökade efterfrågan som bedöms uppstå genom omställningen med potentialberäkningar över hur stor tillförsel/tillgång som bedöms vara möjlig inom hållbara ramar.

Hur stor efterfrågan blir på de olika resurserna ovan beror naturligtvis på hur tyngdpunkten blir mellan de olika utvecklingsspåren – inte minst är el och biomassa delvis utbytbara. Vi utgår här från den sammanställning⁵⁶ som gjorts av vilken efterfrågan på el och bioenergi som blir resultatet om de färdplaner som ett flertal branscher tagit fram inom Fossilfritt Sverige skulle realiseras, givet oförändrad produktionsnivå i industrin. Att produktionsnivån skulle vara oförändrad i samtliga industrier till 2045 framstår dock inte som särskilt troligt, vilket bör påverka tolkningen av resultaten. Det är också värt att notera att sammanställningen inte berör hur tillgången eller andra sektorer efterfrågan på el och biomassa kommer att utvecklas framöver och hur det kan tänkas påverka priserna och därmed industrins efterfrågan på råvarorna i fråga.

4.1 EI

För de industrier vars efterfrågan kvantifierats i ovan nämnda rapport – gruvnäring och mineral, stål, cement/betong, bygg och anläggning, skogsnäring, kemi och raffinaderi – skulle den ökade efterfrågan på el 2045 motsvara 20 TWh. Häri ingår åtgärder riktade mot såväl processrelaterade utsläpp som rena förbränningsutsläpp. Räknas enbart de åtgärder som inriktas mot processrelaterade utsläpp (enligt samma indelning som i 2.5) motsvarar den ökade efterfrågan på el ca 17 TWh.

Den uppskattade ökningen av efterfrågan för de industrier som studerats ligger relativt väl i linje med Energimyndighetens scenarier över Sveriges energisystem. I scenariot med ökad elektrifiering ökar elanvändningen inom industrin (mineral- och tillverkningsindustri, SNI 05–33) med 27 TWh mellan 2016 och 2050.⁵⁷ Däremot bedömer IVA att omställningen av industrin (förutom ovannämnda branscher också övrig industri) skulle kräva ytterligare 32–52 TWh el. Då tas visserligen ingen hänsyn till energieffektivisering, men å andra sidan förutsätts produktionsvolymerna vara oförändrade.⁵⁸

⁵⁶ Wiesner, *Klimatneutral konkurrenskraft – kvantifiering av åtgärder i klimatfärdplaner*, 2019.

⁵⁷ *Scenarier över Sveriges energisystem 2018*, ER 2019:07, s 31.

⁵⁸ *Så klarar svenskindustri klimatmålen. En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet*, 2019, s. 9.

Hur mycket el som går att få fram inom hållbara ramar beror både på hur stora miljökonsekvenser samhället tycker är hållbart – något som i Sverige uttrycks både genom de nationella miljömålen och de globala hållbarhetsmålen – och hur mycket kunderna är beredda att betala för elen. I den studie av olika scenarier för ett 100 procent förnybart elsystem som Energimyndigheten tagit fram så levererar samtliga scenarier 180 TWh förnybar el år 2045, vilket förutom 20 TWh nettoexport rymmer en ökning av elanvändning från dagens ca 140 till 160 TWh.⁵⁹ Detta skulle alltså exakt rymma den ökade elefterfrågan som industrins färdplaner summerar till, men då finns inget utrymme till ökad elanvändning i andra sektorer (eller ökad produktion i industrin). I Energimyndighetens långsiktiga scenarier finns ett scenario med ökad elektrifiering, där den totala elanvändningen ökar till 200 TWh 2050, till stor del inom industrin men också inom transporter och till mindre del inom uppvärmning (i form av värmepumpar).⁶⁰

Miljökonsekvenserna av en ökad elanvändning beror på hur denna möts. I ovan nämnda studie av ett 100 procent förnybart elsystem⁶¹ analyseras scenarier som i varierande grad lägger tyngdpunkten på vind (på land respektive till havs), sol och biobaserad kraftvärme, medan vattenkraftens produktion inte antas kunna öka pga. skyddade nationalälvar.

Begränsad klimatpåverkan bedöms i rapporten få en positiv utveckling i de båda *vindkraftsscenarierna* men bedöms vara oförändrad i *sol-* och *kraftvärmescenarierna*. *Frisk luft* bedöms få en negativ utveckling i *kraftvärmescenariot* på grund av ökad förbränning. Kraftvärme bedöms även ha en negativ påverkan på *Levande skogar* och *Bara naturlig försurning* orsakat av ett ökat uttag av skogsråvara.

De båda *vindkraftsscenarierna* bedöms potentiellt påverka målen *Storslagen fjällmiljö* och *Hav i balans* negativt, på grund av ökad utbyggnad av land- respektive havsbaserad vindkraft. *Ett rikt växt- och djurliv* bedöms kunna påverkas negativt av ökat uttag av skogsråvara i *kraftvärmescenariot*. Solceller kan integreras i befintlig bebyggelse vilket ger låga markyteanspråk och en låg direkt miljöpåverkan, varmed *solscenariot* bedöms få en mer fördelaktig påverkan på *Ett rikt växt- och djurliv* och *God bebyggd miljö* än andra scenarier.

Solscenariot bedöms ha en potentiellt negativ påverkan på *Generationsmålet*s del om att inte orsaka miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser, då de solceller som säljs i Sverige i dag tillverkas utomlands och den största miljöpåverkan från solceller sker under tillverkningsfasen.

Ovan nämnda scenarier levererar som tidigare nämnt 180 TWh el. Om elanvändningen ökar därutöver kan detta antingen mötas med minskad nettoexport eller rentav import eller genom ökad tillförsel i Sverige. I det förstnämnda fallet beror miljökonsekvenserna på elmixen i våra grannländer, vilket är svårt att sia om till 2045, men om EU:s långsiktiga klimatmål ska kunna nås behöver även den gå mot fossilfrihet vid det laget. Oavsett om den ökade tillförseln sker i Sverige eller utomlands kan dock generellt antas att riskerna för negativa miljökonsekvenser ökar i takt med ökad tillförsel, då den energi som kan

⁵⁹ 100 procent förnybar el. Delrapport 2 – Scenarier, vägval och utmaningar, ER 2019:6, s. 12.

⁶⁰ Scenarier över Sveriges energisystem 2018, ER 2019:07, s 31.

⁶¹ 100 procent förnybar el. Delrapport 2 – Scenarier, vägval och utmaningar, ER 2019:6, s. 110–111.

utvinns med få konflikter med andra miljömål (lämpliga vindlägen, restprodukter osv.) i större utsträckning redan får antas vara ianspråktagen. För närmare beskrivning av miljökonsekvenser av olika kraftslag hänvisas till *100 procent förnybar el. Delrapport 2 – Scenarier, vägval och utmaningar*.⁶²

4.2 Biomassa

I dag använder industrin som helhet 56 TWh bioenergi, till nästan uteslutande del inom massa- och pappersindustrin, medan de branscher som har processrelaterade utsläpp nästan inte använder något alls.⁶³ I ovan nämnda kvantifiering av industrins färdplaner⁶⁴ skulle den ökade efterfrågan på biomassa från ingående branscher motsvara 23 TWh, varav 10 TWh avser processrelaterade utsläpp (enligt samma indelning som i 2.5). Detta ligger väl i linje med IVA:s bedömning, som räknar med en ökning på 18–32 TWh för industrin som helhet.⁶⁵ Båda dessa studier speglar dock enbart behovet av färdigt bränsle utan hänsyn till omvandlingsförluster, varmed uttaget av biomassa i själva verket behöver vara större. Hur mycket större beror på hur högförädlade bränslen och därmed hur höga omvandlingsförluster som uppstår, vilket alltså kan variera kraftigt mellan olika energibärare. Som exempel räknar Börjesson med en omvandlingseffektivitet på 80 respektive 65 procent när biomassa förädlas till energibärare respektive industriråvara i ett 2050-perspektiv.⁶⁶

Av de 23 TWh utgörs 8 TWh av bioråvara till drop in-kemikalier i petrokemiindustrin, dvs. biobaserade kemikalier som tillsätts i tillverkningsprocessen. Det är betydligt mindre än de 28–30 TWh bioråvara som Börjesson uppskattar utgör den tekniska potentialen för ökad användning i kemisk och petrokemisk industri till 2050.⁶⁷

Dessutom ingår inte raffinaderibranschens efterfrågan på bioråvara för att ersätta fossil råvara vid produktion av bränslen, liksom heller inte specialoljor och bitumenprodukter. I *Klimatneutral konkurrenskraft – kvantifiering av åtgärder i klimatfärdplaner* motsvaras det förstnämnda snarare av efterfrågan från transportsektorn, medan övriga fraktioner från raffinaderiprocessen inte kvantifieras alls. Enligt rapporten skulle transportsektorn (väg, järnväg, inrikes och utrikes flyg samt arbetsmaskiner) kräva ytterligare 52 TWh färdigt biodrivmedel. Detta utgår från ett måluppfyllande scenario från FFF-utredningen⁶⁸ och förutsätter därmed energieffektivisering, elektrifiering och byte till biodrivmedel, men frångår däremot scenariot genom att anta att inga åtgärder för ett mer transporteffektivt samhälle kommer att vidtas. Den energi som annars hade sparats in genom ett mer transporteffektivt samhälle antas istället ersättas med el och bioenergi. Inkluderas även transporteffektivitetsåtgärder från FFF-utredningen (som

⁶² *100 procent förnybar el. Delrapport 2 – Scenarier, vägval och utmaningar*, ER 2019:6.

⁶³ Energimyndigheten, Användning av energivaror inom mineral- och tillverkningsindustri enligt SNI2007, 2008-, http://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Industrins%20energianv%c3%a4ndning/-/EN0113_3B.px/table/tableViewLayout2/?rxid=d5ae341e-f6a8-4806-99e6-764dbd36b202 (hämtad 2019-04-11)

⁶⁴ Wiesner, *Klimatneutral konkurrenskraft – kvantifiering av åtgärder i klimatfärdplaner*, 2019.

⁶⁵ *Så klarar svensk industri klimatmålet. En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet*, 2019, s. 9.

⁶⁶ Börjesson, *Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi*, 2016, s. 48.

⁶⁷ Börjesson, *Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi*, 2016, s. 66.

⁶⁸ SOU 2013:84.

dock bara omfattar vägtrafik) stannar ökningen av bioenergibehovet för transportsektorn vid 31 TWh, dvs. drygt 20 TWh mindre än utan dessa åtgärder. Hur transportpolitiken utformas blir därmed avgörande för vilken efterfrågan som uppstår från raffinaderibranschen.

En annat synsätt är att betrakta vilka mängder biodrivmedel som skulle krävas för att nå målet om 70 procent minskade utsläpp från inrikes transporter (exklusive flyg) till 2030, samt den föreslagna reduktionsplikten för flygbränsle. Detta handlar visserligen om 2030 och inte 2045, men kan ändå ge någon indikation på efterfrågans utveckling. I Energimyndighetens kontrollstation för reduktionsplikten för bensen och diesel⁶⁹ bedöms användningen av biodrivmedel, inklusive höginblandade och rena biodrivmedel samt drivmedel till arbetsmaskiner, behöva öka till 50 TWh biodrivmedel 2030. Denna bedömning ligger sen till grund för de reduktionsnivåer som föreslås i rapporten. Om den föreslagna reduktionsplikten för flygbränsle införs enligt utredningens förslag så skulle den 2030 motsvara ca 4 TWh biojetbränsle.⁷⁰

Oavsett om användningen i transportsektorn uppskattas genom de styrmedel för biodrivmedel som finns eller på annat sätt så handlar det fortfarande bara om den del av raffinaderiernas produktion som går till den svenska transportsektorn. Detta är bara en mindre del av den svenska raffinaderiproduktionen, som till 80 procent går på export.⁷¹ Även om Sverige är med och påverkar beslut i EU som blir styrande för efterfrågan på fossila och biobaserade drivmedel från exportmarknaderna så är den svenska rådigheten över utvecklingen på exportmarknaden begränsad. I ett 2045-perspektiv bör åtminstone efterfrågan på fossila drivmedel ha minskat kraftigt också i dessa länder, även om de inte nödvändigtvis fullt ut ersätts av motsvarande efterfrågan på biodrivmedel eftersom även andra lösningar som elektrifiering kan bidra till att ersätta fossila drivmedel.

Som synes rör det sig alltså trots antaganden om oförändrad produktion i industrin om mycket kraftiga öknings av efterfrågan på bioenergi, särskilt i de skattningsområden som inte räknar med några beteendeförändringar i transportsektorn som kan minska sektorns energianvändning. I kvantifieringen utifrån färdplanerna, som alltså inte räknar med några sådana förändringar, motsvarar den ökade efterfrågan från industri och transporter 75 TWh, eller 52 procent av dagens bioenergianvändning i hela Sverige, dvs. även i andra sektorer. Som tidigare nämnts är detta sannolikt en underskattning bland annat då omvandlingsförluster inte är medräknade.⁷² Med Börjessons schablonvärden för omvandlingsförluster skulle det snarare röra sig om närmare 100 TWh.

Att möta en sådan stor ökning av bioenergianvändningen utan att komma i konflikt med andra miljömål ter sig mycket utmanande. Börjesson bedömer att uttaget av biomassa i Sverige till 2050 kan öka med 72–92 TWh inom hållbara ramar.⁷³ 100 TWh är visserligen inte långt utom räckhåll för den högre delen av intervallet. Däremot bör betänkas att Sverige i dag importerar ca 20 procent av den bioenergi som används, dvs.

⁶⁹ *Kontrollstation 2019 för reduktionsplikten – Reduktionspliktens utveckling 2021–2030*, 2019.

⁷⁰ SOU 2019:11, s 25.

⁷¹ *Industrins processrelaterade utsläpp och hur de kan minskas. En nulägesanalys inom regeringsuppdraget Industriklivet*, ER 2018:24.

⁷² Wiesner, *Klimatneutral konkurrenskraft – kvantifiering av åtgärder i klimatfärdplaner*, 2019, s 1.

⁷³ Börjesson, *Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi*, 2016.

ca 30 TWh.⁷⁴ I den mån Sverige som jämfört med andra länder har stora biomassatillgångar skulle önska en större självförsörjningsgrad på biomassa så behöver även detta läggas in i ekvationen. Därtill kan även andra sektorer tänkas efterfråga mer biomassa för att ställa om, samtidigt som efterfrågan kan minska i vissa sektorer tack vare t.ex. ökad energieffektivitet. Sammantaget bedömer Börjesson att förändringarna i andra sektorer än industri och transporter till 2050 i princip tar ut varandra.⁷⁵

Om uttaget av biomassa överstiger hållbara ramar så kan detta komma i konflikt med ett antal miljömål. Hur ett ökat uttag av biomassa från skog påverkar olika miljömål har bland annat utretts i en syntesrapport⁷⁶ från Energimyndigheten där forskning kring miljöeffekter av skogsbränsleuttag undersökts. De miljömål som främst berörs är *Bara naturlig försurning*, *Giffri miljö*, *Ingen övergödning* och *Levande skogar*.

Bara naturlig försurning är ett miljömål som står i direkt kontrast mot biomassauttag i områden med historiskt högt försurningstryck eftersom skogsbrukets försurning av marken bl.a. beror på hur stor del av biomassan som skördas ur systemet. Ett sätt att minska skogsbrukets försurningseffekt är att återföra skogsbränsleaskor, men i dag är uttaget av grenar och toppar (grot) betydligt större än askåterföringen.

Skogsbruket påverkar miljömålet *Giffri miljö* främst i samband med näringskompensation samt avverkning och andra aktiviteter som leder till markskador och förändrade flödesvägar för vatten. Stubbskörd som medför en stor påverkan på marken kan leda till högre frekvens av miljöer som gynnar bildningen av metylkvicksilver.

Uttag av biomassa innebär en bortförsel av kväve som är positivt för miljömålet *Ingen övergödning*.

Skogsbruk har en stor påverkan på miljömålet *Levande skogar*. En modern produktionsskog skiljer sig från en naturskog, bland annat i mängden och typen av död ved. Ett mycket stort antal organismer är knutna till olika former av död ved. Problemet är inte bara att ett visst substrat minskar, utan ett ökat uttag av död ved påverkar strukturen på hygget, mikroklimatet, markstrukturen etc. vilket i sin tur påverkar biodiversiteten.

Miljömål som påverkas av ökat uttag av biomassa från jordbruket⁷⁷ är exempelvis *Giffri miljö* (användning av växtskydd), *Ingen övergödning* (kväve- och fosforläckage), *Ett rikt odlingslandskap* och *Ett rikt växt och djurliv* (biologisk mångfald och kulturlandskap), samt *God bebyggd miljö* (kulturmiljöer).

En ökad odling av snabbväxande lövträd på nedlagd åkermark kan påverka miljömålet *Ett rikt odlingslandskap* som syftar på ett öppet odlingslandskap med bevarade biologiska och kulturhistoriska värden. Storskaliga odlingar av högväxande grödor som salix, poppel eller hybridasp kan ha en negativ inverkan på landskapsbilden i många kulturmiljöer. Nedlagd jordbruksmark som gamla betesmarker och hagmarker kan också ha en rik biologisk mångfald och planteringar på sådana marker kan därför ha en negativ

⁷⁴ Bearbetade uppgifter från Energimyndighetens officiella energistatistik och uppgifter rapporterade till Energimyndigheten enligt lag (2010:598) om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen.

⁷⁵ Börjesson, *Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi*, 2016, s 66.

⁷⁶ de Jong m.fl., *Miljöpåverkan av skogsbränsleuttag – En syntes av forskningsläget baserat på Bränsleprogrammet hållbarhet 2011–2016*, 2018.

⁷⁷ *Jordbruk, bioenergi och miljö*, 2009.

inverkan på miljömålet *Ett rikt växt och djurliv*. Å andra sidan kan mångfalden också påverkas positivt när traditionella jordbruksgrödor byts mot växtlighet med lågt behov av växtskydd och gödning samt med längre omloppstider. Hur påverkan på mångfalden blir beror alltså på vilken gröda som ersätts och hur det omkringliggande landskapet ser ut.

Om odlingen av traditionella jordbruksgrödor byts ut mot energigrödor såsom salix, hybridasp, rörfilen, szarvasi etc. kan växtnäringsläckaget bli märkbart lägre jämfört med fortsatt spannmålsodling för livsmedels- och foderproduktion, vilket påverkar miljömålet *Ingen övergödning* i positiv riktning. När energigrödor odlas istället för livsmedel minskar oftast behovet av växtskydd eftersom de ”nya” grödorna ofta är fleråriga och växtskydd endast behövs vid etableringen vilket har en positiv inverkan på miljömålet *Giftfri miljö*. Energiskogsodlingar (poppel, hybridasp och salix) kan även rena lakvatten från avfallsdeponier och avloppsvatten⁷⁸. Dessutom kan salix användas för att extrahera föroreningar och reducera kadmium och andra tungmetaller från jorden.

4.3 Vätgas

I dag tillverkas vätgas huvudsakligen från fossil naturgas. Preem planerar att tillverka vätgas både från naturgas med CCS samt med elektrolys, medan Hybrit planerar för en framställning av vätgas enbart genom elektrolys. Miljöpåverkan från kommande vätgasproduktion blir därmed till stor del densamma som för CCS respektive elproduktion.

Däremot tillkommer ytterligare moment i form av hantering och lagring av vätgasen. Avsikten är att vätgasen ska tillverkas och vid behov lagras i anslutning till de anläggningar där den ska användas, så att gasen kan distribueras via rörledningar. Inom Hybrit planeras för en metod som kallas LRC (lined rock cavern), där gasen lagras i ett utsprängt berggrum som klätts in med ett dubbelt lager av metall och betong så att ingen gas ska kunna läcka ut. Metoden tillämpas redan i dag med goda resultat för lagring av naturgas i Skallen i Sverige.

I slutrapporten från Hybrits genomförbarhetsstudie anges att de säkerhetsmässiga erfarenheterna från användningen av vätgas historiskt sett varit goda med få allvarliga olyckor. Vätgas har dock vissa egenskaper som medför att design, materialval och övervakningssystem blir något annorlunda jämfört med andra gaser.⁷⁹ Inom Hybrit är planen att studera miljö- och säkerhetsfrågorna i ett kommande pilotprojekt om vätgaslagring med LRC-teknik.

4.4 Koldioxidavskiljning och lagring/användning

CCS och CCU må ha stora likheter ur processindustrins synvinkel, eftersom själva koldioxidavskiljningen är densamma oavsett vad som sen sker med den infångade koldioxiden (såvida den inte används i andra delar av processen). Däremot kan klimatnyttan skilja sig mycket beroende på om koldioxiden lagras (CCS) så gott som permanent eller används (CCU) i tillämpningar där koldioxiden med längre eller kortare fördröjning återförs till atmosfären. Om koldioxiden används för att tillverka bränslen som sen förbränns blir resultatet endast en kortare senareläggning av

⁷⁸ Black-Samuelsson m.fl., *Bioenergi på rätt sätt – om hållbar bioenergi i Sverige och andra länder*, 2017.

⁷⁹ HYBRIT – Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology, *Slutrapport genomförbarhetsstudie*, 2018.

utsläppen och ingen långsiktig minskning. Om koldioxiden i stället används till material (t.ex. plaster eller byggnadsmaterial) så dröjer det längre tills koldioxiden återförs till atmosfären, men om koldioxiden permanent ska föras ut ur kretsloppet behöver de använda produkterna så långt möjligt återanvändas, återvinnas och, om det inte längre är möjligt, deponeras i stället för att förbrännas.

För CCS bygger klimatnyttan på att koldioxiden stannar i lagringsutrymmet och inte läcker ut. Om så skulle ske skulle detta inte bara minska klimatnyttan utan också kunna ge oönskade konsekvenser för miljö och hälsa. För att undvika sådana konsekvenser ställer EU-direktivet om geologisk lagring av koldioxid mycket utförliga krav på riskbedömningar av lagringskomplex och övervakning av koldioxidspridning.⁸⁰ En ansökan om lagring av koldioxid skulle också möta en omfattande prövning enligt svensk lagstiftning, där beroende på storlek och plats såväl miljöbalken som förordningen om geologisk lagring av koldioxid och lagen om kontinentalsockeln kan bli tillämpliga.⁸¹ Därmed torde risken för negativa miljökonsekvenser vara låg.

I projektet NORDICCS gjordes bedömningen att det i djupa akviferer enbart inom Norden (Sverige, Danmark och Norge) finns en total potential att lagra ca 120 miljarder ton koldioxid, varav ca 14 miljarder ton i tömda olje- och gasfält. Som jämförelse beräknades att med samma årliga utsläppstakt inom Norden som 2011 (152,8 miljoner ton koldioxid från utsläppskällor över 100 000 ton koldioxid per år) så skulle Nordens 18 bäst lämpade djupa akviferer, med en samlad lagringskapacitet på mer än 86 miljarder ton koldioxid, ha kapacitet att ta emot Nordens samlade större utsläpp i 564 år. Dessa siffror är dock långt ifrån den praktiskt genomförbara lagringskapaciteten som beror på en mängd styrande parametrar som inte minst rör de geologiska förutsättningarna, acceptans, avstånd mellan koldioxidkälla och lagringsplats m.m.⁸²

⁸⁰ *Geologisk lagring av koldioxid i Sverige – Lägesbeskrivning avseende förutsättningar, lagstiftning och forskning samt olje- och gasverksamhet i Östersjöregionen*, 2017, s. 49–52.

⁸¹ *Ibid*, s. 30.

⁸² *Ibid*, s. 33.

5 Vad behöver göras?

5.1 Behov av forskning, innovation och demonstration

Som framgår i kapitel 2 finns ett omfattande behov av teknisk utveckling för att industrins utsläpp ska rymmas inom klimatmålet, samtidigt som konkurrenskraften för svensk processindustri stärks. Att det finns ett behov av FoU innebär dock inte med automatik att det också krävs offentliga insatser utöver en korrekt prissättning av utsläppen för att denna utveckling ska komma till stånd. Är det tillräckligt dyrt att släppa ut växthusgaser borde det i teorin vara lönsamt för industrin att investera i FoU som kan sänka utsläppen och därmed kostnaderna för dessa utsläpp. Även om prissättning av utsläppen är en central del i en effektiv klimatpolitik är det dock av flera skäl högst tveksamt om en strategi som enbart fokuserar på att sätta ett pris på utsläppen är tillräcklig för att driva fram FoU i en ur ett samhällsekonomiskt perspektiv tillräcklig omfattning.

Utöver de externa effekter som själva utsläppen ger upphov till finns det även andra marknadsmisslyckanden som kan motivera styrning från samhällets sida. En typ av marknadsmisslyckande som är särskilt relevant för FoU-insatser är de som kallas innovationsrelaterade marknadsmisslyckanden. Sådana föreligger om den privata avkastningen på teknisk utveckling understiger den samhällsekonomiska, så att satsningarna på teknisk utveckling därmed blir för låga. Detta kan bli fallet om den kunskap som en aktör tagit fram sen utan full ersättning sprids till andra aktörer, s.k. kunskapsläckage. Dessa aktörer kan då vara med och skörda frukterna utan att ha behövt stå för de risker och kostnader som den initiala investeringen innebar. I så fall kommer inte ens en optimal prissättning av utsläppen att vara tillräcklig för att få ner utsläppen till en samhällsekonomiskt optimal nivå, eftersom drivkrafterna för att utveckla mer klimatsmart teknik är för låga.

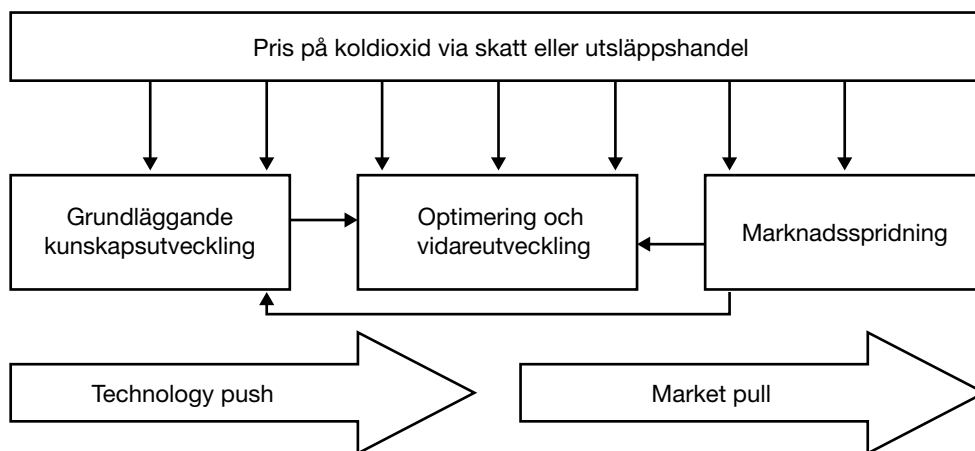
Kunskapsläckage är ur ett perspektiv något positivt för samhället, eftersom kunskapen då gör större nytta. Samtidigt minskar incitamenten för privata aktörer att investera i FoU, vilket är anledningen till att staten är med och finansierar såväl grundforskning som tillämpad forskning.

Teknisk utveckling handlar dock inte bara om forskning, utan det är åtskilliga steg för att utveckla och sprida en ny teknik. Olika steg möter olika hinder och marknadsmisslyckanden, vilket motiverar olika typer av statliga insatser. Söderholm⁸³ resonerar kring detta utifrån en modell av innovationsprocessen i tre steg, se Figur 3:

Det första steget består ofta av grundläggande FoU och resulterar i ökad kunskap om t.ex. vilka tekniska lösningar som fungerar. I ett nästa steg behöver dock tekniken förbättras och kanske anpassas för givna syften och förhållanden. Det kan t.ex. ske i demonstrationsanläggningar. Om den vidare utvecklingen och demonstrationen av tekniken blir framgångsrik kan den spridas på marknaden, och de nya erfarenheter som marknadsexpansionen i sig genererar (s.k. 'learning-by-using') kan leda till ytterligare förbättringar av tekniken (t.ex. kostnadsreduktioner). I samtliga dessa steg kan marknadsmisslyckanden förekomma. Det kan därför finnas skäl för innovations-

⁸³ Söderholm, *Ett mål flera medel – Styrmedelskombinationer i klimatpolitiken*, 2012, s. 34–35.

politiska styrmedel som riktar in sig på såväl s.k. ”technology push” (t.ex. stöd till grundläggande FoU) som ”market pull” (t.ex. etablerandet av nischmarknader för lovande tekniker eller ett pris på koldioxid).



Figur 3. Innovationsprocessen och klimatpolitiken⁸⁴

Söderholm argumenterar vidare för att de marknadsmisslyckanden som kan kopplas till teknisk utveckling är speciellt framträdande i de sektorer som är väsentliga för att åstadkomma radikala reduktioner i utsläppen av växthusgaser. Den lagstiftning som samhället infört i syfte att skydda innovatörer från kunskapsläckage är ofta otillräcklig. Tidshorisonten för den framtida klimatpolitiken är lång medan ett patents livslängd är begränsad. Möjligheterna att på ett effektivt sätt patentera innovationer är begränsad (jämfört med t.ex. läkemedelsindustrin) bl.a. eftersom nya tekniker inom processindustrin består av ett stort antal komponenter och kräver expertis från en rad företag i syfte att förbättra tekniken. Många lovande tekniker på klimatområdet utgör dessutom komplement till andra gröna tekniker, vilket skapar ett koordinationsproblem där innovatörerna kan ha ett incitament att vänta in resultaten av varandras investeringar. Problemen med kunskapsläckage är dessutom ofta mer framträdande i fallet med kompletterande innovationer eftersom ett genombrott för den ena tekniken väsentligt ökar värdet på den andra tekniken.⁸⁵

Det är alltså svårt att se att patentlagstiftningen skulle vara tillräcklig för att driva fram teknisk utveckling inom industrin i den utsträckning som vore samhällsekonomiskt motiverad, utan förekomsten av innovationsrelaterade marknadsmisslyckanden talar för att statligt stöd är motiverat. Detta är uppenbart för grundläggande FoU, men behövs även i senare steg. Den som bygger den första anläggningen av ett visst slag kommer sannolikt att få betala betydligt mer för den än den som bygger den andra, tredje, fjärde osv., när erfarenheterna från den första anläggningen gjort det möjligt att sänka kostnaderna. Dessutom är risken rimligtvis betydligt lägre ju fler anläggningar som byggs; även om själva tekniken prövats i en demonstrationsanläggning kan en fullskalanläggning innebära nya utmaningar, och det är först när produkten säljs på marknaden som det går att se hur kunderna tar emot den. Varför skulle då någon vilja

⁸⁴ Ibid, s 34.

⁸⁵ Ibid, s 40.

bygga den första anläggningen om man i stället kan hoppas att någon annan går före så att man själv kan bygga sin anläggning till både lägre risk och kostnad? Detta gäller även om senare anläggningar med den nya tekniken rentav skulle bli billigare än att bygga med dagens teknik: så länge den första anläggningen är dyrare än dagens teknik och ingen vill ta den initiala risken och kostnaden så kommer tekniker med potential att sänka kostnaderna aldrig till stånd.

Ett högt pris på utsläppen, eller upphandling och andra åtgärder som skapar en efterfrågan på den nya tekniken, bidrar visserligen till att göra den nya tekniken mer lönsam. Därmed ökar incitamenten att ta en hög initial risk och investering för att sen kunna skörda vinsterna. Däremot kommer det inte runt problemet att det är ännu mer lönsamt om man kan få någon annan att gå före så att man själv kan skörda vinsterna till en lägre risk och investeringskostnad. Efterfrågeskapande styrmedel kan därför behöva kompletteras med stöd genom hela innovationsprocessen, inte bara grundläggande forskning utan hela vägen via pilot- och demonstrationsprojekt till fullskaliga investeringar i den nya tekniken.

Viktigt är dock att detta stöd blir just ett komplement och inte ett substitut till prissättning av utsläppen och liknande styrmedel, så att inte stora resurser läggs på att utveckla en teknik som sen aldrig kan bära sig på en marknad. Det är också värt att poängtera att även om driftsstöd kan vara berättigat i pilot- och demonstrationsprojekt, liksom för att ge ersättning för klimattjänster som negativa utsläpp, så bör stöd i senare delar av innovationsprocessen företrädesvis riktas mot själva investeringen och inte mot driften. På så sätt gynnas just de aktörer som vågar ta det första steget i stället för att även driften i senare tillkommande anläggningar ges stöd. Dessutom riskerar driftsstöd som baseras på hur stor produktionen är att bli produktionsdrivande. Även om de nya materialen blir mer klimatsmarta tyder mycket på att de fortfarande kommer att vara mycket energi-krävande – ibland till och med mer än i dag, som när en process ska förses med koldioxidavskiljning. Ur energi- och resurseffektivitetsskäl kommer det därför fortfarande att finnas skäl att hushålla också med de nya materialen i stället för att subventionera dem.

Även för andra typer av stöd till teknikutveckling finns det fallgropar som behöver beaktas i utformningen. Tillväxtanalys lyfter i en analys⁸⁶ av statens roll vid industriell förnyelse ett antal risker med statliga stödinsatser. Även om det finns skäl att tro att exempelvis höga investeringsrisker i kombination med kunskapsläckage tenderar att förhindra genomförandet av långsiktigt samhällsekonomiskt lönsamma investeringar kan det vara svårt att omsätta dessa insikter i en träffsäker politik. Detta kräver bl.a. en förståelse av den ekonomiska omfattningen av dessa problem och i vilken mån de redan är internaliserade i beslutsfattandet (till exempel som ett resultat av redan existerande stöd till FoU, patenträttigheter etc.).

Också om politiken grundas på en sådan förståelse finns det enligt Tillväxtanalys ytterligare risker som hänger samman med svårigheten för staten att " hitta vinnare", eftersom staten aldrig kan ha all den information som krävs för att fatta rätt beslut om vilka sektorer och tekniker som bör få stöd. Enligt det resonemanget kan staten alltså inte ens med bästa vilja fördela stöden till de projekt som har den största potentialen att minska utsläppen. Med begränsad information riskerar staten också att kidnappas av särintressen, då företag eller hela branscher lägger energi på att lobba för stöd för just sina produkter snarare än på att utveckla sina produkter. Stöden riskerar

⁸⁶ Statens roll vid grön omställning genom aktiv industripolitik, 2018.

då att gå till de industrier som är bäst på att lobba snarare än till dem som tar fram den vinnande tekniken.

I Tillväxtanalys behandlas ”staten” som om den vore en enhetlig aktör, men i själva verket finns det olika typer av statliga aktörer som kan vara involverade i stöd till teknikutveckling: både politiker och tjänstemän och såväl centralt i riksdag och regering som mer utspritt på olika statliga myndigheter. Dessa aktörer har olika stor tillgång till information som kan ligga till grund för fördelning av stödet, vilket påverkar hur stora de risker Tillväxtanalys tar upp blir i praktiken.

Om beslutsfattare på politisk nivå slår fast exakt hur mycket stöd som ska gå till projekt inom olika branscher, processer eller utvecklingssteg osv. så kan denna fördelning svårigen ske med fullständig information om vilka områden som har störst potential att bidra till utsläppsminskningar. Detta blir särskilt tydligt om fördelningen ska ske för längre tidsperioder, för att svara på önskemålet om stabila villkor för att våga investera i långsiktiga FoU-insatser. Vilka områden som ter sig mest lovande kommer sannolikt att ändras med tiden: ett spår som först verkar lovande kan visa sig vara en återvändsgränd, generellt eller för en viss bransch, medan en helt ny teknik som ingen förutsett dyker upp. Om en detaljerad fördelning mellan områden då redan är gjord så är risken att resurser styrs till områden med sämre förutsättningar för framgång jämfört med andra områden.

Detta kan jämföras med om politiken istället sätter upp en tydlig målsättning för stödet men avstår från att precisera hur mycket som ska gå till vilka områden. I stället för en områdesvis fördelning på förhand sker då i stället fördelningen på projektnivå när ansvarig myndighet, utifrån transparanta kriterier och med underlag i de ansökningar som kommer in vid det aktuella tillfället, bedömer hur medlen ska fördelas mellan olika projekt. I dessa projektansökningar delar företagen själva med sig av information, vilket ger ett stort informationsövertag jämfört med när den övergripande fördelningen sker mycket tidigare och den ansvariga myndigheten sen bara kan fördela stöd utifrån ansökningar inom respektive område. Breda och flexibla stödinsatser ökar därmed förutsättningar för att stöd fördelas på ett effektivt sätt, så att medlen prioriteras dit de gör mest nytta.

Breda och flexibla stödinsatser är också bättre lämpade att hantera det faktum att innovationsprocessen i praktiken sällan är en linjär process där en teknik tar ett steg i taget och bara går framåt, utan snarare är full av återkopplingar där tekniken hoppar mellan stegen i samspel med det system som den ska verka i. T.ex. kan övergången till marknadsspridning ge upphov till nya frågeställningar som behöver hanteras med såväl ny kunskapsutveckling som optimering och vidareutveckling. Om stödet då är fastlåst till ett visst steg och utvecklingen behöver ske i ett annat steg riskerar utvecklingen att stanna upp. Även detta talar för att statens stöd behöver vara flexibelt och kunna ges till flera steg samtidigt.

Mot den bakgrunden är det inte meningsfullt att lämna detaljerade förslag på specifika teknikområden som bör bli föremål för FoU-insatser, utöver att konstatera att de sannolikt till stor del kommer att röra sig om de huvudsakliga utvecklingsspåren elektrifiering, biomassa, vätgas och CCS/CCU. Det blir i stället mer meningsfullt att lämna förslag på hur FoU-insatserna ska utformas. Här är Industriklivet ett bra exempel på ett brett och flexibelt stöd som möjliggör finansiering av alla typer av projekt som bidrar till målet att minska de processrelaterade utsläppen, utan begränsningar till bransch, process,

teknik, utvecklingssteg osv. Med Industriklivet som bas kan stöden styras dit de har bäst förutsättningar att minska de processrelaterade utsläppen.

För en lyckad omställning av processindustrin räcker det dock inte med industrispecifika FoU-insatser. Som vi sett finns hinder även utanför själva industrin, så därför krävs även bredare FoU-insatser för att t.ex. säkerställa att elsystemet klarar en ökad elektrifiering av industrin, att omställningen kan ske utan negativa konsekvenser för andra miljömål än klimatmålet samt att styrmedel kan utformas för att effektivt styra mot målet. Sådan FoU kan till viss del hanteras inom Energimyndighetens nuvarande energiforskningsanslag, men för att ge större möjligheter att stödja pilot- och demonstrationsprojekt skulle anslaget behöva öka.

Vidare ökar de komplexa utmaningar som omställningen medför behovet av tvärsektorieell och tvärvetenskaplig forskning, t.ex. om samspelet mellan energisystemet och ekosystemen eller mellan teknisk omställning och människors beteende. Samarbete krävs både mellan olika sektorer och olika aktörer i respektive sektor, inte minst mellan industri och akademi för att trygga den nödvändiga kompetensförsörjningen och kunskapsutvecklingen. Samarbeten bör inte begränsas till de etablerade industrierna, utan det är också viktigt att t.ex. startups och andra aktörer med nya, mer klimatsmarta lösningar som kan komma att utmana befintliga industrier kan bli delaktiga.

Det är också viktigt att avsätta nödvändiga resurser för forskning- och innovationssamarbeten på nordisk, europeisk och global nivå, t.ex. inom International Energy Agency. Sådana internationella samarbeten är i många fall centrala för att utveckla nya tekniker och bygga upp den nödvändiga kompetensen genom kunskapsutbyte och tekniköverföring och kan dessutom bidra till att skapa exportmöjligheter för svensk industri.

5.2 Behov av styrmedel och andra insatser

Alla hinder är inte av den storleksordningen att det är avgörande för omställningen att de undanröjs. Vidare utgörs vissa hinder av regleringar till skydd av andra värden, varmed hindret representerar en verklig intressekonflikt mellan gemensamma värden och därmed inte självklart bör undanröjas. I det följande förs en övergripande diskussion om vilka hinder som är mest angelägna att åtgärda samt vilken typ av hinder som kan motivera ingripanden av olika slag från det offentliga.

5.2.1 Marknad

Det mest kostnadseffektiva sättet att göra de mer klimatsmarta alternativen mer konkurrenskraftiga gentemot de konventionella är i allmänhet att låta de konventionella alternativen fullt ut betala sina externa kostnader, dvs. de kostnader de orsakar samhället i form av försämrad miljö, hälsa osv. En konsekvent tillämpning av denna princip skulle undanröja de snedvridningar som finns i dag där skillnader i styrningen innebär att utsläppen inte minskas där det är billigast utan där styrningen är starkast, liksom att begränsade resurser som biomassa prioriteras till vissa sektorer utifrån styrmedlens styrka snarare än klimatnyttan. Om industrins utsläpp blir mer kostsamma blir det plötsligt affärskritiskt att se över hur de kan minska. En högre prissättning av industrins utsläpp blir därmed en nyckel för att på ett kostnadseffektivt sätt skapa långsiktigt goda konkurrensvillkor för de klimatsmarta alternativen och därmed skapa de drivkrafter som krävs för att ställa om processindustrin.

Som konstaterats i 3.1.2 har dock processindustrin en mycket låg prissättning av koldioxid jämfört med andra sektorer. Denna snedvridning motiveras av risken för koldioxidläckage, då industriproduktion i högre utsträckning än t.ex. boende och transporter kan förläggas i länder med lägre klimatambitioner. Hittills har litteraturen i allmänhet haft svårt att hitta stöd för att EU ETS skulle ha orsakat koldioxidläckage⁸⁷, men om prisnivåerna skulle öka till de nivåer som i 3.1.2 bedömts som nödvändiga för mer långtgående teknikskiften skulle koldioxidläckage kunna bli en reell risk.

Förutom fortsatt fri tilldelning, som beroende på utformning riskerar att minska industrins drivkrafter till omställning, finns också andra tänkbara sätt att hantera risken för koldioxidläckage. Naturvårdsverket argumenterar för att utreda koldioxidtullar, där ett land eller region inför tullar gentemot länder som inte uppfyller utpekade klimatkrav, exempelvis saknar utsläppsmål eller koldioxidpris. Detta har särskilt diskuterats för utsläppsintensiv och konkurrensutsatt industri som stål, aluminium, kemi och cement. I ETS-direktivet från 2018 öppnar EU för att om de klimatpolitiska åtgärderna i stora ekonomier är otillräckliga komplettera eller ersätta nuvarande åtgärder för skydd mot koldioxidläckage med gränshandelsjusteringar baserat på koldioxidutsläpp.⁸⁸ Detta är något som kan drivas i framtida översyner av EU ETS.

För att prissignalen ska få fullt genomslag krävs också en ökad säkerhet om dess långsiktiga utveckling. Med tanke på de mycket långa investeringscyklerna som råder i större delen av processindustrin är det avgörande för en investering inte bara vad utsläppen kostar i dag utan vad de kommer att kosta under hela investeringens livslängd. Om aktörerna kunde lita på att priset på utsläpp skulle stiga i en takt som är förenlig med de långsiktiga klimatmålen så skulle det löna sig att vidta de åtgärder som ger de lägsta ackumulerade kostnaderna för att nå dessa mål. Det kan innebära att passa på när en viss långlivad utrustning (masugn, cracker osv.) av tekniska skäl behöver bytas ut och då välja en mer klimatsäkrad lösning som inte är lönsam med dagens utsläppspriser men väntas bli det om priserna stiger i den takt som krävs för att nå målen. Utan sådan säkerhet blir det dock svårare att motivera sådana investeringar. Det kan resultera i att industrin när väl priset stiger sitter fast i en utsläppstung och därmed mycket kostsam lösning och i stället får vidta andra åtgärder som är betydligt dyrare.

Åtgärder för en långsiktigt trovärdig prissignal för utsläppen har därför en viktig roll för att minska risken i klimatrelaterade investeringar och minska risken för fossil inlåsning (dvs. investeringar som under lång tid låser fast industrin i lösningar som är oförenliga med klimatmålen). De förändringar som beslutats inom EU ETS, såsom en marknadsstabilitetsreserv och en automatisk annullering av utsläppsrätter under vissa förutsättningar, bidrar till att öka trovärdigheten. Fortfarande är dock priset, som konstaterats i 3.1.2, lågt i förhållande till behovet av styrning och spannet i prisprognoserna stort.

Så länge EU ETS i sig självt inte kan säkerställa en långsiktig prissignal som är förenlig med de långsiktiga klimatmålen kan därför kompletterande styrmedel krävas för att minska osäkerheten. Ett alternativ som övervägs i flera EU-länder men inte utretts närmare inom ramen för denna rapport är prisingolv på nationell eller EU-nivå. Ett sådant system finns redan i Storbritannien där det utformats så att om utsläppspriset ligger under den fastställda golvnivån så beskattas utsläppen med mellanskillnaden.

⁸⁷ Naegele & Zaklan, *Does the EU ETS cause carbon leakage in European manufacturing?*, 2019.

⁸⁸ *Underlag till regeringens klimatpolitiska handlingsplan*, 2019, s. 106–108.

På så sätt kan det utsläppspris aktörerna möter aldrig sjunka under golvnivån, även om det varierar i vilken grad kostnaden består av skatt eller kostnad för utsläppsrätter. Detta ger en större säkerhet i klimatinvesteringar även om prisnivån sen skulle bli sådan att golvet i praktiken aldrig behöver aktiveras. Eftersom prisgolvet bara aktiveras om priset är lågt finns det heller ingen risk att styrmedlet ger orimligt höga kostnader för industrin. Skulle det inte vara möjligt med ett prisgolv på EU-nivå i närtid är ett alternativ att Sverige samordnar sig med andra länder om en gemensam nivå på ett prisgolv som dock införs och administreras i respektive land. Därutöver kan det vara lämpligt att reglera utsläppen genom administrativa styrmedel, såsom den tillståndsprövning som sker enligt miljöbalken, vilket utvecklas vidare under 5.2.2.

Även om det också fortsättningsvis går att argumentera för att industrins växthusgasutsläpp redan är hanterade genom EU ETS och därmed inte bör omfattas av ytterligare klimatstyrmedel så riskerar en strikt tillämpning av denna princip att leda till fossil inlåsnings. Befintliga anläggningar, som är uppbyggda utifrån en fossil logik, har rimligen lägre möjligheter att bära ett högt pris utan att riskera koldioxidläckage jämfört med anläggningar som ännu inte är byggda och som kan byggas mer klimatanpassat redan från start. Om handelssystemet då utformas med utgångspunkt i befintliga anläggningars förutsättningar är risken stor att priset på utsläppsrätter blir för lågt för att säkerställa att inte nya investeringar bygger fast industrin i fossila lösningar som inte klarar klimatmålen. I det läget kan det vara en poäng att sätta tuffare krav på anläggningar som ännu inte är byggda.

Såsom EU ETS var utformat tidigare innebar kompletterande styrning som sänkte utsläppen i en viss anläggning, sektor, medlemsstat osv. att utsläppsrätter frigjordes så att utsläppen kunde öka lika mycket någon annanstans i systemet. Genom de nya reglerna för automatisk annullering av utsläppsrätter kan kompletterande styrning tvärtom leda till att fler utsläppsrätter annulleras vilket minskar utsläppen totalt sett. Dessutom verkar det rimligt att tro att hur efterfrågan på utsläppsrätter utvecklas spelar in i kommande förhandlingar om hur EU ETS ska regleras i kommande handelsperioder. Sammantaget är därmed skälen mot kompletterande styrning inom EU ETS inte längre lika relevanta.

För att inte bara förhindra investeringar som inte är förenliga med klimatmålen utan aktivt främja investeringar i nya, mer klimatanpassade tekniker är det en fördel om riskerna förknippade med de nya teknikerna kan minskas. Att nya tekniker i sig innebär osäkerheter om hur den nya tekniken kommer att fungera osv. är svårfrånkomligt, men däremot kan staten mer direkt minska risker förknippade med utvecklingen av marknad och politik. Frågan om en långsiktigt trovärdig prissignal är kanske det tydligaste exemplet, men det finns också andra risker som är tillräckligt betydande för att kunna hindra omställningen. Inte minst handlar det om centrala resurser som el och biomassa, där det i dag finns en osäkerhet om hur marknaden kommer att utvecklas som riskerar att hämma investeringar i elektrifiering och byte till biobaserade bränslen och råvaror. Detta utvecklas i 5.2.3.

Ett annat sätt att öka säkerheten i att det kommer att finnas en marknad för klimatsmarta produkter är att använda sig av offentlig upphandling. Att på detta sätt skapa en nischmarknad för nya produkter är också ett sätt att möta de hinder som industrin upplever i dag för att ta ut en prispremie för dessa produkter. I segment där det offentliga är en stor aktör, såsom inte minst inom bygg och anläggning, kan detta vara avgörande för att skapa en efterfrågan på mer klimatsmart stål, cement och andra material.

Även om detta inledningsvis innebär ökade kostnader för upphandlaren så kan kostnaderna många gånger sjunka i takt med att expansionen av den nya tekniken genererar nya erfarenheter som kan sänka kostnaderna för tekniken (s.k. läreffekter). Om det inte finns särskilda skäl att stödja specifika tekniker bör upphandlingen utformas med teknikneutrala klimat- och funktionskrav som möjliggör för innovationer som möter kraven på nya sätt. Motsvarande resonemang kan föras om möjligheten att ställa krav i t.ex. Boverkets byggregler.

En träffsäker upphandling av mer klimatsmarta material förutsätter dock att olika materials klimatprestanda kan mätas och synliggöras, t.ex. genom märkning eller certifiering. Att den kund som efterfrågar mer klimatsmarta material har svårt att bedöma klimatprestandan hos konkurrerande alternativ innebär ett informationsmisslyckande som inte bara försvårar för offentliga aktörer utan också för privata aktörer som ser affärsnytta i att kunna marknadsföra sig som mer klimatsmarta. På motsvarande sätt är det ett informationsmisslyckande att det i dag inte finns några standarder, certifieringar eller motsvarande i återvinningskedjan som kan visa att insamlat och i nästa steg återvunnet material håller tillräckligt hög kvalitet för att kunderna ska våga efterfråga detta.

Om en efterfrågan på återvunna eller på annat sätt mer klimatsmarta produkter kan skapas genom offentlig upphandling så skulle detta kunna driva fram privata certifieringsinitiativ, men staten kan också ta en mer direkt roll i utvecklandet av standarder, beräkningsmetoder och databaser, inte minst i internationella samarbeten. För återvunna material vore en än mer proaktiv lösning att staten genom reglering eller utvecklat produktansvar ser till att nya produkter utformas på ett sådant sätt att de lämpar sig för återanvändning och återvinning, t.ex. genom att olika material ska kunna separeras och hanteras för sig, något som producenter med ett fåtal undantag saknar incitament för i dag.

5.2.2 Regelverk

Att förtydliga och uppdatera regelverk som är otydliga, och som kanske tillkommit i en tid då vissa av de företeelser som nu hindras av dem (t.ex. CCS) inte kunde förutses, torde inte vara särskilt kontroversiellt. Däremot är regelverket för miljöprövning av nya och ändrade industrianläggningar mer kontroversiellt då det rymmer mer genuina målkonflikter. Miljöprövningen ska trots allt inte bara kunna hantera fall då industrin vill investera i miljöförbättrande teknik utan också då en tänkt investering riskerar att försämra miljön. Dessutom kan en teknik som minskar klimatpåverkan ha andra miljökonsekvenser som också behöver prövas. En grundpelare i miljöbalken är vidare att bästa möjliga teknik ska användas så långt det kan anses rimligt, i såväl befintliga som nya verksamheter. Strävan efter att förenkla och effektivisera miljötillståndsprocessen behöver därför ske på ett sätt som inte urholkar miljöskyddet, utan tvärtom tar fasta på miljöprövningens möjligheter att driva på utvecklingen mot mer miljöanpassade tekniker.

Som berörts i 5.2.1 innebär den svaga prissignalen i EU ETS att det kan vara motiverat med kompletterande styrmedel för att undvika nyinvesteringar som inte är förenliga med klimatmålen. När EU ETS infördes så infördes samtidigt en regel i miljöbalken 16:2 som innebär att det för anläggningar som ingår i EU ETS inte får beslutas ”villkor om begränsning av utsläppen [av växthusgaser] eller villkor som genom att reglera använd mängd fossilt bränsle syftar till en begränsning av koldioxidutsläpp”. I Naturvårdsverkets

underlag till klimatpolitisk handlingsplan⁸⁹ föreslås, i ljuset av att klimatramverkets utsläppsmål för 2045 även inkluderar verksamheter inom EU ETS, att möjligheten att ställa klimatkrav på verksamheter som ingår i EU ETS bör belysas och förtydligas, liksom vad en förändring av denna regel skulle innebära.

En reglering av industrins koldioxidutsläpp i den individuella miljöprövningen enligt miljöbalken, även för de industrisektorer som ingår i EU ETS, förespråkas också i projektet *Klimatpolitikens komplexitet: en framkomlig reglering av industrins koldioxidutsläpp*⁹⁰. Forskarna i projektet vänder sig mot synsättet att individuell miljöprövning förutsätts vara kostnadsineffektiv och generera för svaga incitament till att investera i miljöåtgärder bortom gränsvärdet. I stället visar projektets studier att även individuella gränsvärden i betydande grad kan stimulera till teknisk utveckling på miljöområdet. För att miljöprövningen ska kunna kombinera ambitiösa miljövillkor med bibehållen konkurrenskraft framhåller forskarna tre förutsättningar:

1. Den första förutsättningen handlar om *flexibilitet* gällande det handlingsutrymme som ges företagen att välja vilka konkreta åtgärder som ska vidtas för att reducera negativa miljöeffekter (åtgärdsflexibilitet), samt inom vilken tidsram som företagen måste uppfylla de villkor som fastställs i tillstånden (tidsflexibilitet). Gränsvärden för utsläpp och provoperioder utgör två viktiga instrument för att åstadkomma sådan flexibilitet. I Sverige finns i dag ett starkt fokus på gränsvärden snarare än teknikkraV, och provoperioder används också. Dagens provoperioder är dock ofta kortare och implementeras inte på ett lika systematiskt sätt som under 1970- och 1980-talen, vilket gör det svårare för dagens prövningsmyndigheter att driva på kraven på utsläppsreduktion ytterligare.
2. Den andra förutsättningen för en effektiv miljöprövning handlar om *förutsägbarhet* och transparens rörande prövningens tidsåtgång, genomförande och de slutgiltiga tillståndsvillkorens innehåll. Detta kan bland annat åstadkommas genom korta handläggningstider samt tydliga och transparenta instruktioner och riktlinjer för hur lagen ska tolkas, ansökningar utformas, etc. På denna punkt finns i dag en kritik mot den svenska miljöprövningen, som ofta av industrin upplevs som icke-förutsägbar. Författarna menar dock att perfekt förutsägbarhet, till exempel i form av generella snarare än anläggningsspecifika gränsvärden, inte är önskvärt. Det är viktigt att kunna anpassa villkoren efter specifika förhållanden, såsom kostnaderna för att reducera utsläppen av koldioxid på olika industrianläggningar, för att åstadkomma ett högt långsiktigt omställningstryck samtidigt som oskäligt höga anpassningskostnader undviks på kort sikt. En mer ändamålsenlig åtgärd är i stället att utforma tydligare och (så långt det går) mer situationsanpassade riktlinjer för hur olika rättsregler, t.ex. kring integrerad prövning, oskäliga kostnader, etc., ska förstås och tillämpas i enskilda fall, samt hur lärdomar från centrala utvecklingsprojekt, såsom Hybrit, kan integreras i miljöbalksprövningen.

⁸⁹ Underlag till regeringens klimatpolitiska handlingsplan, 2019, s. 135.

⁹⁰ Söderholm m.fl., *Klimatpolitikens komplexitet: en framkomlig reglering av industrins koldioxidutsläpp*, 2019.

3. Den tredje och sista förutsättningen för en effektiv miljöprövning handlar om *kunskap* hos reglerande myndigheter om tekniska möjligheter och dess ekonomiska konsekvenser. Detta kan möjliggöra jämbördiga, konsensusinriktade men samtidigt tuffa förhandlingar mellan företag och reglerande myndigheter. Den viktigaste skillnaden mellan dagens miljöprövning i Sverige och den som genomfördes enligt den tidigare miljöskyddslagen är inte kopplad till rättsliga principer och regler utan om att den senare byggde på en regleringsfilosofi baserad på samarbete och samförstånd mellan myndigheter och industri. Det bör noteras att den tidigare prövningen även präglades av ett intensivt stat-industri-finansierat FoU-samarbete, och detta var väsentligt för att driva på framtagandet av ny teknik. Att åstadkomma en effektiv koordinering mellan FoU-satsningar och traditionell miljöprövning skulle vara viktigt även för dagens utmaningar om klimatfrågan ges större utrymme i miljöbalksprövningen, inte minst för de klimatutmaningar som svensk järn- och stålindustri står inför.

Även om ovan nämnda forskare förespråkar styrning genom gränsvärden för växthusgasutsläppen snarare än krav på specifika tekniker går det också att tänka sig andra former av styrning. Om syftet är att minska risken för fossil inlåsning snarare än att reglera utsläppen här och nu är det också tänkbart att ställa villkor på ett sätt som ”framtidssäkrar” investeringen. T.ex. kan det krävas att den sökande visar en plan för hur den nya/ändrade anläggningen ska kunna ställas om till 2045 för att vara förenlig med nettonollmålet och säkerställa att utformning och placering av anläggningen är kompatibla med t.ex. en framtida utrustning och infrastruktur för vätgas, koldioxidavskiljning eller andra lösningar som kan bidra till att minimera växthusgasutsläppen från anläggningen.

5.2.3 Resurstillgång och infrastruktur

Omställningen av processindustrin kommer att kräva investeringar i infrastruktur för el, vätgas, CCS/CCU osv. Detta blir i många fall en del av företagets investering i själva tekniken; t.ex. behöver ett företag som bygger en anläggning för att producera vätgas genom elektrolys sannolikt också bygga ett lager för vätgasen. I den mån staten sett innovationsrelaterade marknadsmisslyckanden eller andra skäl att bidra till investeringen i själva tekniken kan detta även bli aktuellt för tillhörande infrastruktur. I övrigt är detta främst en angelägenhet för företaget i fråga och inte i sig ett hinder som staten behöver undanröja.

För vissa typer av infrastruktur är dock företagets rådighet begränsad i förhållande till statens. Av dem som berörs i denna rapport gäller det framför allt elinfrastrukturen, där det är staten som genom Svenska kraftnät ansvarar för att stamnätet håller tillräcklig kapacitet och att elbalansen upprätthålls i varje stund. Elnätet har karaktären av ett naturligt monopol, vilket innebär att det knappast är effektivt (eller ens tillåtet) att olika aktörer drar parallella ledningar om man inte är nöjd med det staten tillhandahåller.

En ökad elektrifiering av samhället, som förutom i industrin kan förutses även i andra sektorer (inte minst transportsektorn), kräver att elsystemets kapacitet och flexibilitet kan utvecklas i tillräcklig takt. Parallellt pågår en omställning på tillförselsidan, där kärnkraften successivt väntas fasas ut med stigande ålder och ersättas med förnybara och till stor del variabla energislag. Energimyndigheten har i en analys av framtidens

elsystem⁹¹ visat att det är fullt möjligt att få ett fungerande 100 procent förnybart elsystem till 2040-talet, men elsystemet kommer att se annorlunda ut än det gör i dag. För att industrin ska våga satsa på en ökad elektrifiering får det inte råda några tvivel om att eltillförseln vad gäller såväl kvantitet som kvalitet kan matcha industrins krav. Då behövs en starkare samordning av dessa parallella omställningar av användar- och tillförselsidan. För att undanröja hinder och ta vara på möjliga synergier, samtidigt som hållbarheten i omställningen säkerställs, behöver staten ta en mer aktiv roll. Miljömålsrådet har under Energimyndighetens ledning påbörjat ett sådant arbete i form av en elektrifieringsstrategi.

Staten behöver också anta en mer strategisk roll vad gäller biomassan så att politiken för olika sektorer hänger ihop, resurserna används där de gör mest nytta och att det sammantaget finns en realistisk bild av hur mycket biomassa som kan nyttjas för olika ändamål. Inte minst är det viktigt att säkerställa att den biomassa som används kommer från hållbara källor, både med hänsyn till andra miljö- och hållbarhetsmål än klimatmålet och för att inte riskera bakslag där konsumenter inte längre har förtroende för biobaserade produkter som industrin tar fram. De kvantitativa ramar för användningen som dessa hållbarhetsrestriktioner sätter kan behöva tydliggöras för att skapa större säkerhet om hur tillgången ser ut.

Även för CCS/CCU och vätgas skulle strategiska samordningsinsatser från statens sida kunna underlätta omställningen. Med större tydlighet om förutsättningarna för de olika utvecklingsspåren blir det lättare för industrin att kunna välja spår och sen våga satsa på det.

5.3 Slutsatser och förslag

5.3.1 Stöd till forskning och utveckling är nödvändigt, men bör inte detaljstyras

- För att Sverige senast 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, samtidigt som konkurrenskraften för svensk processindustri stärks, krävs en omfattande teknisk utveckling. Visserligen finns i dag teknik delvis tillgänglig inom de huvudsakliga utvecklingsspåren elektrifiering, biomassa, vätgas samt koldioxidavskiljning och lagring eller användning (CCS/CCU), men teknikerna behöver utvecklas vidare och prövas i större skala innan de blir kommersiellt gångbara.
- De åtgärder som är aktuella i de berörda branscherna har potential att minska de processrelaterade utsläppen med i storleksordningen 65–85 procent. Framför allt handlar det om minskningar i de branscher som har tagit fram klimatafärdplaner, dvs. järn- och stålindustrin och cementindustrin. Däremot behöver kemi och raffinaderi samt övrig metallindustri presentera fler åtgärder för att kunna minska sina utsläpp i motsvarande grad.

⁹¹ 100 procent förnybar el. Delrapport 2 – Scenarier, vägval och utmaningar, ER 2019:6.

- Det finns innovationsrelaterade marknadsmisslyckanden hela vägen från grundläggande forskning till fullskalig investering. För att motverka dessa marknadsmisslyckanden är det avgörande att statliga insatser kan sättas in genom hela innovationsprocessen, både i form av marknadsdrivande styrmedel och ekonomiskt stöd till forskning, innovation och demonstration. Staten har dock ett informationsunderläge jämfört med en fungerande marknad när det gäller att allokera dessa resurser, så därför är det viktigt att stödet ges på ett sätt som så långt möjligt ger förutsättningar för en effektiv fördelning. Då bör stödet inte på förhand detaljstyras till vissa branscher, processer, utvecklingssteg osv. utan utifrån transparanta kriterier och med underlag i de ansökningar som kommer in vid det aktuella utlysningstillfället styras dit pengarna gör mest nytta.
- Industriklimatet spelar en central roll för att stödja den teknikutveckling som krävs för att minska industrins processrelaterade utsläpp. Utöver industrispecifika insatser behövs även bredare forskning, innovation och demonstration på energiområdet för att t.ex. säkerställa att omställningen kan ske utan negativa konsekvenser för andra miljömål än klimatmålet och att styrmedel kan utformas för att på ett effektivt sätt styra mot målen. Detta stöd behöver kunna rymma såväl grundläggande forskning som pilot- och demonstrationsverksamhet.

5.3.2 *Prissättning är nyckeln, men EU ETS kan behöva kompletteras*

- För att industrin ska våga investera i teknisk utveckling krävs inte bara stöd till forskning och utveckling utan det måste också finnas affärsmässiga utsikter för att de nya teknikerna ska kunna bära sig. Att de nya teknikerna i allmänhet är dyrare än befintliga, samtidigt som det i allmänhet är svårt att ta ut merkostnaden på produktpriset, innebär ett avgörande hinder för omställningen och är det hinder som är mest akut att komma till rätta med.
- För att ge incitament att utveckla mer klimatsmarta tekniker måste priset på utsläppen vara högre. EU:s utsläppshandelssystem EU ETS lyckas i dag inte leverera en prissignal som är förenlig med de långsiktiga klimatmålen. Förutom att verka för en ökad ambitionsnivå inom utsläppshandeln kan därför kompletterande åtgärder övervägas, såsom exempelvis ett prisgolv i EU ETS, för att ge större säkerhet om den långsiktiga styrningen. Ytterligare en möjlighet är att ställa klimatkrav i tillståndsprövningen enligt miljöbalken även för anläggningar som ingår i EU ETS. Om klimatstyrningen av konkurrensutsatt industri skärps väsentligt så kan koldioxidtullar vara ett alternativ som kan övervägas i kommande revideringar av EU ETS för att hantera risken för koldioxidläckage.
- Efterfrågan på produkter med god klimatprestanda från konsumenter, företag och offentliga upphandlingar kan utgöra kraftfulla incitament för omställning. För detta krävs dock att produkter med god klimatprestanda kan skiljas från produkter med sämre, vilket i sin tur kräver välkända och pålitliga system för märkning och certifiering

5.3.3 Otydliga eller otidsenliga regelverk kan bromsa, men är i allmänhet inte det stora hindret

- Det är i allmänhet inte hinder i regelverket som främst bromsar omställningen av processindustrin. Det finns dock vissa områden där otydligheter eller snabba förändringar i regelverket kan skapa stora osäkerheter om förutsättningarna för en investering, t.ex. vad gäller beräkningsmetodik för utsläpp. Vidare bör det finnas visst utrymme att förbättra och effektivisera miljötillståndsprocessen utan att urholka miljöskyddet.

5.3.4 Omställningen kräver tillgång på el, biomassa och andra resurser – inom hållbara ramar

- Omställningen av industrin väntas leda till en kraftigt ökad användning av el och biomassa. För att inte denna omställning ska orsaka ohållbara konsekvenser för andra miljömål måste den kombineras med kraftfulla åtgärder för ökad energi- och annan resurseffektivitet.
- En ökad elektrifiering av industrin, liksom andra delar av samhället, innebär utmaningar i termer av kapacitet och leveranssäkerhet i elnätet. Parallellt med detta kommer elsystemet att ställas om till 100 procent förnybart. Här behövs en elektrifieringsstrategi som kan samordna dessa parallella omställningar, undanröja hinder, ta tillvara möjliga synergier och säkerställa att omställningen sker på ett hållbart sätt.
- Också vad gäller biomassa, CCS/CCU och vätgas behöver staten anta en mer strategisk roll, inte minst vad gäller hållbarhetsaspekter.

6 Källförteckning

- 100 procent förnybar el. Delrapport 2 – Scenarier, vägval och utmaningar*, ER 2019:6, Energimyndigheten, 2019.
- Black-Samuelsson, S, Eriksson, H, Henning, D, Janse, G, Kaneryd, L, Lundborg, A och Niemi Hjulfors, L. *Bioenergi på rätt sätt – om hållbar bioenergi i Sverige och andra länder*. Rapport av Skogsstyrelsen, Energimyndigheten, Jordbruksverket och Naturvårdsverket. Rapport 10, Skogsstyrelsen, 2017.
- Börjesson, Pål, *Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi*, Rapport nr 97, Lunds universitet, 2016.
- Decarbonization of industrial sectors: the next frontier*, McKinsey & Company, 2018.
- de Jong, J. m.fl., *Miljöpåverkan av skogsbränsleuttag – En syntes av forskningsläget baserat på Bränsleprogrammet hållbarhet 2011–2016*, ER 2018:02, Energimyndigheten, 2018.
- DS 2018:38, *Anpassad miljöprovning för en grön omställning*.
- Energimyndigheten, Användning av energivaror inom mineral- och tillverkningsindustri enligt SNI2007, 2008-, http://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Industrins%20energianv%c3%a4ndning/-/EN0113_3B.px/table/tableViewLayout2/?rxid=d5ae341e-f6a8-4806-99e6-764dbd36b202 (hämtad 2019-04-11).
- Energipilot Gotland – Färdplan för att möjliggöra att Gotland blir pilot för ett hållbart energisystem*, ER 2019:09, Energimyndigheten, 2019.
- Favier, A., De Wolf, C., Scrivener, K. L. and Habert, G, *A sustainable future for the European Cement and concrete industry*, ETH Zurich, 2018.
- Färdplan cement för ett klimatneutralt betongbyggande*, Cementa, 2018.
- Fördjupad analys av svensk klimatstatistik 2018*, Rapport 6848, Naturvårdsverket, 2018.
- Geologisk lagring av koldioxid i Sverige – Lägesbeskrivning avseende förutsättningar, lagstiftning och forskning samt olje- och gasverksamhet i Östersjöregionen*, Rapporter och meddelanden 142, Sveriges geologiska undersökning, 2017.
- Hållbar kemi. <http://kemiforetagenistenungsund.se/vart-arbete/energieffektivisering-i-kemiindustrin/> (hämtad 190404).
- In-depth analysis in support of the commission communication COM(2018) 773, *A Clean Planet for all – A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*, EU-kommissionen, 2018.
- Industrial Transformation 2050 – Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry*, Material Economics, 2019.
- Industrins långsiktiga utveckling och samspel med energisystemet*, ER 2015:18, Energimyndigheten, 2015.
- Industrins processrelaterade utsläpp och hur de kan minskas. En nulägesanalys inom regeringsuppdraget Industriklivet*, ER 2018:24, Energimyndigheten, 2018.
- Jordbruk, bioenergi och miljö*, Rapport 2009:22, Jordbruksverket, 2009.

- Karltorp, Kersti, Bergek, Anna och Fahnestock, Jesse, *Statens roll för klimatomställning i processindustrin*, RISE Rapport 2019:15, 2019.
- Klimatfärdplan – För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige*, Jernkontoret, 2018.
- Kontrollstation 2019 för reduktionsplikten – Reduktionspliktens utveckling 2021–2030*, Energimyndigheten, 2019.
- Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors by mid-century*, The Energy Transitions Commission, 2018.
- Naegele, H & Zaklan, A, *Does the EU ETS cause carbon leakage in European manufacturing?*, Journal of Environmental Economics and Management, nr. 93, 2019, s 125–147.
- Nulägesanalys – Underlag till regeringsuppdrag Uppdrag att genomföra innovationsfrämjande insatser för att minska processindustrins utsläpp av växthusgaser*, ER 2017:4, Energimyndigheten, 2017.
- Ny avgiftsstruktur för plastförpackningar*, <https://ftiab.se/2509.html> (hämtad 190516).
- Samrådsunderlag – Tillståndsansökan SSAB Oxelösund*, SSAB EMA AB, 2019.
- Scenarier över Sveriges energisystem 2018*, ER 2019:07, Energimyndigheten, 2019.
- SOU 2013:84, *Fossilfrihet på väg*.
- SOU 2018:84, *Det går om vi vill. Förslag till en hållbar plastanvändning*.
- SOU 2019:11, *Biojet för flyget*.
- SOU 2019:30, *Moderna tillståndprocesser för elnät*.
- Statens roll vid grön omställning genom aktiv industripolitik*, PM 2018:10, Tillväxtanalys, 2018.
- Statistiska centralbyrån, *Utsläpp av växthusgaser från industrin efter växthusgas och bransch. År 1990–2017. Statistikdatabasen* http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__MI__MI0107/MI0107IndustriN/?rxid=044a3d70-6d13-46bb-8a54-80622f75c36b (hämtad 190611).
- Så klarar svensk industri klimatmålen – En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet*, Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien, 2019.
- Söderholm, Patrik, *Ett mål flera medel – Styrmedelskombinationer i klimatpolitiken*, Rapport 6491, Naturvårdsverket, 2012.
- Söderholm, Patrik m.fl., *Klimatpolitikens komplexitet: en framkomlig reglering av industrins koldioxidutsläpp*, Slutrapport, Energimyndigheten, 2019.
- The Circular Economy – a Powerful Force for Climate Mitigation*, Material Economics, 2018.
- Underlag till regeringens klimatpolitiska handlingsplan*, rapport 6879, Naturvårdsverket, 2019.
- Vad är statens roll i omställningen till klimatneutrala konstruktionsmaterial?*, PM 2018:03, Tillväxtanalys, 2018.
- Wiesner, Emma, *Klimatneutral konkurrenskraft – kvantifiering av åtgärder i klimatfärdplaner*, Sweco, 2019.
- Wilhelmsson m.fl., *CemZero – A feasibility study evaluating ways to reach sustainable cement production via the use of electricity*, Vattenfall/Cementa, 2018.



Energimyndigheten driver på energiomställningen in i ett modernt och hållbart fossilfritt välfärdssamhälle – med hjälp av trovärdighet, helhetssyn och mod.

Vi bidrar med fakta, kunskap och analyser om tillförsel och användning av energi i samhället.

Forskning om förnybara energikällor, smarta elnät och framtidens fordon och bränslen får stöd av oss. Vi stöttar också affärsutveckling som gör det möjligt att kommersialisera innovationer och ny teknik, och ser till att goda lösningar kan exporteras.

Vi ansvarar för Sveriges officiella statistik på energiområdet, och hanterar elcertifikatsystemet och handeln med utsläppsrätter.

Dessutom deltar vi i internationella klimatsamarbeten, och förmedlar fakta om effektivare energianvändning till hushåll, företag och myndigheter.



Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna
Telefon 016-544 20 00, Fax 016-544 20 99
E-post registrator@energimyndigheten.se
www.energimyndigheten.se