

Konjunkturrådets rapport 2020



Konjunkturrådets rapport 2020

Svensk politik för globalt klimat

John Hassler (ordförande)

Björn Carlén

Jonas Eliasson

Filip Johnsson

Per Krusell

Therese Lindahl

Jonas Nycander

Åsa Romson

Thomas Sterner

SNS FÖRLAG

SNS FÖRLAG

Box 5629

114 86 Stockholm

Telefon: 08-507 025 00

www.sns.se

SNS – Studieförbundet Näringsliv och Samhälle – är en oberoende ideell förening som genom forskning, möten och utbildning bidrar till att ledande beslutsfattare i näringsliv, politik och offentlig förvaltning kan fatta välgrundade beslut baserade på vetenskap och saklig analys. 280 ledande företag, myndigheter och organisationer är medlemmar i SNS.

Konjunkturrådets rapport 2020: Svensk politik för globalt klimat

John Hassler (ordförande), Björn Carlén, Jonas Eliasson, Filip Johnsson, Per Krusell, Therese Lindahl, Jonas Nycander, Åsa Romson, Thomas Sterner

Första upplagan

Första tryckningen

© Författarna och SNS Förlag, 2020

Grafisk form: Patrik Sundström

Tryck: TMG Sthlm, Stockholm 2020

ISSN 1652-8050

ISBN 978-91-88637-27-7

Innehåll

Utgivarens förord 7

Sammanfattning 9

1 · Inledning: Varför behövs (en rapport om) klimatpolitik? 29

DEL I · SYSTEMFÖRSTÅELSE

2 · Vad beror klimatförändringar på? 41

3 · Vilka effekter får klimatförändringarna? 75

4 · Det globala energisystemet 101

5 · Klimatpolitik – teoretiska utgångspunkter och praktiska
öväväganden 131

6 · Omställning av energisystemet 171

7 · Internationella åtgärder mot klimatförändringarna 196

DEL II · SAMMANFATTANDE ANALYS AV DEN SVENSKA KLIMATPOLITIKEN

8 · Sveriges koldioxidutsläpp 225

9 · Sveriges klimatpolitiska mål 229

10 · Svenska klimatpolitiska styrmedel 233

11 · Analys och diskussion 241

12 · Policyförslag 261

DEL III · SJU FRÅGOR

- 13 · Inledning till frågorna 277
- 14 · Kan lokala klimatmål bidra till en effektiv klimatpolitik? I så fall, hur ska de utformas? 278
- 15 · Finns en poäng med att sätta utsläppsmål sektorsvis, eller bör alla sektorer ha samma kostnadstryck på omställning? 290
- 16 · Hur effektiv klimatpolitik är klimatbistånd? 297
- 17 · Är det smart klimatpolitik att köpa utsläppsrätter och inte använda dem eller att på annat sätt påverka utsläppen inom EU ETS? 303
- 18 · Bör Sverige sträva efter att skapa ett större fossilfritt elöverskott för export? 311
- 19 · Bör kärnkraften behållas av klimatskäl? 317
- 20 · Bör Sverige stödja investeringar i koldioxidavskiljning och lagring? 325

Referenser 333

Författarna 342

UTGIVARENS FÖRORD

Klimatpolitik är ett komplext område där många perspektiv behövs. För att hitta lösningar på hur koldioxidutsläppen ska kunna minskas krävs insikter från flera vetenskaper, bland annat de naturvetenskapliga och samhällsvetenskapliga. Detta var utgångspunkten för SNS vid tillsättningen av SNS Konjunkturråd 2020. Antalet rådsledamöter har denna gång därför utvidgats till nio. Som vanligt dominerar nationalekonomerna, men till årets rapport har även klimatforskare med kompetens inom juridik, naturvetenskap och teknik anlitats. De nationalekonomer som medverkar har också olika inriktningar i sin forskning på klimatområdet, bland annat makroekonomi, beteendekonomi, styrmedel och hållbarhet.

SNS Konjunkturråd 2020 behandlar den naturvetenskapliga grunden för att förstå klimatförändringarna, analyserar den svenska klimatpolitiken samt lyfter ett antal centrala frågor som också besvaras. En fråga handlar om huruvida lokala klimatmål kan bidra till en effektiv klimatpolitik, en annan om vi av klimatskäl bör behålla kärnkraften i Sverige.

Det är SNS förhoppning att rapporten ska leda till ökade kunskaper om klimatförändringarna och de åtgärder som kan förbättra politikens effekt på klimatet. Vi ser framför oss att forskarnas analys och förslag kan bidra till en bred och konstruktiv diskussion om hur politiken ska inriktas för att åstadkomma de önskade minskningarna av koldioxidutsläppen.

John Hassler, professor i nationalekonomi vid Institutet för internationell ekonomi, Stockholms universitet har som ordförande

lett arbetet i SNS Konjunkturråd 2020. Övriga ledamöter i rådet är *Björn Carlén*, doktor i nationalekonomi, Konjunkturinstitutet, *Jonas Eliasson*, gästprofessor i transportekonomi, Linköpings universitet, *Filip Johnsson*, professor i energiteknik, Chalmers tekniska högskola, *Per Krusell*, professor i nationalekonomi vid Institutet för internationell ekonomi, Stockholms universitet, *Therese Lindahl*, doktor i nationalekonomi, Beijerinstitutet, *Jonas Nycander*, professor i geofysisk hydrodynamik vid Meteorologiska institutionen, Stockholms universitet, *Åsa Romson*, doktor i miljöjuridik, IVL Svenska Miljöinstitutet, och *Thomas Sterner*, professor i miljöekonomi, Handelshögskolan vid Göteborgs universitet. Ledamöterna presenteras närmare i slutet av rapporten. *Mattias Schain*, jur.kand, har varit rådets processledare och sekreterare.

För analys, slutsatser och förslag svarar rapportens författare. SNS som organisation tar inte ställning till dessa. SNS uppdrag är att initiera och presentera forskningsbaserade analyser av viktiga samhällsfrågor.

Markku Rummukainen, professor i klimatologi, Lunds universitet, klimatrådgivare vid IPCC:s nationella knutpunkt vid SMHI och ledamot av Klimatpolitiska rådet har vid ett seminarium granskat ett utkast till rapport. Det har också *Svante Axelsson*, nationell samordnare för Fossilfritt Sverige gjort. SNS framför sitt stora tack till båda dessa för värdefulla kommentarer.

SNS tackar också Jan Wallanders och Tom Hedelius stiftelse för finansiellt stöd.

Stockholm i januari 2020

MIA HORN AF RANTZIEN

vd SNS

Sammanfattning

MED DENNA RAPPORT vill vi bidra till att svara på frågan *hur* politiken kan åstadkomma de önskade minskningarna av koldioxidutsläppen. Rapporten handlar däremot *inte* om huruvida det krävs handling i klimatfrågan. Rapportens fokus är inte heller på hur mycket mindre koldioxid vi ska släppa ut, vare sig globalt, nationellt, lokalt eller individuellt.

Frågan om *hur* har inget naturvetenskapligt svar, men svaret kräver förståelse av hur det globala klimatsystemet fungerar och påverkas av koncentrationen av växthusgaser i atmosfären. Man måste förstå hur kol cirkulerar mellan olika reservoarier som atmosfär, biosfär och hav. Man måste också förstå hur den globala ekonomin fungerar och hur olika typer av klimatpolitik påverkar användningen av fossila och andra bränslen. Slutligen måste man förstå hur internationella överenskommelser kan uppstå och vidmakthållas. Denna rapport börjar därför i del 1 med en beskrivning av dessa komplicerade och sammanlänkade system.

I del 2 beskriver vi den svenska klimatpolitiken och analyserar den utifrån den systembeskrivning vi gjort i del 1. Vi kommer också

här med förslag på förändringar i den svenska klimatpolitiken. Del 3 avslutar rapporten med att försöka besvara ett antal aktuella klimatpolitiska frågor.

Vi som skriver denna rapport har alla forskat om klimatfrågor. Vår bakgrund är brokig; vi representerar olika fält inom samhällsvetenskap, juridik och naturvetenskap. Vi är ense om beskrivningarna som görs om klimatsystemet och den globala ekonomin. Vi är också eniga om beskrivningen av de mekanismer genom vilka klimatpolitiken verkar och varför klimatpolitik är nödvändig. Slutsatserna om vilken politik som är den mest verkningsfulla beror bland annat på bedömningar av den relativa styrkan i olika mekanismer. I de flesta fall gör vi här liknande bedömningar och är eniga i våra rekommendationer. I vissa fall skiljer sig våra bedömningar åt. När så är fallet framgår detta tydligt.

Nationalekonomer analyserar hur politik kan användas för att påverka beslut som individer och företag tar på marknader, till exempel om användningen av fossila bränslen. Detta tillsammans med det faktum att flertalet av oss i Konjunkturrådet 2020, men inte alla, är nationalekonomer har inneburit att våra svar på hur i stor utsträckning använder nationalekonomiska metoder. Detta betyder inte att vi avfärdar andra ansatser. Även om vi efter bästa förmåga försökt beakta perspektiv från andra vetenskaper har gruppens sammansättning gjort att de i stort ligger utanför vad vi analyserat i denna rapport.

Del I

Vad beror klimatförändringar på?

För att jordens klimat ska vara i jämvikt krävs att instrålningen av energi från solen balanseras av en lika stor utstrålning från jorden till den omgivande rymden. Konsekvensen av mer växthusgaser i atmosfären är en obalans mellan inflöde och utflöde av energi, vilket leder till att jordens medeltemperatur ökar tills balans åter nås. Hur mycket temperaturen behöver gå upp för att balans ska nås är mycket osäkert, eftersom styrkan i ett antal återkopplingsmekanismer, särskilt molnbildning, är svår att precisera.

De mest använda sammankopplade globala klimat- och kolsystemmodellerna visar att den globala medeltemperaturen permanent stiger med ett ungefärligen konstant antal grader för varje ytterligare enhet koldioxid som släpps ut. Också här är osäkerheten mycket stor, eftersom modeller ger olika resultat. Enligt IPCC anges ett intervall på 0,8–2,5 grader Celsius per 1 000 miljarder ton kol. Hittills har vi globalt släppt ut knappt 600 miljarder ton. Om känsligheten är så låg som 0,8 grader kan vi släppa ut tre gånger så mycket till, vilket skulle ta ett par hundra år med dagens utsläpp, och ändå inte överstiga 2 graders uppvärmning. Om känsligheten är 2,5 grader kan vi bara släppa ut 200 miljarder ton ytterligare (vilket tar 20 år med dagens takt), och för att hålla världen under 1,5 graders uppvärmning krävs att utsläppen helt stoppas omedelbart.

Med hjälp av simuleringsmodeller har forskningen försökt identifiera risken för så kallade »tipping points«, det vill säga att självförstärkande mekanismer skulle skapa större irreversibla ändringar i någon del av klimatsystemet efter att en kritisk nivå av klimatförändringen nåtts. Det är genuint svårt att bedöma riskerna för att sådana mekanismer sätter in, inte minst eftersom mekanismerna

ofta inte kan kalibreras mot historiska observationer.

Uppfattningen att det snart är »för sent« att göra något, eftersom vi är nära en situation där klimatförändringarna blir skenande och utom kontroll, har mycket begränsat vetenskapligt stöd. Lika lite stöd har uppfattningen att den observerade uppvärmningen inte har med mänskliga utsläpp att göra. Vi kan däremot på vetenskapliga grunder vare sig utesluta att klimatkänsligheten är så liten att det inte alls är akut att minska utsläppen eller att den är så stor att vi i praktiken redan släppt ut för mycket för att vi ska kunna hålla oss under 1,5 graders uppvärmning.

Vilka effekter får klimatförändringarna?

Storleken på de prognosticerade klimatförändringarna och deras effekter beror på hur stora utsläppen blir. De åtaganden som hittills gjorts i Parisavtalet beräknas leda till en global uppvärmning på cirka 3 grader, med ett betydande osäkerhetsintervall. Ett mer pessimistiskt scenario där utsläppen fortsätter att öka under hela det innevarande århundradet leder till en prognosticerad uppvärmning på 4,3 grader med ett osäkerhetsintervall på 3,2–5,4 grader.

Klimatförändringarna är mångfacetterade. Havsnivån beräknas stiga med i storleksordningen en halv till en meter under detta århundrade. Även om antalet tropiska stormar inte ökar är det troligt att de allra starkaste blir fler. Effekten på jordbruket är osäker eftersom koldioxid i sig gynnar tillväxten men klimatförändringarna kan ha negativa effekter. I tätbefolkade delar av bland annat Asien kan det komma att uppstå värmeböljor som gör det fysiologiskt omöjligt att arbeta utomhus.

Påverkan på ekonomi och människors välfärd kommer att variera mycket beroende på region och anpassningsförmåga. En samman-

fattning av studier som summerar de globala konsekvenserna visar skador på cirka 5 procent av BNP vid 2 graders uppvärmning och 10 procent vid 3 grader. Spridningen i resultat mellan olika studier är dock stor. Klimatförändringarna hotar inte mänsklighetens överlevnad, men för enskilda länder kan de få katastrofala konsekvenser.

För Sverige bedömer vi de direkta effekterna som små om de jämförs med vår BNP. Indirekta effekter orsakade av klimatförändringarnas effekter i omvärlden, till exempel handel, migration, internationella konflikter och ökat behov av internationellt bistånd kan bli betydande men är mycket svårbedömda.

Det globala energisystemet

Tillförseln av energi domineras globalt av fossila bränslen och har under många decennier svarat för cirka 80 procent. Också inom EU som helhet är fossila energikällor dominerande för energitillförseln. I Sverige är situationen annorlunda. År 2017 stod förnybara energikällor för 39 procent, kärnbränslen för 31 procent och fossila bränslen för 26 procent av energitillförseln.

En viktig skillnad mellan olika energikällor är huruvida de är planerbara eller inte. Tillförseln av energi från vind är inte planerbar utan beror på hur mycket det blåser. En ökad andel icke-planerbar elproduktion ökar variabiliteten i elpriserna. Detta ökar lönsamheten i planerbara kraftslag som är tillräckligt flexibla, till exempel från förbränning av gas eller biobränslen, samt lagring och åtgärder för att göra efterfrågan mer flexibel. På grund av skillnader i planerbarhet kommer kraftslag med olika genomsnittskostnad per levererad enhet energi att kunna vara lönsamma samtidigt.

Konventionell olja handlas på en världsmarknad och är billig att ta upp och transportera i förhållande till sitt pris. Minskad använd-

ning i Sverige tenderar att öka användningen någon annanstans – inhemska utsläppsminskningar leder till *läckage*. För kol är situationen annorlunda. Minskad efterfrågan i en region av världen leder inte i någon större utsträckning till ökad användning någon annanstans. Det innebär till exempel att den svenska exporten av fossilfri el till länder med mycket kolproducerad elkraft därför kan ha stora effekter på de samlade utsläppen.

Under senare år har priset på förnybar energi fallit. Den globala användningen av sådana energislag har ökat, men användningen av fossila bränslen har inte minskat. Lägre priser på grön energi är inte tillräckligt för att åstadkomma en tillräcklig minskning av koldioxidutsläppen. Det behövs en global politik som ger ett tillräckligt högt pris på koldioxidutsläpp. En sådan politik är ännu inte på plats.

Klimatpolitik – teoretiska utgångspunkter och praktiska överväganden

En framgångsrik klimatpolitik kräver global samordning. Minskade utsläpp medför kostnader för utsläpparen, medan nyttorna i form av mindre klimatförändringar fördelas över hela världen. Detta skapar ett så kallat fripassagerarproblem som kräver internationella överenskommelser.

Det är orimligt att omedelbart förbjuda alla utsläpp. Därför måste andra politiklösningar användas. Att centralt bestämma planer för enskilda utsläppare skulle i praktiken leda till en mycket kostsam omställning, så kostsam att den skulle riskera bli politiskt omöjlig. I stället är prissättning av utsläpp, via skatter eller utsläppshandelssystem, den mest kostnadseffektiva klimatpolitiken. Styrning via mål, regler och teknisksubventioner kan under vissa förutsättningar vara bra komplement men kan inte ersätta pris på

utsläpp. Även ett måttligt globalt pris på utsläpp skulle ha stora effekter på utsläppen.

Klimatpolitik får fördelningspolitiska effekter. Även om de förmodligen inte är särskilt stora i länder som Sverige behöver de beaktas för att få bred acceptans för politiken. Eftersom politik som skapar ett pris på utsläpp genererar betydande finansiella intäkter finns goda förutsättningar att kompensera dem som särskilt drabbas. Sådan kompensation bör dock inte ske genom nedsättning av priset på utsläpp.

Osäkerheten är mycket stor kring hur stora klimatförändringarna blir och hur mycket skador dessa orsakar. Beräkningar visar att en smart klimatpolitik, som bygger på att utsläpp av växthusgaser prissätts globalt, är en billig försäkringspremie mot de värsta scenarierna. Det finns därför i praktiken knappast anledning att vara orolig för att ett globalt koldioxidpris blir för högt.

Omställning av energisystemet

En viktig fråga är hur snabbt olika fossila bränslen bör fasas ut. Ett entydigt resultat från forskningen är att det samhällsekonomiska värdet av att använda konventionell olja och gas är mycket större än att använda kol. Den konventionella oljan och gasen kan förmodligen användas tills de tar slut utan att detta i sig hotar klimatet. Motsatsen gäller för kol och icke-konventionella reserver av gas och olja. Merparten av dessa reserver måste stanna i jorden.

De svenska klimatpolitiska ambitionerna kräver teknik- och bränslebyte samt infångning och lagring av koldioxid. I Sverige är förutsättningarna för vindkraft goda. Solenergi står för en blygsam andel av energitillförseln. Även om den är på frammarsch kommer den förmodligen begränsas till nischproduktion i decentraliserade system under överskådlig tid.

Biobränsle är en viktig del av den svenska energitillförseln och bidrar med cirka 25 procent av den totala tillförda energin. Förbränning av biobränslen ger utsläpp av koldioxid med samma effekter på klimatet som koldioxid från fossila källor. Skillnaden är att tillväxt av skog tar upp koldioxid från atmosfären. I Sverige ger det aktiva skogsbruket möjligheter att öka mängden kol som är inlagrad i skog och mark samtidigt som det finns potential att ökar biomassaутtaget över tid. Klimatnyttan med importerat biobränsle är dock mycket osäker även om ett arbete pågår med certifiering av biobränslen.

Kärnkraften står i Sverige för cirka 40 procent av elproduktionen. Nedläggningsbeslut har fattats för reaktorerna Ringhals 1 och 2. Beslutet är fattat på företagsekonomiska grunder. Det är inte säkert att dessa beslut är i överensstämmelse med samhällsekonomiska och klimatpolitiska hänsyn.

Att fånga in och binda koldioxid kommer att vara en central del för att nå högt ställda globala klimatmål. Förutsättningarna för sådan inbindning är goda i Sverige, inte minst när det gäller inbindning i skog och mark. Också potentialen för att samla in och lagra koldioxid med så kallad CCS-teknik från stora utsläppskällor som kraftvärmeverk, cement och stålframställning är stor i Sverige. Kostnaden per insamlat ton koldioxid är med nuvarande teknik i samma storleksordning som den svenska koldioxidskatten. Nuvarande pris på utsläppsrätter är dock för lågt för att göra denna teknik kommersiellt lönsam.

Internationella åtgärder mot klimatförändringarna

År 1997 förhandlades Kyotoprotokollet fram. Tanken i detta var att via en »top-down«-process träffa internationella överenskommelser om hur mycket deltagande länder skulle minska sina koldi-

oxidutsläpp. Enligt Parisavtalet ska i stället varje deltagande part själv bestämma sina utsläppsminskningar. Länderna kan sedan inte backa ifrån dessa utan förväntas successivt skärpa sina åtaganden. En överenskommelse om ett globalt pris på utsläpp har inte varit en central del av de internationella förhandlingarna.

EU-länderna har samordnat sina åtaganden under Parisavtalet för sina medlemsstaters räkning. Det EU-gemensamma åtagandet innebär en 40-procentig utsläppsminskning fram till 2030 för unionen som helhet. EU:s utsläppsminskningar åstadkoms dels genom utsläppshandelssystemet EU ETS, som täcker drygt 40 procent av utsläppen, dels genom de så kallade bördefördelningsreglerna (»Effort Sharing Resolution«, ESR) som täcker resten av utsläppen. EU:s långsiktiga mål är att minska utsläppen av växthusgaser till 2050 med 80–95 procent räknat från 1990. I december 2019 enades ledarna för alla EU:s länder utom Polen om att skärpa dessa mål så att EU blir klimatneutralt 2050.

EU ETS reformerades 2018. Då bestämdes att snabbare minska antalet årligen utgivna utsläppsrätter. Det införs ett system som automatiskt annullerar utsläppsrätter om tillräckligt många sparats. Efter reformerna kommer åtgärder som minskar utsläppen att kunna leda till att fler utsläppsrätter annulleras. Å andra sidan kommer åtgärder som ökar efterfrågan på utsläppsrätter att kunna minska annulleringarna och öka utsläppen.

I EU:s bördefördelningsregler har medlemsländerna kommit överens om en fördelning av ansvaret för utsläppsminskningar utanför utsläppshandelssystemet. Rikare länder, till exempel Sverige, är skyldiga att göra mer. För att förhindra att det blir stora kostnadskillnader inom unionen får medlemsländerna handla utsläppskvoter med varandra. På så sätt kan minskningarna av utsläppen fördelas kostnadseffektivt över unionen.

Klimatklubbar är ett sätt att hantera klimatpolitikens fripassagerarproblem genom att ett antal länder bildar en klimatklubb med ett enhetligt pris på utsläpp. Import från länder som inte deltar i klubben beläggs med en tull. Denna kan antingen tas ut i förhållande till hur mycket koldioxid som släpptes ut vid produktionen av varan eller som en allmän tull. Det finns ett antal legala och praktiska problem som måste lösas innan klimatklubbar kan bli verklighet. Eftersom de har en stor potential att skapa en effektiv klimatpolitik bör lösningar på dessa problem sökas.

Del II

Sveriges koldioxidutsläpp

Fram till oljekriserna under 1970-talet ökade användningen av fossila bränslen i Sverige liksom i världen. Från 1970 bröts denna utveckling i Sverige men inte i världen som helhet. En snabb utbyggnad av kraftvärme och kärnkraft gjorde att användningen av fossila bränslen inom Sveriges gränser nästan halverades mellan 1970 och 1990. Därefter har minskningen fortsatt men i betydligt långsammare takt. Inräknat alla utsläpp som är relaterade till svensk konsumtion finns inte någon trend nedåt i utsläppen. Nettot av samlade utsläpp minus nettoupptag i skog och mark, vilket är Sveriges territoriella bidrag till ökad koldioxidhalt i atmosfären, har under perioden 1990–2017 minskat kraftigt.

Sveriges klimatpolitiska mål

Det svenska klimatpolitiska ramverket innefattar ett långsiktigt utsläppsmål, två etappmål och ett särskilt mål för transportsektorn.

Det långsiktiga målet anger att Sveriges nettoutsläpp av växthusgaser senast 2045 ska vara noll, för att därefter bli negativa. Detta ska ske genom att utsläppen inom svenskt territorium ska vara minst 85 procent lägre än 1990 och genom att kvarvarande utsläpp kompenseras genom kompletterande åtgärder, till vilka räknas avskiljning av koldioxid från biogena utsläpp, att betala för minskade utsläpp i andra länder och att öka inlagringen av kol i skog och mark.

Till skillnad från det långsiktiga målet avser etappmålen utsläpp inom ESR-sektorn, alltså de delar av ekonomin som inte täcks av EU:s utsläppshandel. Målen är att växthusgasutsläppen 2030 ska vara 63 procent lägre och 2040 75 procent lägre än de var 1990. År 2030 får 8 procent av minskningen ske med kompletterande åtgärder och 2040 får 2 procent ske på detta sätt.

Målet för svensk transportsektor är att utsläppen till 2030 ska minska med 70 procent. Här är dock jämförelseåret 2010. Ingen del får nås genom kompletterande åtgärder.

Transportsektormålet innebär ett betydligt större utsläppsminskingsbeting för denna sektor än för resten av ESR-sektorn. Jämfört med utsläppen 2015 ska utsläppen från transportsektorn minska med 66 procent medan utsläppsbetinget är 8 procent för övriga delar av ESR-sektorn.

De svenska utsläppsminskingsmålen är mer ambitiösa och mer fokuserade på utsläpp inom Sveriges gränser än vad som krävs av oss enligt de mål som man är överens om inom EU. De senare innebär att utsläppen 2030 inte får vara högre än 26 miljoner ton inom ESR. Detta ska jämföras med det svenska målet på 21 miljoner ton. EU:s regler lägger inga restriktioner på hur mycket utsläppsminskningar som får åstadkommas med kompletterande åtgärder.

Svenska klimatpolitiska styrmedel

De viktigaste klimatpolitiska styrmedlen är av ekonomisk natur men en stor mängd andra styrmedel, som till exempel produktkrav, reduktionsplikt och infrastrukturplanering, används också.

Koldioxidskatten tas ut på fossila bränslen i förhållande till deras kolinnehåll. Den infördes 1991 och har successivt höjts och är nu 1 180 kronor per ton koldioxid. För bensin är skatten på 2,62 kronor per liter. År 2018 var statens sammanlagda intäkter från koldioxidskatten 23 miljarder kronor. Merparten av användningen av fossila bränslen i Sverige som inte omfattas av utsläppshandels-systemet är i dag belagd med full koldioxidskatt.

Elcertifikatsystemet ger extra intäkter till vissa producenter av förnybar elkraft, särskilt vindkraft. Kostnaden bärs av elanvändarna men elintensiv intensiv industri beviljas undantag. År 2018 innebär elcertifikaten en extrakostnad för konsumenterna på 3,6 öre per kwh innebärande 2,7 miljarder kronor i intäkter till elproducenterna i systemet.

År 2018 infördes reduktionsplikt i Sverige. Den innebär att en andel biobränslen måste blandas in i bensin och diesel som säljs i Sverige. År 2020 är kravet att 4,2 procent ska blandas i bensin och 21 procent i diesel. Tanken är att andelen ska öka över tiden men exakt hur snabbt detta ska ske är inte fastlagt. Biodiesel kostar i storleksordningen 8–10 kronor per liter att tillverka medan dieselpriiset exklusive skatter är cirka 3 kronor.

År 2018 infördes också bonus–malus-systemet i Sverige. Den som köper en bil som inte släpper ut någon koldioxid när den körs, till exempel en elbil, får en bonus på 60 000 kronor. Bonusen minskar i förhållande till bilens angivna utsläpp av koldioxid per kilometer. Bilar som släpper ut mer än 60 gram koldioxid per kilometer får ingen bonus. Bilar som släpper ut mer än 95 gram per kilometer

får i stället en extra skatt, malus, som ökar med bilens koldioxidutsläpp.

Klimatklivet inrättades 2015 och är ett stödssystem för utsläppsminskande investeringar inom ESR-sektorn. Laddstolpar för elbilar, biogasanläggningar, tankställen för biobränslen och investeringar i energieffektivitet är exempel på sådant som ges stöd inom klimatklivet. Under tiden 2015–2018 beviljades stöd till 3 200 projekt. Kostnaden för stödet var under denna tid 4,8 miljarder kronor.

Utöver de ekonomiska styrmedel som nämnts ovan finns också andra mindre stöd, till exempel industriklivet som ger stöd till svensk industri och stöd till hushåll som installerar solpaneler.

Analys och diskussion

Att etappmålet för 2030 är mer ambitiöst än vad överenskommelserna inom EU kräver av oss innebär ökade kostnader för Sverige men kan ge intäkter i form av exempelvis ökade möjligheter att påverka klimatpolitiken i andra länder. Konjunkturrådets bedömning är att kostnader inte behöver bli orimligt höga i förhållande till intäkterna om de bygger på användningen av koldioxidskatt och kompletterande åtgärder, som till exempel att betala andra EU-länder för att minska sina utsläpp eller att stödja CCS-teknik för biogena utsläppskällor.

Det finns flera argument för ett särskilt mål för transportsektorn. Denna står för cirka hälften av Sveriges utsläpp inom ESR-sektorn och utsläppen har där minskat mindre än i andra sektorer trots att teknik för minskade utsläpp finns. Målet för transportsektorn är dock satt så hårt att omställningstrycket riskerar bli mycket hårdare än i andra ESR-sektorer. Givet övriga mål måste utsläppen inom transportsektorn falla betydligt snabbare än i resten av ekonomin.

Enligt beräkningar av Konjunkturinstitutet kan koldioxidskatten behöva bli sex gånger högre i transportsektorn än i övrig ESR-sektor för att målet ska nås. En snabb omställning av transportsektorn riskerar också leda till ökade utsläpp i andra länder. Detta kan ske genom att konventionell olja används i andra länder och om en elektrifiering av fordonstrafiken leder till mindre export och därmed mer användning av kolkraft i Tyskland och Polen. Risken för det senare är större ju tidigare omställningen i Sverige sker.

Det långsiktiga utsläppsmålet för 2045 har motiverats av att Sverige har ett moraliskt ansvar att gå före och på så vis motivera andra länder att bli mer ambitiösa. Detta argument har sin legitimitet. Ett annat motiv som förts fram är att Sveriges långsiktiga konkurrenskraft kan stärkas om vi ligger i framkant vad gäller omställningen. Detta argument riskerar att komma i konflikt med tanken att klimativänlig teknik enkelt och snabbt ska kunna kopieras i andra länder. Ett ytterligare argument för Sveriges klimatmål är att vi skulle kunna visa att omställningen inte behöver innebära så stora uppoffringar som vissa fruktar. För att detta argument ska vara giltigt behöver dock politiken mer fokusera på åtgärder som ger stora utsläppsminskningar i förhållande till medborgarnas kostnader och andra uppoffringar.

Ett problem med det långsiktiga målet för 2045 är att det också avser utsläpp som sker i Sverige men omfattas av utsläppshandelssystemet EU ETS. En grundtanke i detta system är att det är irrelevant i vilket land inom EU som utsläppsminskningarna sker. Enligt nuvarande regler kommer tilldelningen av utsläppsätter att fortsätta fram till 2057. Om inte dessa regler ändras uppstår en konflikt mellan de svenska målen och EU ETS som riskerar leda till att Sverige behöver försöka styra utsläppen inom EU ETS bort från Sverige till andra delar av EU. Detta strider mot handelssystemets grund-

princip och bör undvikas. Konflikten bortfaller dock om tilldelningen av utsläppsrätter inom EU ETS minskar fortare och blir i linje med de svenska målen för utsläppsminskningar.

Om olika utsläppare möter samma pris på utsläpp kommer kostnaderna för utsläppsminskningar under normala omständigheter att minimeras. Mekanismen bakom detta resultat är att kostnaderna för marginella utsläppsminskningar blir desamma i olika delar av ekonomin. I linje med denna princip har koldioxidskatten blivit mer enhetlig. Andra styrmedel har dock skapat mycket stora skillnader mellan olika marginella utsläppsminskningar. Konjunkturinstitutet och Riksrevisionen har visat att vissa åtgärder har samhällsekonomiska kostnader som är upp emot 6 000–8 000 kronor per ton koldioxid. Detta leder till onödigt stora kostnader eftersom samma utsläppsminskning kunde nåts till lägre samhällsekonomisk kostnad. Alternativt kunde mer utsläppsminskningar åstadkommit till samma kostnad som i dag.

Ytterligare ett problem i den svenska klimatpolitiken är att det finns för svaga incitament att öka inlagringen av kol i skog och mark. Sådana åtgärder borde få en subvention med samma belopp som priset på koldioxidutsläpp.

Samma brist på tillräckliga incitament finns när det gäller att avskilja koldioxid från rökgaser. Ungefär 23 miljoner ton koldioxid släpps ut från 27 av de största industrianläggningarna i form av både biogena och fossila utsläpp. Incitamenten att med existerande teknik samla in dessa rökgaser är svaga (priset på utsläppsrätter i EU ETS för den fossila delen) eller obefintliga (för den biogena delen). Till en beräknad kostnad av i storleksordningen 23 miljarder kronor per år, det vill säga 2 300 kronor per svensk och år, skulle dessa utsläpp, motsvarande hälften av Sveriges koldioxidutsläpp, kunna försvinna.

Policyförslag

GÖR TYDLIGARE ATT MÅLET FÖR KLIMAT-

POLITIKEN ÄR ATT MINSKA GLOBALA UTSLÄPP

Den svenska klimatpolitikens koppling till de globala utsläppen måste bli tydligare. Den svenska klimatpolitikens bör därför kompletteras med klargörandet att de svenska klimatmålen är intermediära och syftar till att bidra till att världen blir klimatneutral. I den mån en konflikt mellan målen för svenska utsläpp och den globala klimatnyttan identifieras är det den senare som ska prioriteras. Vi är inom rådet visserligen inte helt eniga om hur stora dessa målkonflikter är, men vi är eniga om att de kan uppstå och att ansvariga myndigheter bör ges i uppdrag att kvantifiera förekomsten av dem.

STÖD BARA TILL TEKNIK SOM

BIDRAR TILL GLOBAL KLIMATNYTTA

I vissa fall riskerar den svenska klimatpolitiken bli förklädd industristödspolitik. Stöd till klimatvänlig teknik bör inom ramen för klimatpolitiken ges bara om den kan antas bidra till den globala klimatnyttan genom att snabbt kunna spridas till andra delar av världen.

MER ENHETLIGA KOSTNADER

FÖR UTSLÄPPSMINSKNINGAR

De beräkningar som visar att den svenska styrmedelsfloran på klimatområdet lett till stora skillnader i kostnader för utsläppsminskningar i olika delar av samhället måste tas på allvar. Skillnaderna är bara i begränsad utsträckning uttryck för argument med utgångspunkt i den globala klimatnyttan. Därmed leder de till onödiga kostnader som även om specifika svenska utsläpp minskar försäm-

rar möjligheten för Sverige att visa att omställningen inte behöver vara oöverstigligt kostsam.

FORMULERA OM DET LÅNGSIKTIGA MÅLET FÖR SVENSK KLIMATNEUTRALITET 2045

Vi är eniga om att det långsiktiga målet att Sverige senast 2045 bör vara koldioxidneutral inte bör skjutas på framtiden. Med undantag av Åsa Romson anser vi dock att målet inte bör innefatta egenpåtagna restriktioner för mängden kompletterande åtgärder. Dessa bör kunna få bli större än 15 procent. Såväl åtgärder i andra länder inom EU, där det kan säkerställas att utsläppsminskningar faktiskt sker på ett betryggande och trovärdigt sätt, som olika tekniker för att samla in och lagra koldioxid är centrala inslag i en effektiv global klimatpolitik, och bör inte begränsas. Sådana åtgärder bör vara en del av Sveriges ambition att vara föregångsland. Givet att dessa restriktioner lättas och blir i linje med de regler som överenskommits inom EU bör det vara möjligt att höja ambitionsnivån så att Sverige blir koldioxid neutralt betydligt tidigare än 2045. Åsa Romson menar i stället att den nuvarande målformuleringen inte bör ändras. Ett centralt argument för henne är att länder som Sverige kan visa gott exempel och specifikt minska sina territoriella utsläpp.

INGEN STYRNING AV SVENSKA UTSLÄPP INOM EU ETS

Vi är eniga om att de problem som kan uppstå genom att det långsiktiga målet är formulerat också för utsläppen inom EU ETS bör hanteras utan att Sverige inför nya styrmedel som leder till att verksamheter flyttar till andra EU-länder.

ÖVERVÄG ATT AVSKAFFA ELLER OMFORMULERA

MÅLET FÖR TRANSPORTSEKTORN

När det gäller det svenska målet för transportsektorn finns både positiva värden och kostnader. Mycket talar dock för att det är högst osäkert om någon vidare klimatnytta genereras av att målet nås. Via effekter på världsmarknaden för olja leder en mindre användning av olja i Sverige till ökad användning i andra länder. För att driva den tekniska utvecklingen på transportsektorn är den svenska marknaden dessutom alldeles för liten. Om målet nås genom en elektrifiering i Sverige innan elkraften i länder som Tyskland och Polen hunnit bli betydligt mindre fossilintensiv riskerar den att leda till ökade utsläpp i andra länder. Om den i stället sker genom användning av biobränslen är också klimatnyttan osäker, särskilt om Sverige fortsätter importera stora mängder biobränsle.

Sverige bör medverka till att det europeiska transportsystemet blir fossilfritt i den takt som utbyggnaden av fossilfri elkraft inom unionen tillåter. Vi bör driva på denna utveckling men gå i takt med resten av EU. Det är svårt att se att det svenska målet för transportsektorn är ett verksamt medel i en sådan strävan. Med undantag av Jonas Eliasson och Åsa Romson anser Konjunkturrådet därför att Sverige bör överväga att avskaffa eller omformulera det särskilda målet för transportsektorn.

Jonas Eliasson avstår från att yttra sig i frågan om huruvida transportsektormålet bör omformuleras.

Åsa Romson menar att det vore fel att överväga att avskaffa det särskilda målet för transportsektorn. Hon anser att transportmålet bär en särskilt viktig funktion i det klimatpolitiska ramverket, och därmed för Sveriges bidrag till den globala klimatpolitiken, då det pekar ut en konkret omställning i närtid. Minskade utsläpp inom transportsektorn skulle troligen ge viktiga samhällsvinster utöver

klimatutsläppsminskning, till exempel ny industriutveckling, minskad hälsopåverkan från dålig luft och buller samt hushållning med markutrymme med lägre byggkostnader. Med ett borttagande eller en försvagning av transportmålet kommer vi inte få se vilken potential till klimatvinster eller andra transportvinster som Sverige har. Enligt Åsa Romson skulle dessutom ett ändrat mål för transportsektorn rimligen tolkas som en ambitionsminskning.

FINANSIERA INSAMLING OCH LAGRING AV BIOGEN KOLDIOXID

Vi anser alla att Sverige bör införa en finansiering av insamling och lagring av biogent producerad koldioxid. Man bör i lag garantera att priset på detta följer det svenska koldioxidpriset. Det är fullt möjligt att detta skulle skapa tillräckliga incitament för en insamling av biogent genererad koldioxid motsvarande alla utsläpp från vägtrafiken.

FORTSÄTT REFORMERA EU ETS

Sverige bör verka för en fortsatt reformering av EU ETS. En viktig reform är att höja det pristak för utsläppsrätterna som är följden av att avgiften för att släppa ut utan utsläppsrätter är 100 euro per ton koldioxid. Sverige bör också verka för att införa ett explicit prisgolv inom systemet. Detta prisgolv behöver inte vara högt för att få effekt men bör automatiskt skrivas upp i takt med unionens nominella BNP-ökning.

DRIV PÅ FÖR EN INTERNATIONELL ÖVERENS- KOMMELSE OM ETT MINSTA PRIS PÅ UTSLÄPP

Sverige bör kraftfullt verka för en internationell överenskommelse om ett minimipris på utsläpp. Inga seriösa globala förhandlingar

om utsläppspriser har hittills skett. Sverige bör inom EU driva att lägstanivåer på utsläppspriser blir en del i förhandlingar om frihandelsavtal. Detta skulle kunna bli en väg fram emot skapandet av breda klimatklubbar med enhetliga utsläppspriser och tillräckliga incitament för att undanröja fripassagerarmekanismen.

Utanför EU bör Sverige verka för att Parisavtalet kompletteras med åtaganden om minimipriser för utsläpp. Vi bör också försöka påverka WTO att göra klimatklubbar tillåtna enligt de internationella handelsreglerna, genom att tydligt acceptera principen att omsorg om världens klimat är ett fullgott motiv för att ha tullar mot länder som inte har en acceptabel nivå på utsläppspriset.

Del III

I del 3 svarar vi på sju frågor:

1. Kan kommunernas och företagens egna klimatmål bidra till en effektiv klimatpolitik? Hur bör de i så fall utformas?
2. Finns det en poäng med att sätta klimatmål sektorsvis, eller bör alla sektorer ha samma kostnadstryck på omställning?
3. Hur effektiv klimatpolitik är klimatbistånd?
4. Är det smart klimatpolitik att köpa utsläppsätter och inte använda dem?
5. Bör Sverige sträva efter att skapa ett fossilfritt elöverskott för export?
6. Bör kärnkraften behållas av klimatskäl?
7. Bör Sverige stödja investeringar i koldioxidavskiljning och -lagring?

Inledning: Varför behövs (en rapport om) klimatpolitik?

DENNA RAPPORT HANDLAR inte om *huruvida* det krävs handling i klimatfrågan. Att handling krävs är okontroversiellt, åtminstone i Sverige och Europa. Rapportens fokus är inte heller på *hur mycket* mindre koldioxid vi ska släppa ut, vare sig globalt, nationellt, lokalt eller individuellt. I stället vill vi med denna rapport bidra till att svara på frågan *hur* politiken kan åstadkomma de önskade minskningarna av koldioxidutsläppen.

Frågan om *hur* har inget naturvetenskapligt svar. Svaret måste i stället handla om hur beslut om konsumtion, produktion, teknisk utveckling och investeringar som fattas av miljarder människor världen över kan påverkas så att de blir i linje med en hållbar utveckling. Att detta kräver att användningen av fossila bränslen upphör har den naturvetenskapliga forskningen övertygat oss om genom rapporter publicerade av bland andra FN:s klimatpanel IPCC. Dessa rapporter handlar dock inte om *hur*, utan om vilka minskningar som är nödvändiga och varför. I avsnittet »Sammanfattning

för beslutsfattare« i IPCC:s rapport om 1,5-gradersmålet (IPCC, 2018) nämns inte klimatskatter, utsläppshandel, teknisksubventioner eller några andra sätt på vilka de beslutsfattare som är målgrupp för rapporten kan påverka samhället.

Frågan om *hur* är dock nödvändig att besvara. Detta kräver samhällsvetenskaplig analys, men den samhällsvetenskapliga forskningen på klimatområdet har inte hängt med den naturvetenskapliga. I alltför stor utsträckning har samhällsvetare, särskilt makroekonomer, stått och tittat på. Icke desto mindre behövs kunskapen från samhällsvetenskaperna för att förstå *hur* vi kan förändra vårt samhälle. Denna kunskap måste kombineras med den naturvetenskapliga för att vi som samhälle ska kunna hantera klimatfrågan.

Nationalekonomer analyserar hur politik kan användas för att påverka beslut som individer och företag tar på marknader, till exempel om användningen av fossila bränslen. Detta tillsammans med det faktum att flertalet av oss i Konjunkturrådet 2020, men inte alla, är nationalekonomer har inneburit att våra svar på *hur* i stor utsträckning använder nationalekonomiska metoder. Detta betyder inte att vi avfärdar andra ansatser. Det är för oss uppenbart att forskningsmetoder inom flera andra samhällsvetenskaper också bidrar till viktig kunskap i arbetet med att utforma politiska reformer och fungerande samhällsstyrning. Exempelvis är statsvetenskapliga perspektiv på miljöpolitisk målstyrning intressanta när frågor om klimatmålen effektivitet diskuteras. Särskilt analyser av politiska processer och hur man kan påverka människors benägenhet att acceptera förändring är här väsentliga. Också humanvetenskap är av uppenbar relevans. Analyser av etiska frågor om hur kostnader för anpassning ska fördelas och vilken vikt som bör läggas på olika individers välfärd är centrala när det gäller att svara på frågor om hur klimatpolitiken bör utformas. Även om vi efter bästa

förmåga försökt beakta sådana perspektiv har gruppens sammansättning gjort att de i stort ligger utanför vad vi analyserat i denna rapport.

Klimatpolitik och, mer allmänt, miljöpolitik handlar om att skapa förutsättningar för en hållbar utveckling. Med det senare menar vi en utveckling som tillgodoser mänskliga behov utan att undergräva de naturliga systemens förmåga att tillhandahålla de naturresurser och ekosystemtjänster som ekonomin och samhället är beroende av. För att framtida generationer ska kunna tillgodose sina behov är det av vikt att nu levande generationer efterlämnar tillräckligt mycket kapital i bred bemärkelse: fysiskt kapital som maskiner och infrastruktur, intellektuellt kapital som kunskap och teknik samt naturkapital, vilket inkluderar beståndet av och kvaliteten på naturresurserna.

Biosfären, dess ekosystem och naturresurser ger oss livsförutsättningar som färskvatten och mat, samt råvaror som trä, metaller och olja. Teknisk utveckling och ökad världshandel har ökat den globala produktionen under lång tid. Detta har radikalt förändrat livsbetingelserna för merparten av jordens invånare och lyft miljar-der människor ur fattigdom och elände. Samtidigt har användningen och utnyttjandet av våra naturresurser ökat, särskilt sedan efterkrigstiden. Detta har lett till en betydande påverkan på biosfären – naturkapitalet – och mycket av denna påverkan har varit negativ, till exempel övergödning, förlust av biologisk mångfald och avskogning.

Det mest uppmärksammade exemplet på denna påverkan är den globala uppvärmningen. Om utsläppen av växthusgaser fortsätter på dagens nivå – eller ökar – riskerar vi att nå en genomsnittlig global uppvärmning som skulle kunna medföra mycket allvarliga konsekvenser för mänskligheten, bland annat genom att påverka våra

livsuppehållande ekosystem. Klimatfrågan är på det sättet en central hållbarhetsfråga.

Naturvetenskapen bidrar med kvantitativa uppskattningar om relationen mellan utsläpp och klimatförändringar. Andra forskare kan beskriva de samhällsekonomiska konsekvenserna av klimatförändringarna. Att redogöra för sådana forskningsresultat är en central del i denna rapport. En sådan systemförståelse behövs för att hjälpa oss att komma fram till hur olika slags politik påverkar de globala utsläppen och dess konsekvenser för klimat och välfärd. Men som vi poängterade inledningsvis räcker det inte att slå fast ett mål för utsläpp eller den maximala globala uppvärmningen. Det är en orimlighet att en överstatlig myndighet skulle bestämma hur mycket koldioxid var och en av jordens individer och företag får släppa ut. Ett sådant angreppssätt är heller knappast realistiskt på statlig nivå. Ett system där en statlig myndighet bestämmer hur mycket stål och cement varje företag får använda fungerar inte. Samma sak gäller användning av fossila bränslen och andra källor till utsläpp av växthusgaser.

Rådets diskussioner om klimatpolitik utgår i stället från det faktum att den stora merparten av jordens länder i grunden är marknadsekonomier. De beslut som ligger bakom utsläpp av koldioxid och utvecklingen av fossilfri teknik fattas i huvudsak av individer och företag som verkar på marknader – lokala, regionala eller globala. Så kommer det rimligen vara också i framtiden. Det betyder att klimatpolitiken måste utformas för att påverka dessa marknader i rätt riktning. Den här rapporten har därför sin tyngdpunkt i den nationalekonomiska vetenskapen. Vi är dock fullt medvetna om att andra forskningsansatser såväl inom som utanför samhällsvetenskaperna är centrala för att förstå mänskligt beteende.

Men varför kan inte marknaderna skapa en hållbar utveckling

utan klimatpolitik? För att förstå detta behöver man inse att marknader inte kan fungera utan klart definierade äganderätter. Utan fungerande äganderätter finns inga, eller i vart fall bristfälliga, incitament att hushålla med tillgångar och att investera i att bibehålla dem.

När vi pratar om äganderätt tänker vi ofta på privat egendom. Men de problem som uppstår om äganderätten inte upprätthålls gäller också naturresurser. Historien och samtiden är full av exempel på hur naturresurser överutnyttjas och exploateras ohållbart för att det helt enkelt inte finns någon ägare. Om det fanns en enskild ägare skulle det nämligen ligga i ägarens intresse att inte överutnyttja resursen, utan i stället se till att säkerställa en långsiktig framtida användning. En privat skogsägare ser exempelvis till att säkerställa en framtida tillväxt av skogen. Vad gäller vår planet och många av dess livsupprätthållande ekosystem finns det ingen ensam ägare. Ingen – och alla – har gemensam äganderätt, vilket också innebär att ingen kan exkluderas från nyttjande.

Om det inte finns någon ägare som kan se till att äganderätten respekteras ställs inte heller de som överexploaterar resursen till svars. På en oreglerad marknad behöver de inte ta någon hänsyn till hur deras produktions- eller konsumtionsbeslut påverkar andra aktörer, direkt eller indirekt genom deras negativa påverkan på naturkapitalet. De behöver inte väga in någon av de samhälleliga kostnader som orsakas av deras utsläpp av koldioxid i atmosfären. De negativa effekter som den enskilda utsläpparen inte behöver kompensera andra för kallar ekonomer för negativa externaliteter. För att kunna nå en hållbar utveckling behöver de som fattar beslut om enskilda utsläpp ta alla negativa externaliteter i beaktande. Man kan säga att de måste bli en del av kalkylen för den som fattar beslut – de måste *internaliseras*. I denna rapport kommer vi att diskutera hur detta kan ske.

I debatten hävdas ofta att orsaken till överexploatering av naturresurser är teknisk utveckling och ekonomisk tillväxt. Det går visserligen inte att förneka att de problem som orsakas av avsaknad av väldefinierade äganderätter till naturresurser ofta förvärras av ekonomisk tillväxt och teknisk utveckling. Avsaknad av väldefinierade rättigheter till fiske i världshaven var inte ett hållbarhetsproblem när fisket skedde från kanoter med traditionella fiskeredskap. Men med industriellt fiske krävs en reglering för att inte världshaven ska bli utfiskade. Det är dock viktigt att notera att den grundläggande orsaken till problemen med överfiskning inte är teknisk utveckling och ekonomisk tillväxt utan brist på väldefinierade äganderätter till havens resurser. Lösningen bör därför inte vara att gå tillbaka till fiske med kanoter. På samma sätt har teknisk utveckling, ekonomisk tillväxt och ökande befolkning lett till att atmosfärens förmåga att ta emot koldioxid gått från att vara en i praktiken oändlig resurs till att bli en knapp resurs. Huruvida effektivare användning av begränsade resurser möjliggör ekonomisk tillväxt på riktigt lång sikt är en annan fråga som vi i denna rapport inte försöker besvara.

Elinor Ostrom som fick ekonomipriset till Alfred Nobels minne 2009 har visat att människan genom historien, och faktiskt långt före den moderna marknadsekonomin, ofta lyckats hantera de problem som vi beskrivit ovan. Det skedde genom explicita eller implicita överenskommelser om hur naturresurser, till exempel en lokal vattentäkt, får användas. Den moderna nationalstaten har också utvecklat sätt att definiera äganderätter och andra metoder för att reglera hur naturresurser används inom nationens gränser. Äganderätten till klimatet eller, mera precist, till atmosfärens kapacitet att ta emot utsläpp av koldioxid och andra växthusgaser kan dock inte definieras på nationell nivå. Utsläpp av koldioxid sprider sig snabbt i

atmosfären och påverkar hela jordens klimat. Utsläppen bestäms av beslut som fattas av miljardier individer och företag som verkar på olika marknader jorden runt. De tidigare sätten att hantera äganderätt till naturresurser räcker därför inte till.

För att utforma en bra klimatpolitik krävs en global systemförståelse. Det gäller även utformandet av en nationell, regional eller lokal klimatpolitik. Man måste förstå hur det globala klimatsystemet fungerar och påverkas av koncentrationen av växthusgaser i atmosfären. Man måste förstå hur kol cirkulerar mellan olika reservoarer som atmosfär, biosfär och hav. Man måste också förstå hur den globala ekonomin fungerar, inte minst marknaderna för fossila och andra bränslen. Slutligen måste man förstå hur internationella överenskommelser kan uppstå och vidmakthållas. Vi vill med denna rapport bidra till en ökad förståelse för dessa komplicerade och sammanlänkade system.

Vi som skriver denna rapport har alla forskat om klimatfrågor. Vår bakgrund är brokig: vi representerar olika fält inom samhällsvetenskap, juridik och naturvetenskap. Vår första ambition har varit att klart och tydligt beskriva vad vi uppfattar som forskningsläget när det gäller de områden vi representerar. Om vi skrivit var sin enskild rapport hade våra respektive bakgrunder förstås kunnat leda till större eller mindre betoning på olika aspekter av det globala klimatekonomisystemet. Men vi har kommit fram till en övergripande beskrivning av forskningsläget som vi alla står bakom. Vi menar att detta är vårt kanske viktigaste bidrag.

Utifrån vår beskrivning av forskningen har vi därefter försökt dra slutsatser om hur klimatpolitiken, både globalt och i Sverige, bör utformas. Att utforma politik är inte forskning och man kan därför inte argumentera för att de egna förslagen är korrekta och andra felaktiga. Det betyder också att man inte bör leta efter kon-

sensus i forskarsamhället om vad som är rätt politik. I vår grupp har vi ändå blivit eniga också om många klimatpolitiska rekommendationer. Vi tror att detta kan bidra konstruktivt till den klimatpolitiska diskussionen. I några fall har vi inte kommit fram till fullständig enhällighet. Där så är fallet markerar vi det tydligt.

JOHN HASSLER, ordförande (professor i nationalekonomi, IIES, Stockholms universitet)

BJÖRN CARLÉN (doktor i nationalekonomi, Konjunkturinstitutet)

JONAS ELIASSON (gästprofessor i transportekonomi, Linköpings universitet)

FILIP JOHNSON (professor i energisystem, Chalmers tekniska högskola)

PER KRUSELL (professor i nationalekonomi, IIES, Stockholms universitet)

THERESE LINDAHL (doktor i nationalekonomi, Beijerinstitutet för ekologisk ekonomi)

JONAS NYCANDER (professor i geofysisk hydrodynamik, Meteorologiska institutionen, Stockholms universitet)

ÅSA ROMSON (doktor i miljöjuridik, IVL Svenska Miljöinstitutet)

THOMAS STERNER (professor i miljöekonomi, Handelshögskolan vid Göteborgs universitet)

MATTIAS SCHAIN, sekreterare (jur.kand.)

Rapporten består av tre delar.

DEL I · *Systemförståelse*. Här vill vi ge en grundläggande förståelse för ett antal globala system som är relevanta när det gäller klimatförändringar. Systemen är mångfacetterade och kräver insikter från såväl naturvetenskap som samhällsvetenskap och juridik.

DEL II · *Sammanfattande analys av den svenska klimatpolitiken*. Här beskriver vi den svenska klimatpolitiken, analyserar den med utgångspunkt i den systembeskrivning vi gjort i del I samt ger några sammanfattande rekommendationer till svenska beslutsfattare.

DEL III · *Frågor*. Här ger vi våra svar på ett antal frågor som för närvarande diskuteras i den svenska debatten. Syftet är inte bara att redovisa våra svar utan att ge exempel på hur man kan använda den systemförståelse vi försöker beskriva i del I och 2 för att svara på konkreta klimatpolitiska frågor.



DEL I

SYSTEMFÖRSTÅELSE

Vad beror klimatförändringar på?

2.1 Sammanfattning av kapitlet

För att jordens klimat ska vara i jämvikt krävs att instrålningen av energi från solen balanseras av en lika stor utstrålning från jorden till den omgivande rymden. Instrålningen består huvudsakligen av synligt ljus som lätt passerar genom atmosfären, medan utstrålningen består av värmestrålning. Den senare absorberas effektivt av koldioxid och andra växthusgaser, och strålar sedan åter ut på högre höjd. Med mer koldioxid i atmosfären förskjuts den nivå varifrån värmen strålar ut i rymden uppåt, vilket minskar strålningens intensitet. Det blir därmed obalans mellan inflöde och utflöde av energi och det leder till att jordens medeltemperatur ökar tills balans åter nås. Hur mycket temperaturen behöver gå upp för att balans ska nås är mycket osäkert, eftersom styrkan i ett antal återkopplingsmekanismer, särskilt molnbildning, är svår att precisera. Med hjälp av modeller och historiska observationer uppskattar IPCC (2013, SPM) ett osäkerhetsintervall för effekten av en fördubbling av koldioxidhalten på 1,5 till 4,5 grader Celsius, relativt förindustriell nivå.

De mest använda sammankopplade globala klimat- och kolsystemmodellerna visar att den globala medeltemperaturen permanent stiger med ett ungefärligen konstant antal grader för varje ytterligare enhet koldioxid som släpps ut. Det betyder att ökningen i den globala medeltemperaturen sedan industrialiseringens början i princip är proportionell mot hur mycket koldioxid som totalt släppts ut sedan dess. Också här är osäkerheten mycket stor, eftersom modeller ger olika resultat. IPCC (2013, SPM) anger ett intervall på 0,8–2,5 grader Celsius per 1 000 miljarder ton kol.¹ Hittills har vi globalt släppt ut knappt 600 miljarder ton. Om känsligheten är så låg som 0,8 grader kan vi släppa ut tre gånger så mycket till, vilket skulle ta ett par hundra år med dagens utsläpp, och ändå inte överstiga 2 graders uppvärmning. Om känsligheten är 2,5 grader kan vi endast släppa ut 200 miljarder ton ytterligare (vilket tar 20 år med dagens takt), och för att hålla världen under 1,5 graders uppvärmning krävs att utsläppen stoppas omedelbart.

Med hjälp av simuleringsmodeller har forskningen försökt identifiera risken för så kallade »tipping points«, det vill säga att självförstärkande mekanismer skulle skapa större irreversibla ändringar i någon del av klimatsystemet efter att en kritisk nivå av klimatförändringen nåtts. Minskad vertikal vattencirkulation i norra Atlanten² och frisläppande av koldioxid från snabbt tinande permafrost är föreslagna exempel på »tipping points«. Det är genuint svårt att bedöma riskerna för att sådana mekanismer sätter in, inte minst eftersom mekanismerna ofta inte kan kalibreras mot historis-

1. Med kol menas här grundämnet C, inte bränslet kol. Ofta mäts utsläpp i stället i ton koldioxid. När kol förbränns reagerar varje kolatom med två syreatomer. 1 ton kol bildar då 3,67 ton koldioxid.

2. Detta sammanblandas ibland med att Golfströmmen skulle kollapsa, något som är extremt osannolikt.

ka observationer. IPCC (2013, kap. 12) gör ändå bedömningen att det är »mycket osannolikt« att dessa två mekanismer skulle leda till snabbt förändrat klimat under detta århundrade. Med orden mycket osannolikt menar IPCC att sannolikheten bedöms vara mindre än 10 procent.

Ytterligare exempel på irreversibiliteter är smältande inlandsisar, främst på Grönland och Antarktis. Om till exempel Grönlandsisen smälter räcker det inte att klimatet återgår till det förindustriella för att isen ska komma tillbaka – avsmältningen är irreversibel. Detta beror på att när isen smälter kommer dess yta att vara på en lägre – och därmed varmare – höjd. Det har konstaterats att Grönlandsisen börjat smälta i en accelererande takt. Det är dock en mycket långsam process, och med dagens takt skulle det ta ungefär 14 000 år för isen att försvinna helt. IPCC (2013, kap. 13) bedömer att om uppvärmningen följer det snabbaste scenariot kommer smältvattnet från Grönland att bidra med mellan en och två decimeter till den globala havsnivåhöjningen fram till år 2100.

Isen på Antarktis kommer knappast att smälta uppifrån, men där isen har kontakt med havet kan istäcket smälta snabbare. Förloppet skulle där kunna bli betydligt snabbare än på Grönland. IPCC (2013, kap. 13) bedömer att om detta inträffar, vilket är mycket osäkert, skulle det kunna bidra med flera decimeter till den globala havsnivåhöjningen fram till 2100. Några studier visar att bidraget skulle kunna bli så stort som 1–2 meter under de kommande 200 åren.

En annan irreversibilitet är att havsbotten i Arktis skulle kunna börja läcka metan från de stora lagren av metanhydrat. Enligt IPCC (2013, kap. 12) är frigörandet av metanhydrater en långsam process och att det skulle ske snabbt är »mycket osannolikt«.

Sammanfattningsvis konstaterar vi att uppfattningen att det

snart är »för sent« att göra något, eftersom vi är nära en situation där klimatförändringarna blir skenande och utom kontroll, har ytterst begränsat vetenskapligt stöd. Lika lite stöd har uppfattningen att den observerade uppvärmningen inte har med mänskliga utsläpp att göra. Vi kan däremot på vetenskapliga grunder vare sig utesluta att klimatkänsligheten är så liten att det inte alls är akut att minska utsläppen eller att den är så stor att vi i praktiken redan släppt ut för mycket för att vi ska kunna hålla oss under 1,5 graders uppvärmning. Denna osäkerhet är central för bedömningen av vilken politik som bör rekommenderas.

2.2 Två relevanta system

Den naturvetenskapliga grunden för att förstå klimatförändringarna har två komponenter. Den första är beskrivningen av själva *klimatsystemet*, det vill säga hur solstrålningen tas upp på jorden, hur värmen sedan omfördelas mellan systemets olika delar och hur den slutligen försvinner ut i rymden som värmestrålning. En liten men viktig del av systemet är koldioxid i atmosfären, som minskar den utgående värmestrålningen. Den andra komponenten är *kolsystemet*, som beskriver hur den koldioxid som människan släpper ut omfördelas mellan atmosfären, havet och växtligheten.

2.3 Klimatsystemet

Jorden värms av solstrålning och kyls av värmestrålning mot rymden. För att klimatet ska vara oförändrat måste den uppvärmande effekten balanseras av den avkylande. Mer koldioxid i atmosfären

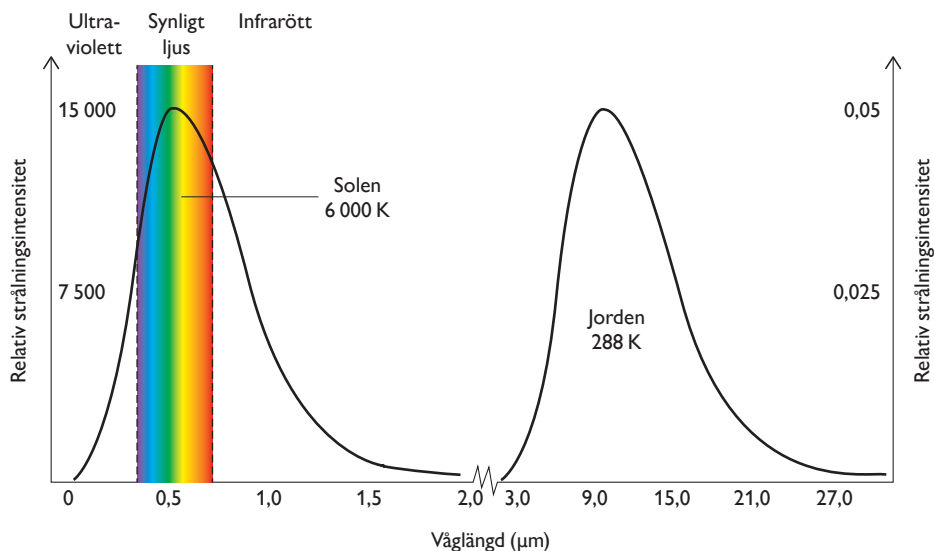
tenderar att minska den avkylande effekten och därför skapa obalans mellan de två effekterna. För att förstå detta måste vi notera att solinstrålningen och jordens värmestrålning mot rymden är två former av elektromagnetisk strålning med mycket olika frekvens och våglängd. Denna skillnad beror på att jordens och solens temperaturer är mycket olika.

2.3.1 Atmosfärens effekt på sol och värmestrålning

Alla kroppar (till exempel solen och jorden) avger elektromagnetisk strålning, och karaktären hos strålningen beror på kroppens temperatur vid ytan. Strålningen beskrivs av Plancks strålningslag. Figur 1 visar att intensiteten i den utstrålade energin ökar snabbt med temperaturen.³ Den visar också att strålningens frekvens ökar med ökande temperatur. Högre frekvens på den elektromagnetiska strålningen är samma sak som att strålningens våglängd är kortare. Ett exempel på detta hämtat från vardagen är halogenlampor med dimmer. När dimmern skruvas upp blir glödtråden varmare. Detta leder till starkare ljus men också till att ljuset blir vitare, vilket innebär att ljusets frekvens ökat, det vill säga våglängden har minskat. Solens yttemperatur är ungefär 5 500 grader, och solstrålningens typiska frekvens är därför i det synliga området. Jordytans typiska temperatur är förstås mycket lägre, ungefär 15 grader. Jordens värmestrålning mot rymden har därför mycket lägre frekvens och är inte synlig för det mänskliga ögat (men väl av till exempel värmekameror).

När elektromagnetisk strålning passerar atmosfären kommer en del av energin att tas upp av luftens molekyler. Hur detta sker och

3. Strålningsintensiteten är proportionell mot temperaturen mätt i Kelvin upphöjd till fyra.



Figur 1 Intensitet för olika våglängder hos strålningen från solen (den vänstra kurvan) och jorden (den högra).

Källa: <http://www.faculty.virginia.edu/ASTR5110/lectures/photometry/emissionspec.gif>.

hur mycket som absorberas beror på vilken våglängd strålningen har. Ett sätt på vilket strålningen kan absorberas är genom så kallad jonisering, vilket innebär att elektroner slås loss från atomer i atmosfärens molekyler. Men det är bara strålning med mycket kort våglängd, kortare än synligt ljus, som kan göra detta. Den mest kortvågiga delen av solstrålningen, den ultravioletta strålningen, absorberas på detta sätt redan i stratosfären, det vill säga på höjder över 10–15 kilometer. Det synliga ljuset passerar däremot hela vägen ned till ytan på jorden – om det inte är molnigt. En del av ljuset reflekteras av moln och jordens yta, särskilt om den är täckt av snö eller is. Det reflekterade ljuset försvinner ut i rymden.

Det andra sättet på vilket elektromagnetisk strålning kan absorberas av atmosfären är att den kan få luftens molekyler att vibrera. För att så ska ske måste molekylerna vibrera i samma frekvens som strålningen har. Ett vardagsexempel på en liknande företeelse är att en baston från en högtalare kan få koppar och fat i rummet att vibrera och därmed ta upp en del av ljudets energi. Diskanttoner högre upp i registret skapar däremot inga vibrationer hos dessa föremål.

Atmosfären består till 99 procent av syre och kväve, som båda är molekyler med två atomer. Sådana molekyler vibrerar genom att de två atomerna rör sig rakt mot eller rakt från varandra. Frekvensen i denna vibration är mycket högre än frekvensen i jordens värmestrålning, men betydligt lägre än solstrålningens frekvens. Dessa molekyler kan därför inte absorbera värmestrålning genom att vibrera.

Atomer med fler atomer än två kan vibrera även på andra sätt. En koldioxidmolekyl består av en kolatom mitt emellan två syreatomer. Den kan bland annat vibrera genom att böja sig fram och tillbaka. En sådan vibration är långsammare, och för koldioxidmolekylen ligger vibrationsfrekvensen mitt i frekvensområdet för värmestrålning. Koldioxid i atmosfären gör den därmed kraftigt absorberande för värmestrålning. Andra gaser som består av fleratomiga molekyler kan också absorbera värmestrålning. Viktigast är vattenånga och metan, som absorberar i olika frekvensområden. Gaser som kan absorbera värmestrålning på detta sätt kallas *växthusgaser*.

När värmestrålning absorberas av växthusgaserna på en viss höjd värms atmosfären där. Den varma atmosfären avger sedan ny värmestrålning. Denna återstrålning riktas både uppåt och nedåt. Effekten av växthusgaserna är alltså inte att värmestrålningen blir fullständigt instängd, utan att den absorberas och återskapas i små steg. På varje nivå skickas mer uppåt än vad som tas emot uppifrån. Detta fortgår till den höjd där atmosfären är så tunn att värmestrål-

ningen inte hinner absorberas av molekyler högre upp innan den försvinner ut i rymden. Den nivå där detta sker kallas *emissionsnivån*. Om man tittar på jorden från rymden med en värmekamera – vilket görs från satelliter – är det värmestrålningen från denna höjd man ser.

Tidigare beskrev vi att Plancks strålningslag visar att strålningsintensiteten ökar med temperaturen. Det innebär att hur mycket energi som strålar ut från jorden beror på temperaturen vid emissionsnivån. När jordens klimat är i balans måste denna energi vara lika stor som den solstrålning som absorberas av jorden. Detta villkor bestämmer temperaturen vid emissionsnivån. Temperaturprofilen därunder, det vill säga hur temperaturen ändras med höjden, kommer att anpassas automatiskt så att energitransporten uppåt blir lika stor som den utgående värmestrålningen vid emissionsnivån. Det är alltså denna temperaturprofil som avgör temperaturen vid marken. Vi ska nu titta närmare på hur den bestäms.

2.3.2 Energitransport genom atmosfären

Vi har redan beskrivit att värme transporteras uppåt i atmosfären genom stegvis absorption och återstrålning. För att energin ska transporteras uppåt på detta vis krävs att temperaturen avtar med höjden. Ju större energiflödet är och ju mer av strålningen som absorberas på varje nivå, det vill säga ju högre koncentrationen av växthusgaser är, desto snabbare minskar temperaturen med höjden. I den nedre delen av atmosfären är absorptionen stark – särskilt på grund av vattenånga – och om denna strålningstransport vore det enda sättet att transportera värme uppåt skulle temperaturen behöva avta mycket snabbt.

I praktiken kommer inte temperaturen att kunna avta så snabbt.

Det beror på att ett så snabbt temperaturfall skulle göra luftens temperaturskiktning instabil. För att förstå detta börjar vi med att notera det välkända faktum att varm luft stiger. Men när den varma luften stiger faller dess temperatur med ungefär 1 grad per 100 meter.⁴ Om den omgivande luftens temperatur faller snabbare än så kommer den stigande luften att fortsätta vara varmare än den omgivande även när den når högre höjd. Den kommer därmed att fortsätta stiga och det betyder att luftlagren blandas om – varmare luft stiger och kallare faller. Sådan omblandning kallas konvektion och är en kraftfull process för energitransport. Det betyder att om temperaturen skulle falla så snabbt med höjden att skiktningen blir instabil, skulle konvektionen snabbt transportera värme uppåt så att temperaturen ökade på hög höjd och minskade på låg till dess skiktningen återigen var stabil. Skulle temperaturen i stället avta mycket långsammare med höjden, skulle temperaturen på låg höjd öka på grund av att strålningstransporten är så ineffektiv, ända tills temperaturprofilen åter blir instabil. Resultatet är att den takt temperaturen faller med höjden normalt ligger nära tröskelvärdet för konvektiv instabilitet.⁵

Vi kan nu följa energins väg genom atmosfären. Den ultravioletta delen av den inkommande solstrålningen absorberas på mycket hög höjd. Resten är synligt ljus. En del av ljuset reflekteras av moln, medan det mesta når marken eller havsytan. Där reflekteras ytterli-

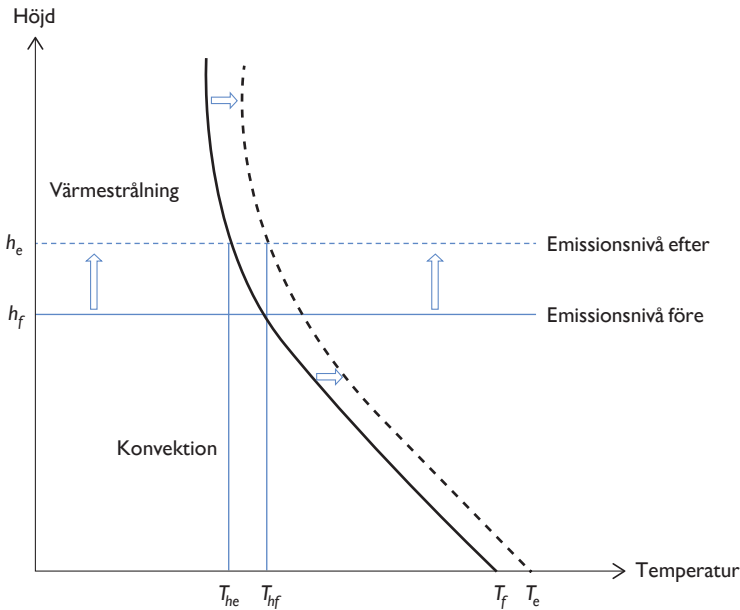
4. När luften stiger faller lufttrycket och luften expanderar. Expansionen kräver arbete och energin till detta tas från värmen i luften och temperaturen faller därmed.

5. Resonemanget bygger här på att luften är torr. Om den i stället är fuktig kommer en del av fukten att kondensera när luften stiger och kyls av. Denna kondensering frigör värme, vilket gör att temperaturen inte faller lika mycket i den stigande luften. För att fuktig luft ska vara stabil måste temperaturen i omgivande luftlager falla långsammare än 1 grad per 100 meter.

gare en liten del av ljuset, medan resten absorberas. Den absorberade energin gör att luften närmast ytan värms. Värmen transporteras sedan uppåt och når till slut emissionsnivån och strålar därifrån ut i rymden.

Låt oss nu analysera vad som händer om koncentrationen av växthusgaser ökar. Den höjd från vilken värmestrålningen kan lämna atmosfären, det vill säga emissionsnivån, kommer att förskjutas uppåt. Vid denna högre höjd är temperaturen lägre, vilket gör att värmeutstrålningen minskar. Om vi före ökningen av koncentrationen av växthusgaser hade balans mellan inflöde av solenergi och utflöde genom värmestrålning får vi därmed ett överskott. Detta gör att klimatsystemet börjar ackumulera värme, så att temperaturen stiger. Detta fortgår ända tills temperaturen vid den nya emissionsnivån åter blir densamma som den var vid den ursprungliga emissionsnivån innan koncentrationen steg. Då är klimatsystemet åter i balans med en ny temperaturprofil och högre marktemperatur.

Vi illustrerar konsekvenserna av en högre koncentration av växthusgaser i figur 2. På den horisontella axeln visas atmosfärens temperatur och på den lodräta axeln höjden över marknivån. Den heldragna kurvan visar sambandet mellan höjd och temperatur före koncentrationsökningen. Kurvan är nedåtlutande eftersom temperaturen faller med höjden enligt resonemanget ovan. Vid markytan är temperaturen T_f och vid emissionsnivån T_{hf} . En högre koncentration av växthusgaser förskjuter emissionsnivån uppåt (från h_f till h_e). För en oförändrad temperaturkurva (den heldragna) är temperaturen vid den nya emissionsnivån lägre ($T_{be} < T_{hf}$). Värmeutstrålningen blir då lägre, vilket gör att värme ackumuleras och temperaturen stiger. Det förskjuter värmekurvan åt höger. Processen fortsätter tills temperaturen vid den nya emissionsnivån har stigit till den som gällde vid den gamla emissionsnivån, det vill säga innan koncentra-



Figur 2 Illustration av växthuseffekten. Kurvorna visar hur temperaturen i atmosfären beror på höjden. Temperaturkurvans form bestäms av mekanismerna för värmetransporten uppåt från marknivån, medan dess placering när klimatet är i jämvikt bestäms av villkoret att värmestrålningen uppåt från emissionsnivån ska vara lika stor som den inkommande solstrålningen. Detta villkor bestämmer temperaturen vid emissionsnivån, T_{hf} . Om koncentrationen av växthusgaser ökar förskjuts emissionsnivån uppåt, och jämviktstvillkoret kräver då att temperaturkurvan förskjuts åt höger, från den heldragna till den streckade kurvan, enligt pilarna. Temperaturen vid marken ökar då från T_f till T_e .

tionsökningen av växthusgaser. Temperaturen vid markytan har då stigit från T_f till T_e .

I luften och marken kan förhållandevis lite värme lagras, och vore det bara för den skulle balansen snabbt återställas. Men efter-

som havet kan lagra stora mängder energi tar det flera sekler att återställa balansen. Även om koldioxidkoncentrationen slutade öka i dag skulle därför klimatet fortsätta att gradvis bli varmare under mycket lång tid framåt. Hur länge och hur mycket varmare är osäkert, och det är en av de frågor som klimatforskarna arbetar med i dag.

Ovanstående beskrivning är naturligtvis förenklad. Framför allt har vi bortsett från att solen värmer kraftigare i tropikerna än på höga breddgrader. Det gör att den absorberade värmen inte bara transporteras uppåt genom atmosfären, utan även horisontellt mot polerna, för att sedan försvinna som värmestrålning mot rymden vid högre breddgrader. Den horisontella värmetransporten sker med vindar och havsströmmar. Eftersom de är oregelbundna och fluktuerar kan temperaturen variera kraftigt. Beskrivningen duger därför inte för att bestämma marktemperaturen en viss dag på ett visst ställe. Men den är ändå i huvudsak korrekt för att bestämma jordens medeltemperatur, och för att förstå växthuseffekten.

Osäkerheten om klimatkänsligheten har visserligen inte minskat under de senaste decennierna, men man kan ändå hoppas att så kommer att ske framöver. Den mest lovande vägen bör vara att integrera de olika metoderna ovan så att man kräver att klimatmodellerna ska innehålla en rimlig beskrivning av de olika detaljerade processerna och reproducera uppvärmningen sedan industrialismen och med det vi vet om klimatet under tidigare epoker – och samtidigt stämma med de alltmer detaljerade mätningar av olika delprocesser som numera görs från satelliter. Det är dock knappast realistiskt att tro att osäkerheten snart kommer att bli undanröjd. Detta har stor betydelse för vad som är en bra klimatpolitik.

EN MATEMATISK BESKRIVNING

DET ÄR VÄRDEFULLT att matematiskt formulera vad vi beskrivit ovan. Det ger möjlighet till kvantitativa svar på frågor om hur mycket och hur snabbt klimatet förändras.

Låt S beteckna den absorberade solstrålningen och L värmestrålningen mot rymden. Båda mäts i W/m^2 och ska tolkas som ett genomsnitt över hela jorden och över ett eller flera år.

Jordens nettoupptag N av energi blir då

$$N = S - L \quad (1)$$

Om inflödet av energi är lika stort som utflödet är klimatsystemet i jämvikt. Då har vi $N = 0$ och klimatet är stabilt. Vi antar att klimatet var i balans innan människan började släppa ut koldioxid. Vi kallar den absorberade solstrålningen vid denna tid S_0 och värmestrålningen ut från jorden för L_0 . Givet att klimatsystemet då var i balans, det vill säga $N_0 = 0$ måste alltså $S_0 = L_0$.

När koldioxidkoncentrationen sedan ökar minskar utstrålningen av värme, som vi beskrivit ovan. Denna minskning kallas strålningsdrivning, och vi betecknar den med f_{CO_2} (på engelska kallas den CO_2 forcing). Den är definierad som minskningen av värmestrålningen vid den initiala globala

medeltemperaturen, det vill säga innan utsläppen av koldioxid började. Vi kallar denna temperatur T_0 . Inkluderat strålningsdrivningen blir utstrålningen av energi $L = L_0 - f_{CO_2}$. Om inte S ändras får vi då ett positivt nettoupptag av energi $N = f_{CO_2}$ och jordens medeltemperatur T börjar därför stiga.

När jordens medeltemperatur ökar påverkas utstrålningen av värme på flera sätt. Mest uppenbart är att den utstrålade värmeenergin ökar så som vi beskrivit ovan. Anta att temperaturen vid en viss tidpunkt t har stigit från T_0 till $T_0 + T_t$. Om temperaturökningen inte är alltför stor kan vi approximativt anta att ökningen av värmestrålningen är proportionell mot temperaturökningen, och alltså addera en term $k_{planck} T_t$ till L . Här är k_{planck} en konstant koefficient som kan bestämmas från Plancks strålningslag.

Värmestrålningen ut från jorden påverkas även på andra, mer indirekta, vis av temperaturökningen. Varmare luft innehåller vanligen mer vattenånga, och eftersom det är en växthusgas minskar det utstrålningen av värme. Molnigheten kan ändras på grund av temperaturökningen, och moln absorberar värmestrålning effektivt. Om vi åter approximativt antar att alla dessa effekter på värmestrålningen är proportionella mot temperaturökningen kan vi sammanfatta dem som en term $k_{övr} T_t$, där $k_{övr}$ är en konstant koefficient som sammanfattar övriga återkopplingsmekanismer på värmestrålningen. Vi får alltså

$$L = L_0 - f_{CO_2} + k_{planck} T_t - k_{övr} T_t \quad (2)$$

Även jordens absorption av solljus påverkas av temperaturökningen. En ändrad molnighet kan ändra reflexionen av solljus,

och den minskade mängden snö och is gör att mindre solljus reflekteras, och mer absorberas. Vi antar att dessa effekter också är approximativt proportionella mot temperaturökningen, och sammanfattar dem som en term $k_{refl}T_t$. Vi har alltså

$$S = S_0 + k_{refl}T_t \quad (3)$$

Nu kan vi beräkna jordens nettoupptag av energi och hur det påverkas av förändrad global medeltemperatur. Om vi sätter in (2) och (3) i (1), och tar hänsyn till att $S_0 = L_0$, får vi att nettoupptaget är

$$N = f_{CO_2} - (k_{planck} - k_{övr} - k_{refl})T_t \quad (4)$$

Så länge som nettoupptaget är positivt ökar temperaturen. Givet att $(k_{planck} - k_{övr} - k_{refl})$ är större än noll ser vi från (4) att högre global medeltemperatur har en negativ effekt på nettoupptaget. Det betyder att ökande temperatur minskar nettoupptaget. Med ökande temperatur blir då till slut $N = 0$ och då är klimatsystemet åter i balans (såvida inte f_{CO_2} ändras). Under tiden fram till dess har jorden värmts upp och energi lagrats i haven.

Vi kan lätt räkna ut hur mycket den globala medeltemperaturen måste öka för att balansera strålningsdrivningen, så att vi åter får jämvikt. Kalla denna temperaturökning $T_{jäm}$. Om vi ersätter T_t med $T_{jäm}$ i ekvation (4), sätter N till noll och löser för $T_{jäm}$ får vi denna temperatur:

$$T_{jäm} = \frac{f_{CO_2}}{k_{planck} - k_{refl} - k_{övr}} \quad (5)$$

Nästa steg är att beskriva hur mycket strålningsdrivning vi får för en given ökning av atmosfärens koldioxidhalt. Anta att koldioxidhalten fördubblas, från det förindustriella värdet på 280 ppm till 560 ppm. Strålningsdrivningen av detta kan vi kalla f_{2x} . Den kan fastställas med strålningsberäkningar, och är ungefär $f_{2x} = 3,7 \text{ W/m}^2$. Den temperaturökning som krävs för att balansera denna brukar kallas klimatkänsligheten vid jämvikt, ECS (»equilibrium climate sensitivity«). Vi får från (5)

$$ECS = \frac{f_{2x}}{k_{Planck} - k_{övr} - k_{refl}} \quad (6)$$

ECS är ett mycket centralt begrepp som beskriver hur mycket temperaturen på lång sikt ökar på grund av en dubbling av koldioxidhalten.

Strålningsberäkningar visar också att om koldioxidkoncentrationen fördubblas ytterligare en gång, till 1 120 ppm – fyra gånger så hög som den ursprungliga koncentrationen – blir strålningsdrivningen ungefär dubbelt så stark, det vill säga $f_{4x} = 7,4 \text{ W/m}^2$. Mera generellt gäller att strålningsdrivningen på marginalen är proportionell mot den *procentuella* ökningen i koncentrationen av koldioxid. Varje procents ökning av koldioxidhalten ökar strålningsdrivningen med 0,053 W/m². Om man kände klimatkänsligheten skulle man alltså kunna förutsäga jämviktstemperaturen vid varje koldioxidkoncentration.¹

ECS kan bestämmas från (6) genom att summera de olika återkopplingsfaktorerna i nämnaren, det vill säga

1. Matematiskt uttryckt är $f_{CO_2} = 3,7 \cdot \ln(S_i/S_0) / \ln(2)$ där S_i är aktuell och S_0 den förindustriella koldioxidhalten i atmosfären.

$k_{\text{Planck}} - k_{\text{övr}} - k_{\text{refl}}$. En mer avancerad men i princip liknande metod är att använda en klimatmodell. Det är en matematisk tredimensionell simuleringsmodell av atmosfären och havet, som beskriver vindar, havsströmmar och alla de övriga processer som nämnts ovan.

Som noterats kan man beräkna $f_{2\times}$ och k_{Planck} ganska exakt, med en noggrannhet på ungefär 20 procent. Om man kunde bortse från allt annat skulle ECS vara drygt en grad, vilket med största säkerhet är ett för lågt värde, eftersom + med stor sannolikhet har ett positivt värde. Detta betyder att temperaturen behöver gå upp mer för att balansera en given koldioxiddrivning.

Det finns en stor enighet inom forskningen om att $k_{\text{övr}} + k_{\text{refl}}$ förmodligen är ett positivt tal, men det finns inte samma enighet om hur stort detta tal är i verkligheten. Det beror på att det är mycket svårare att bestämma $k_{\text{övr}}$ och k_{refl} än att bestämma $f_{2\times}$ och k_{Planck} . I synnerhet molnen har mycket stor betydelse för strålningsbalansen, både för att de reflekterar den inkommande solstrålningen (vilket man kan känna en sommardag med växlande molnighet) och för att de absorberar värmestrålningen mot rymden (vilket märks på skillnaden mellan klara och molniga vinternätter).

Hur förändringar i molnbildningen sker – när, var och på vilken höjd – har därför stor betydelse för hur strålningsbalansen påverkas. Det är dock svårt att veta hur molnigheten påverkas av den ökande temperaturen. Orsaken är att molnigheten påverkas av både de storskaliga vindmönstren, av småskalig turbulens och av mikroskopiska processer som styr bildandet av vattendroppar och iskristaller. Det gör också att klimatmodellernas beskrivning av molnprocesser är mycket osäker.

Genom att göra rimliga ändringar i denna beskrivning ändras modellernas ECS med flera grader. Det har därför visat sig svårt att bestämma ECS genom en detaljerad beräkning av de olika specifika effekterna, vare sig man använder (6) eller klimatmodeller.

Ett annat sätt att bestämma ECS är den empiriska metoden. Den innebär att man bestämmer nämnaren i (5), det vill säga summan av återkopplingsfaktorerna, från den observerade temperaturökningen sedan industrialismens början. Det finns två komplikationer med denna metod. Den första är att klimatsystemet ännu inte är i jämvikt, det vill säga vi kan inte försumma N (nettoupptaget av energi) i (4). Det finns dock mätningar av havstemperaturen sedan ungefär 50 år tillbaka som visar att värmetas upp av havet i en takt som motsvarar $N = 0,7 \text{ W/m}^2$.

Den andra svårigheten är att klimatet inte bara har påverkats av människans utsläpp av koldioxid och andra växthusgaser, utan också av utsläppen av aerosoler, små partiklar som svävar i atmosfären. De kan reflektera solljus och fungerar också som kondensationskärnor för molndroppar, vilket även indirekt kan bidra till ökad reflektion. Eftersom aerosolerna ökar reflexionen av solljus gör de klimatet kallare.

Utsläppen av aerosoler hänger framför allt ihop med förbränning av fossila bränslen. En viktig källa är svaveldioxid, men det finns också andra källor. Aerosolerna försvinner från atmosfären efter någon vecka, till skillnad från koldioxiden som blir kvar under sekler. Koncentrationen av aerosoler beror därför på de löpande utsläppen, medan koncentrationen av koldioxid beror på de ackumulerade utsläppen. I västvärlden har koncentrationen av aerosoler minskat under de senaste decennierna, tack vare bättre rening av rökgaser, men i stäl-

let har den ökat i Asien. De flesta tror dock att den kommer att minska även där i framtiden, eftersom man är tvungen att rena rökgaserna för att få bukt med hälsoproblem och lokala miljöskador.

Storleken på den kylande effekten av människans utsläpp av aerosoler är dock mycket osäker. Inte ens tecknet är helt säkert, eftersom det också finns aerosoler (»black carbon«) som absorberar solljus och värmer klimatet. IPCC (2013, SPM) anger osäkerhetsintervallet till ungefär $0-2 \text{ W/m}^2$ för effekten av aerosoler. Osäkerhetsintervallet är ungefär lika stort som den direkta effekten av 50 procents ökning av koldioxidhalten, alltså ungefär lika mycket som den hittills ökat.

Den observerade temperaturökningen är ett resultat av både koldioxiden och aerosolerna. Även den empiriska metoden ger därför bara en osäker uppskattning av klimatkänsligheten, som ju är ett mått på effekten av endast koldioxiden. Om effekten av aerosoler är i det nedre intervallet (det vill säga 0) får man en klimatkänslighet på mindre än två grader per dubbling av koldioxidhalten. Om man i stället antar att aerosolerna har en starkt kylande effekt får man en hög klimatkänslighet. Det skulle innebära att aerosolernas kylande effekt döljer en stor del av koldioxidens värmande effekt, och att uppvärmningen kommer att accelerera när koncentrationen av aerosoler minskar i framtiden.

En variant av den empiriska metoden är att utgå från det man vet om förändringar av koldioxidkoncentrationen och klimatet under gångna tider (paleoklimat), till exempel den senaste istiden. Även denna metod har stora osäkerheter.

IPCC (2013, SPM) använder alla metoderna ovan för att uppskatta ECS. Efter en sammanvägning av resultaten anger

man att ECS sannolikt ligger i intervallet $1,5^{\circ}\text{C}$ – $4,5^{\circ}\text{C}$.² Det är ett betydande osäkerhetsintervall, vilket illustreras av följande räkneexempel. Anta först att ECS är $4,5^{\circ}\text{C}$. Det skulle vara konsistent med den uppvärmning vi observerar om en stor del av koldioxidens värmande effekt maskeras av aerosolernas kylande effekt. Anta vidare att denna kylande effekt upphör i framtiden tack vara bättre rökgasrening, liksom den värmande effekten av andra växthusgaser än koldioxid (främst metan), och att vi på något sätt kunde hålla koldioxidkoncentrationen konstant på dagens värde 410 ppm tills klimatsystemet åter är i jämvikt. Då skulle temperaturen stabiliseras vid en uppvärmning på ungefär $2,5^{\circ}\text{C}$, vilket är klart över tvågradersmålet.

Anta i stället att ECS är $1,5^{\circ}\text{C}$. För att detta ska vara i linje med vad vi observerar behöver man anta att aerosolernas kylande effekt är obetydlig. Om vi antar att den värmande effekten av andra växthusgaser än koldioxid på sikt försvinner, skulle koldioxidkoncentrationen behöva stiga till drygt 700 ppm för att uppvärmningen skulle bli två grader, det vill säga nästan 300 ppm mer än dagens 410 ppm. Denna ökning är betydligt mer än de cirka 130 ppm som koldioxidhalten hittills ökat under hela industrialiseringen. Även om man antar att de övriga växthusgasernas värmande effekt kvarstår på dagens nivå, skulle koldioxidkoncentrationen behöva stiga till drygt 550 ppm för att uppvärmningen skulle bli två grader, det vill säga öka ungefär lika mycket till som den hittills ökat under den tid vi använt fossila bränslen.

2. IPCC anger att begreppet sannolikt här ska tolkas som 66–100 procents sannolikhet. Det går alltså inte att utesluta vare sig att klimatkänsligheten är mindre än $1,5^{\circ}\text{C}$ eller högre än $4,5^{\circ}\text{C}$.

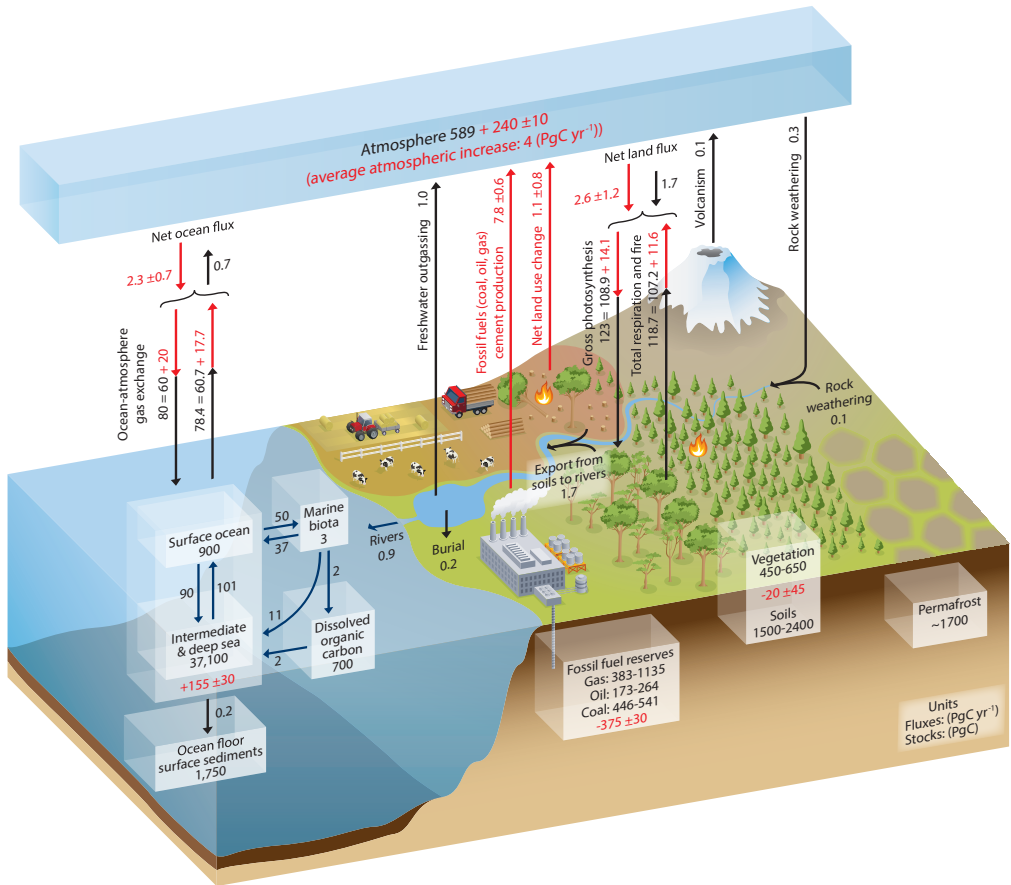
2.4 Kolsystemet

Som framgått är tillförseln av växthusgasen koldioxid till atmosfären en avgörande faktor för växthuseffekten. För att förstå denna tillförsel behövs en förståelse av kolsystemet.

Klimatsystemets kolatomer cirkulerar huvudsakligen mellan tre olika reservoarer: atmosfären, havet och landytan. Kemiskt sett finns kolet i två former: organiskt kol och oorganiskt kol. Det organiska kolet finns huvudsakligen på land, i levande och döda växter och begravt i marken (det terrestra kolet). Det oorganiska kolet finns dels i atmosfären i form av koldioxid, dels i havet i form av löst koldioxid, bikarbonatjoner och karbonatjoner. De olika formerna av oorganiskt kol i havet utgör ett kemiskt buffertsystem som reglerar vattnets pH (det vill säga dess surhetsgrad), och de kan lätt omvandlas till varandra i kemiska jämviktsreaktioner. Det finns också organiskt kol i havet, men mängden är obetydlig jämfört med den på land, eftersom dött organiskt material i havet bryts ner till oorganiskt kol mycket snabbare än döda träd på land.

Havet är den absolut största reservoaren, och innehåller 38 000 GtC (mängden kol i de olika reservoarerna mäts i GtC, gigaton kol, vilket motsvarar 1 miljard ton kol). Det kan jämföras med atmosfärens drygt 800 GtC och landytans i storleksordningen 2 000–3 000 GtC (figur 3).

Mellan dessa reservoarer sker kontinuerligt stora flöden. Växterna tar upp koldioxid ur luften och omvandlar den till organiskt kol med hjälp av solljus, så kallad fotosyntes. Samtidigt bryter växterna ner en del av sitt organiska kol till koldioxid, och mikroorganismer, svampar och djur bryter ner det organiska kolet i döda och levande växter till koldioxid. Dessa flöden till och från atmosfären är nästan lika stora, och de uppgår under ett år till ungefär en sjätte-



Figur 3 Illustration av kolsystemet. Siffrorna i boxarna är mängden kol i de olika reservoarerna, mätt i GtC. Pilarna är de årliga flödena, mätt i GtC per år. De röda siffrorna är de ändringar som orsakats av människans koldioxidutsläpp.

Källa: Rogelj, J., D. Shindell, K. Jiang, S. Fifita, P. Forster, V. Ginzburg, C. Handa, H. Khesghi, S. Kobayashi, E. Kriegler, L. Mundaca, R. Séférián, och M. V. Vilariño: »Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development«. Kapitel 2, figur 2.3 i IPCC (2018).

del av den mängd koldioxid som finns i atmosfären. På motsvarande sätt löser havet upp stora mängder koldioxid från atmosfären i vissa områden, medan nästan lika mycket avges till atmosfären i andra områden.

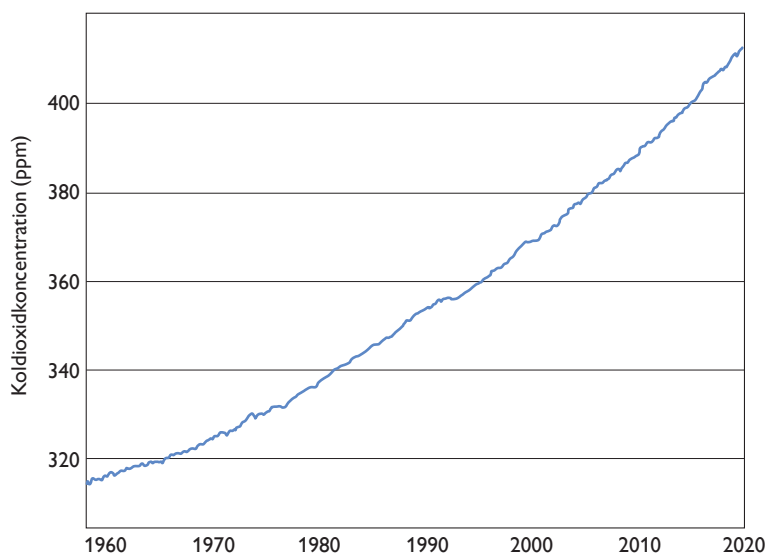
Sedan industrialismens början tillkommer den koldioxid som bildas vid förbränning av fossilt kol. I dag släpps på detta vis ut cirka 10 GtC i atmosfären varje år.⁶ Dessutom resulterar avverkningen av skogar i utsläpp på ytterligare drygt 1 GtC till atmosfären. Resultatet är att koldioxidhalten har ökat från 280 ppm till 410 ppm, och ökningen fortsätter i accelererande takt (figur 4).⁷

På grund av denna ökning är kolsystemet långt från jämvikt. Den högre koncentrationen gör att mer koldioxid från atmosfären löses i havet, medan mindre avges från havet. Det blir därmed ett nettoflöde från atmosfären till havet. Den högre koldioxidkoncentrationen gynnar också växternas fotosyntes, så att de tar upp mer koldioxid. Mycket av kolet återgår snart till atmosfären, när växterna bryts ner igen, men resultatet är ändå att den samlade mängden organiskt kol på land ökar, på bekostnad av atmosfärens koldioxid. Ökad skogstillväxt på grund av varmare klimat på höga breddgrader har samma effekt.

I dag beräknas nettoflödet av kol från atmosfären vara 3,0 Gt per år till landreservoaren och 2,4 Gt till havet. Tillsammans är det drygt hälften så mycket som tillförs genom förbränning av fossila bränslen varje år. Hur kommer dessa kolflöden att utvecklas i framtiden?

6. Ofta mäts utsläppen i stället i koldioxid. Genom att multiplicera med 3,67 fås massan koldioxid från en massenhet kol.

7. Mängden kol i atmosfären mäts oftast i ppm, »parts per million volume« koldioxid. Genom att multiplicera koncentration i ppm med 2,13 fås mängden kol i atmosfären mätt i GtC.



Figur 4 Ökningen av atmosfärens koldioxidkoncentration under de senaste decennierna.

Källa: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>.

Både flödet till hav och till land kan ses som en anpassning till ett nytt jämviktsläge, med högre koldioxidkoncentration och högre temperatur än i den jämvikt som rådde före industrialismen. Om vi skulle sluta att förbränna fossilt kol skulle flödena efter hand minska, medan systemet skulle närma sig detta nya jämviktsläge. För landreservoaren kan man vänta sig att denna anpassning till klimat och koldioxidkoncentration tar cirka femtio år, den ungefärliga livslängden hos träd, som innehåller det mesta av biomassan. För havet tar det mycket längre tid, många sekler. Det är den tid det tar för vattnet att cirkulera mellan djuphavet och ytan, så att det kom-

mer i jämvikt med atmosfären. Även om kolflödet till land i dag är något större än det till havet, så är det flödet till havet som är avgörande på lång sikt, eftersom kolreservoaren i havet har mycket större kapacitet än den på land.

Jämvikten med havet styrs i första hand av ett kemiskt jämviktsvillkor som säger att partialtrycket av koldioxid ska vara lika stort i vattnet som i atmosfären. Om partialtrycket är högre i atmosfären sker ett flöde av koldioxid till vattnet och tvärtom. Hur mycket kol som vattnet innehåller vid detta mättnadstryck (lösligheten) beror på både vattentemperaturen och vattnets surhetsgrad (dess pH). Om man kunde hålla temperatur och pH konstanta skulle en fördubblad koldioxidkoncentration leda till att dubbelt så mycket koldioxid löses i vattnet vid jämvikt. Eftersom havet innehåller 50 gånger mer kol än atmosfären skulle det betyda att 98 procent av den koldioxid som släpps ut i atmosfären togs upp i havet vid jämvikt, det vill säga inom ett antal sekler.

I verkligheten hålls dock vare sig temperatur eller pH konstanta. Temperaturen i havet ökar och när mer koldioxid löses i havet blir vattnet surare. Detta minskar havets förmåga att absorbera koldioxid, och betydligt mindre än 98 procent av den utsläppta koldioxiden kommer därför att tas upp i havet vid jämvikt. Om mängden utsläppt koldioxid är i linje med till exempel IPCC:s scenarier för att den globala medeltemperaturen inte ska stiga mer än 1,5 eller 2 grader, blir ungefär en fjärdedel kvar i atmosfären under tusentals år. Om utsläppen skulle bli mycket större ökar denna andel. Om exempelvis de totala ackumulerade utsläppen är 2 000 GtC, blir troligen mer än 40 procent kvar i atmosfären. Fram till i dag är de ackumulerade utsläppen knappt 600 GtC, varav närmare hälften har släppts ut de senaste 30 åren.

2.5 Kombinerad effekt av klimatsystemet och kolsystemet

Från beskrivningen ovan noterar vi å ena sidan två egenskaper hos klimatsystemet:

1. Havets kapacitet att lagra värme fördröjer uppvärmningen. Det gör att om koldioxidkoncentrationen snabbt ökar till ett visst värde och sedan hålls konstant, fortsätter den globala medeltemperaturen att öka långt efter att koncentrationen slutade öka. Temperaturen släpar efter koldioxidkoncentrationen.
2. Den värmande effekten av koldioxid beror på marginalen på den procentuella ökningen i koncentrationen i atmosfären. Det betyder att en ökning från 700 ppm till 701 ppm orsakar hälften så stor uppvärmning som en ökning från 350 ppm till 351 ppm. Marginaleffekten av ytterligare koldioxid minskar alltså med ökande koncentration.

Kolsystemet har å andra sidan följande två egenskaper:

3. Havet och vegetationen på land tar kontinuerligt upp kol från atmosfären (drygt hälften så mycket som människan släpper ut). Dessa kolflöden skulle fortsätta i gradvis avtagande takt även om människans utsläpp upphörde.
4. Havet har på lång sikt mycket större kapacitet att lagra kol än växterna på land. Men kapaciteten hos havets buffertsystem är ändå begränsad. Det gör att den andel av utsläppen som på lång sikt tas upp av havet minskar ju större de totala ackumulerade utsläppen är. På marginalen stannar en större del av en utsläppt enhet i atmosfären under överskådlig framtid – tusentals år – ju större de totala ackumulerade utsläppen är.

Egenskaperna i de två systemen motverkar varandra på två sätt:

- Om utsläppen av koldioxid plötsligt skulle upphöra skulle trögheten som orsakas av havets förmåga att lagra energi tala för att temperaturen fortsätter att öka (egenskap 1), medan havets fortsatta upptag av koldioxid skulle minska koldioxidkoncentrationen i atmosfären över tid, vilket skulle tala för att temperaturen börjar minska (egenskap 3).
- Den värmande effekten av ytterligare koldioxid minskar med ökande koncentration (egenskap 2), vilket minskar effekten på energibalansen ju mer som släppts ut (egenskap 2). Å andra sidan blir en större andel av utsläppen kvar i atmosfären ju mer som släppts ut (egenskap 4).

I de simuleringar forskare gör med modeller som har både klimat och kolcirkulation visar det sig att båda typerna av motverkande egenskaper (1 och 3, respektive 2 och 4) i stort sett balanserar varandra. Att egenskap 1 och 3 balanserar varandra betyder att om koldioxidutsläppen plötsligt upphör förblir den globala medeltemperaturen ungefär konstant. Att egenskap 2 och 4 balanserar varandra innebär att effekten på klimatet av ytterligare en enhet utsläpp är oberoende av hur mycket som tidigare släppts ut. Eftersom varje enhet utsläpp ökar uppvärmningen lika mycket (2 och 4 balanserar) både på kort och lång sikt (1 och 3 balanserar) blir den globala uppvärmningen proportionell mot de *ackumulerade* historiska utsläppen. Proportionalitetskoefficienten kallas $TCRE$ («Transient Climate Response to cumulative carbon Emissions»). Att effekterna av klimat- och kolsystemen kompenserar varandra på detta sätt har inga fundamentala orsaker, utan är ett sammanträffande.

Figur 5, som är tagen från IPCC (2018), illustrerar detta resultat. Figuren visar sambandet mellan ackumulerade utsläpp – här mätt i

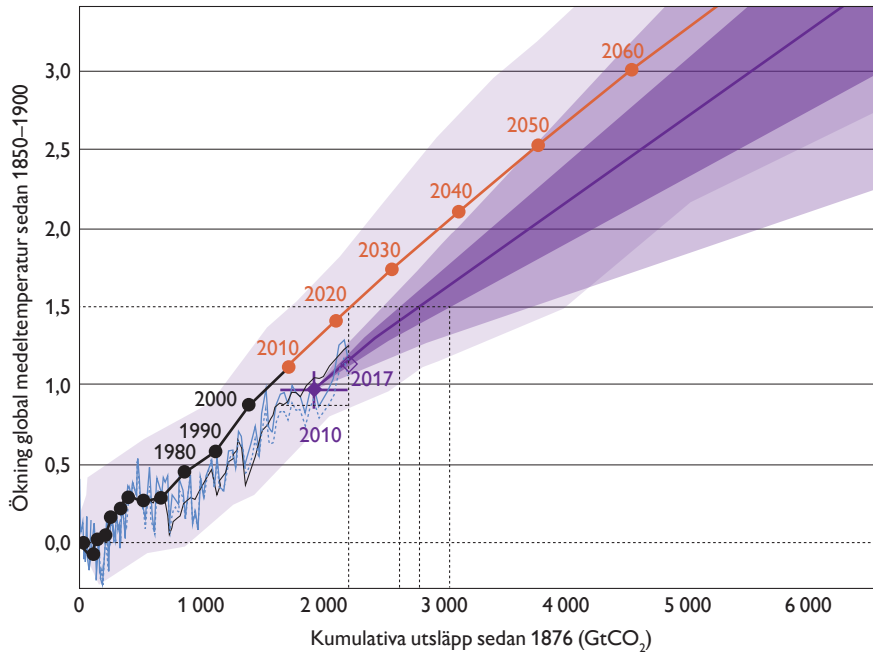
ton koldioxid – på den horisontella axeln och den globala medeltemperaturen på den vertikala för olika utsläppsbanor. Som vi ser är sambandet ungefär linjärt, det vill säga temperaturen är proportionell mot ackumulerade utsläpp. Lutningen på sambandet ges av proportionalitetskoefficienten $TCRE$.

Konkret innebär detta att om man plötsligt stänger av utsläppen i en jordsystemmodell håller sig temperaturen i stort sett konstant därefter, och denna temperatur är oberoende av hur snabbt utsläppen gjordes innan. Det betyder också att om utsläppen är dubbelt så stora i en simulering som i en annan med samma modell, ökar också temperaturen dubbelt så mycket.

Proportionalitetsresultatet innebär dessutom att man kan bestämma vad som brukar kallas *kolbudgetar*. Givet att en viss global medeltemperatur inte ska överträdas och ett antaget värde på proportionalitetskoefficienten $TCRE$, kan man räkna ut hur mycket mer kol som kan släppas ut. Anta till exempel att vi inte vill överstiga 2 graders global uppvärmning och att $TCRE$ är 2 grader per 1 000 GtC. Vi kan då släppa ut 1 000 GtC. Eftersom vi redan släppt ut 600 GtC återstår 400 GtC. Tidsprofilen för utsläppen av dessa 400 GtC spelar enligt proportionalitetsresultatet ingen roll. IPCC (2013, SPM) anger att för att det ska vara sannolikt att temperaturen ökar mindre än 2 grader, ska de ackumulerade utsläppen vara högst 1 000 GtC. Med dagens takt uppnår vi dessa ackumulerade utsläpp om ungefär 40 år.⁸

Flera kvalifikationer måste göras när vi använder proportionalitetsresultatet. Den kanske viktigaste är att det råder stor osäkerhet om värdet på proportionalitetskoefficienten $TCRE$. Olika modeller ger olika värden på denna. IPCC (2013, SPM) anger att den ligger i

8. Eftersom ett ton genererar 3,67 ton koldioxid när det förbränns kan dessa kolbudgetar anges i $GtCO_2$ (miljarder ton koldioxid) genom att de multipliceras med 3,67.



Figur 5 Global medeltemperatur och ackumulerade koldioxidutsläpp. För de olika utsläppsbanorna gäller att temperaturen är ungefärlig proportionell mot de ackumulerade utsläppen. De färgade fälten anger osäkerheten i beräkningarna. De streckade linjerna anger hur mycket koldioxid som återstår att förbruka för att kunna hålla sig inom 1,5-gradersmålet.

Källa: Ciais, P., C. Sabine, G. Bala, L. Bopp, V. Brovkin, J. Canadell, A. Chhabra, R. DeFries, J. Galloway, M. Heimann, C. Jones, C. Le Quéré, R. B. Myneni, S. Piao och P. Thornton: »Carbon and Other Biogeochemical Cycles«. Kapitel 6, figur 6.1 i IPCC (2013).

intervallet 0,8–2,5 grader per 1 000 GtC. Den viktigaste anledning-
en till denna stora osäkerhet är den osäkerhet som gäller om klimat-
känsligheten, det vill säga hur känsligt klimatet är för atmosfärens
koldioxidkoncentration. Några enkla räkneexempel kan illustrera
vad det betyder.

För enkelhets skull antar vi att bidraget från aerosoler och andra
växthusgaser än koldioxid är noll. Om $TCRE = 0,8$ grader kan vi då
släppa ut totalt 2 500 GtC och ändå uppfylla tvågradersmålet. I dag
är de ackumulerade utsläppen knappt 600 Gt, och vi skulle alltså
kunna släppa ut ytterligare tre gånger så mycket till. Om vi i stället
antar att $TCRE = 2,5$ grader kan vi släppa ut totalt 800 GtC, det vill
säga bara 200 Gt ytterligare, vilket tar 20 år med dagens takt. I detta
scenario ingår dock ett implicit antagande att aerosolerna är kraf-
tigt kylande i dag – så att klimatkänsligheten är hög – och att denna
kylning bortfaller innan temperaturen har ökat med 2 grader.

Vidare gäller det proportionella sambandet mellan ackumulerade
utsläpp och temperatur bara approximativt, och inom vissa
gränser. Det gäller bara om utsläppskurvans utseende i tiden är rim-
lig, men inte till exempel om man bromsar temperaturökningen
med negativa utsläpp långt efter det att utsläppen skett. Det gäller
inte heller efter att temperaturen har nått sitt maximum och inte om
de ackumulerade utsläppen är mycket stora, större än 2 000 GtC.

Avslutningsvis behöver vi notera att proportionaliteten gäller
sambandet mellan ackumulerade utsläpp av koldioxid och global
medeltemperatur utan hänsyn till andra utsläpp än koldioxid, trots
att de har en betydande inverkan i dag. Det handlar om andra växt-
husgaser som bidrar till uppvärmningen – framför allt metan – och
om aerosoler som kyler klimatet. Gemensamt för de flesta av dem är
att de har en mycket kortare livslängd i atmosfären än koldioxid,

från någon vecka för aerosoler till 10–15 år för metan.⁹ Det betyder att de ackumulerade utsläppen av dessa utsläpp inte är relevanta, utan deras effekt på klimatet beror på de löpande utsläppen. Detta gäller också så kallade höghöjdseffekter av flygning. Den uppvärmning som orsakas av flygplanens koldioxidutsläpp är i stort sett permanent medan den som orsakas av höghöjdseffekter direkt försvinner om flygandet upphör.

2.5.1 Tipping points

En farhåga som framförts är att om den globala uppvärmningen överskrider en viss nivå passerar man en så kallad »tipping point«. Med det brukar man mena att en självförstärkande mekanism börjar verka vid en viss temperatur, så att klimatförändringen eller vissa av dess effekter inte längre går att hejda. Processen kan vara snabb, men den kan också vara långsam och ändå irreversibel.

Det är naturligtvis omöjligt att säga något om detta utifrån empiriska observationer av klimatet sedan förindustriell tid. IPCC har ändå försökt uppskatta risken för de processer som föreslagits. Dessa uppskattningar vilar till stor del på modellsimuleringar. Enligt den terminologi för sannolikheter som används där betyder »mycket sannolikt« en sannolikhet på minst 90 procent och »sannolikt« minst 66 procent, medan »osannolikt« innebär högst 33 procent och »mycket osannolikt« högst 10 procent.

- *Kollaps av Atlantens vertikala cirkulation.* Ofta likställs detta fenomen ibland med att Golfströmmen skulle stanna, vilket dock inte är samma sak. (Eftersom Golfströmmen drivs av de mest grundläggande vindmönstren i atmosfären är det i stort sett

9. Lustgas och många industrigaser är dock växthusgaser som stannar länge i atmosfären.

uteslutet att den skulle stanna.) I förenklade modeller av havet kan en snabb avsmältning av Grönlandsisen leda till att den vertikala cirkulationen i Atlanten ändras permanent, så att djupvatten inte längre bildas i Nordatlanten. Enligt mer fullständiga simuleringsmodeller kommer dock djupvattenbildningen och den vertikala cirkulationen i norra Atlanten bara att temporärt försvagas som en följd av klimatförändringarna, men sedan återhämta sig igen. Enligt IPCC (2013, kap. 12) är det »mycket osannolikt« – det vill säga med en sannolikhet på mindre än 10 procent – att Atlantens vertikala cirkulation kollapsar på 2100-talet, och »osannolikt« – mindre än 33 procents sannolikhet – även därefter.

- *Koldioxid från tinande permafrost.* Stora mängder organiskt kol är bundet i permafrost i tundran i Sibirien och Nordamerika, mer än dubbelt så mycket som atmosfärens koldioxid. Om den tinar kan det organiska materialet brytas ner och avge koldioxid. Det finns inga bevis för att detta är en betydande källa till koldioxid i dag, utan det arktiska området är tvärtom en koldioxid-sänka. Enligt IPCC (2013, kap. 12) är det möjligt att permafrosten blir en liten nettokälla till koldioxid före år 2100. Viss nyare forskning redovisad av IPCC (2019b) pekar på en ökande risk för detta. Permafrosten tinar långsamt, vilket illustreras av att dess djupare delar är ett minne från istiden. Om koldioxiden frigörs på detta vis är det en irreversibel process.
- *Metanhydrat på havsbotten.* Mycket kol är bundet som metanhydrat på havsbotten, särskilt i Arktis. (Metan är en kraftig växthusgas, som dock i atmosfären oxideras till koldioxid inom ungefär tio år.) Om havet värms upp skulle denna metan kunna frigöras. I dag är detta ingen betydande källa till metan, och i den mån det frigörs metan från havsbotten oxideras det mesta till

koldioxid redan i havsvattnet. Enligt IPCC (2013, kap. 12) är frigörandet av metanhydrater en långsam process – att det skulle ske snabbt är »mycket osannolikt« – och det är »osannolikt« att stora mängder frigörs före år 2100. Om det sker är processen irreversibel.

- *Smältande inlandsisar.* Eftersom temperaturen i atmosfären minskar med höjden över havet behöver en inlandsis ha en viss kritisk höjd för att vara stabil. Om den smälter så att den inte längre når upp till denna höjd någonstans kommer den därför troligen att smälta ner helt, och denna förändring är irreversibel. Grönlands istäcke är mer än 2 000 meter tjockt, och om det skulle smälta ner skulle havsnivån höjas med i genomsnitt cirka 7 meter. Det har konstaterats att det har börjat smälta i en accelererande takt. Det är dock en mycket långsam process, och med dagens takt skulle det ta ungefär 14 000 år för isen att försvinna helt. IPCC (2013, kap. 13) bedömer att om uppvärmningen följer det snabbaste scenariot (RCP8,5) kommer smältvattnet från Grönland att bidra med mellan en och två decimeter till den globala havsnivåhöjningen fram till år 2100.

Den andra stora inlandsisen finns på Antarktis. Där är det kallare än på Grönland, så den kommer knappast att smälta uppifrån, men den kan ändå förlora is där den har kontakt med havet. Det gäller särskilt i västra Antarktis där isen vilar på mark som ligger under havsnivån, vilket kan göra den instabil om havsvattnet värms upp. Förloppet skulle där kunna bli betydligt snabbare än på Grönland. IPCC (2013, kap. 13) bedömer att om detta inträffar, vilket är mycket osäkert, skulle det kunna bidra med flera decimeter till den globala havsnivåhöjningen fram till år 2100. Annars bedömer de att bidraget från Antarktis blir mindre än en decimeter, och att den totala havsnivåhöjningen

till år 2100 troligen blir mellan en halv och en meter om den globala uppvärmningen följer det snabbaste scenariot. I den senaste rapporten har IPCC (2019b) justerat upp havsnivåhöjningen fram till år 2100 i scenariot RCP8,5 med 10 centimeter på grund av ett större bidrag från Antarktis. Den anges nu sannolikt bli mellan 0,61 och 1,10 meter, för att sedan fortsätta öka under kommande sekler.

- *Uttorkning av Amazonas.* Regnskogarnas träd tar upp stora mängder vatten, som sedan avdunstar till atmosfären och bidrar till nederbörden. På så vis gör skogen att vattnet »återanvänds«. Det har därför befarats att om skogen avverkas eller dör på grund av ett torrare klimat skulle detta i sig göra klimatet ännu torrare, så att skogen inte kan komma tillbaka. Enligt modellsimuleringar är detta scenario mest sannolikt i Amazonas. Risken motverkas dock av den ökande koldioxidhaltens positiva direkta effekt på växtligheten. Risken är svår att uppskatta, men enligt IPCC (2018) skulle det kunna ske vid en global uppvärmning på 3–4 grader eller en avverkningsgrad på 40 procent.

Vilka effekter får klimatförändringarna?

3.1 Sammanfattning av kapitlet

Storleken på de prognosticerade klimatförändringarna och deras effekter beror på hur stora utsläppen blir. IPCC (2013) använder sig av olika utsläppsscenarier. I ett scenario där utsläppen kulminerar 2040 för att därefter falla stiger den prognosticerade globala medeltemperaturen med 2,4 grader mot slutet av århundradet i förhållande till genomsnittet 1850–1900. Osäkerhetsintervallet är stort: 1,7–3,2 grader. De åtaganden som gjorts i Parisavtalet beräknas leda till en global uppvärmning på cirka 3 grader.¹ Ett mer pessimistiskt scenario, där utsläppen fortsätter att öka under hela det inne-

1. FN:s globala miljöprogram UNEP (2018) anger i »Emissions Gap Report 2018« att nuvarande åtaganden i Parisavtalet leder till att den globala medeltemperaturen år 2100 har stigit med 3 grader. De anger också ett osäkerhetsintervall på 2,7–3,2 grader. Det oberoende forskarsamarbetet Climate Action Tracker anger i en rapport från december 2018 samma prognos om 3 graders uppvärmning år 2100, men med ett osäkerhetsintervall på 2,4–3,8 grader. Ökningarna är relativt den förindustriella temperaturen, som ofta anges som genomsnittet under perioden 1850–1900.

varande århundradet, leder till en prognosticerad uppvärmning på 4,3 grader med ett 90 procents osäkerhetsintervall på 3,2–5,4 grader.

Klimatförändringarna sammanfattas ofta som förändringen i den globala medeltemperaturen, men de är förstås mycket mångfacetterade. Havsnivån beräknas stiga med i storleksordningen en halv till en meter under detta århundrade. Även om antalet tropiska stormar inte ökar är det troligt att de starkaste blir fler. Modellsimuleringar rapporterade av IPPC (2013) pekar dock inte på att stormar på nordliga breddgrader blir vare sig fler eller starkare. Effekten på jordbruket är osäker eftersom koldioxid i sig gynnar tillväxten, men klimatförändringarna kan ha negativa effekter. Den sammanlagda effekten varierar mellan olika grödor och regioner. Frekvensen av mycket heta värmeböljor beräknas öka i många delar av världen. I tätbefolkade delar av bland annat Asien kan det komma att uppstå värmeböljor med temperaturer som gör det fysiologiskt omöjligt att arbeta utomhus.

Påverkan på ekonomi och människors välfärd kommer att variera mycket beroende på region och anpassningsförmåga. En sammanfattning av studier som summerar de globala konsekvenserna visar skador på cirka 5 procent av BNP vid 2 graders uppvärmning och 10 procent vid 3 grader. Spridningen i resultat mellan olika studier är dock stor. Klimatförändringarna hotar inte mänsklighetens överlevnad, men för enskilda länder kan de få katastrofala konsekvenser.

För Sverige bedömer vi de direkta effekterna som små om de jämförs med vår BNP. Både negativa och positiva direkta effekter beräknas under detta århundrade bli bråkdelar av procent av BNP. Utöver de direkta effekterna tillkommer indirekta effekter orsakade av klimatförändringarna i omvärlden. Sådana effekter kan tän-

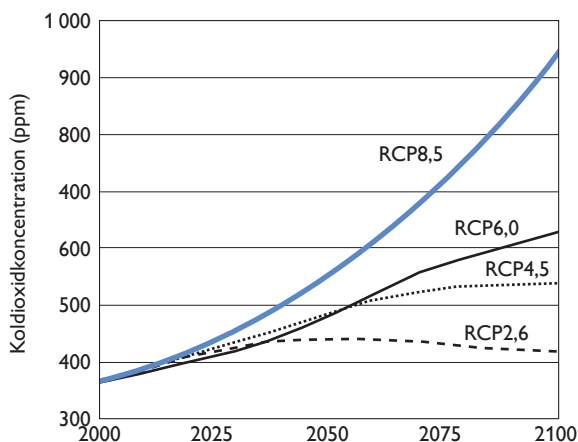
kas uppkomma via bland annat handel, migration, internationella konflikter och ökat behov av internationellt bistånd. De är mångfacetterade och mycket svårbedömda.

3.2 Effekter av klimatförändringarna

Effekterna av klimatförändringarna varierar mycket mellan olika områden. Eftersom klimatet är svårare att förutsäga på regional nivå än på global nivå betyder det att även effekterna av klimatförändringarna är svåra att förutsäga på regional nivå. Den empiriska metod som används för att bestämma den globala klimatkänsligheten fungerar sämre på regional nivå, eftersom de naturliga klimativariationerna är större där än när man tittar på jordens medeltemperatur. Till stor del baseras därför förutsägelseerna av klimatförändringarnas effekter på modellsimuleringar.

Prognoserna för hur stora klimatförändringarna kommer att bli beror förstås på utsläppens storlek. I IPCC:s rapporter används ofta fyra scenarier, så kallade RCP:er («Representative Concentration Pathways»). De benämns RCP2,6, RCP4,5, RCP6,0 och RCP8,5. Siffrorna betecknar den beräknade strålningsdrivningen år 2100: minskningen av energiutflödet från jorden till rymden orsakat av koldioxid vid oförändrat klimat, se avsnitt 2.3. I det första scenariot börjar utsläppen falla redan nu. I det andra och tredje kulminerar utsläppen runt 2040 respektive 2080, och i det sista fortsätter de att öka hela nuvarande sekel. De olika scenarierna genererar olika banor för koldioxidkoncentrationen i atmosfären, vilket visas i figur 6.

De olika scenarierna genererar i sin tur olika prognoser för den globala medeltemperaturens ökning. Dessa visas i tabell 1. När man läser tabellen är det viktigt att notera att särskilt RCP2,6 och



Figur 6 IPCC:s fyra scenarier för hur koldioxidkoncentrationen utvecklas fram till år 2100.

Källa: van Vuuren med flera (2011).

RCP4,5 kräver en betydligt mer kraftfull global klimatpolitik än vad vi ser i dag. Enligt de hittills gjorda nationella åtagandena (»Nationally Determined Contributions«, NDC) under Parisavtalet beräknas den globala uppvärmningen bli cirka 3 grader mot slutet av detta århundrade. Parisavtalet innehåller dock en tydlig ambition att successivt skärpa dessa åtaganden. Alla scenarier utom RCP8,5 leder till en förväntad ökning av temperaturen med mindre än 3 grader och skulle alltså kräva ytterligare åtgärder än de som världens länder hittills utfäst sig att göra.

Tabell 1 Prognoser för den globala medeltemperaturens ökning. IPCC anger att osäkerhetsintervallet är sådant att det är en tredjedels risk eller mindre att temperaturen hamnar utanför intervallet. Tabellen i källan anger temperaturökningen relativt perioden 1986–2005. För att ange ökningen relativt perioden 1850–1900 har här 0,6 grader adderats till alla temperaturer.

Scenario	Temperaturökning över genomsnittet 1850–1900			
	2046–2065		2081–2100	
	Prognos	Osäkerhet	Prognos	Osäkerhet
RCP2,6	1,6	1,0–2,2	1,6	0,9–2,3
RCP4,5	2,0	1,5–2,6	2,4	1,7–3,2
RCP6,0	1,9	1,4–2,4	2,8	2,0–3,7
RCP8,5	2,6	2,0–3,2	4,3	3,2–5,4

Källa: IPCC (2013, tabell SPM.2).

3.2.1 Havsnivåhöjning

Flera faktorer gör att havsnivån kommer att stiga som en följd av den globala uppvärmningen. IPCC:s uppskattningar av havsnivåhöjningen fram till år 2100 baseras främst på modellsimuleringar. I dessa kommer det största bidraget från havsvattnets termiska expansion, därefter smältande glaciärer och därefter nedsmältning av isen på Grönland och Antarktis. På längre sikt kommer troligen det största bidraget från Grönland. För scenariot RCP8,5, med den snabbaste uppvärmningen, anger IPCC (2013, SPM) att havsnivåhöjningen fram till år 2100 sannolikt blir 0,5–1 meter. I den se-

naste rapporten har IPCC (2019b) höjt denna bedömning med 0,1 meter. Havsnivån kommer sedan med stor sannolikhet att fortsätta stiga under flera sekler, även om atmosfärens koldioxidkoncentration inte längre ökar. Det finns också en risk för snabbare havsnivåhöjning om istäcket på västra Antarktis skulle kollapsa, men osäkerheten kring ett sådant scenario är stor.

3.2.2 Nederbörd

Även om klimatmodellerna på många sätt ger olika resultat är de samstämmiga på en punkt: atmosfärens relativa fuktighet kommer i genomsnitt att förbli ungefär densamma i ett varmare klimat. Den relativa fuktigheten mäts i förhållande till hur mycket vattenånga som maximalt kan finnas i atmosfären. Detta maximum ökar med temperaturen med ungefär 7 procent per grad Celsius, enligt Clausius-Clapeyrons lag. Om den relativa fuktigheten är konstant kommer därför mängden vattenånga – den absoluta fuktigheten – också att öka med 7 procent för varje grad temperaturen ökar. Det stämmer också väl med observationerna av hur fuktigheten har utvecklats sedan mitten av 1970-talet. Att den absoluta fuktigheten följer temperaturen på detta vis är viktigt för att förstå hur nederbörden – och även andra aspekter av klimatförändringarna – förändras.

Även om den relativa fuktigheten är konstant kommer inte nederbörden att vara oförändrad. Som beskrevs i föregående kapitel transporteras den energi som når jordytan tillbaka uppåt genom atmosfären, som värmestrålning, luftens värmeenergi och vattenångans latent värme. I ett varmare klimat, med större absolut luftfuktighet, sker en större andel av energitransporten med latent värme, alltså genom att vatten avdunstar vid jordytan och kondenserar på högre höjd. Genom att denna energitransport blir mer betydelsefull

ökar avdunstningen och även nederbörden. IPCC (2013, kap. 12) uppskattar att den globala nederbörden ökar med 1–3 procent per grad, vilket baseras på modellsimuleringar. Att mäta den globala nederbörden är svårt. De lokala variationerna är stora, nederbörden fluktuerar mycket från ett år till ett annat, och det finns få mätningar över hav. Man har därför inte kunnat bekräfta dessa modellresultat med historiska observationer.

Till skillnad från den genomsnittliga nederbörden beror nederbörden i ett kraftigt skyfall på hur mycket vattenånga atmosfären innehåller. IPCC (2013, kap. 12) anger därför att det är mycket sannolikt att nederbörden i extrema väderhändelser ökar mer än den genomsnittliga nederbörden när klimatet blir varmare, och att ökningen förmodligen ligger i intervallet 5–10 procent per grad. Av statistiska skäl är det svårt att bekräfta en sådan trend med observationer, eftersom extrema händelser sällan inträffar. Att nederbörden i extrema väderhändelser ökar snabbt med ökande temperatur innebär att risken för översvämningar ökar.

Att nederbörden ökar globalt innebär inte att den ökar överallt. De regionala skillnaderna är stora, och det allmänna mönster man förväntar sig är att nederbörden ökar mest i de områden där den i dag är riklig, det vill säga i tropikerna och på höga latituder, medan den ökar mindre eller minskar där det redan är torrt, i subtropiska områden. Detaljerna är svåra att förutsäga, men enligt de flesta klimatmodeller kommer det att bli torrare särskilt i Medelhavsområdet.

3.2.3 Stormar

Mekanismerna bakom tropiska stormar och stormar på högre breddgrader är olika. Medan tropiska stormar drivs av avdunstning från en varm havsyta, orsakas stormarna på högre breddgra-

der av temperaturskillnaden mellan låga och höga breddgrader. Inte för någondera typen finns det några tydliga tecken från observationer på att antalet stormar har ökat under det senaste seklet. Enligt observationerna har dock antalet mycket starka tropiska stormar i Nordatlanten ökat sedan 1970-talet, men orsaken är osäker. De minskade utsläppen av aerosoler i denna region kan ha haft betydelse, liksom det varmare klimatet (IPCC, 2013, kap. 14).

Enligt modellsimuleringar kommer den globala uppvärmningen sannolikt inte att leda till fler tropiska stormar, men däremot till att de starkaste stormarna blir fler. Modellsimuleringarna tyder inte på att stormarna på högre breddgrader kommer att bli vare sig fler eller starkare. Även om vindstyrkan inte ökar kommer dock den nederbörd som faller i samband med stormarna sannolikt att öka för båda typerna av stormar.

3.2.4 Hälsoeffekter

Klimatet har en direkt effekt på människors hälsa, och många dödsfall orsakas av både kyla och värme varje år. En statistisk beräkning för dagens USA visar att överdödligheten både vid värmeböljor och köldknäppar är 2–5 procent (Anderson och Bell, 2009). En statistisk beräkning för Indien visar större överdödlighet i samband med kallt än med varmt väder (Fu med flera, 2018). Den globala uppvärmningen gör att värmeböljorna kommer att bli varmare och köldknäpparna mildare. Vissa försök har gjorts att tillämpa dagens statistiska samband mellan temperatur och överdödlighet på framtida klimat. Sådana metoder tar dock inte hänsyn till befolkningens förmåga till anpassning. De tar inte heller hänsyn till att det finns en absolut fysiologisk gräns för vilken temperatur som människan tål. Den beror starkt på luftfuktigheten. Om det är torrt kan man effek-

tivt kyla sig genom att svettas och på så sätt klara mycket höga temperaturer, men det går inte om luftfuktigheten är hög.

Ett relevant mått på hur värme påverkar människan är därför »wet bulb temperature« (T_W), vilket är den temperatur ett blött föremål får i skugga. På grund av avdunstning är ett blött föremål, till exempel en svettig kropp, kallare än den omgivande luften, men skillnaden avtar med luftens relativa fuktighet. På land tenderar T_W att vara högst nära kuster och i fuktiga områden, till exempel regnskog och områden med omfattande konstbevattning. Den har ett nära samband med havsytans temperatur, och sjunker normalt med höjden med ungefär 2 grader per 100 meter. I samband med den globala uppvärmningen ökar T_W i tropikerna i stort sett lika mycket som den globala medeltemperaturen.

Människans arbetsförmåga sjunker snabbt när T_W närmar sig 30 grader, och vid 32–33 grader är även unga och friska människor oförmögna till lätt fysiskt arbete. Vid T_W över 35 grader kan man inte ens vid vila hålla kroppstemperaturen på 37 grader, vilket innebär stor risk för värmeslag. I dag överstiger T_W mycket sällan 31 grader någonstans på jorden. Mot slutet av 2100-talet kan T_W närma sig 35 grader vid extrema värmeböljor, först vid Persiska vikens kust, och sedan i de tätbefolkade områdena kring Indus i Pakistan och Ganges i Indien. Detta har visats i modellsimuleringar där den globala medeltemperaturen under perioden 2071–2100 är 4,5 grader högre än före industrialiseringen (Im, Pal och Eltahir, 2017).

Enligt dessa simuleringar kommer 4 procent av Sydasiens befolkning att i någon värmebölja under dessa 30 år utsättas för T_W på minst 35 grader, och 20 procent på minst 34 grader. I andra modellsimuleringar har man uppskattat förlusten i arbetsförmåga, baserat på månadsmedelvärden av T_W (Dunne, Stauffer och John, 2013). Enligt dessa beräkningar är den globala nedsättningen av

arbetsförmågan på grund av värme 6–10 procent under årets varmaste månad i dagens klimat. Mot slutet av detta århundrade blir motsvarande nedsättning 27 procent om den globala uppvärmningen då är 3,4 grader. I samma simuleringar blir uppvärmningen 6,2 grader till år 2200, vilket sätter ner den globala arbetsförmågan med 61 procent under årets varmaste månad, och med minst 12 procent under årets alla månader. Man har då antagit att befolkningen har samma geografiska fördelning som i dag.

3.2.5 Växtlighet och natur

Den globala uppvärmningen gör att klimatzonerna förskjuts mot polerna och mot högre höjder. Enligt IPCC (2014, kap. 4) sker detta nu med en genomsnittlig hastighet på ungefär 1 kilometer per år, och upp till 4 gånger så snabbt på slätter. Med de snabbaste scenarierna för uppvärmningen kommer dessa siffror att fördubblas. Samtliga dessa siffror är dock osäkra. Många djur sprider sig tillräckligt fort för att följa dessa förskjutningar, men de flesta växter gör det inte. Exempelvis uppskattar man att träd kan sprida sig med mellan ungefär 100 meter och 1 kilometer per år. Spridningen försvåras också om naturområdena är avskurna av områden som exploateras av människor. I förlängningen kan det leda till att arter utrotas. I dokumenterade fall av utrotning har klimatförändringarna endast spelat en marginell roll, och även under resten av detta sekel kommer troligen ändrad markanvändning – till exempel avskogning – att spela en större roll för utrotning.

Korallrev är ett av de ekosystem som är mest känsliga för klimatförändringar. Vid flera tillfällen har man sett att hög vattentemperatur leder till utbredd blekning av koraller. På grund av detta och andra faktorer – till exempel havsförsurning och fiske – minskar

mängden korallrev. IPCC (2014, Cross-Chapter Box) uppskattar att ungefär en tredjedel – med ett osäkerhetsintervall på 9–60 procent – av alla korallrev riskerar att förstöras under de närmaste decennierna, och att denna andel sedan ökar till två tredjedelar – osäkerhetsintervall 30–88 procent – även om ökningen av den globala medeltemperaturen begränsas till 2 grader.

Växterna påverkas inte enbart av klimatförändringarna, utan också direkt av den ökande koldioxidkoncentrationen, eftersom koldioxid är nödvändig för fotosyntesen. Effekten brukar kallas koldioxidgödning, och är särskilt stark i torrt klimat. Det beror på att växternas vattenförbrukning sker genom att de förlorar vattenånga genom samma klyvöppningar som de använder för att ta in koldioxid. Klyvöppningarnas storlek regleras effektivt av växterna. Om koldioxidhalten fördubblas skulle växterna i princip kunna halvera klyvöppningarna, och därmed vattenförbrukningen, och ändå ta in lika mycket koldioxid som förut. Högre temperatur ökar å andra sidan flödet av vattenånga genom en klyvöppning av given storlek, och därmed vattenförbrukningen, men denna effekt är betydligt svagare än effekten av ökad koldioxidkoncentration. Enligt globala satellitobservationer ökar växtligheten i de flesta torra områden (IPCC, 2019a). Under den senaste istiden var både temperaturen och koldioxidkoncentrationen betydligt lägre än på 1800-talet, och öknarna var då större, medan utbredningen av både tropisk regnskog och andra skogstyper var betydligt mindre.

Som nämnts ovan tar växtligheten upp ungefär 3,0 GtC per år från atmosfären. Det är skillnaden mellan fotosyntes och nedbrytning av växter till koldioxid, och säger alltså inte hur mycket fotosyntesen ökar, eftersom även nedbrytningen ökar som en följd av ökande temperatur och ökande mängd döda växter. IPCC (2013) gjorde ingen kvantitativ bedömning av hur mycket fotosyntesen

ökar, men därefter har det gjorts ett flertal studier av detta, med olika typer av observationsdata. Sedan 1980-talet görs kontinuerliga satellitmätningar av jordens »grönhet«, vilket ger ett mått på den samlade arean av de gröna växternas blad. De visar att jorden blir grönare. Andra data som använts är koncentrationen av kemiska markörer av fotosyntes som bevarats i isen på Antarktis, storleken på årsvariationerna av atmosfärens koldioxidhalt och direkta fältmätningar av växternas tillväxt. De kombineras i flera fall med simuleringsmodeller av vegetationen med hjälp av olika statistiska metoder. Enligt en sådan studie ökade den globala växtproduktionen med 31 procent under 1900-talet (Campbell med flera, 2017), enligt en annan med 18 Gt kol per år (15–20 procent) under samma period (Keenan med flera, 2016). Enligt en tredje studie var ökningen 21 procent mellan 1961 och 2010 (Li med flera, 2017). De försök som gjorts för att förklara ökningen anger att betydligt mer än hälften orsakas av koldioxidgödningen. Den näst viktigaste förklaringen är uppvärmningen, som förlänger växtsäsongen på nordliga breddgrader.

3.2.6 Jordbruk

Att mäta effekten av klimatförändringar och ökad koldioxidkoncentration på jordbruksproduktion i liknande statistiska studier som man använt för naturlig vegetation går inte, eftersom jordbruket påverkas starkt av föränderliga jordbruksmetoder, till exempel bevattning och konstgödning. Fältexperiment där man artificiellt ökar koldioxidhalten kring växande grödor visar positiva men starkt varierande resultat. Tämligen typiskt är att tillväxten ökar med 20–30 procent när koldioxidhalten ökas med ungefär 200 ppm. Samtidigt försämras grödornas halt av proteiner.

IPCC (2014, kap. 7) redovisar effekten på skördar från ett stort antal simuleringsmodeller för specifika grödor. Enligt medelvärdet av dessa har klimatförändringarna minskat skördarna med ungefär 1 procent per decennium under de senaste decennierna. Det kan jämföras med att de globala skördarna per hektar av de viktigaste grödorna ökade med 15–25 procent per decennium mellan 1960 och 2010 tack vare bättre jordbruksmetoder. De flesta av dessa modeller inkluderade dock inte den direkta effekten av koldioxidkoncentrationen. För framtiden uppskattade man att den negativa effekten blir 1–2 procent per decennium, med mycket stor spridning mellan olika modeller. Senare simuleringar som gjordes för IPCC med tre olika jordbruksmodeller som alla innehöll koldioxidgödning visade positiva effekter vid en uppvärmning på 2 grader för den globala skörden av vete, ris och soja, och negativa effekter på majs (Ruane med flera, 2018, och Rosenzweig med flera, 2018). När man bortsåg från koldioxidgödningen blev effekten negativ i samtliga fall, med skördeminskningar på 3–7 procent.

3.3 Effekter på ekonomi och människors välfärd

Klimatförändringarna är, som vi beskrivit, extremt mångfacetterade. Deras sammanvägda effekter på ekonomi och människors välfärd är därmed synnerligen svåra att bestämma. Det är ändå centralt att kunna göra en sådan sammanvägning. Detta eftersom den behövs för att kunna utforma en väl avvägd klimatpolitik och bedöma hur stora skadeverkningarna är av utsläppt koldioxid. Även om en sådan sammanvägning inte kan göras värderingsfritt har forskare tagit sig an uppgiften.

Två olika ansatser har använts. Den ena kan kallas »bottom-up« och förenklat beskrivas på följande sätt: Först gör man en lista med alla tänkbara typer av mekanismer genom vilka klimatförändringarna påverkar människors välfärd. Därefter samlar man kvantitativa studier som beskriver hur stora effekterna blir genom dessa mekanismer i olika delar av världen. Därefter summerar man över alla mekanismer och regioner och får då en global skadefunktion. Oftast uttrycks den som en relation mellan förändringen i den globala medeltemperaturen och klimatskadan uttryckt i procent av BNP. Det är viktigt att notera att även om skadan uttrycks som procent av BNP betyder inte detta att värden som ligger utanför BNP inte finns med. Förlust av liv och hälsa, utrotade djurarter och förlust av icke-kommersialiserade naturområden är skador som inte direkt syns i BNP. Icke desto mindre är de givetvis nödvändiga att ha med i kalkylen.

William Nordhaus är en pionjär på detta område. I arbetet med den första integrerade klimat-ekonomimodellen konstruerade han en global klimatskadefunktion enligt »bottom-up«-metoden. De olika mekanismer han beskrev var jordbruk, havsnivåhöjning, andra marknadsaktiviteter, mänsklig hälsa, icke-marknadsprissatta naturvärden, andra ekosystemtjänster och biodiversitet samt ospecificerade katastrofer. Han delade in världen i tretton regioner och samlade studier om dessa mekanismer för alla (Nordhaus, 1994).

Den andra ansatsen använder i stället statistiska metoder för att analysera det mer övergripande sambandet mellan klimatförändringar och ekonomi och välfärd. Ett sätt att göra detta är att studera sambandet mellan naturliga variationer i klimat och till exempel BNP:s nivå och tillväxt. Dell, Jones och Olken (2014) använder sig av data för BNP och BNP:s tillväxt i jordens alla länder över en femtioårsperiod. De använder också data för ländernas genomsnittliga temperatur per decennium och studerar huruvida avvikelser från

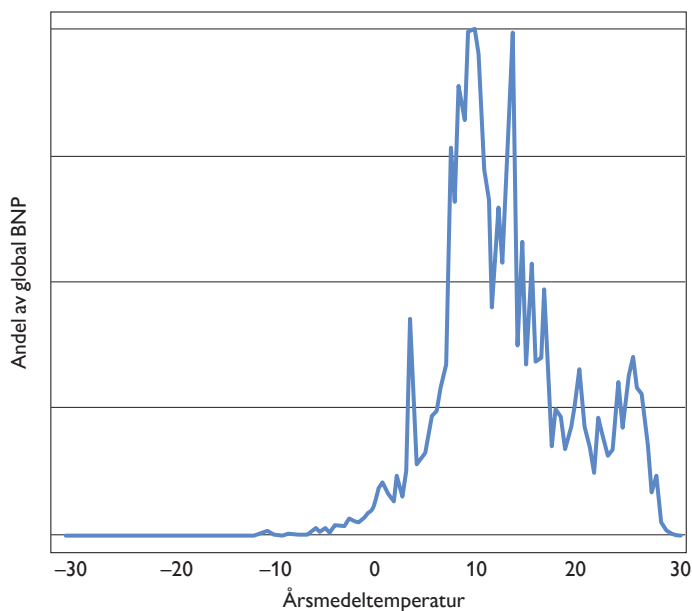
landets normala temperatur påverkar BNP:s nivå och tillväxt. De finner starka negativa effekter på ekonomisk tillväxt av ökad temperatur, men bara i de fattigare länderna.

En variant av den andra ansatsen studerar i stället relationen mellan ett lands genomsnittliga temperatur och dess BNP per ytenhet. Nordhaus med flera har konstruerat en databas med BNP fördelad över jorden i ett rutnät med $1 \cdot 1$ grad.² Utifrån detta kan man konstatera att det finns ett tydligt inverterat U-format samband mellan genomsnittlig temperatur och BNP per ruta. Detta samband framgår av figur 7, där den horisontella axeln visar genomsnittlig temperatur och den lodräta axeln BNP. Vi ser att ökande temperatur är korrelerad med högre BNP upp till en temperatur om cirka 11 grader. För högre temperaturer är sambandet negativt. Detta samband är robust för många kontroller, till exempel gäller det också inom länder.

Om man antar att sambandet som visas i figur 7 också gäller för klimatförändringar skulle kalla områden tjäna på klimatförändringarna och varma förlora. Eftersom flertalet människor bor i områden med en temperatur över 11 grader skulle dock de flesta förlora. Hur jordens befolkning fördelas över områden med olika temperatur visas i figur 8.

Ansatzerna har olika för- och nackdelar. »Bottom-up«-ansatsen har fördelen att den är explicit med vilka mekanismer som avses. Det gör den tydligare och skapar i flera fall mer trovärdighet när det gäller extrapoleringar, det vill säga prognoser för klimatförändringar som ännu inte observerats. Det finns till exempel betydande kunskaper om hur jordbruket påverkas av förändringar i klimatet. Nackdelen är att listan med mekanismer kan vara ofullständig.

2. Databasen är tillgänglig på <https://gecon.yale.edu/>.

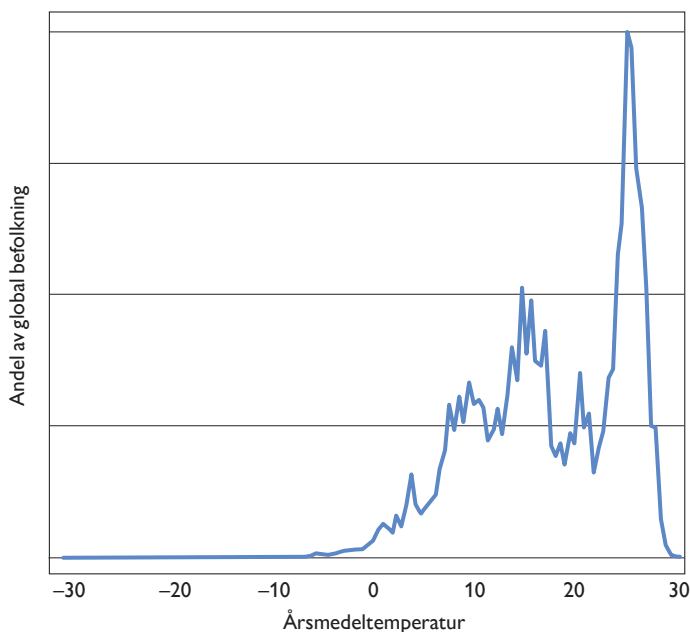


Figur 7 Samband mellan årsmedeltemperatur och BNP på $1 \cdot 1$ gradnivå för hela jorden.

Källa: Krusell (2019).

Nordhaus ursprungliga lista saknade till exempel kostnader förenade med klimatdriven migration.

Ansatsen där effekten på ekonomin av naturliga variationer i klimatet mäts har fördelen att man slipper definiera en lista med mekanismer. Nackdelen är att förhållandevis kortsiktiga variationer studeras. Det är förstås inte säkert att effekterna av att temperaturen temporärt under ett visst decennium är högre är desamma som om temperaturen permanent är högre. Denna nackdel finns inte för ansatsen där det långsiktiga sambandet mellan temperatur och BNP

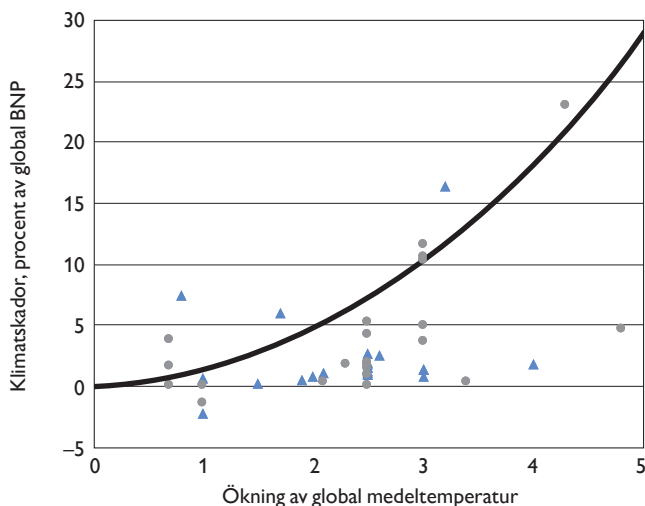


Figur 8 Samband mellan årsmedeltemperatur och befolkning på $1 \cdot 1$ gradnivå för hela jorden.

Källa: Krusell (2019).

studeras. Å andra sidan kan inte denna metod säga något om de anpassningskostnader som uppkommer om klimatet förändras.

Givet att de olika ansatserna har olika styrkor och svagheter är det rimligt att försöka använda alla när man kvantifierar sambandet mellan klimatförändringar och ekonomi/välfärd. Ett sätt att göra detta på ett systematiskt sätt är så kallade metastudier som statistiskt väger samman information från alla tillgängliga studier. En nyligen publicerad sådan metastudie är Howard och Sterner (2017),



Figur 9 Studier av globala klimatskador.

Källa: Data från Howard och Sterner (2017).

som väger samman ett 50-tal studier som var och en visar klimatskadan uttryckt som procent av BNP för en viss ökning av den globala medeltemperaturen.

Figur 9 visar de studier som Howard och Sterner använt.³ Varje cirkel/triangel i figuren representerar en studie. De triangulära markeringarna anger studier som är varianter på tidigare studier och som därför ges mindre vikt i den statistiska sammanvägningen. I artikeln görs olika varianter av sammanvägningar av de olika studierna. Den av författarna föredragna sammanvägningen ges av den svarta heldragna linjen. För en ökning av den globala medeltempe-

3. Studier för mycket stora temperaturökningar har utelämnats i figuren. Informationsvärdet i dessa studier får betraktas som mycket begränsat.

raturen på 1,5 grader visar den en skada som värderas till 2,6 procent av global BNP. För 2 respektive 3 graders uppvärmning är skadornas globala värde 4,6 respektive 10,3 procent.

Flera saker är här värda att notera. För det första visas här de sammanlagda skadorna på global nivå. För enskilda länder och regioner är variationen mycket stor. För vissa är skadorna väldigt mycket större men i en global sammanvägning balanseras de av mindre skador i andra delar av världen. I praktiken finns det förstås inget som säger att vi kan utgå ifrån att de som drabbas minst eller gynnas kompenserar dem som drabbas hårdare.

För det andra är osäkerheten mycket stor. Olika studier kommer fram till olika resultat och det är inte möjligt att avgöra vilken som är riktig. Inte heller går det att utesluta att alla studierna underskattar eller överskattar skadorna. I avsnitt 5.4 visar vi att konsekvenserna blir mycket värre om man underskattar riskerna och därför vidtar för svaga åtgärder för att minska utsläppen, än om man tvärtom överskattar riskerna och vidtar åtgärder som egentligen visar sig onödigt hårda. Det är därför, generellt sett, klokt att när man utformar klimatpolitik utgå från att klimatskadorna riskerar att bli betydande, även om det är oklart exakt hur stor riskerna är och exakt vilka skadorna blir. Detta kan jämföras med att det ofta är klokt att betala en försäkringspremie för att skydda sig mot en olycka som kanske har låg sannolikhet men skulle ha mycket svåra konsekvenser.

3.4 Effekter i Sverige

3.4.1 Temperaturförändringar

Hur Sverige påverkas av klimatförändringarna beror förstås till avgörande del på hur stora de globala klimatförändringarna blir. Typiskt ökar årsmedeltemperaturen mer i Sverige än genomsnittligt i världen. SMHI har använt nio klimatmodeller för att beräkna hur Sveriges klimat kommer att förändras under olika globala utsläppsscenarier.⁴

Tabell 2 Genomsnittstemperaturens ökning enligt två scenarier. Tabellen bygger på data från SMHI:s klimatscenarier beräknade vid Rossby Centre.

Ökning genomsnittstemperatur perioden 2081–2100 över genomsnittet perioden 1961–1990. Scenario RCP4,5 samt RCP8,5 inom parentes.

	<i>Helår</i>	<i>Vinter</i>	<i>Sommar</i>
Sverige	3,2 (5,5)	4,1 (6,8)	2,5 (4,4)
Norrbottnen	3,9 (6,5)	5,3 (8,7)	2,7 (4,9)
Stockholm	2,8 (4,7)	3,3 (5,4)	2,3 (4,2)
Skåne	2,3 (4,1)	2,6 (4,4)	2,2 (4,0)

Källa: <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarier/>.

I tabell 2 redovisar vi hur mycket ett antal medeltemperaturer i Sverige väntas öka fram till slutet av detta århundrade under de två utsläppsscenarierna RCP4,5 och RCP8,5. I tabellen jämförs den

4. Resultaten av SMHI:s simuleringar finns tillgängliga på <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarier/>.

prognosticerade temperaturen med genomsnittet under perioden 1961–1990. Den förväntade ökningen i den globala medeltemperaturen mot slutet av århundradet är 2,1 grader i scenario RCP4,5 och 4,0 grader i RCP8,5.⁵ SMHI:s modellprognoser säger att temperaturen kommer att öka mer i Sverige, särskilt i norra Sverige. Genomsnittlig årsmedeltemperatur under de sista två decennierna blir enligt prognosen 3,2 grader över den genomsnittliga perioden 1961–1990 i RCP4,5. Som jämförelse kan noteras att det varmaste året perioden 1961–2016 inträffade 2014. Då var den svenska genomsnittstemperaturen 2,3 grader över genomsnittet. En annan jämförelse är att skillnaden i årsmedeltemperatur mellan Gävle och Malmö är cirka 3 grader.

För Norrbotten säger prognosen att den genomsnittliga temperaturen mot slutet av århundradet har ökat med 3,9 grader under scenario RCP4,5. Tabellen visar också att särskilt vintrarna blir varmare.

Som vi nämnt innebär RCP4,5 mer kraftfulla utsläppsminskningar än vad världens länder hittills åtagit sig att göra. Vi visar därför också konsekvenserna av det mer pessimistiska scenariot RCP8,5, där utsläppen fortsätter att öka under hela innevarande århundrade. I Sverige ökar då temperaturen med 5,5 grader, vilket är ungefär lika mycket som skillnaden i årsmedeltemperatur mellan Umeå och Malmö.

5. I datasetet HadCRUT4 är den globala medeltemperaturen 0,3 grader högre under perioden 1961–1990 än perioden 1850–1900. I tabell 1 visar vi att RCP4,5 leder till en förväntad ökning av den globala medeltemperaturen mot slutet av århundradet på 1,74 till 3,2 grader i förhållande till perioden 1850–1900.

3.4.2 Effekter på ekonomi och välfärd i Sverige

Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60) genomförde en samlad bedömning av konsekvenserna av ett förändrat klimat i Sverige. De modellscenarier utredningen utgick ifrån var att medeltemperaturen i Sverige stiger med 3–5 grader till 2080-talet jämfört med åren 1960–1990. Vintertemperaturen kan öka med 7 grader i norra Sverige. Även om ny kunskap kommit sedan dess är det av värde att beskriva utredningens övergripande slutsatser. Ännu har ingen ny analys med samma breda grepp gjorts i Sverige.⁶

Ett varmare klimat kommer i Sverige att leda till en längre växtsäsong. Tillväxten av tall, gran och björk beräknades i slutet av seklet vara 20–40 procent högre än i dag. Det innebär bland annat att avverkningen skulle kunna öka, alternativt skulle arealen naturvårdsavsättningar kunna öka kraftigt utan minskat uttag av timmer från skogen. Utredningen bedömde att den högre tillväxten kompenserar för ökade förluster orsakade av stormar, bränder och andra skador.

Jordbrukets avkastning väntas öka till följd av högre koldioxidhalt i atmosfären. Effekten av klimatförändringen som sådan, det vill säga temperaturförändringen, är mer svårbedömd, men det bedöms att positiva tillväxteffekter och möjligheten till nya grödor i stort tas ut av negativa effekter i form av ökad risk för torka i vissa områden, ökad frekvens av extrema väderhändelser, insektsangrepp och andra sjukdomar.

Nederbördsmängd och nederbördsmönster kommer att förändras i Sverige. Nederbörden förväntas öka mest i norra Sverige. Förändringarna i nederbörd får naturligtvis en rad konsekvenser, allt från ökad risk för översvämningar som orsakar erosion, skred och

6. Konjunkturinstitutet (2017a) innehåller en nyare litteraturoversikt. Delar av resonemangen nedan baseras även på denna studie.

ras i framför allt södra delen av landet, till förändrade vårflooder och ökande vattenkraftsproduktion i norr. I Klimat- och sårbarhetsutredningen görs bedömningen utifrån beräkningar att vattenkraftsproduktionen kan förväntas öka med 15–20 procent till slutet av seklet. Utredningen pekade särskilt på ett antal negativa effekter av klimatförändringarna:

- Risken för översvämningar, ras, skred, erosion ökar på många håll i Sverige.
- Östersjön riskerar dramatiska förändringar av ekosystemen.
- Vattenkvaliteten i sjöar och vattendrag försämras.
- Fjällen förbuskas till stor del, vilket drabbar rennärning och turism.
- Säsongen för vinterturism förkortas.
- Fler dödsfall på grund av värmeböljor, ökad smittspridning och andra negativa hälsoeffekter.

I Klimat- och sårbarhetsutredningen och SMHI (2010) redogörs det i detalj för en rad olika effekter och risker till följd av förändrad nederbörd och havsnivåhöjning. Bland annat uppskattades det att 200 000 byggnader ligger nära vatten i områden med förhöjd risk för ras och skred till följd av ökade flöden. Ett av de mer kritiska områden som identifierades var Götaälvdalen. Även om det är bebyggelse som utsätts för de stora riskerna får större översvämningar också konsekvenser för vägar, järnvägar och annan infrastruktur. Det framhålls också att ökade vattenflöden innebär ökade risker för kraftverks- och gruvavfallsdammar samt att skyfall och översvämningar som redan i dag är ett problem för dagvatten- och avloppssystem kan skapa ytterligare problem. Vidare innebär en havsnivåhöjning ökad risk för kusterosion med negativa konsekvenser för bebyggelse i låglänta områden i framför allt Skåne, Blekinge och Halland.

I norr kommer trädgränsen i fjällen att förskjutas och kalfjäll förbuskas. Det betyder inte nödvändigtvis att artrikedomen minskar, men däremot att artsammansättningen blir annorlunda. I vissa ekosystem kan man dock förvänta sig motsatt effekt, det vill säga nedbrytning av ekosystem. Exempelvis kan ökad torka under delar av vegetationsperioden längs Norrlandskusten och i södra Sverige leda till utarmning och minskad biologisk aktivitet, med minskad artrikedom som följd.

Vad gäller direkta hälsoeffekter till följd av värmeböljor kan nämnas att det i Klimat- och sårbarhetsutredningen bedöms att antalet dödsfall per år ökar med 1 000 personer mot slutet av detta sekel jämfört med fallet utan klimatförändring. Bedömningen bygger i allt väsentligt på studier av sambandet mellan temperatur och mortalitet i Stockholmsområdet i kombination med ett klimatscenario där sommartemperaturen i Stockholm väntas öka med 3–4 grader under perioden 2071–2100, relativt 1961–1990.

Liknande studier visar att den optimala temperaturen ur hälsosynpunkt varierar mellan olika städer och länder, beroende på klimat. Exempelvis är den optimala temperaturen i London och Aten 20 respektive 25 grader (Näyhä, 2005). Med andra ord tycks det vara så att ju högre genomsnittlig temperatur, desto högre optimal temperatur. Det ligger nära till hands att tro att dessa skillnader i »optimal« temperatur beror på att man anpassat sig till respektive klimat på olika sätt. Det finns därför skäl att tro att en långsiktig klimatförändring kommer att leda till en anpassning i form av ändrade vanor, förändringar i byggande och inte minst skyddsåtgärder i form av luftkonditionering.

Studier i USA visar att ökad användning av luftkonditionering kan leda till en närmast fullständig anpassning, vilket i södra USA kraftigt har minskat dödligheten förknippad med värmeböljor. Det

är troligt att en liknande anpassning kommer att ske i Sverige så att sambandet mellan temperatur och mortalitet förskjuts med en högre »brytpunkt«.

Klimat- och sårbarhetsutredningen är det hittills enda försöket att på ett någorlunda transparent och sammantaget sätt uppskatta effekterna för Sverige och uttrycka dem som andelar av BNP. Två övergripande slutsatser från utredningens resultat är att kostnaderna och intäkterna i stort sett tar ut varandra och att de båda är små: några tiondels procent av BNP. Totalt uppskattas klimateffekterna i Sverige alltså vara små när de ställs i relation till BNP.

Tre faktorer bidrar till detta. För det första utgör de sektorer som kan förväntas bli påverkade mest av en klimatförändring en liten del av den samlade produktionen i Sverige. För det andra tycks dessa sektorer (jordbruk, skogsbruk, fiske och gruvor) betydelse för den svenska ekonomin minska över tid. För det tredje minskar betydelsen av varuproduktion på bekostnad av tjänsteproduktion. Sammantaget innebär detta att den svenska ekonomin över tid blivit allt mindre beroende av varuproducerande sektorer i allmänhet och sektorer direkt kopplade till naturkapitalet (skog, jord och vatten) i synnerhet. Denna bild är inte unik för Sverige, utan ser ungefär likadan i alla utvecklade länder, det vill säga jordbrukssektorn står för en allt mindre del av BNP medan framför allt tjänstesektorn ökar. Det innebär naturligtvis att även om dessa sektorer påverkas mycket kraftigt av en klimatförändring blir effekten på ekonomin i stort begränsad.

Att nettokostnaderna är små i relation till BNP betyder förstås inte att de är betydelselösa. Inte minst lokalt och regionalt kan de vara av stor betydelse. Exempelvis kan man förvänta sig att de som bor nära kuster och vattendrag med ökad översvämningrisk drabbas hårdare, jämfört med dem som inte bor i sådana områden. Vi-

dare kan man kanske förvänta sig att boende i glesbygd dominerad av jord- och skogsbruk är vinnare.

Sammanfattningsvis är vår bedömning att Klimat- och sårbarhetsutredningens resultat fortfarande står sig. De direkta effekterna av klimatförändringar blir sannolikt relativt små i Sverige när de ställs i relation till ekonomin som helhet. Även om klimatförändringarna medför anpassningskrav i Sverige är det svårt att tro annat än att den svenska ekonomins anpassningsförmåga är tillräcklig för att hantera dessa. Till skillnad från världen som helhet har vi också tillgång till effektiva transfereringsmekanismer och försäkringssystem som gör det möjligt att kompensera dem som drabbas särskilt. Uppskattningarna av klimatförändringarnas konsekvenser i Sverige är dock osäkra och i vissa fall baserade på enbart kvalitativa bedömningar. Eftersom någon systematisk sammanställning av klimatförändringarnas effekt i Sverige inte gjorts sedan 2007 förefaller det rimligt att göra det igen.

Vi vill också påpeka att de studier vi refererar till och vår egen bedömning inte inkluderar indirekta effekter av klimatförändringarna. Sverige är inte en isolerad ö i världsekonomin, vilket betyder att vad som händer i omvärlden har mycket stor betydelse för invånarna i Sverige. Handel, migration, internationella konflikter och behov av ökat internationellt bistånd är områden där klimatförändringar i omvärlden kan påverka Sverige och där stora effekter på intet sätt kan uteslutas. Slutsatsen blir att klimatförändringarna kommer att slå hårdast i andra länder och att detta får konsekvenser också för oss. Hur stora dessa indirekta effekter kommer att bli är det mycket svårt att uttala sig om.

Det globala energisystemet

4.1 Sammanfattning av kapitlet

Energisystemet kan både på nationell och global nivå delas in i fyra delar: i) tillförsel av energi från energikällor, till exempel olja och vind, ii) omvandling, till exempel bensin och el, iii) distribution, till exempel elnät och tankstationer, och iv) slutlig användning. Omställningen till klimatneutralitet berör alla dessa delar.

Tillförseln av energi domineras globalt av fossila bränslen och dessa har under många decennier svarat för cirka 80 procent. Också inom EU som helhet är fossila energikällor dominerande för energitillförseln. I Sverige är situationen annorlunda. År 2017 stod förnybara energikällor för 39 procent, kärnbränslen för 31 procent och fossila bränslen för 26 procent av energitillförseln.

En viktig skillnad mellan olika energikällor är hur planerbara de är. Tillförseln av energi från vind är inte planerbar utan beror på hur mycket det blåser. En ökad andel icke-planerbar energitillförsel ökar variabiliteten i elpriserna. Detta ökar lönsamheten i planerbara energislag som är tillräckligt flexibla,¹ till exempel från förbrän-

1. Här är det viktigt att notera att merparten av dagens planerbara energislag används med stort antal fullasttimmar och är ekonomiskt dimensionerade efter detta.

ning av kol, olja, gas eller biobränslen, lagring och åtgärder för att göra efterfrågan mer flexibel. På grund av skillnader i planerbarhet kommer energislag med olika genomsnittskostnad per levererad enhet energi att kunna vara lönsamma samtidigt.

För att avgöra hur åtgärder som minskar efterfrågan på fossila bränslen påverkar globala utsläpp måste oljemarknaden analyseras. Konventionell olja handlas på en världsmarknad och är billig att ta upp och transportera i förhållande till sitt pris. Minskad efterfrågan på olja minskar världsmarknadspriset, men knappast den globala användningen. Minskad användning i Sverige ökar användningen någon annanstans – inhemska utsläppsminskningar leder till *läckage*. För kol är situationen annorlunda. Här kan man räkna med att minskad efterfrågan, till exempel orsakad av ett pris på koldioxidutsläpp, verkligen leder till mindre användning. Det innebär till exempel att den svenska exporten av el till länder med mycket kolproducerad elkraft har stora positiva klimateffekter.

Under senare år har priset på förnybar energi fallit. I världen som helhet har detta lett till ökad användning av sådana energislag, men användningen av fossila bränslen har inte minskat. Lägre priser på grön energi är således inte tillräckligt för att åstadkomma en omställning till klimatneutralitet.

4.2 Energisystem i världen och Sverige

Merparten – ungefär 70 procent – av människans växthusgasutsläpp är i form av koldioxid från förbränning av fossila bränslen. Resterande delar består huvudsakligen av utsläpp av metan och kväveoxider. Av utsläppen av koldioxid är merparten i sin tur orsakade av förbränning av fossila bränslen för energianvändning.

Trots att förnybar energi expanderat kraftigt i många regioner sedan början av detta sekel har andelen fossilbränslebaserad energi legat nästan konstant på 80 procent under denna period. Detta kapitel diskuterar energisystemen i världen och i Sverige.

Energisystemet kan delas in i fyra delar:

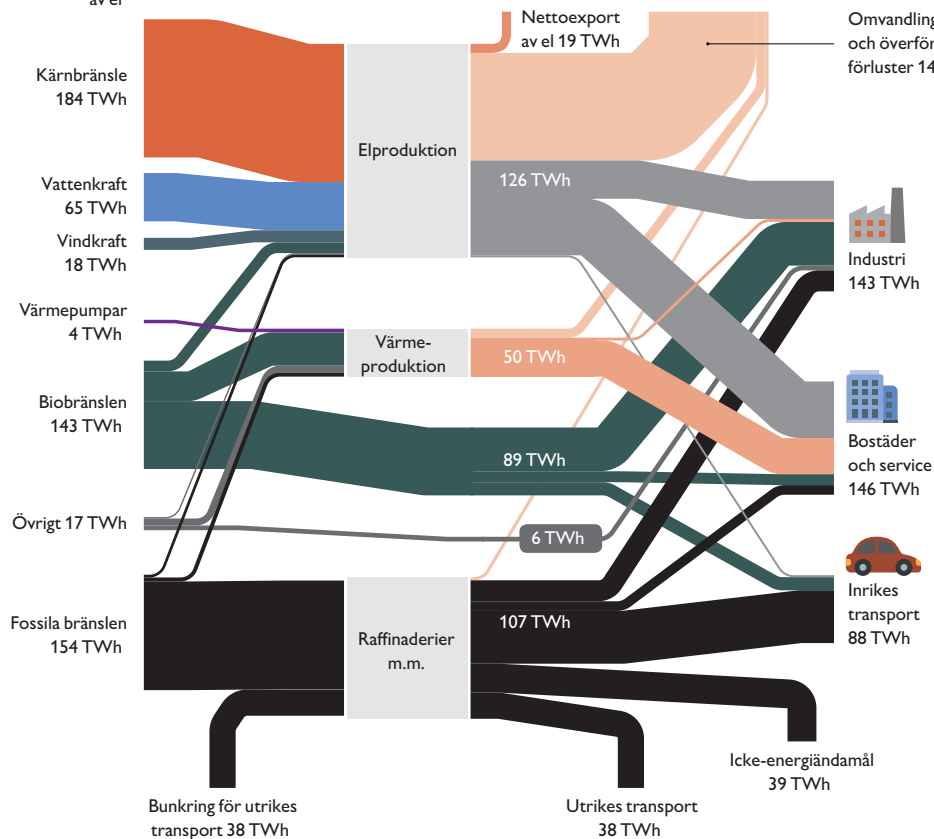
1. Tillförsel från energikällor, till exempel olja, kol, vattenkraft, kärnkraft och vind.
2. Omvandling, till exempel till el, varmvatten eller flytande bränslen.
3. Distribution, till exempel elnät, laddstationer och tankstationer.
4. Slutlig användning.

Omställningen av energisystemet för att möta klimatmålen innebär betydande förändringar i samtliga dessa fyra delar, där graden av förändringarna och hur de fördelas mellan de fyra delarna beror på regionala förutsättningar.

Figur 10 visar schematiskt de olika delarna av Sveriges energiförsörjning. Det är viktigt att inse att en omställning till ett fossilfritt energisystem ställer krav på förändringar i alla fyra delar. Att till exempel elektrifiera fordonstrafiken innebär inte bara att den slutliga användningen ska förändras, alltså att bilparken måste bytas. Det krävs också förändringar i tillförseln, från olja till något annat. Elkraften måste produceras – omvandlas – och den ska finnas tillgänglig i fordonet när den behövs.

4.2.1 Tillförsel

Tillförseln kan komma från förnybara och icke-förnybara energikällor, där icke-förnybara energikällor utgörs av fossila bränslen eller kärnbränslen, det vill säga sådana bränslen som tas upp ur

TILLFÖRSELinkl. nettoexport
av el

Figur 10 Tillförsel, omvandling(distribution) och slutlig användning av energi i Sverige, 2017.

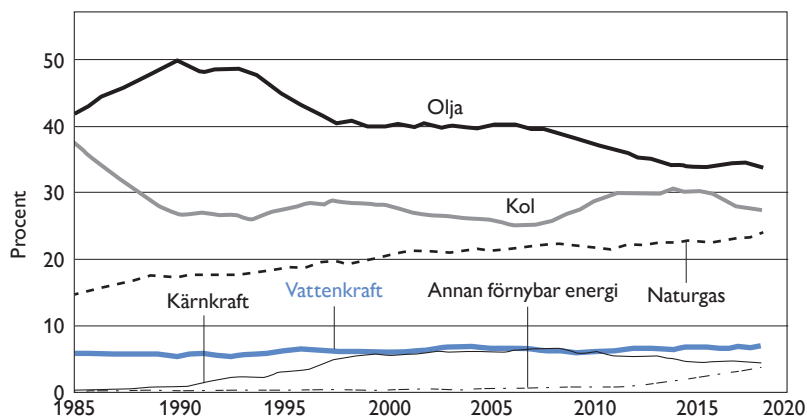
Källa: Energimyndigheten (2019a).

jordens lager. Förnybara energikällor kan delas upp i flödande energi och fondresurser. Flödande resurser finns alltid att tillgå och kommer från vind, sol och vatten. Fondresurser är biobränslen från skog och åker. Fondresurserna skiljer sig från de flödande på åtminstone två viktiga sätt. För det första kräver ett hållbart utnyttjande av fondresurser att man inte tar ut mer än vad som återbildas. Hur mycket som återbildas beror på hur väl man hanterar fondresursen. För det andra är fondresurserna en helt central del i kolcirkulationen som vi beskrivit i kapitel 2. En väl avvägd användning av skog och mark kan både generera bränsle och bidra till att kol hålls borta från atmosfären.

Figur 11 visar att andelen fossila bränslen av den globala energianvändningen legat konstant under flera decennier. Trots att förnybar energi expanderat kraftigt i många regioner sedan början av detta sekel har andelen fossilbränslebaserad energi legat nästan konstant på 80 procent under denna period. Detta innebär att fossilbränsleanvändningen ökat i absoluta termer. Sammantaget har den dessutom accelererat under de senaste två åren, det vill säga den ökade mer under 2018 än under 2017. Andelen förnybar energi, vattenkraft borträknat, var försumbar under merparten av perioden i figuren men har ökat under senare år. Ännu är dock inte andelen mer än cirka 5 procent, vilket gör den ungefär lika stor som kärnkraften. Vattenkraften står för en relativt konstant andel på cirka 6–7 procent.

Bland de olika fossila bränslena ser vi en nedåtgående trend i andelen olja. Andelen gas har ökat medan andelen kol har legat relativt konstant under de senare decennierna. Dessa trender har gjort att de tre slagen av fossila bränslen är ungefär lika stora, med en knapp tredjedel av energitillförseln vardera.

I Europa har användningen av fossila bränslen sjunkit sedan



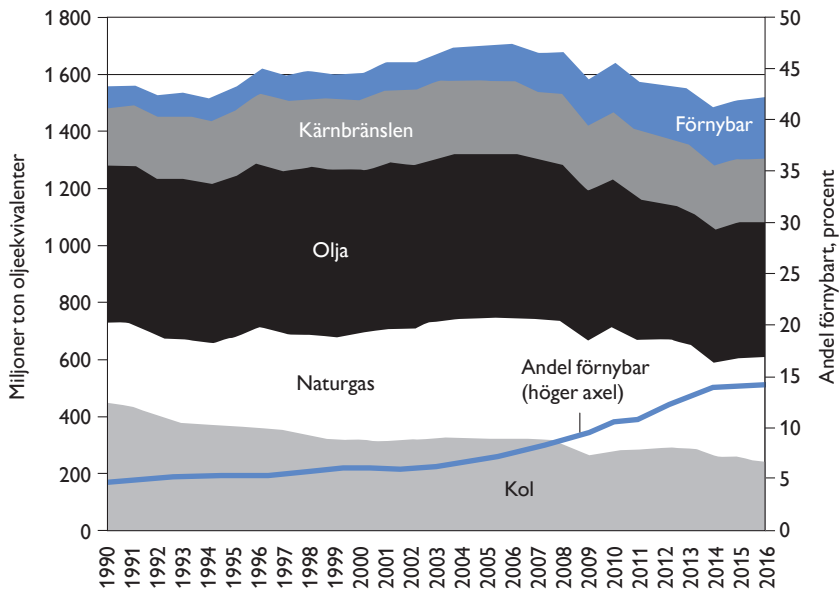
Figur 11 Fossila bränslen respektive förnybar energi som andel av världens primärenergianvändning.

Källa: BP Statistical Review of World Energy 2019.

1990 men inte särskilt snabbt. Användningen av förnybart producerad energi har ökat under senare år, men står fortfarande för en liten andel av energitillförseln. Visserligen är andelen förnybar elproduktion betydande i flera regioner – till exempel i Tyskland och Danmark – men räknat på totalt tillförd energi är endast en mindre del förnybar. Det är framför allt i transport- och industrisektorerna som det finns betydande utmaningar att ställa om till förnybart. Koldioxidutsläppen från Europas elproduktion har minskat, medan transportsektorns utsläpp i såväl EU som Sverige legat ganska konstant. Utvecklingen av olika energislags bidrag till EU:s energitillförsel visas i figur 12.

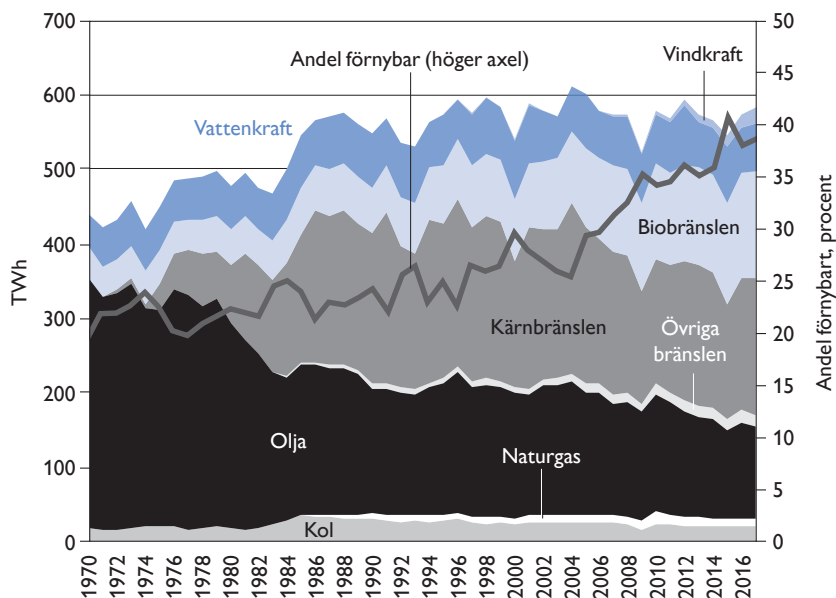
Till skillnad från det globala energisystemet, som till 80 procent är baserat på fossila bränslen, är det svenska systemet, vars energitillförsel beskrivs i figur 13, inte alls lika kolintensivt. Andelen för-

nybar energi är mycket högre, främst beroende på betydligt mer vattenkraft. Andelen kol och naturgas är mycket lägre i Sverige än i världen som helhet och i jämförelse med EU. Kärnkraften växte mycket snabbt i Sverige under 1980-talet och minskade oljeberoendet för kraft- och värmeproduktion (ökad andel elvärme). Vattenkraften och kärnkraften byggdes ut innan klimatfrågan blev aktuell och har länge stått för merparten av den svenska elproduktionen. Omställningen bort från olja möjliggjordes mycket tack vare att Sverige hade byggt ut fjärrvärmerna, vilket gjorde att en stor del av värmesektorn baserades på storskaliga produktionsanläggningar.



Figur 12 Tillförsel av energi i EU28.

Källa: Data från European Environment Agency.



Figur 13 Tillförsel av energi i Sverige.

Källa: Data från Energimyndigheten (2019d).

Dessa kunde ersättas och konverteras till eldning av biobränslen och avfallsbränslen. Vidare har fjärrvärmen möjliggjort utnyttjande av restvärme från industrier och avfallsreningsverk.

4.2.2 Omvandling

De flödande energikällorna ger el direkt från solcellspaneler eller generatorer, främst i vind- och vattenkraftverk. För fossila bränslen samt biobränslen sker omvandlingen genom förbränning som genererar värme och/eller el. Omvandling av fossila bränslen sker också

genom produktion av intermediära produkter som bensen och diesel samt råvaror till kemiindustrin, till exempel för produktion av plaster.

Gemensamt för omvandlingen av fossila bränslen är att de är förenade med betydande förluster. När det gäller bränsle till el eller transportarbete blir upp till två tredjedelar förluster i form av värme. Inom den svenska energisektorn tas dock en stor del av värmen tillvara i form av fjärrvärme. I Sverige omvandlas det mesta av de fossila bränslena i transportsektorn, men som nämnts ovan eldas en del fossila bränslen i form av naturgas och plaster i avfallseldade kraftvärmeverk samt en mindre del kol (som är på väg att fasas ut). Den största andelen förluster sker alltså i samband med omvandlingen till el och värme medan förlusterna i raffinaderiprocessen är låga (typiskt mindre än 5 procent) där i stället förlusterna sker i förbränningsmotorerna i fordonen.

Biobränslen används både i energi- och transportsektorn. Användning i transportsektorn kräver att biobränslet omvandlas till ett biodrivmedel i en lämplig omvandlingsprocess. Det sker även import av biodrivmedel i form av etanol från i huvudsak majs.

Sverige har förhållandevis goda förutsättningar för förnybar tillförsel av energi med gynnsamma vindlägen, stor tillgång på biomassa samt vattenkraft. De så kallade nationalälvarna har skyddats från utbyggnad genom lagstiftning varför potentialen för ytterligare vattenkraft är liten. Vi återkommer till detta i kapitel 6.

Det är väsentligt att dela upp kostnaden för olika energislag i investeringskostnader och rörliga kostnader (bränslekostnad och drift- och underhållskostnader). Olika energislag har olika kostnadsstruktur. Kärnkraft har mycket höga investeringskostnader men en lång livslängd med låga rörliga kostnader. Storskalig vattenkraft har en liknande kostnadsstruktur. Också för vindkraften är den största delen av kostnaderna investeringskostnader. Jämfört

med kärnkraften är dock varje enhet mycket mindre och livslängden kortare. Kraftverk som bygger på förbränning har en större andel rörliga kostnader, det vill säga i form av bränslekostnader. Anläggningar som eldar fossila bränslen inom EU måste betala för utsläppsrätter motsvarande sina koldioxidutsläpp.

Kraftslag med höga fasta kostnader men låga marginalkostnader lämpar sig för att användas så mycket som möjligt under året. Planerbara kraftslag som kärnkraft vill man därför använda många av årets timmar. De står därmed för vad som kallas baslastförsörjningen. Icke-planerbara kraftslag som vindkraft fungerar också så länge det blåser, men eftersom det inte alltid blåser är de inte en del av baslastförsörjningen. Kraftslag med en hög andel rörliga kostnader och vars produktion kan styras har i stället sin roll när efterfrågan är särskilt hög och/eller produktionen särskilt låg, det vill säga för topplastförsörjning. Endast när elpriset är tillräckligt högt är det lönsamt att köra dem. Om investeringskostnaden inte är för hög kan de då vara lönsamma även om de inte används så många timmar per år. I Sverige finns ett antal reservkraftsanläggningar i form av gasturbiner och ett par oljeeldade anläggningar som fyller denna funktion.

När det gäller elproducerande anläggningar brukar kostnaden uttryckas som det pris som anläggningen måste erhålla som betalning per producerande enhet el för att investeringen ska vara lönsam. På engelska brukar detta benämnas »Levelized Cost of Electricity« (LCOE) och anges vanligen som kronor per MWh (eller öre per kWh). För energislag av baslasttyp, det vill säga sådana som avses leverera ett jämnt flöde av el under hela året, ger en jämförelse mellan LCOE och det genomsnittliga elpriset en god indikation på lönsamhet. För andra energislag är det inte lika enkelt. Som vi nämnt används topplastanläggningar bara när elpriset är högre än normalt.

De kan därför vara lönsamma även om deras LCOE är högre än det genomsnittliga elpriset. För icke-planerbara energislag kan motsatsen gälla. Om de producerar som mest när elpriset är som lägst, och tvärtom, kan de vara olönsamma även om deras LCOE är lägre än det genomsnittliga elpriset. Hur stort detta problem är för de icke-planerbara energislagen beror på hur produktionen samvarierar med priset. Detta beror på många faktorer. En viktig sådan är andelen icke-planerbar elproduktion i hela energisystemet. Ju högre andelen sol- och vindkraft blir i systemet, desto större blir lönsamheten hos planerbara energikällor som kan generera energi just när det behövs (när priset är som högst), det vill säga i dag framför allt förbränning av kol, olja, gas och biobränslen. Ökad prisvariabilitet ökar också lönsamheten i andra åtgärder som drar nytta av prisvariationer, till exempel lagring och sådant som gör efterfrågan mer flexibel. Sådana åtgärder brukar kallas variationshantering. När dessa införs minskar de variationen i priserna, vilket påverkar lönsamheten i de icke-planerbara energikällorna positivt. Sammantaget leder detta till en jämvikt där elproduktion med olika LCOE kan samexistera. Man ska alltså inte förvänta sig att energislag med låg LCOE automatiskt och fullständigt konkurrerar ut de med högre LCOE.

Till elproduktionskostnaden – som räknas på kraftverksnivå – tillkommer en *systemkostnad* som avser de kostnader som är kopplade till leverans av elen till slutkonsumenten. Dessa inkluderar kostnader för transmissions- och distributionsnät och andra åtgärder som kan behövas för att leverera elen till slutkonsumenten. Dessa kostnader är stora och bärs som alla andra kostnader av slutkonsumenten. Kostnaderna för överföring till lägenheter och andra mindre förbrukare är i samma storleksordning som kostnaderna för själva elen, men är typiskt lägre för stora förbrukare.

I stora delar av Europa och världen utgör bränslebaserad elkraft

den största delen av elproduktionen. Omställningen till ett system som domineras av förnybar energi med vind- och solenergi innebär att samhället ska gå från ett system där merparten av driftkostnaden utgörs av bränslekostnader till ett system där i stället merparten utgörs av investeringskostnad och resten drift- och underhållskostnader. Samtidigt kommer systemkostnaderna att se olika ut för dagens och framtidens elproduktionssystem. Det senare kommer att kräva högre investeringar i nätkapacitet, men har alltså i gengäld låga eller inga bränslekostnader.

I Sverige är bilden lite annorlunda. Bränsleandelen av kostnaden är mycket lägre eftersom elproduktionssystemet har sin bas i vatten- och kärnkraft. Kraftvärmeverken är naturligtvis bränsleberoende och här eftersträvar man att elda så lågvärdiga bränslen som möjligt: olika avfallsfraktioner inklusive avfall från skogsbruket.

En effekt av att kostnaden för vind- och solenergi domineras av investeringskostnaden är att den läroprocess som gett och fortfarande ger minskade kostnader över tid får stort genomslag. Solpaneler och vindkraftverk kännetecknas av relativt små enheter och ett stort antal enheter installerade över tid, vilket ger kontinuitet i erfarenhetsuppbyggnad och utveckling.

4.2.3 Distribution

Distribution av energin sker med kraftledningar för elen och genom fjärrvärmerör för den del av värmen som produceras eller tas tillvara i fjärrvärmesystem. I Sverige dominerar fjärrvärmen i tätorter även om det förekommer elbaserad uppvärmning, normalt med värmepumpar som är vanliga i småhus i städernas randområden. På landsbygden finns en blandning av elbaserad värme och förbränning i olika former av individuella pannor, till exempel pelletspan-

nor, där bränslet levereras till konsumenterna. Den producerade elen distribueras till största delen från höga spänningsnivåer i det så kallade transmissionsnätet ner genom lägre spänningsnivåer – region- och lokalnät – fram till kunden.

Det svenska elsystemet har överföringsförbindelser till våra grannländer som i sin tur är ihopkopplade med det kontinentala Europa (Danmark–Tyskland, Sverige–Polen). Det nordiska systemet har också en gemensam elmarknadsplats i form av Nordpool.

På grund av ökat elbehov från bland annat nyetablering av industrier råder det kapacitetsbrist i flera svenska tätorter, till exempel Stockholm, Uppsala och Västerås. Kapacitetsbristen finns på olika nivåer i nätet, men speciellt regionnätetsnivån som sätter kapacitetsnivån in till städerna är kritisk. Med ökad mängd förnybar el i form av främst vindkraft kommer volatiliteten i elproduktionen att öka, vilket ger ytterligare krav på ökad kapacitet i näten. I princip borde dessa kostnader prissättas på ett sätt som avspeglar olika producenters skilda bidrag och kostnader. Med större andel icke-planerbar kraft i systemet är det möjligt att dessa kostnader behöver prissättas på ett annat sätt än i dag.

Kapacitetsbrist kan till viss del dämpas genom att man bygger ut lokal – distribuerad – elproduktion som också kan kombineras med energilager, till exempel i form av batterilager, ute hos olika konsumenter. Sådan elproduktion kommer i huvudsak att utgöras av solceller som därmed kan minska förbrukningen under dagtid och med störst bidrag under sommarhalvåret. Man brukar benämna sådana elkonsumenter prosumenter, det vill säga abonnenter som både producerar och konsumerar el. Det kan ske i hushåll och i kommersiella fastigheter. Beroende på hur mycket solceller som installeras kan dessa prosumenter bli nettokonsumenter eller nettoproducenter – räknat över ett år.

4.2.4 Slutlig användning

Energianvändningen brukar delas in i tre sektorer: industrisektorn, bostads- och servicesektorn samt transportsektorn. På grund av att både svensk värme och elproduktion innehåller små andelar fossila bränslen har Sverige generellt låga koldioxidutsläpp från bostads- och servicesektorn. Det är viktigt att notera att servicesektorn även inkluderar kontorsbyggnader, alltså inte enbart för handel och service. Renovering och nybyggnation står för en betydande del av klimatutsläppen från bostads- och servicesektorn. Mycket av dessa utsläpp bokförs då i industrisektorn.

Även om Sveriges energiintensiva industri är förhållandevis energieffektiv jämfört med många andra länders, står den för en betydande del av våra koldioxidutsläpp. Av totalt 53 miljoner ton växthusgasutsläpp kommer 17 från industrin, i huvudsak i form av koldioxid. En betydande del av industrins utsläpp kommer från basindustrin, främst petrokemi och raffinaderi samt cement och järn- och stålindustrierna, vilka alla ingår i den handlande sektorn. Sverige har också betydande biogena utsläpp, det vill säga sådana som uppstår vid förbränning av biobränslen, från pappers- och massaindustrin samt från kraftvärmeverk. Det finns i dag inte några incitament eller drivkrafter för att minska de biogena utsläppen. Som nämns i kapitel 12 finns det betydande möjligheter att minska utsläppen från svensk basindustri med hjälp av avskiljning och lagring av koldioxid.

I omställningen av energisystemet är det troliga att värmebehovet endast kommer att växa marginellt medan elanvändningen förväntas öka kraftigt. När det gäller värme förväntas ökat byggande öka värmebehovet, men detta kompenseras med effekter av energieffektiviseringar, både i det befintliga byggnadsbeståndet och ge-

nom att nya byggnader är mer energieffektiva. Sammantaget förväntas inga stora förändringar i värmebehovet. Den förväntade elektrifieringen inom främst industri- och transportsektorerna gör att både energi- och effektbehovet ökar kraftigt. Industrins elanvändning bedöms öka med 60–100 procent från dagens 50 TWh till 80–100 TWh (IVA, 2019). Elanvändningen för transporterna bedöms från dagens cirka 3 TWh till 20–25 TWh (IVA, 2019).

Införande av smartare system som självkörande fordon kan utnyttjas för att effektivisera transporterna, men sådan teknisk utveckling kan mycket väl ge upphov till mer transportarbete. Sammanfattningsvis är det troligt att efterfrågan på transporttjänster kommer att öka, men det måste inte innebära att transportarbetet ökar i motsvarande grad om styrmedel ger incitament till ökad transporteffektivitet. Framför allt bör transporternas klimatbelastning gå att minska drastiskt genom införande av nya tekniker, som elektrifiering och olika typer av biodrivmedel.

När det gäller bostads- och servicesektorernas möjligheter att bidra till minskad klimatpåverkan är det direkta bidraget begränsat eftersom energitillförseln alltså till stor del redan är koldioxidfri. Det blir därför svårt att motivera energieffektiviseringsåtgärder ur ett rent klimatperspektiv om man beräknar vad de kommer att kosta i kronor per ton minskade koldioxidutsläpp. Det finns däremot viktiga indirekta bidrag genom att bränsle som annars skulle gått till uppvärmning i stället kan få annan användning såsom råvara till andra generationens biobränslen, exempelvis till flygsektorn.

4.3 Energimarknader

4.3.1 Marknader för fossila bränslen

De flesta klimatåtgärder syftar till att minska efterfrågan på fossila bränslen, genom exempelvis energieffektivisering, utveckling av bättre fossilfria alternativ eller beskattning. För att bilda sig en uppfattning om hur dessa åtgärder påverkar användningen är det centralt att inse att fossila bränslen handlas på globala marknader. Den slutliga användningen bestäms av samspelet mellan utbud och efterfrågan.

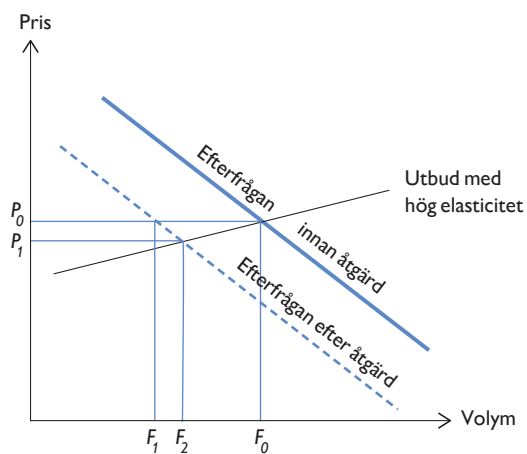
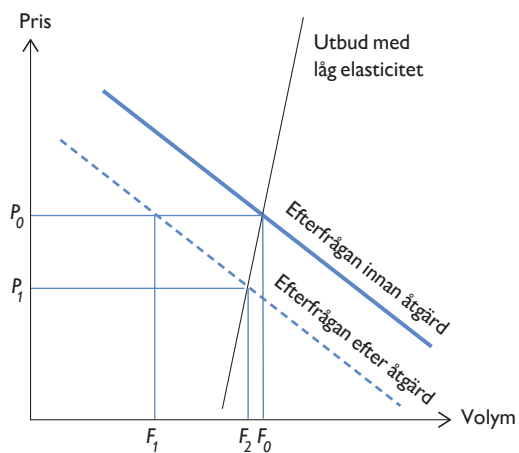
Anta att ett land genomför en åtgärd som minskar efterfrågan på ett fossilt bränsle. Allt annat lika tenderar det att sänka världsmarknadspriset på bränslet. Detta får flera effekter. Den första effekten är att det lägre priset leder till att mer konsumeras någon annanstans eller någon annan gång. Den ursprungliga efterfrågeminskningen motverkas därmed genom denna prisseffekt. Denna motverkande effekt kallas läckage, eftersom efterfrågan läcker ut från den tid och plats där efterfrågan minskats till någon annan tid eller plats. Man brukar skilja på rumsliga läckage, när användningen ökar någon annanstans i världen, och intertemporala läckage, där användningen ökar i en annan tid. Rumsliga läckage blir större om användaren lätt kan flytta till ett land som inte omfattas av åtgärden, till exempel genom att oljeintensiv produktion flyttar. Men läckage inträffar även om inte användare flyttar; det räcker med att prisfallet gör att andra användare, på andra platser eller tider, ökar sin efterfrågan.

Den andra effekten av prisfallet är att det inte blir lika lönsamt att producera bränslet. Därmed kommer en viss del av produktionen inte längre vara lönsam och följaktligen upphöra. Hur stor andel av produktionen som blir olönsam är av avgörande betydelse för effek-

ten av den efterfrågedämpande åtgärden. Om ingen del av produktionen blir olönsam kommer utbudet att vara oförändrat. Då blir läckaget fullständigt. Priset faller precis så mycket att utsläppsminskningen där efterfrågan kom att minska balanseras av ökande efterfrågan någon annanstans eller vid en annan tidpunkt. Den andra extremen är om prisfallet leder till att utbudet faller lika mycket som efterfrågan där efterfrågeminskningen skedde. Då är läckaget noll.

Den term som ekonomer använder för att beskriva hur en prisförändring påverkar utbudet är utbudselasticitet. Formellt talar den om hur många procent utbudet faller för varje procents ökning i priset. Utbudselasticiteten varierar mellan olika typer av bränslen. För konventionell olja är utbudselasticiteten mycket låg. Det beror på att kostnaderna för att utvinna och transportera sådan olja är låga i förhållande till priset, vilket medför att marknaden för olja är global. Den stora skillnaden mellan utvinningskostnad och världsmarknadspris gör att även om minskad efterfrågan, till exempel genom en skatt på oljeanvändning, leder till att producenten tvingas acceptera ett lägre pris, är det fortsatt lönsamt att utvinna och producera olja. Utbudselasticiteten är därmed mycket låg. För kol är saken annorlunda. Kolpriset är inte långt ifrån kostnaden för utvinning och transport. Det behövs därmed inte en särskilt stor prisminskning för att det inte längre ska vara lönsamt att sälja kol. Utbudselasticiteten är därför hög. Icke-konventionell olja och gas har också höga utvinningskostnader och ett prisfall behöver därför inte vara stort för att göra utvinning olönsam.

Figur 14 förklarar principen om läckage. I båda diagrammen visar den uppåtlutande linjen utbudet, det vill säga hur mängden bränsle som är lönsam att utvinna beror på priset – ju högre pris, desto mer är lönsamt att utvinna. I det övre diagrammet är utbudselasticiteten låg, det vill säga när priset ändras så ändras bara utbu-



Figur 14 Marknader för fossila bränslen vid olika utbudselasticiteter. En efterfrågeminskning kompenseras delvis av ett prisfall.

det lite grann. Utbudskurvan lutar därmed brant. I det nedre diagrammet är utbudselasticiteten i stället hög, det vill säga när priset ändras så ändras utbudet mycket. Utbudskurvan är därmed flack.

I båda diagrammen representerar de nedåtlutande linjerna efterfrågan, som blir lägre ju högre priset är. Jämvikt uppstår där efterfrågekurvan och utbudskurvan skär varandra. De heldragna efterfrågekurvorna representerar situationen innan en åtgärd som minskar efterfrågan genomförs. Jämvikt uppstår i utgångsläget vid priserna P_0 och kvantiteterna F_0 i båda diagrammen.

Om en åtgärd gör att efterfrågan på det fossila bränslet sjunker – till exempel en skatt eller utveckling av en alternativ energikälla – sjunker efterfrågekurvan till den streckade linjen »Efterfrågan efter åtgärd«. Om priset legat kvar på samma nivå hade förbrukningen ändrats till F_1 , vilket är en lika stor minskning i båda diagrammen. Men detta är inte jämvikt, eftersom efterfrågan vid detta pris nu är lägre än utbudet. Därmed sjunker priset, och den nya jämvikten mellan utbud och efterfrågan uppstår där utbudskurvan skär den nya efterfrågekurvan.

Vi ser att denna marknadseffekt är olika stark i de två fallen. I det övre diagrammet faller priset mycket, medan utbudet bara minskar lite grann. Det har alltså varit ett stort läckage, eftersom det stora prisfallet skapar en stor efterfrågeökning. I det nedre diagrammet är prisfallet mindre och därmed är också läckaget mindre. I extremfallet när utbudet är konstant, det vill säga utbudslinjen är lodrät, kommer en efterfrågeändring inte att ändra förbrukningen alls: det enda som händer är att priset sjunker och att producenterna därmed gör mindre vinst – eftersom skillnaden mellan utvinningskostnad och pris sjunker.

För att ta ett konkret exempel: Anta att priset på elfordon sjunker så mycket att de totalt sett blir billigare än fossila fordon med

dagens oljepris. Det skulle ändå inte innebära att oljan konkurrerades ut. Eftersom oljans utbudselasticitet är låg, skulle oljepriset sjunka så att nästan lika mycket olja förbrukas som förut, men till ett lägre pris. Om efterfrågeminskningen orsakas av att en annan grön energikälla introduceras eller subventioneras kan resultatet bli att mer energi förbrukas totalt sett. Förutom att nästan samma mängd olja som förut används förbrukas energin från den gröna energikällan. Ett vanligt misstag när man jämför nya energikällors konkurrenskraft är att jämföra med *dagens* marknadspris på olja. För att till exempel kunna avgöra i vilken grad billigare elfordon kan konkurrera ut oljedrift på en global nivå måste man i stället jämföra med oljans *utvinningskostnad*, som är mycket lägre än marknadspriset för stora delar av oljetillgångarna. Det ska helt enkelt orimligt mycket till för att göra det olönsamt att ta upp saudisk olja.

För kol är situationen den omvända. Om kolefterfrågan faller, till exempel på grund av beskattning eller bättre alternativa energikällor, blir inte prisreaktionen särskilt stor, och därmed får man inte särskilt mycket läckage. Potentialen att med bättre alternativ konkurrera ut kol är därför mycket högre än för olja.

De olika utbudselasticiteterna för kol och olja betyder också att utbudsminskande åtgärder – som att lägga ned fyndigheter – får olika effekt. Eftersom kol har hög utbudselasticitet är det nästan meningslöst för en enskild kolfyndighetsägare att minska sitt utbud – som att lägga ned en kolgruva – för att minska koldioxidutsläppen. En sådan utbudsminskning ersätts snabbt av andra kolproducenter, eftersom det finns så mycket kol som kan utvinnas för ungefär samma kostnad. Kol är ganska dyrt att transportera och därför är det rimligt att anta att om *alla* kolgruvor i Europa minskar sin produktion kommer detta inte i särskilt hög grad att leda till ökad produk-

tion någon annanstans som sedan importeras till EU. Omvänt spelar det stor roll om enskilda oljetillgångsägare avstår från att utvinna sina fyndigheter. Eftersom utbudselasticiteten är låg ersätts inte det försvunna utbudet i särskilt stor utsträckning, utan den totala oljekonsumtionen minskar i relativt hög grad.

I verkligheten tillkommer en komplikation, nämligen att efterfrågan och priser varierar över tiden. Om producenter av fossila bränslen tror att efterfrågan – och därmed priset – kommer att minska i framtiden lönar det sig för dem att sälja sina tillgångar tidigare – medan priset fortfarande är högt. Det gäller dock bara om de räknar med att förr eller senare sälja alla tillgångar. Så är förmodligen fallet för den konventionella oljan, eftersom den är billig att ta upp i förhållande till sitt pris men finns i relativt begränsad mängd. En såld enhet konventionell olja i dag innebär en enhet mindre såld i framtiden. Ägaren har då anledning att överväga vilket som är bäst, att sälja nu eller i framtiden. Åtgärder som gör att framtida efterfrågan kommer att falla snabbare kan därför, paradoxalt nog, *öka* utsläppen i närtid, eftersom producenterna reagerar med att sälja fossilbränslen tidigare. Detta kallas för den *gröna paradoxen* (Sinn, 2012).

För fossilbränslen som är dyra att ta upp och finns i så stora mängder att det är rimligt att anta att de inte kommer ta slut gäller inte detta resonemang. När det gäller kol är förutsättningarna bättre för att stora mängder kol kommer att stanna i jorden. Som vi påpekat i förra avsnittet vore något annat inte förenligt ens med mycket modesta klimatambitioner. En enhet såld i dag behöver därmed inte minska försäljningen i framtiden. Marknadspriset kommer att hamna nära utvinningskostnaderna och utbudet blir elastiskt. Detta gäller kol och icke-konventionell olja och gas, till exempel den som tas upp med hjälp av så kallad fracking.

Sammanfattningsvis innebär detta att åtgärder som minskar efterfrågan på olja ger mycket mindre effekt på utsläppen än man kan tro, eftersom minskad användning kompenseras av ökad användning någon annanstans eller vid en senare tidpunkt. För åtgärder som minskar kolefterfrågan är situationen annorlunda. Efterfrågeminskningar kommer att göra det mindre lönsamt att producera kol, och eftersom vinstmarginalen är låg kommer därmed en betydande del av produktionen att bli olönsam. En större andel av kolet kommer därmed permanent att stanna i marken. När det gäller politik som minskar efterfrågan på fossila bränslen kan vi alltså förvänta oss att den är effektiv när det gäller att minska kolanvändningen.

Produktion av icke-konventionell olja och gas, till exempel reserver i Arktis och djuphaven, tjärsand och reserver som tas upp med fracking, är ett mellanting. Minskad efterfrågan kan göra sådan produktion olönsam, särskilt om den bromsar den tekniska utvecklingen som gör det lättare att utvinna sådana icke-konventionella reserver. Än har vi dock inte sett mycket av den politik som skulle kunna minska användningen av fossila bränslen. Tvärtom har dessa ökat mer än de förnybara energislagen (Johnsson, Kjärstad och Rootzén, 2019). Tillväxten i fossilbränsleanvändningen sker framför allt i nyindustrialiserade länder som Kina och Indien.

4.3.2 Marknaden för elkraft

Marknaden för el är mycket annorlunda jämfört med den för fossila bränslen. Som vi noterat ovan är elkraft inte en energikälla. I stället har den omvandlats från en energikälla, till exempel uran, kol, olja, vind eller strömmande vatten. Avgörande för att förstå elmarknaden är att inse att denna omvandling måste ske i samma

stund som elkraften konsumeras. Detta ställer speciella krav på omvandling och distribution. Olja kan lagras på ett billigt sätt. Den som bor i hus som värms med olja kan därför själv ha ett lager. Till och med om man vill lagra så mycket som behövs för ett år blir lagerkostnaden överkomlig. Elkraft, däremot, är dyr att lagra med existerande teknik. Ett batteri för bara en dags användning av el i en normalvilla kostar lika mycket som flera års förbrukning. I stället överförs därför elkraft från leverantör till användare kontinuerligt via elnätet. Kostnaden för ett sådant elnät uppstår huvudsakligen när det byggs. Användningskostnaden därefter är emellertid låg. Sådana tekniska förutsättningar gör det i praktiken omöjligt att ha en konkurrensmarknad – det blir helt enkelt orimligt dyrt att ha flera konkurrerande elnät att välja mellan. Därför uppstår vad som brukar kallas naturliga monopol.²

I Sverige levereras el till marknader där priset hela tiden måste sättas så att utbud och efterfrågan motsvarar varandra. För att detta ska fungera måste efterfrågan och/eller utbud kunna reagera på förändringar i priset. Innan avregleringen av den svenska elmarknaden skedde detta genom att de stora elproducenterna (Vattenfall) hade i uppdrag att leverera så mycket som i varje ögonblick efterfrågades. När anpassning av utbud och efterfrågan ska ske genom variationer i priset kommer detta förstås att skifta. När efterfrågan är hög och utbudet lågt blir priset högt, och tvärtom. Ju känsligare efterfrågan och utbud är för prisförändringar, desto mindre kommer priset att variera över tiden.

Förutsättningarna för att efterfrågan och utbud ska kunna reagera på prisförändringar varierar mycket mellan olika användare

2. Lagring är däremot inte ett exempel på naturliga monopol. Här är den ekonomiska drivkraften att köpa när det är billigt och sälja när det är dyrt. Detta måste inte göras storskaligt och tillåter en konkurrensmarknad.

och producenter. För att användare ska kunna reagera krävs att elanvändningen registreras med hög frekvens. Man måste veta vid vilken timme en kwh konsumeras, inte bara vilken månad det skedde. Även om sådan mätning blivit vanligare är det fortfarande en stor del av användarna som helt enkelt inte kan reagera på grund av att timmätare saknas.

På producentsidan är förutsättningarna för att reagera på prisvariationer väldigt olika för olika typer av kraftkällor. I ena änden av spektrumet finns vindkraft och solkraft. Dessa energikällor kan inte alls reagera på priset. I stället bestäms produktionen av hur mycket det blåser respektive hur mycket solen skiner, vilket varierar kraftigt över tid. Samtidigt har vindkraften utvecklats snabbt under senaste årtiondet. Man talar ibland om en tyst vindkraftsrevolution. Denna har inte bara minskat produktionskostnaderna utan också ökat antalet fullasttimmar.

Hur mycket elkraft som levereras av kärnkraftverken kan styras, men delvis därför att marginalkostnaden för produktion är låg är det inte effektivt att variera produktionen över tid. Vattenkraften har större förmåga att variera sin produktion över tid och spelar därför en viktig roll när det gäller att balansera utbud och efterfrågan. När efterfrågan är som störst används i Sverige fortfarande kraftverk som drivs med fossila bränslen, främst i form av naturgas. Bara när elpriset är högt lönar det sig att köra dessa.

Variationer i utbud och efterfrågan är inte perfekt korrelerade över olika geografiska områden. När det är ovanligt kallt i Kiruna kanske det är varmare än normalt i Malmö. Om det blåser mycket i söder kanske det är vindstilla i norr. Att kunna överföra elkraft mellan olika områden är därför ett viktigt sätt att minska variationen i elpriset. I Sverige är elmarknaden indelad i fyra prisområden. För det mesta räcker överföringskapaciteten mellan dessa för att priset

ska bli detsamma överallt. Ibland räcker den dock inte till och priserna kommer då att vara olika i olika delar av landet. Överföringen av el mellan de nordiska länderna, Tyskland och Polen är också viktig för att kunna utjämna variationer i utbud och efterfrågan. Som helhet leder detta till att prisvariationerna blir mindre, men det betyder också att variationer i andra länders utbud och efterfrågan får effekter på priset i Sverige.

Det är tänkbart att elmarknaden i framtiden kommer att se ett betydligt ökat inslag av prosumenter. Dessa kan bidra till mindre prisvariationer och även till att minska trycket på kapaciteten i el-distributionsnäten, till exempel på regionnätetsnivå. Med energilager kan prosumenter reagera på prissignaler som gör att deras egenkonsumtion styrs till tidpunkter på dygnet när det riskerar att bli kapacitetsbrist i nätet. Det kan också vara skillnad om prosumenterna agerar individuellt eller organiserar sig så att de handlar el mellan varandra inom en »trading community« (Heinisch med flera, 2019). Rimligen vill prosumenterna minimera sin energikostnad och alltså på detta vis undvika att köpa el från nätet under högkostnadstimmar, vilka typiskt infaller under dagtid, speciellt morgon och sen eftermiddag. Det blir då en prissättningsfråga att styra egenproduktionen hos konsumenterna. En sådan styrning kräver batterier hos konsumenterna för att kunna uppnå efterfrågefleksibilitet. Med dagens elpriser är detta knappast lönsamt.

De flesta elmarknader utgörs av så kallade »energy-only«-marknader, det vill säga elen prissätts och handlas i huvudsak på energibärs (kronor per kwh). Detta fungerar bra i traditionella system med stor andel planerbar elproduktion. Men i ett system med en stor andel variabel – icke-planerbar – elproduktion kommer detta att leda till stor volatilitet i elpriserna och osäkert investeringsklimat för ny produktion. Det finns då risk för effektbrist. Ett sätt att

minska risken för detta är att införa en effektmärnad. Här kan användare betala för att när de så vill få tillgång till en viss effekt. Betalningen blir då oberoende av hur många kwh som faktiskt används. Förutom att minska riskerna för användaren kan också detta göra investeringar i planerbar kraft mindre riskabla och därmed mer attraktiva. I princip skulle samma syfte kunna uppnås genom andra typer av finansiella instrument. Så sker redan genom långsiktiga leveranskontrakt med fasta priser, men man bör också överväga att skapa en direkt marknad för effekt.

I dag exporteras en betydande del av den svenska elproduktionen. Sedan 2010 har nettoexporten varit ungefär 10 procent av den svenska elproduktionen. Rent fysiskt kan man se det som att betydande delar av denna export går till Tyskland och Polen, där den kan ersätta elkraft producerad med kol. Fram till att EU:s handelsystem med utsläppsrätter reformerades innebar en ökad export av koldioxidfri el bara att utsläppen kunde ökas någon annanstans. Efter reformerna 2018 gäller inte detta längre eftersom en lägre efterfrågan på utsläppsrätter också minskar hur många utsläppsrätter som ges ut (se avsnitt 7.3). Därmed kan ytterligare export av koldioxidfri el från Sverige ersätta kolkraft och minska EU:s samlade utsläpp. Dessa effekter kan vara mycket stora.

År 2017 producerade Sverige 159 TWh elkraft, till 98 procent fossilfritt. Av den exporterades (netto) 12 procent. Anta att vi skulle öka elproduktionen med 1 procent, det vill säga 1,59 TWh, och exportera det till Polen, som i huvudsak producerar elkraft med kol. I genomsnitt släpper polska kolkraftverk ut 0,8 miljoner ton per TWh el. Vi skulle alltså med 1 procents ökning av elkraftsproduktionen i Sverige hjälpa Polen att minska sina utsläpp med $1,59 \cdot 0,8$, det vill säga ungefär 1,3 miljoner ton koldioxid per år. En ny fossildriven bil släpper i genomsnitt ut cirka 120 gram koldioxid per kilometer. Om den

kör 15 000 kilometer per år blir det 1,8 ton koldioxid. 1,3 miljoner ton koldioxid motsvarar alltså utsläppen från cirka 700 000 bilar.³

Det är inte möjligt att exakt säga hur stor effekt en ökad eller minskad svensk fossilfri export skulle ha på EU:s samlade utsläpp. Effekten beror på om elexporten förändras under bara ett år eller om vi tänker oss en permanent förändring. Vidare beror det på när i tiden exportökningen sker. Effekten är med stor sannolikhet större ju tidigare förändringen sker. Detta av två orsaker. För det första kommer – förhoppningsvis – kolinnehållet i elproduktionen att falla över tid i Polen och Tyskland. För det andra kommer, enligt nuvarande regler inom EU ETS, under en övergångstid minskade utsläpp att leda till minskad tilldelning av utsläppsrätter. Detta skapar ett fönster under vilket svensk elexport kan bidra till lägre utsläpp inom EU som helhet.

4.4 Billig grön energi slår inte automatiskt ut fossil energi

Den kraftiga utvecklingen av förnybar energi – framför allt i form av expansionen av sol- och vindkraft, för vilka priserna fallit kraftigt sedan millennieskiftet – tas av många som en indikation på att de fossilbränslebaserade systemen är på väg att konkurreras ut. I själva verket har i världen som helhet en ökad grön energianvändning, driven av lägre priser, gått hand i hand med ökad användning av fossila bränslen. Det finns flera anledningar till detta.

- Det finns starka intressen i *fossilbränsleindustrin*, vilka alltför ofta lyckas blockera politik som leder till att dessa industriers

3. Självklart är detta bara en enkel överslagsberäkning som syftar till att visa storleksordningar.

lönsamhet hotas. Johnsson, Kjärstad och Rootzén (2019) visar att länder med stora reserver av fossila bränslen har expanderat användningen av dessa betydligt mer i förhållande till alternativa energikällor än vad andra länder gjort.

- I många delar av världen *subventioneras* fossila bränslen. Den sammanlagda direkta subventionen av fossila bränslen har uppskattats till 340 miljarder dollar 2017 (OECD/IEA, 2019). Utslaget på alla fossila utsläpp – cirka 33 miljarder ton koldioxid – motsvarar det en subvention på drygt 10 dollar per ton koldioxid.⁴ Subventionerna är en speciellt viktig faktor i länder med stora reserver av fossila bränslen.
- I tillväxtländer som *Kina* och *Indien* är tillgången på kol stor och expansionen av fossilbränsleanvändningen har varit mycket större än tillväxten av förnybart. Nya siffror från IEA (2019) visar på fortsatt ökning i världens fossilbränsleanvändning, där dessutom takten i ökningen accelererar. Speciellt anmärkningsvärt är att kolanvändningen ökade mest medan ökningen i naturgas mattats av – men ökar fortsatt. Givet att kolutbudet, som vi beskrivit, är elastiskt är det inte konstigt att produktionen ökar när snabb tillväxt driver efterfrågan. Men det är ett tydligt exempel på frånvaro av klimatpolitik.
- När *kostnaden för fossilbränsleenergi jämförs med energi från förnybart* är jämförelsen oftast begränsad till elproduktion – till exempel ny vindkraft jämfört med ny kolkraft. Men man måste titta på hela kedjan från tillförsel till användning som beskrivits i avsnitt 4.2 ovan. Övergång till fossilfri energi innebär oftast

4. Man kan också definiera subventioner som skillnaden mellan vad som faktiskt betalas för de fossila bränslena och vad som borde betalas givet klimat- och miljöskador och andra kostnader. Subventionerna blir enligt detta sätt att räkna många gånger större. Se Coady med flera (2019).

övergång från användning av flytande eller fast bränsle till elektricitet. Det betyder att såväl distribution som användning måste förändras, vilket kräver kostsamma investeringar i bägge dessa led. Det är den totala kostnaden – elproduktion + elektrifiering – som måste jämföras med det rådande fossilbränslealternativet.

- *Substituerbarheten* mellan grön energi och fossilbränsle är inte så stor som många hoppas. Som vi beskrivit är merparten av de förnybara energikällorna inte planerbara på samma sätt som de fossilbaserade. Det blåser när det blåser, men ett fossileldat kraftverk kan köras när det finns efterfrågan. De problem detta skapar ökar med andelen icke-planerbar el. Olika användningsområden är olika lätta att göra fossilfria. Även om dessa problem långt ifrån är oöverstigliga, innebär de att det på marginalen blir allt svårare att gå över till fossilfri energi ju mer man gjort. Ett sätt att säga detta är att fossilfri och fossil energi inte är perfekta substitut.

Ekonomer brukar mäta graden av substituerbarhet mellan olika insatsvaror, till exempel olika energikällor, i deras substitutionselasticitet. Enkelt uttryckt mäter den hur kvoten mellan användningen av de olika insatsvarorna ändras när relativpriset på dem ändras. Om ett fall i relativpriset på grön energi med 1 procent leder till att den relativa användningen ökar med 1 procent är substitutionselasticiteten 1, medan den är 0,5 om den relativa användningen ökar med 0,5 procent.

Man kan visa att om substitutionselasticiteten är högre än 1 kommer ett trendmässigt fall i relativpriset på grön energi att leda till att den gröna energin på sikt helt konkurrerar ut den fossila. I detta fall skulle satsningar på ny grön teknik i sig själv kunna leda

till ett fossilfritt samhälle. Om elasticiteten är betydligt över 1 kan omställningen gå snabbt. Så fort den gröna energin är billigare än den fossila kommer en stor andel av konsumtionen att övergå från fossil till grön. Problemet är dock att verkligheten inte verkar se ut så, snarare pekar mycket på en lägre substitutionselasticitet. Vi kan i alla fall inte vara säkra på att den är högre än 1. Om elasticiteten är lägre än 1 är inte teknikutveckling som gör grön energi billigare i sig ett verksamt medel för att skapa en övergång till ett klimatneutralt samhälle. Det krävs att den fossila energin blir dyrare.

Klimatpolitik – teoretiska utgångspunkter och praktiska överväganden

5.1 Sammanfattning av kapitlet

Klimatfrågan är global och kräver en global lösning. Den bästa lösningen vore ett enhetligt pris på utsläpp över hela världen. I ett litet land som Sverige bör politiken, för maximalt genomslag, inriktas på att öka sannolikheten för en effektiv global klimatpolitik. Ett litet land kan ha betydande påverkan på omvärlden, inte minst genom att föregå med ett gott exempel och genom att utveckla teknik och politik som är användbara i resten av världen.

Grundorsaken till klimatproblemet är att det i frånvaro av klimatpolitik är gratis att släppa ut växthusgaser, trots att dessa utsläpp orsakar skador. Eftersom det är orimligt att omedelbart och fullständigt förbjuda alla utsläpp måste andra politiklösningar användas. Att centralt bestämma planer för enskilda utsläppare skulle leda till en mycket kostsam omställning, så kostsam att den skulle riskera att bli politiskt omöjlig. I stället är prissättning av utsläpp, via skatter eller utsläppshandelssystem, det mest kostnadseffektiva

sättet att ställa om till klimatneutralitet. Styrning via mål och teknisksubventioner kan under vissa förutsättningar vara bra komplement men kan inte ersätta pris på utsläpp. Även en måttlig prissättning av utsläpp, till exempel i linje med det pris som nu gäller på EU:s utsläppshandelssystem, vilket är cirka 250 kronor per ton koldioxid, motsvarande cirka 50 öre per liter bensin, skulle om den gjordes globalt och heltäckande ha stora effekter på utsläppen.

Klimatpolitik får fördelningspolitiska effekter. Även om de förmodligen inte är särskilt stora i länder som Sverige behöver de beaktas för att få bred acceptans för politiken. Eftersom politik som skapar ett pris på utsläpp genererar betydande finansiella intäkter finns goda förutsättningar att kompensera dem som särskilt drabbas. Sådan kompensation bör dock inte ske genom nedsättning av priset på utsläpp.

Osäkerheten är mycket stor kring hur stora klimatförändringarna blir och hur mycket skador dessa orsakar. Beräkningar visar att en smart klimatpolitik, som bygger på att utsläpp av växthusgaser prissätts globalt, är en billig försäkringspremie mot de värsta scenarierna. Det finns ingen anledning att vara orolig för att ett globalt koldioxidpris blir för högt.

5.2 Utgångspunkter

Klimatpolitik förutsätter en förståelse för hur olika slags politik verkar. Här finns många frågor som kräver svar. Exempel på sådana frågor är hur stor uppvärmningen blir under olika politikscenarier och hur denna uppvärmning påverkar människor i skilda delar av världen och vid olika tidpunkter. Det är då fråga om såväl påverkan genom klimatskador av en mängd slag som på sina håll positiva ef-

fekter av ett varmare klimat. Sådan analys är i grunden deskriptiv och kan i princip göras utan värderingar.

Även om rapportens fokus är att beskriva hur olika slag av politik verkar behöver vi diskutera hur olika utfall ska värderas. Olika politiska interventioner kommer med olika konsekvenser. Dessa utgörs inte enbart av lokala effekter på koldioxidutsläpp, de kan också vara förknippade med olika kostnader för olika aktörer i samhället. För att kunna studera hur politiska interventioner påverkar samhället behöver vi ett ramverk. I den här rapporten utgår vi från ett utilitaristiskt perspektiv – där olika utfall värderas utifrån vad de genererar i form av ett vägt genomsnitt av mänsklig välfärd.

»Mänsklig« syftar på alla människor – nu levande samt framtida generationer. »Välfärd« beskriver människans totala levnadsförhållanden, det vill säga det inkluderar inte bara traditionella ekonomiska mått utan även det värde som människan åsätter till exempel hälsa, livslängd och fritid – där även värdet av fritid ska tolkas brett till att inkludera tillgång till natur och så vidare. Ekonomer uttrycker detta utilitaristiska synsätt med en målfunktion som är ett vägt genomsnitt av nu levande och framtida generationers välfärd. Olika utfall kan då värderas utifrån denna målfunktion: ju högre värde på målfunktionen, desto mer önskvärt är utfallet.

När det gäller det »vägda genomsnittet« av mänsklig välfärd handlar det förstås om fördelningsfrågor. Klimatpolitik påverkar framtida generationers välfärd mer än ekonomisk politik normalt gör. Koldioxidutsläpp har betydande effekter på flera hundra års sikt, och minskas de nu – genom uppostringar av de människor som lever i dag – har det positiva effekter för många framtida generationer. När framtida generationer vägs mot nuvarande generationer i politikutvärdering brukar vi tala om diskontering, det vill säga den relativa vikt som fästs vid framtida generationer. Klimatpolitiken

påverkar också människor i skilda länder på olika sätt. Klimatpolitik påverkar resursfördelningen mellan människor i olika länder och vid olika tidpunkter, men också mellan människor i ett givet land och vid en viss given tidpunkt.

Hur ska då välfärden för olika människor viktas? I praktiken måste man förmodligen acceptera att politikförändringar genererar både vinnare och förlorare. I grunden är det en värderingsfråga hur dessa förändringar ska vägas samman. Det är uppenbart att de vikter som används för att väga samman olika individers välfärd, oavsett var och när de lever, inte kan göras värderingsfritt. Tvärtom är detta i allra högsta grad värderingsfrågor. Ändå använder ekonomiska modeller ofta »marknadsvikter«, vilket innebär att vikten på individer i ett visst land står i proportion till hur rika de är. Detta bör inte ses som ett uttryck för att ekonomer tar ställning för att nuvarande fördelning av inkomster i världen är rättvis. I stället bygger detta på principen att de ekonomiska modellerna bör vara empiriskt förankrade och kunna beskriva världen som den ser ut. Den politik som maximerar välfärden med dessa vikter är bara optimal givet dessa.

Det går alltså inte att ge råd om vad som är rätt klimatpolitik utan att ta ställning till hur olika människors välfärd ska värderas. Ett synsätt här är att man som forskare ska bygga råden på en uppfattning om hur uppdragsgivaren – politiken eller allmänheten – förefaller göra dessa värderingar. Detta leder ofta, men inte nödvändigtvis, till att marknadsvikter används. Exempelvis ser vi inte att stora transfereringar sker till fattiga länder. Frågan är då om klimatpolitiken bör användas för sådana omfördelningar. Här skulle svaret kunna vara ja, om orsaken till att sådana transfereringar inte sker i dag är att det saknas effektiva transfereringsinstrument men att klimatpolitiken nu ger sådana. Annars är nog svaret nej, om rådgivaren respekterar de värderingar som styr övrig politik. Samma

argument kan användas när det gäller omsorg om framtida generationer. Som forskare har man förstås rätt att ha synpunkter också i värderingsfrågor. När forskare uttalar sig om önskvärd politik är det dock viktigt att klargöra om ens råd inkluderar ställningstaganden i dessa, eller endast utgår ifrån vad beslutsfattarna explicit eller implicit verkar föredra.

5.2.1 Ideal klimatpolitik och vad som kan göras i dess frånvaro

I inledningen till denna rapport konstaterade vi att det krävs väldefinierade äganderätter för våra knappa resurser om vi ska kunna ha kvar en hållbar användning av dessa, men att sådana äganderätter inte finns för atmosfären; det är i stället gratis att utnyttja den. Vi konstaterade också att frånvaron av äganderätter motiverar globala styrmedel som kan vrida besluten som styr utsläppen åt rätt håll, utan att det leder till kostnader för samhället som skulle kunna undvikas. I ekonomiska termer har en »ideal klimatpolitik« uppnåtts när det inte går att uppnå samma effekt på utsläppen/klimatet med en annan politik men till en mindre kostnad för samhället. Konkret hävdar många, däribland författarna till denna rapport, att en global koldioxidskatt på en gemensamt överenskommen nivå skulle vara ett idealiskt sätt att hantera klimatproblematiken.

Det är viktigt att inse att vi befinner oss långt ifrån en ideal klimatpolitik i dagsläget: på global nivå når vi inte ens de mål vi satt upp. De hittills genomförda klimatåtgärder sammanfattas som begränsade och långt ifrån tillräckliga. En koldioxidskatt finns bara i ett fåtal (små) länder i dagsläget och det är en utbredd uppfattning att det inte är realistiskt att föreställa sig en global överenskommelse om en koldioxidskatt. Dessutom subventioneras ofta kolkrafts-

produktion av stater, så att det globala priset på koldioxidutsläpp snarare är negativt! Även om en global överenskommelse om en minsta nivå på priset på utsläpp av växthusgaser inte är en omöjlighet kommer den inte att finnas på plats i närtid. Vi måste därför rimligen överväga andra åtgärder, till exempel aggressiva subventioner riktade till produktion av alternativa energikällor.

5.2.2 Klimatpolitik på olika regionala nivåer

Klimatfrågan är global och kräver en global lösning. Det är dock ändå viktigt att åtskilja global klimatpolitik från nationell klimatpolitik, just därför att beslut om olika insatser i hög utsträckning inte fattas globalt – åtminstone inte framgångsrikt så här långt. Dessutom: Kan man särskilja den nationella klimatpolitiken från den som kan utövas på lokalnivå, eller till och med på individ- eller företagsnivå? Bör olika sorts klimatpolitik utövas på olika nivåer? I så fall hur? Hur ser analysen ut på olika nivåer?

Ett möjligt svar är att vi i Sverige – faktiskt till och med i EU och även i större regioner än så – inte kan göra så mycket. Klimatet bestäms av de globala utsläppen och de utsläpp som görs i Sverige är, globalt sett, försumbara. Likaså är EU:s totala utsläpp mycket små jämfört med de globala. Att därför dra slutsatsen att vi inte bör göra någonting är dock inte tillfredsställande. Alla länder kan definiera sina utsläpp som obetydliga. Men vilka alternativa tillvägagångssätt och principer bör då användas?

Här finns flera tänkbara vägar att gå, och ett av huvudsyftena med denna rapport är just att försöka besvara denna fråga. Ett svar skulle kunna vara en princip att göra så mycket som möjligt, på varje nivå – för varje individ, inom varje region, i varje land – för att minska den globala uppvärmningen. Denna princip är förstås pro-

blematisk för den lämnar öppet hur »så mycket som möjligt« ska definieras. Den är också problematisk eftersom den inte klargör systemgränsen, alltså vilka utsläpp man har ansvar för att försöka minska. Det är inte ovanligt att en åtgärd minskar utsläppen inom ens eget land – eller område – men ökar de globala utsläppen om inte alla andra länder vidtar likadana åtgärder. Principen svarar inte på vad som i sådana fall är rätt att göra.

Ett helt annat slags svar är att söka efterlikna en ideal global klimatpolitik. En sådan politik kan exempelvis innebära att varje lokal nivå beskattar koldioxiden på den nivå som vore idealt globalt. Om Sverige då har en nationell koldioxidskatt som är den globalt ideala så behövs inga andra åtaganden, men om den nationella skatten är för låg bör man på lägre nivåer – till exempel individens – anamma motsvarigheten till den skatt som »saknas«.

Ett tredje svar är att mer explicit inta ett globalt strategiskt perspektiv. Den stora frågan är hur vi åstadkommer en kraftfull och effektiv global politik som räcker för att möta klimatutmaningen. Enligt detta svar handlar det om att bedriva en politik som ökar sannolikheten för ett framgångsrikt internationellt klimatsamarbete. Detta kan till exempel innebära goda kostnadseffektiva exempel på åtgärder och ny teknik som andra kan och vill ta efter, konkret minskade utsläpp i enlighet med de målsättningar man har samt arbeta för att bygga lämpliga institutioner och skapa klimatavtal. Här får man inte ha ett snävt perspektiv när man definierar effekter på globala utsläpp av den egna politiken. Ett litet land kan ha betydande påverkan på omvärlden genom att föregå med ett gott exempel och genom att utveckla teknik och politik som är användbara i resten av världen. Man får heller inte se för kortsiktigt på investeringarna så att enbart lågt hängande frukter åtgärdas utan att långsiktiga projekt för omställning genomförs. Detta svar är enligt oss det riktiga.

5.2.3 Modellanvändning

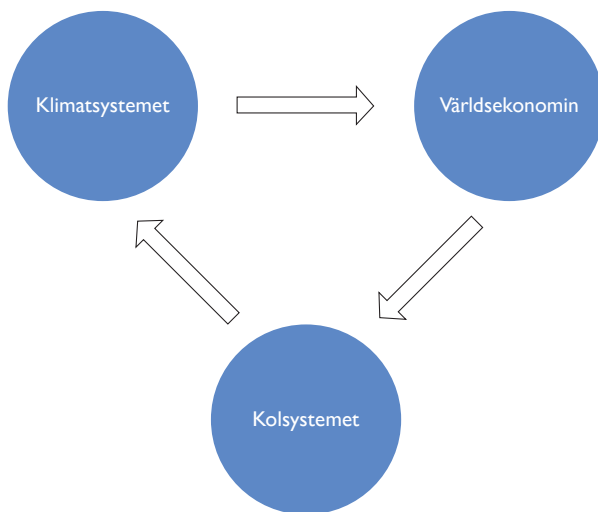
För att besvara frågor om hur olika typer av politik påverkar utvecklingen, vad som händer under olika antaganden om till exempel klimatkänslighet och hur klimatförändringarna påverkar samhället är det önskvärt att ha en konsistent analysram till hands. Inom klimatområdet har så kallade integrerade utvärderingsmodeller (»Integrated Assessment Models«, IAM) blivit standardverktyget.

IAM-metoden utvecklades av ekonomipristagaren till Alfred Nobels minne, William Nordhaus, i början på 1970-talet och har också använts flitigt samt vidareutvecklats av flera av författarna till denna rapport.

Det finns många olika IAM:er, de kan vara mer eller mindre detaljerade och uppbyggda kring olika antaganden. Gemensamt är att de består av tre sammanlänkade delmodeller (se figur 15).

Den första delmodellen beskriver världsekonomin. Denna kan vara mer eller mindre detaljerad men måste vara global, beskriva ekonomin på både kort och lång sikt och inkludera de mekanismer som genererar utsläpp av växthusgaser. För att den ska kunna användas till att beskriva hur olika typer av politik påverkar ekonomin och dess utsläpp av växthusgaser måste modellen beskriva marknader och hur individer och företag på dessa fattar sina beslut. För att kunna göra värderingar av olika utfall behövs också explicita antaganden om målfunktioner som beskrivits i detta kapitel, men sådana är inte nödvändiga om modellen bara ska användas för deskriptiv analys.

Den andra delmodellen är kolsystemet. Denna beskriver, återigen mer eller mindre detaljerat, de processer vi tar upp i kapitel 2 som bestämmer hur en given utsläppsbana av koldioxid leder till en viss bana för atmosfärens koldioxidhalt.



Figur 15 IAM:ers tre sammanlänkade delmodeller.

Den tredje delmodellen beskriver klimatsystemet utifrån de principer om växthuseffekt, energitransport och nettoupptag av energi som vi också behandlat i kapitel 2.

Som hörs på namnet IAM är de tre delmodellerna hopkopplade. Ekonomimodellen producerar en bana för utsläpp av koldioxid. Dessa blir en input i kolsystemet som producerar en bana för koldioxidhalten i atmosfären. Denna blir i sin tur en input i klimatsystemet genom att nettoupptaget av energi påverkas. Cirkeln sluts till sist genom att klimatförändringarna påverkar ekonomin genom skadefunktioner som beskrivits i kapitel 3. IAM:er är alltså ett sätt att beskriva det länkade system av naturvetenskapliga och samhällsvetenskapliga processer som vi diskuterade i inledningen till denna rapport.

5.3 Klimatpolitiska styrmedel

5.3.1 Tre typer av styrmedel

Som vi nämnt är den grundläggande orsaken till att en oreglerad marknad inte leder till samhällsekonomiskt riktiga beslut att äganderätten till atmosfären inte är väldefinierad. Den blir då en resurs som kan användas gratis trots att den har ett samhällsekonomiskt värde. Detta leder till överutnyttjande och till en utveckling som inte är hållbar. Man kan uttrycka det som att marknaden behöver kompletteras. Det finns flera sätt för en marknad att lösa detta. Vi börjar med de grundläggande instrument som finns tillgängliga och jämför dessa utifrån olika principiella perspektiv.

För att hantera bristen på äganderätt till atmosfären, eller med andra ord de externaliteter som uppstår på grund av utsläpp av växthusgaser, kan vi

- sätta kvantitetsbegränsningar (på olika nivåer), det vill säga bestämma hur mycket som högst får släppas ut
- definiera äganderätt i form av utsläppsrätter som kan handlas på en marknad
- beskatta utsläppen.

Alla tre alternativ är lika tillämpliga i en fiktiv miljö där det finns perfekt information om hur ekonomin och de naturvetenskapliga systemen fungerar in i minsta detalj. I praktiken är dessa villkor inte uppfyllda, varför de olika alternativen ger olika utfall.

Den kanske viktigaste skillnaden mellan de olika ansatserna är, att den första bygger på principen att beslut om varje agents utsläpp fattas centralt medan de andra två bygger på att utsläppsbeslut fattas av enskilda personer och företag som agerar på en marknad. Det gör att de båda senare, utsläppsrätter och skatter, för det mesta är

betydligt enklare att konstruera. För dessa räcker det med ett beslut om hur många utsläppsrätter som ska finnas eller vilken skattenivå som ska användas.

Centralplaneringsmodellen kräver även att man bestämmer exakt hur mycket varje utsläppare får släppa ut. I många fall är dock detta inte ett problem – det gäller till exempel om man kommer fram till att den rätta mängden är noll för alla användare. Då är den enklaste och mest direkta regleringen helt enkelt att förbjuda all användning.

Ett annat tillfälle när centralplaneringsmodellen kan vara enkel är om det finns en tillgänglig teknik som man vet är effektiv och som fungerar för alla när det gäller att minska eller eliminera utsläpp av skadliga ämnen. I en sådan situation kan det vara rimligt att samhället bestämmer att alla måste använda denna teknik. På klimatområdet finns forskningsstöd för att regler och förbud bör få spela en stor roll. Se till exempel Mehling och Tvinnereim (2018) som argumenterar för att en *policymix* med både skatter, regleringar och förbud behövs. Se också avsnitt 5.3.2.

En särskild fördel har marknadsmekanismen i stället när det finns stor variation mellan minskningskostnaderna hos olika aktörer och om värdet av att använda fossila bränslen skiljer sig mellan användare. Om kostnaden för att minska koldioxidutsläppen är densamma i alla branscher och aktiviteter behöver man inte använda marknaden. Man kan lika gärna beordra alla aktörer att minska sina utsläpp med säg 50 procent på tio år. Är det dock så att det är enklare att snabbt anpassa sig i vissa branscher eller företag än i andra bör man ställa högre krav på dessa att snabbt minska sina utsläpp. Det är i praktiken omöjligt för en stat eller annan central myndighet att bedöma hur stora anpassningskostnaderna är för olika aktörer. Centralplanering riskerar därför att leda till en mycket felaktig fördelning av anpassningsbetinget. Därmed kan anpass-

ningskostnaden bli onödigt hög, kanske så hög att den blir politiskt omöjlig. Detta är argumentet för att vi avfärdar denna planeringsmodell som det centrala sättet att möta klimatutmaningen.

Marknadslösningarna skatter och utsläppsrätter har inte dessa problem. Givet att marknaderna konstrueras på ett bra sätt kommer marknaden automatiskt att leda till att de som har lättast att snabbt ställa om också kommer att göra det. Frågan infinner sig då om kostnaderna för att minska klimatgasutsläpp varierar mycket mellan olika verksamheter. Det mesta tyder på att så är fallet. Eftersom det finns så många helt olika verksamheter i olika länder som ger upphov till utsläpp av koldioxid – och andra klimatpåverkande gaser – förefaller det ytterst osannolikt att kostnaden för utsläppsminskningar skulle vara densamma överallt. I kapitel 8 redovisar vi beräkningar som tyder på att den faktiska kostnaden för att minska utsläppen varierar mycket mellan olika sektorer och aktörer också inom Sverige. Spannet kan vara i storleksordningen 1:10. Det betyder att man på marginalen kan få 10 gånger så mycket utsläppsreduktioner till samma kostnad eller annan uppoffring om man via marknaden ser till att utsläppsminskningarna och anpassningarna sker på de sätt som är enklast.

Officiella klimatplaner i Sverige och andra länder som syftar till klimatneutralitet omkring 2050 innebär en kraftig omdaning av samhällsekonomin på relativt kort tid. För den enskilde företagaren eller det enskilda hushållet kräver omställningen tusentals konkreta beslut. Byta glödlampor mot LED-lampor, byte av båtmotorer, tåg i stället för flyg på vissa sträckor. För enskilda individer är det i praktiken omöjligt att avgöra var deras ansträngningar gör störst nytta när det gäller att bidra till minskade klimatförändringar. Ett pris på utsläppen ger då en tydlig signal genom att göra varor med stort klimatavtryck dyra för konsumenten.

Låt oss ta stål och cement som exempel. På sikt kanske vi kan göra dessa varor näst intill koldioxidfria men på kort sikt innebär stål- och cementanvändning mycket stora utsläpp. I vilken takt ska vi då bygga ut vindkraft som uppenbarligen behövs men på kort sikt kräver mycket stål och cement? Sådana, och bokstavligen tusentals liknande beslut, måste vägledas av ett pris på koldioxid så att man kan beräkna vilka investeringar som lönar sig ur samhällets synvinkel. Om koldioxidutsläpp har ett pris underlättas besluten hos de konsumenter som vill göra rätt genom att priset ger dem en tydlig signal om utsläppens skadeverkningar. Likaså ges de som inte tänker på dessa frågor en klar styrning i rätt riktning.

När man jämför de två marknadsbaserade systemen utsläppsrätter och skatter har de olika styrkor i förhållande till varandra. Med en skatt vet man vad priset på utsläpp blir men man kan inte veta exakt hur stora de blir. Det kommer att bero på hur svårt och kostsamt det visar sig bli att minska utsläppen. Med utsläppsrätter vet man å andra sidan hur stora utsläppen blir men inte priset på dem. Om det visar sig vara mycket lättare än man trott blir priset lågt, kanske alltför lågt, det vill säga man borde ha satt ett mer ambitiöst mål. Ett tydligt exempel på detta var marknaden för utsläppsrätter i EU där antalet utsläppsrätter till en början sattes för högt. Även om detta nu – delvis – rättats till genom 2018 års reformering ledde det till många år av mer utsläpp och lägre omställningstakt än vad som hade varit önskvärt. Denna skillnad skapar fördelar som beror på om osäkra kostnader för utsläppsminskningar eller osäkra minskningsvolymer är mest allvarliga.

Om det är av stor vikt att kunna kontrollera hur stora utsläppen blir är utsläppshandel att föredra. En sådan situation kan uppstå om de skador som orsakas av utsläppen växer snabbt vid en viss nivå, »tipping point«, som diskuteras i avsnitt 2.5.1. Det kan gälla

både klimatet, till exempel icke-linjära effekter av att Grönlandsisen smälter, och skador av global uppvärmning, till exempel översvämningar, vilka blir speciellt betydande när stora städer hotas. Det är då viktigt att denna nivå inte överskrids. Utsläppen i en enskild region eller ett land har dock knappast den egenskapen eftersom storleken på skadorna bestäms av de globala utsläppen. Om ett enskilt land överskrider sitt utsläppsmål påverkar det knappast de marginella kostnaderna. Ett annat motiv kan vara att enskilda länder eller regioner har åtagit sig att nå vissa utsläppsmål. Den politiska kostnaden för att inte nå dessa kan då vara hög.

Om det finns stor osäkerhet om kostnaderna för att nå ett visst utsläppsmål, och om kostnaderna kan förväntas öka snabbt med större minskningar, talar detta för att en skatt är bättre. Med en i förväg fastlagd utsläppsvolym blir priset på utsläppsrätter mycket osäkert under sådana betingelser. Detta ökar risken i investeringar vars avkastning är beroende av utsläppspriset, exempelvis investeringar i förnybar energi. Stora prisfluktuationer har visat sig i existerande system för utsläppshandel, till exempel det i EU, EU ETS (vilket syns i figur 23, s. 209) och med andra liknande system för utsläppsrätter av svaveldioxid i USA. En koldioxidskatt dämpar däremot de relativa fluktuationerna av konsumentpriset på fossila bränslen. Det kan också finnas en risk att utsläppsmålen i ett utsläppshandelssystem sätts för lågt av rädsla för att kostnaderna, det vill säga priset på utsläppsrätter, blir väldigt höga.

En annan nackdel med utsläppshandelssystem har nyligen uppmärksammats. Det är rimligt att utsläppsrätter ska kunna sparas för att användas vid ett senare tillfälle. Men Silbye och Sørensen (2019) visar att från ett samhällsekonomiskt perspektiv kommer för få utsläppsrätter att sparas. Det betyder att fler än vad som är samhällsekonomiskt optimalt används i dag, det vill säga utsläpps-

minskningarna blir mer baktunga än vad som är optimalt. Orsaken till detta är att utsläppsrätten är ett finansiellt instrument, och marknadens aktörer kommer att kräva en avkastning som ges av utsläppsrättens prisökning. Givet att den finansiella risken i att hålla utsläppsrätter är förhållandevis hög kommer marknaden att generera en hög förväntad avkastning, det vill säga priset kommer att stiga snabbt. Den andra sidan av detta mynt är att för få utsläppsrätter sparas.

När det gäller internationella överenskommelser har Weitzman (2014) pekat på att det förmodligen är lättare att nå överenskommelser om ett pris på utsläpp än om utsläppskvantiteter. Orsaken är att ett pris är en endimensionell variabel. Överenskommelser om en global utsläppskvantitet, som också är endimensionell, måste där emot följas av överenskommelser om hur mycket varje land får släppa ut. Detta blir en mångdimensionell och mycket mer komplicerad förhandling. Av samma skäl är det möjligt att om förhandlingar om utsläppspris kombineras med förhandlingar om internationella transfereringar kan förhandlingarna bli mer komplicerade för att så många fler parametrar kommer på bordet.

I praktiken finns också mellanformer, där fördelar av både utsläppshandel och skatter kan kombineras. Det kan göras genom att mängden utsläppsrätter som ges får påverkas av priset. Man kan till exempel bestämma ett pristak och ett prisgolv. Om pristaket nås ökas antalet utsläppsrätter som ges ut medan det minskas om prisgolvet nås. De reformer av EU:s utsläppshandel som genomfördes år 2018 har en effekt som påminner om detta (se vidare i kapitel 6). På samma sätt kan skatten anpassas efter hur stora utsläppen och därmed skadorna blir. Skillnaden mellan ett skattebaserat system och ett som använder utsläppsrätter ska därför inte överdrivas.

5.3.2 Styrning via mål

I avsnittet ovan har vi argumenterat för att kvantitetstyrning kan vara att föredra när en utfasning av vissa ämnen ska ske snabbt eller när det finns identifierade tröskelvärden för utsläppen som inte får överskridas. Det finns en annan klass av argument som är giltiga också i andra situationer. Dessa argument bygger på idén att en explicit formulering av ett långsiktigt mål på flera sätt kan bidra till, eller till och med vara en förutsättning för, måluppfyllelse. Ibland kan ekonomin karaktäriseras av flera möjliga jämvikter. Ett exempel på detta är när det finns nätverksexternaliteter. Resonemanget kan illustreras med följande exempel.

Om det inte finns ett nät av laddstolpar blir efterfrågan på elbilar låg. Med få elbilar lönar det sig inte heller att bygga ut ett nät med laddstolpar. Laddstolpar och elbilar är komplementära men marknaden kan sakna en mekanism för att koordinera de olika agenternas beteende så att denna komplementaritet utnyttjas. Ett långsiktigt mål kan här koordinera förväntningarna så att bilköpare antar att ett system med laddstolpar kommer att byggas och väljer elbil. Dessa förväntningar skapar därmed också incitament för andra aktörer att påbörja utbyggnad av ett system med laddstolpar.

Ett relaterat argument är att det ofta finns en frestelse till kortsiktighet i den politiska beslutsprocessen. Även om alla vet att en anpassning behöver göras kan det vara frestande att skjuta denna lite på framtiden. En formulering av ett långsiktigt mål där måluppfyllelsen kan utvärderas längs vägen kan här vara ett sätt att hantera denna frestelse att skjuta kostnader på framtiden. När politiken sätter tydliga mål för framtiden kan olika aktörer svara mot mjukare incitament och börja ställa om redan innan hårdare styrande regleringar och skatter tagits i bruk. En sådan omställning blir både smidigare

och billigare för samhället än den där huvuddelen av aktörerna miss-tror satta mål och därför väntar in i det längsta och gör förändringar först när deras beteende visar sig väldigt dyrt eller blir helt oacceptabelt och förbjudet. För att detta ska fungera måste målen vara trovärdiga. Detta kräver i sin tur stabilitet – mål som ofta ändras kommer inte att vara trovärdiga och förlorar då sin styrande effekt.

5.3.3 Teknikstyrning

Teknisk utveckling är viktig, inte minst på klimatområdet. Det motiverar i sig inte statliga subventioner – allt som är värdefullt ska inte subventioneras. Subventioner kan ibland motiveras som substitut för koldioxidskatter, men som vi visar nedan riskerar teknisksubventioner att bli ett impotent verktyg för att hantera klimatförändringarna. I de fall ett litet land som Sverige vill påverka klimatförändringarna genom att utveckla ny teknik är det centralt att de är skalbara, det vill säga att de kan användas brett och globalt.

Ibland framhålls teknikutveckling också som en vinn-vinn-strategi eftersom den skulle kunna ge företagsekonomiska eller nationella vinster utöver de tjänster de gör oss genom att minska klimatförändringarna. Ett varningstecken måste dock resas för sådana resonemang: företagsekonomiska vinster uppstår i monopolsituationer och då genom att sälja dyrt, och mindre än vad som vore socialt önskvärt, och just detta skulle skada klimatet. Om ny värdefull teknik upptäcks borde den i stället ges bort gratis för största klimatpåverkan. Med andra ord är vinn-vinn-perspektivet nog oftast ett önsketänkande. Snarare finns det en inneboende konflikt mellan vinn och vinn.

Mer allmänt gäller att teknisk utveckling, både vad avser dess nivå och inriktning, inte kan förväntas bli optimal på en oreglerad marknad. Problemet är att marknadslösningen kräver privat ägan-

derätt till nya idéer för att det ska finnas incitament att ta fram dem. Om den som tar fram ny teknik inte blir ägare till den, utan tekniken kan kopieras av andra, blir drivkrafterna för teknikutveckling för svaga. Å andra sidan ger äganderätt till ny teknik genom patent eller liknande ägaren en monopolsituation som leder till för liten användning av redan existerande teknik. Ett hundraprocentigt och evigt patentskydd är därför knappast optimalt. Eftersom ny teknik nästan alltid bygger vidare på gamla och allmänna kunskaper kan man dessutom knappast förvänta sig att själv få skörda alla frukter av en upptäckt eller uppfinning. Dessa är argument för att exempelvis ge stöd till ny forskning om alternativ energi.

Motivet för att stödja teknikutveckling kan tänkas vara större för vissa gröna alternativ, såsom för andra unga tekniker. Genom att bygga ut och använda en viss teknik genereras användbar kunskap och erfarenhet som samhället som helhet kan dra nytta av. Lärkurvan bedöms ofta vara brantast i början. Om den nya kunskapen är användbar för stora delar av samhället blir det därmed särskilt motiverat med stöd till unga tekniker. Det kan ske till exempel i form av att leverantören får ett garanterat pris för energin som levereras (»feed in«-tariffer) eller att investeringsstöd ges till nya tekniker. Om, och i så fall hur mycket, stöd som ska ges är en kvantitativ fråga. Bara för att ett energislag är ungt och grönt är det inte självklart att det ska subventioneras. Här skiljer sig inte grön energi från annan teknik, exempelvis IT och AI.

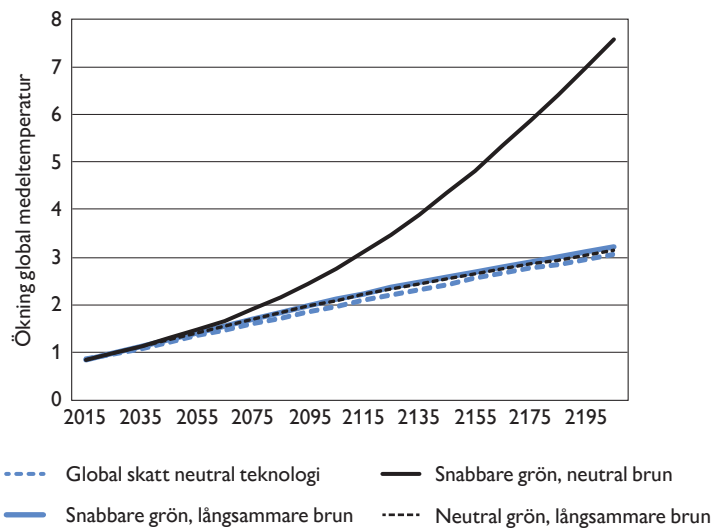
Ibland kan också teknikstöd motiveras av att nätverksexternaliteter skapar en situation av multipla jämvikter. Om det till exempel inte finns ett nät av laddstolpar blir efterfrågan på elbilar låg. Då lönar det sig inte att bygga ut ett nät med laddstolpar. Här kan stöd till infrastruktur spela en roll för att få marknaden att tippa över till en önskvärd jämvikt.

Slutsatsen av dessa resonemang är att det finns tunga argument för att klimatpolitiken inte bara ska använda sig av skatter eller utsläppsrätter. Också stöd till forskning och utveckling kan behövas. Vi vill dock återigen påminna om resonemanget i avsnitt 4.4. Om inte fossilfri teknik är ett tillräckligt bra substitut för fossilbaserad teknik, är stöd till teknikutveckling som minskar priset på fossilfri teknik ett mycket trubbigt instrument. Lägre pris på de fossilfria alternativen ökar då användningen av dessa utan att konkurrera ut de fossilbaserade. En effektiv klimatpolitik måste därför alltid innebära att de fossilbränslebaserade teknikerna belastas med ökade kostnader.

Detta har illustrerats i en global klimat-ekonomimodell beskriven i Hassler med flera (2019). Där undersöks om tekniksubventioner som gör grön energi billigare skulle kunna vara ett substitut för en global koldioxidskatt. Resultaten visas i figur 16. Den blåstreckade kurvan visar vad som skulle ske med den globala medeltemperaturen om en måttlig global koldioxidskatt på 21 dollar per ton koldioxid infördes. Denna skatt är strax under det nuvarande priset på utsläppsrätter i EU ETS och motsvarar ungefär 50 öre per liter bensin. Efter att skatten införts ökar den i takt med global BNP.

Den blå kurvan visar vad som händer om man i stället med subventioner lyckas snabba på teknikutvecklingen inom produktionen av grön energi så att priserna på denna faller med 2 procent per år, samtidigt som man lyckas bromsa teknikutvecklingen i den fossilbaserade produktionen så att priserna där ökar med 2 procent per år. I detta fall införs däremot ingen koldioxidskatt. Vi ser att en sådan politik är ett utmärkt substitut för skatten. Den globala medeltemperaturen utvecklas nästan identiskt i båda fallen.

Men den positiva climateffekten beror inte på den snabbare teknikutvecklingen i den gröna sektorn. Det kan vi se om vi studerar vad



Figur 16 Global uppvärmning vid olika scenarier med skatter eller tekniksubventioner.

Källa: Hassler med flera (2019).

som händer om vi enbart subventionerar grön energiteknik så att priserna där faller över tid medan priserna på fossila bränslen inte ökar. Effekterna visas av den svarta kurvan. Som vi ser leder den till en fullständigt oacceptabel utveckling av den globala medeltemperaturen. Visserligen ökar den gröna energianvändningen snabbt, men den konkurrerar inte ut den fossila som också ökar. Detta är också helt i linje med de trender som observerats hittills (Johnsson, Kjærstad och Rootzén, 2019). Gröna tekniker har i huvudsak subventionerats fram, vilket har gett en kraftig tillväxt av dessa i vissa regioner, men totalt har fossilbränsleanvändningen fortsatt att öka; de gröna teknikerna har inte ersatt de fossila bränslena utan vi har fått båda.

I modellen i Hassler med flera (2019) har med empirisk grund antagits att substitutionselasticiteten är strax under 1, det vill säga att fossilfria alternativ inte är särskilt bra substitut för fossila. Vore substituerbarheten mycket högre skulle resultaten blivit annorlunda. Acemoglu med flera (2012) har i en uppmärksam uppsats i stället gjort antagandet att elasticiteten är mycket högre än 1. I det fallet kommer de fossilfria alternativen att konkurrera ut de fossila så snart de blir billigare. Då kan förstås stöd till ny teknik vara ett gott substitut för klimatskatter.

I uppsatsen antas också att den tekniska utvecklingens inriktning drivs av var forskning och utveckling är mest lönsam. Detta i sin tur är starkt påverkat av storleken på marknaden. Om tekniksubventioner lyckas göra de fossilfria alternativen billigare än de fossila kommer de att ta över marknaden. Eftersom marknaden för fossilfria alternativ därmed blir mycket större kommer forskning och utveckling att ändra inriktning mot att ytterligare förbättra och förbilliga den fossilfria tekniken. Stödet till de fossilfria alternativen behövs då inte på sikt utan endast under en övergångsperiod när den fossilfria tekniken inte kan stå på egna ben.

Hittills förefaller dock inte utvecklingen gå i linje med detta resonemang och en elasticitet långt över 1 är inte i linje med empiriska översiktsstudier. Vad vi hittills observerat, det vill säga att lägre energipriser på grön energi ökat konsumtionen av sådan men inte lett till mindre användning av fossila bränslen, är också mer i linje med en förhållandevis låg grad av substituerbarhet. Även om motsatsen inte går att utesluta verkar en strategi som uteslutande bygger på tekniksubventioner vara högst riskabel.

Att elasticiteten förmodligen är låg innebär också att subventioner till alternativa energikällor inte är ett effektivt sätt att minska användningen av fossilt bränsle. Syftet med sådana subventioner är

att minska efterfrågan på fossil energi så att det blir mindre lönsamt att producera fossila bränslen. Hur mycket efterfrågan på de senare minskar när priset på alternativa bränslen faller beror på hur hög substitutionselasticiteten är. Om denna är hög kommer ett lågt pris på alternativen göra att efterfrågan skiftar över från fossila bränslen till alternativa. Med en elasticitet runt 1 bortfaller denna effekt och subventionerna leder till att mer alternativ energi förbrukas utan att konsumtionen av den fossila energin minskar. Subventioner av förnybar energi ökar då den totala energiförbrukningen. Även med en högre elasticitet leder subventioner till att den totala energiförbrukningen ökar. Detta eftersom subventionerna i allmän mening sänker priset på energi. Effekten uppstår inte om man i stället använder prissättning av utsläpp som styrinstrument. Då ökar det allmänna energipriset vilket leder till minskad energiförbrukning.

5.3.4 Effekter av pris på utsläpp

Som beskrevs i avsnitt 5.2.3 kan »Integrated Assessment Models« (IAM:er) användas till att studera effekterna av olika politik.

Ett intressant exempel är effekterna av införandet av koldioxid-skatter med olika nivåer och omfattning. I Hassler med flera (2019) studeras detta. Fyra olika nivåer analyseras: (1) ingen skatt, (2) en skatt på 5 USA-dollar per ton koldioxid, (3) en skatt på 21 dollar, det vill säga strax under det nuvarande priset på utsläppsrätter i EU ETS, och (4) en skatt på 140 dollar, det vill säga strax över den nuvarande svenska koldioxidskatten. Skatt antas växa i takt med global BNP.

Några olika omfattningar av skatten analyseras också:

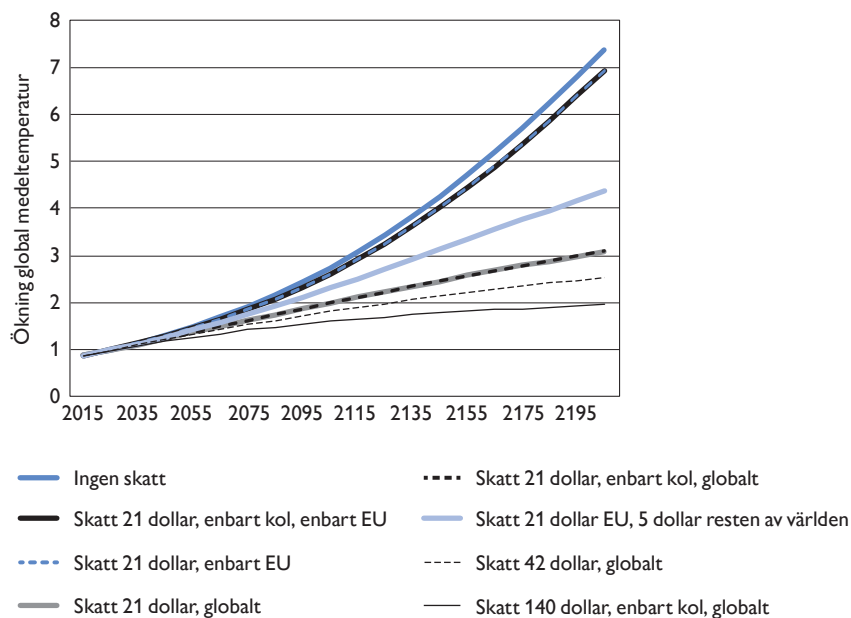
- en skatt enbart på kol, inte på konventionell olja
- en skatt på 21 dollar endast i EU

- en skatt på 21 dollar i EU och på 5 dollar i resten av världen
- en skatt på 140 dollar i hela världen.

Resultatet visas i figur 17. Den översta blå kurvan visar vad som händer om inga skatter eller annan politik införs. Strax under den översta kurvan ligger två kurvor ovanpå varandra. De visar vad som händer om en skatt på 21 dollar införs på kol, respektive på kol och olja. Figuren visar också vad som händer om dessa skatter införs globalt. Som vi diskuterat tidigare beror effekten av en skatt på hur priskänsligt utbudet är. I modellen har antagits att utbudet av konventionell olja är okänsligt eftersom det lönar sig att sälja olja även om priset drivs ner på grund av till exempel skatter. Detsamma gäller inte kol, vars utbud är priskänsligt på grund av att kostnaderna för att utvinna och transportera kol redan utan skatter ligger nära försäljningspriset. Det är alltså skatten på det priskänsliga utbudet, i detta fall kol, som är av betydelse.

Vi ser också att redan en så låg skatt som 21 dollar per ton koldioxid, motsvarande ungefär 50 öre per liter bensin, har stora effekter. Uppvärmningen kan inte långsiktigt hållas mindre än 2 grader men hålls kvar under denna nivå resten av detta århundrade. En skatt på samma nivå som den svenska koldioxidskatten (den understa linjen) håller uppvärmningen under 2 grader också på lång sikt och runt 1,5 grader resten av detta århundrade. Den ljusblå linjen avser fallet där skatten i EU är 21 dollar och 5 dollar i resten av världen. Som vi ser har också denna politik betydande effekter och leder till en betydligt lägre uppvärmning än om enbart EU inför en skatt.

Olika skatter genererar alltså olika utfall och generellt blir den globala uppvärmningen mindre ju högre skatt som införs. Vilken skattesats bör då väljas? Till skillnad från den deskriptiva analysen



Figur 17 Global uppvärmning för olika nivåer och omfattningar av koldioxidskatter.

Källa: Hassler med flera (2019).

finns här inget rätt svar som är oberoende av värderingar. Svaret på frågan om vad som är rätt skattesats beror, som vi beskrivit, inte endast på i princip observerbara storheter som klimatkänslighet, hur länge koldioxiden stannar i atmosfären och hur stora effekter de får på ekonomin. Svaret beror också på hur vi värderar framtida generationers välfärd i förhållande till vår egen.

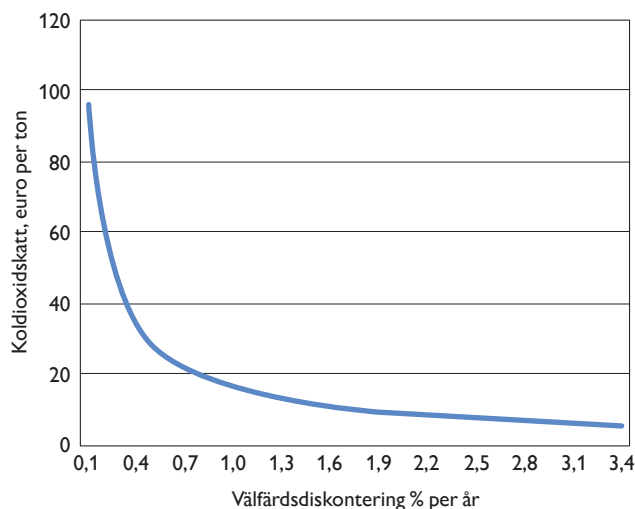
Om vi specificerar en målfunktion på det sätt vi diskuterat ovan, kan vi använda IAM:er till att säga vad som är rätt skattesats. Denna kommer då att bero på just hur vi värderar framtida generationers

välfärd i förhållande till vår egen. I en artikel av Golosov med flera (2014) visas att under någorlunda rimliga antaganden kan rätt koldioxidskatt beskrivas som en enkel funktion av denna värdering. Ekonomer uttrycker ofta denna relativa värdering som en ränta som säger hur många procent per år som värderingen av framtida välfärd faller (diskonteras). Den rätta skatten beror då på denna diskonteringsränta.

Eftersom en betydande del av ett utsläppt ton koldioxid stannar mycket länge i atmosfären (se avsnitt 2.4) och därför kan antas leda till skador under mycket lång tid, kommer värdet av den skada som orsakas att bero positivt på hur mycket vi värderar framtida generationers välfärd. Med andra ord, skatten blir högre ju lägre vi diskonterar. I figur 18 visas detta samband givet antaganden om klimatkänslighet, ekonomiska skador av klimatförändringarna och hur länge koldioxiden stannar i atmosfären.

På den horisontella axeln visas diskonteringsräntan och på den lodräta den rätta skatten. I figur 18 visas diskonteringsräntor från 0,1 procent till 3,4 procent per år. När det gäller långa tidsrymder kan det vara svårt att föreställa sig effekterna av dessa räntesatser. Ett alternativt sätt att uttrycka samma sak är att beskriva hur långt in i framtiden vi behöver gå för att vi ska bry oss hälften så mycket om dem som då lever som oss själva.¹ Om vi utgår ifrån att avståndet mellan generationer är 35 år finns en enkel räkneregel för att översätta diskonteringsränta till hur många generationer det tar innan vår värdering av deras välfärd halverats. Räkneregeln säger att

1. Resonemanget är allt annat lika, det vill säga borträknat effekten av att framtida generationer kanske inte har samma konsumtionsnivå som vi själva. Sådana skillnader skapar andra argument för den relativa värderingen. Vi brukar till exempel anta att individer som har lägre konsumtion har större nytta på marginalen av att öka sin konsumtion.



Figur 18 Värdering av framtida generationers välfärd relativt vår egen: rätt koldioxidskatt som en funktion av välfärdsdiskontering.

Källa: Egna beräkningar utifrån Golosov med flera (2014).

antalet generationer det tar är två delat med diskonteringsräntan i procent. Med 2 procents ränta tar det alltså en generation (35 år), med 1 procent två generationer och med en ränta på 0,1 procent per år tar det 20 generationer (700 år).

Vi kan notera att figuren ger stöd för en global koldioxidskatt i nivå med den svenska koldioxidskatten på drygt 100 euro per ton koldioxid om diskonteringsräntan är 0,1 procent per år. En skatt motsvarande det nuvarande utsläppsrättspriset inom EU ETS är rätt om diskonteringsräntan är 0,6 procent per år. Halveringstiden för altruism är då $2/0,6 = 3,3$ generationer eller cirka 120 år.

Givetvis är de resultat som visas i denna modell beroende av många andra antaganden. Om klimatkänsligheten är högre eller om skadeverkningarna av klimatförändringarna är större så förskjuts kurvan uppåt. Likaså förskjuts den uppåt om koldioxiden skulle visa sig stanna längre i atmosfären än vad som antagits. Som vi beskrivit i kapitel 2 och 3 är osäkerheten mycket stor om dessa parametrar. Figuren ska därför inte tas som ett försök att med exakthet beskriva sanningen, utan som en illustration av hur känsligt svaret på frågan är om vad som är rätt koldioxidskatt för hur vi värderar framtida generationer.

Vad är då rätt diskonteringsränta? Som vi diskuterat ovan är det en moralisk fråga. Som forskare kan man då antingen försöka ta reda på hur väljare och politiker verkar se på denna – eller själv argumentera för hur man borde diskontera framtiden. I första fallet kan man fråga dem, men också studera andra typer av beslut och därmed dra slutsatser om deras värderingar. I det andra fallet ger man sig in i den moraliska diskussionen om vad som är den rätta värderingen av framtida generationers välfärd.

Den livliga diskussionen mellan William Nordhaus och Nicholas Stern, som var huvudansvarig för den mycket inflytelserika Sternrapporten (Stern, 2006), kan tolkas i dessa termer; se till exempel Nordhaus (2007, 2015a). En rimlig tolkning av Nordhaus position är att man som forskare bör använda den första ansatsen, vilket enligt honom leder till diskonteringsräntor i storleksordningen någon eller några procent. Vår tolkning av Sterns argumentation är att man som forskare också har ett ansvar för att ta ställning i den moraliska diskussionen, särskilt när det gäller klimatfrågan som uppenbart har ett långsiktigt intergenerationellt perspektiv.

I denna rapport tar vi inte ställning till vad som är den moraliskt rätta diskonteringsräntan, men Konjunkturrådet lutar enhälligt

mot att den ränta som ofta används för att diskontera framtida välfärd i samhällsekonomiska kalkyler för andra policyområden – i storleksordningen några procent – är alldeles för hög i dessa mycket långsiktiga sammanhang. Om man vill ha en betydligt lägre diskonteringsränta än den som normalt används i policysammanhang, leder det till att man bör föredra en högre koldioxidskatt och en mer kraftfull klimatpolitik i allmänhet än den som följer av en högre diskonteringsränta. Orsaken till detta är att en sådan politik är ett sätt att föra resurser till framtiden, vilket är bra även om det medför kostnader för dagens generation.

Ett viktigt men är då att detta rimligen borde få konsekvenser för annan politik också. Detta eftersom det inte enbart är genom klimatpolitiken som vi kan förbättra framtida generationers välfärd. För att vara konsekventa borde man då förordna mer resurser till forskning och utbildning, kanske större offentliga investeringar och ökade resurser till att skaffa kunskap om och minska risken för hot mot mänskligheten, till exempel antibiotikaresistens och kollaps av biodiversiteten.

5.3.5 Fördelningsfrågor

På samma sätt som klimatförändringarnas konsekvenser varierar mycket för olika människor, påverkar klimatpolitiken inte alla individer på samma sätt. Uppenbara skillnader uppstår mellan länder av flera skäl. Ökade klimatskatter på olja minskar Norges och oljeländers exportinkomster, men har inte någon sådan effekt på Sverige. Kostnaderna för omställningen beror på naturliga förutsättningar och möjligheterna att bära dem på ländernas ekonomiska utvecklingsnivå.

Hade det funnits ett välutvecklat transfereringssystem mellan

länder skulle dessa skillnader kunna utjämnas. Förutom att den globala rättvisan skulle öka, skulle detta kunna minska risken för att vissa länder blockerar globala överenskommelser om klimatpolitik. I princip kan en väl utformad global klimatpolitik skapa utrymme för att öka alla människors välfärd. Men för att så ska ske måste den högst sannolikt kompletteras med direkt omfördelning. Omfördelande politik krävs därmed förmodligen för att få tillräcklig acceptans för klimatpolitiken. En viktig del i den globala klimatpolitiken bör därför vara att utveckla mekanismer för att dela de bördor som omställningen till klimatneutralitet medför.

Åtminstone i västvärlden finns dock nationella transfererings-system. Vi har ovan argumenterat för att klimatpolitik inte bör användas som ett fördelningspolitiskt instrument annat än om det saknas andra effektiva vägar att nå önskade fördelningspolitiska mål. Det betyder dock inte att de fördelningspolitiska konsekvenserna av olika klimatpolitiska instrument är ointressanta. Tvärtom är det av stor betydelse att belysa dessa.

En stor fördel med skatter och auktionering av utsläppsrätter är att de genererar stora intäkter som kan användas till omfördelning. Den svenska koldioxidskatten genererar 23 miljarder kronor per år i inkomster och övriga energiskatter mer än dubbelt så mycket. Det finns inga direkta klimatpolitiska argument för vad dessa pengar ska användas till. Rättviseargument finns för att hjälpa dem som drabbas av skadorna eller kanske dem som i särskild utsträckning får bära anpassningskostnaderna. Politiska argument kan utnyttjas för att pengarna används på ett sätt som gör dem mer politiskt acceptabla. I EU har betydande delar av de utsläppsrätter som ges ut delats ut gratis till företag som har stora utsläpp. Eftersom utsläppsrätterna kan säljas skapas ändå ett incitament för de företag som får dem gratis att minska sina utsläpp. Utanför utsläppshandelssyste-

met har EU fördelat det beting man gemensamt tagit på sig på ett sätt som försöker motsvara de olika medlemsstaternas förmåga till anpassning. De rikare västeuropeiska länderna ska till 2030 minska sina utsläpp med 35–40 procent i förhållande till 2005. I Ungern och Polen är minskningsbetinget i stället 7 procent, och i Rumänien och Bulgarien 2 respektive 0 procent.

En vanlig uppfattning är att klimatpolitik är bra för de rika men dålig för de fattiga. Eftersom en av de mera synliga effekterna av klimatpolitik ofta är ökade priser på bensin och diesel, är det betydelsefullt att analysera frågan om huruvida energiskatter skulle slå särskilt hårt mot hushåll med lägre inkomster. Trots att frågan är så angelägen finns inte särskilt många studier om klimatskatters fördelningsprofil. En del finns dock.

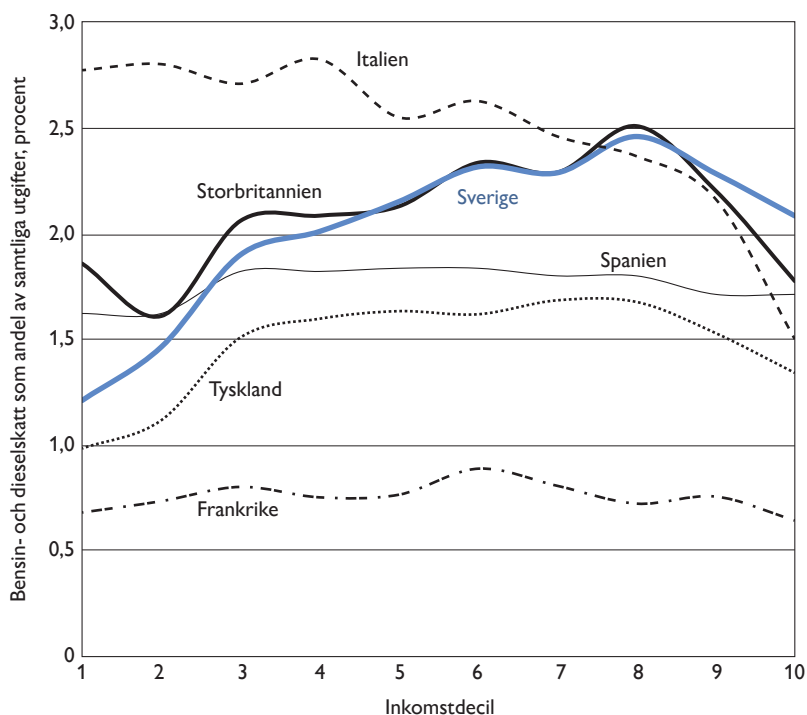
Sterner (2012) analyserar hur mycket hushåll med olika inkomstnivåer betalar i bränsleskatter. Studien omfattar sex länder i Europa inklusive Sverige. Det visar sig att relationen mellan inkomst och den andel av inkomsten som går till bränsleskatter skiljer sig åt mellan länderna. I Tyskland är relationen puckelformad, det vill säga att hushåll med medelhöga inkomster betalar störst andel. I Frankrike är relationen svagt negativ med en jämförelsevis liten skillnad mellan olika inkomstgrupper. Sverige är det land som har tydligast negativ relation. Hushåll med lägre inkomster betalar en större andel av sina inkomster till bränsleskatter än hushåll med höga inkomster. Decilen med lägst inkomster betalade 2,2 procent av inkomsterna i bränsleskatter medan decilen med högst inkomster betalade 0,7 procent. Liknande resultat redovisas av Kriström med flera (2003). Denna studie finner att utgifterna för energiintensiva varor – bränsle, resor och uppvärmning – som andel av disponibel inkomst minskar med ökande inkomst. Bland hushållen med de 20 procent lägsta inkomsterna användes 15 procent av inkomsten

till sådana varor. De rikaste 20 procenten använde bara ungefär hälften så stor andel på dessa energiintensiva varor.

Implikationen av dessa studier är att åtminstone i Sverige skulle en höjning av energiskatterna i större utsträckning minska köpkraften för låginkomsthushåll. Denna slutsats behöver dock kvalificeras en del. Poterba (1991) visade att den fördelningspolitiska profilen av skatter beror på om man relaterar skatteutgifterna till disponibel inkomst eller till konsumtionsutgifter. Det vanliga är att relatera till disponibel inkomst men det är inte uppenbart att det är det korrekta måttet. Ett hushålls konsumtionsutgifter är inte identiska med dess inkomster eftersom hushållen kan spara och låna. Om inkomsten temporärt är hög förväntar vi oss att hushållet sparar till sin konsumtion. Detsamma gäller omvänt: med en temporärt låg inkomst lånas till konsumtion. Likaså kan ett hushåll som består av unga som förväntar sig ökande framtida inkomster tänkas låna, medan ett hushåll med äldre personer snarare sparar eller amorterar på sina lån. Utifrån detta kan man argumentera för att hushållets långsiktiga köpkraft speglas bättre av dess konsumtion än dess aktuella inkomst.

Sterner (2012) beräknar den fördelningspolitiska profilen för utgifter för bränsleskatter som andel av årliga konsumtionsutgifter i sex europeiska länder. Resultaten visas i figur 19. Med undantag av Italien är profilerna i huvudsak uppåtlutande. Detta gäller även Sverige. En tolkning av skillnaden i resultat – att kurvans lutning är negativ när bränsleskatter relateras till inkomst men positiv när de relateras till konsumtion – är att många av hushållen med låga inkomster som betalar en stor andel av dessa i bränsleskatter endast temporärt har låga inkomster.

Som vi nämnt ovan kan inkomsterna från klimatskatter användas för att kompensera låginkomsttagare. Sterner (2012) visar att om en ökning av bränsleskatterna i Sverige används till att sänka

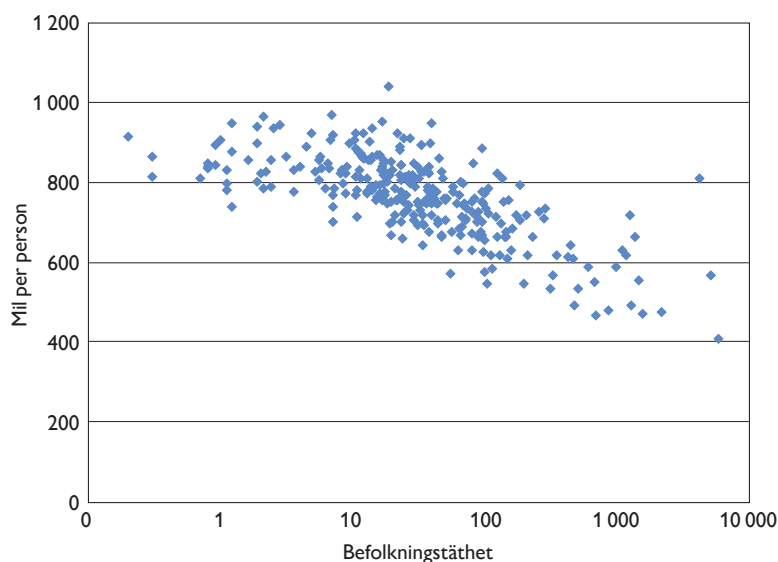


Figur 19 Den fördelningspolitiska profilen för skatteutgifter för bränsle som andel av årliga konsumtionsutgifter i sex europeiska länder.

Källa: Sterner (2012).

matmomsen, minskar skattebördan för de tre decilerna med lägst inkomst, och särskilt för den lägsta decilen. För övriga hushåll är effekten – mätt som andel av disponibel inkomst – försumbar. Här bör noteras att minskad matmoms inte är ett särskilt träffsäkert fördelningspolitiskt instrument (Riksrevisionen, 2018). Trots detta kan den utradera regressiviteten i bränsleskatter när den mäts i förhållande till disponibel inkomst.

En annan väsentlig fördelningspolitisk aspekt är den mellan stad och landsbygd. På landsbygden används av naturliga skäl bil i större utsträckning än i tätbebyggda områden med väl fungerande kollektivtrafik. De genomsnittliga reseavstånden är kortare i tätorter. I de tre kommuner som 2018 hade lägst bilanvändning per person (Sundbyberg, Tyresö, Lidingö) var den genomsnittliga körsträcka 448 mil per person. Dessa kommuner är alla tätbefolkade storstadsområden. De tre kommuner med högst bilanvändning (Hedemora, Nordanstig, Ragunda) är alla glesbygdskommuner med en genomsnittlig körsträcka på 989 mil per person. Figur 20 visar sambandet mellan – logaritmen av – befolkningstäthet och antalet körda mil



Figur 20 Samband mellan befolkningstäthet (invånare per kvadratkilometer, logaritmisk skala) och genomsnittlig körsträcka i mil per person 2018.

Källa: SCB och egna beräkningar.

per person 2018. En linjär regression av dessa data visar ett mycket signifikant negativt samband. I en kommun med dubbelt så hög befolkningstäthet är den genomsnittliga körsträckan per person och år 30 mil kortare.

Det faktum att invånare i glesbygd kör fler mil med bil betyder också att de påverkas mer av bränsleskatter. En enkel överslagsberäkning leder dock till slutsatsen att skillnaderna i skattebelastning inte är så stora att de inte skulle kunna neutraliseras. I kommunen med den högsta bilanvändningen (Hedemora) var den genomsnittliga körsträckan 1 004 mil per person. Med en förbrukning på 0,7 liter bensin per mil och en koldioxidskatt på 2,62 kronor per liter blir kostnaden för denna skatt 1 840 kronor. Med momsen inräknad ökar kostnaden med 25 procent till 2 300 kronor. I Sundbyberg var körsträckan 407 mil, vilket genererade en koldioxidskatt på 933 kronor inklusive moms, alltså drygt 100 kronor lägre per månad än i Hedemora. Rimligen är de ekonomiska skillnaderna mellan stad och landsbygd dominerade av andra faktorer.

När det gäller beskattning av bensin och diesel är energiskatten betydligt högre än koldioxidskatten. De samhällsekonomiska kostnader som energiskatten syftar till att motsvara, till exempel lokala miljöeffekter, skiljer sig mellan stad och landsbygd och skulle kunna motivera olika beskattning.

Den regionala omfördelning som sker genom koldioxidskatten kan alltså kompenseras med andra transfereringar. Detta bör då göras på ett sätt som inte förtar drivkraften att minska användningen av fossila bränslen. Generellt är det en dålig idé att undanta vissa grupper från skatten av fördelningspolitiska eller regionalpolitiska skäl. I stället bör compensationen ske genom en generell transfereering – eller allmän skattenedsättning – i glesbygden. Man skulle kunna argumentera för att drivkraften för en del av anpassningen

till klimatneutralitet, nämligen flytt till mer tätbebyggda delar av landet, försvagas om landsbygdsbefolkningen får skattelättnader som kompensation för höjda koldioxidskatter. Rimligen är detta dock ett lågt pris att betala för en bred acceptans för koldioxidbeskattningen. Som vi sett är sambandet mellan körsträcka och befolkningstäthet inte särskilt starkt. Dessutom är sannolikt andra faktorer betydligt viktigare för drivkrafterna för och hindren mot att flytta till tätbefolkade områden.

Vår slutsats är därmed att fördelningspolitiska konsekvenser, oavsett om det avser olika inkomstgrupper eller stad och land, kan hanteras med de fördelningspolitiska instrument som existerar i västvärlden. Den strukturomvandling som följer av omställningen till ett klimatneutralt samhälle förefaller heller inte vara mer komplicerad i detta perspektiv än annan strukturomvandling som våra länder gått igenom. Icke desto mindre finns det stor anledning att ta fördelningsfrågorna på allvar.

I många länder finns ett starkt motstånd hos allmänheten mot högre skatter och höjda priser, inte minst på drivmedel. Detta har manifesterats genom flera nyligen genomförda demonstrationer, exempelvis i Bulgarien, Indien och inte minst 2018 i Frankrike, då »de gula västarna« protesterade mot höjda bensinpriser. Även i Sverige har det förekommit protester mot bränsleskatterna. En rapport från Naturvårdsverket visar att även den svenska allmänheten generellt inte stöder ytterligare skatter och avgifter som genomförs för att minska utsläpp av växthusgaser (Naturvårdsverket, 2018).

Vad kan man då göra i praktiken för att öka det offentliga stödet för en effektiv klimatpolitik? Viktigt är att de fördelningspolitiska konsekvenserna redovisas på ett trovärdigt sätt. Forskning – främst från psykologi och beteendekonometri – visar att klimatpolitikens utformning spelar roll för allmänhetens uppfattning och stöd. Ex-

empelvis har styrmedel som uppfattas som rättvisa större sannolikhet att accepteras. Bensinskatten som diskuterades i Frankrike sågs som orättvis eftersom den skulle slå hårt mot låginkomsttagare och glesbygdsbefolkning. De föreslagna höjningarna handlade om i storleksordningen 50 öre per liter bränsle. Även om förslaget också innebar successiva och förhållandevis snabba ökningar av skatten borde de fördelningspolitiska konsekvenserna inte vara svåra att hantera. Men en sådan omfördelning kan behöva göras, och i en situation med bristande förtroende för »den politiska eliten« räcker det kanske inte med att lova att det kommer att ske.

En intressant jämförelse är den koldioxidskatt som nyligen införts i Kanada och som fått bred acceptans. Merparten av skatteintäkterna betalas tillbaka till medborgarna under benämningen »people's payout« (Carattini, Kallbecken och Orlov, 2019). Forskning visar också att allmänhetens attityder till skatter generellt följer vissa mönster, där de flesta människor underskattar nyttan av skatten – här i termer av lägre utsläpp – och överskattar skattens negativa sidor, exempelvis ökade kostnader och förlorade arbetstillfällen. Acceptansen brukar dock öka när skatten väl är på plats då faktiska för- och nackdelar realiserar. Därför kan det vara smart att implementera en skatt så att nivån på skatten höjs gradvis (Weber, 2015).

Ett annat sätt att öka acceptansen för skatter och en striktare klimatpolitik är att fundera på hur man kommunicerar kring sakfrågan, exempelvis hur skatten ska motiveras. Vi människor har problem med att tolka och relatera till sannolikheter och abstrakta beskrivningar och känner därför en viss distans till klimatförändringar och dess effekter. För att vi ska kunna överkomma denna distans och ta till oss den vetenskapliga motiveringen behöver den därför vara mer personlig och konkret (Stoknes, 2015). Dessutom kan kommunikation användas för att rätta till typiska missuppfattning-

ar som råder hos allmänheten, som att det till exempel går att kompensera utsläppen från ett års bilpendling med vegetarisk kost. Dessa missuppfattningar i sin tur kan nämligen påverka tendenser att stödja klimatpolitiska åtgärder (van der Linden med flera, 2015).

Avslutningsvis noterar vi likheten mellan resonemangen i detta avsnitt och de om diskontering av framtida generationers välfärd. Vad som är en rättvis fördelning mellan olika grupper av individer är en värderingsfråga på samma sätt som fördelningen mellan olika generationer är det. Därmed kan man som forskare och rådgivare välja mellan två ansatser. Antingen kan man utgå ifrån den värdering som explicit eller implicit kommer till uttryck i valet av annan politik, till exempel socialförsäkringssystem, men också utvecklingsbistånd och andra transfereringar till fattigare länder. Eller så kan man argumentera för en annan värdering.

Liksom när det gäller de intergenerationella frågorna bör man då vara konsistent. Om man argumenterar för att vi bör ha en kraftfull klimatpolitik för att hjälpa befolkningen i fattiga länder, bör man också vara positiv till andra sätt att hjälpa dessa människor. På samma sätt bör en omsorg om glesbygden när det gäller effekter av klimatpolitiken motivera andra regionalpolitiska åtgärder som rimligen kan tänkas vara mer effektiva än att avstå från en ambitiös klimatpolitik.

5.4 Osäkerhet

I kapitel 2 har vi beskrivit att osäkerheten om hur stora klimatförändringarna blir för en given utsläppsbana är mycket stor. I kapitel 3 har vi redovisat att osäkerheten också är mycket stor om hur stora konsekvenserna för vår välfärd blir för en given grad av klimatförändringar.

Beslut under osäkerhet är ett standardområde inom nationalekonomi, men de gängse metoderna bygger på att statistiska sannolikheter kan anges för olika utfall. Att ansätta sådana osäkerheter är svårt eller omöjligt. Olika modeller ger olika resultat och olika forskare är oense om vilken modell som är den rätta.

Vi menar att klimatekonomimodeller av den typ vi diskuterat här ändå kan ge värdefulla bidrag till diskussionen om vilken klimatpolitik som bör föras. Givet den stora osäkerhet som finns och givet att beslut om politik behöver fattas i närtid, inser man att den valda politiken kan komma att i efterhand visa sig vara fel. Man kan hoppas på det bästa och införa en måttlig klimatpolitik som senare visar sig ha varit otillräcklig. Man kan också införa en mycket kraftfull politik som i efterhand visar sig vara överdriven.

Hassler, Krusell och Olovsson (2018) använder en IAM för att analysera vad sådana politikmisstag kostar ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Det första misstaget antar att politiken baserar sig på den lägsta klimatkänsligheten i IPCC:s osäkerhetsintervall, det vill säga 1,5 grader per dubbling av koldioxidhalten, och på en låg ekonomisk känslighet (de lägsta känsligheterna i en studie liknande den som redovisas i avsnitt 3.3). I detta fall är den optimala skatten i modellen endast cirka 20 kronor per ton koldioxid.

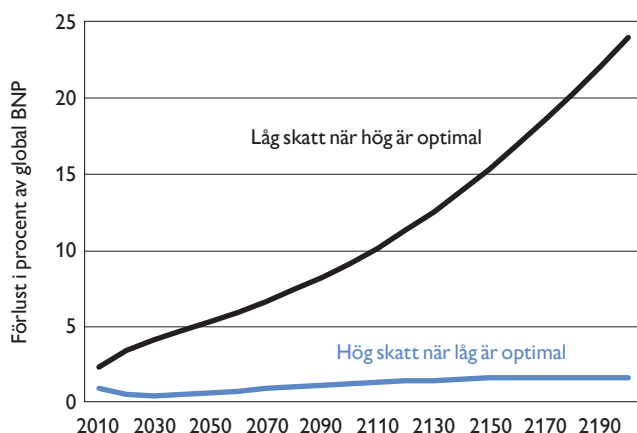
Anta att detta visar sig vara fel, och att klimatkänsligheten i verkligheten är den högsta i IPCC:s intervall (4,5 grader), och den ekonomiska också är bland de högsta i tillgängliga studier. I så fall borde den globala skatten ha satts till cirka 700 kronor per ton koldioxid.² Det omvända misstaget är att sätta skatten till 700 kronor per ton koldioxid, medan det i verkligheten visar sig att klimatkäns-

2. Detta under antagandet om en diskonteringsränta på 1,5 procent per år. Med en lägre ränta blir rätt skatt betydligt högre.

ligheten och den ekonomiska känsligheten är låg så skatten borde ha varit 20 kronor.

Kostnaderna för de två politikmisstagen beräknas i modellen och visas i figur 21 som förlusten i procent av BNP. Den svarta kurvan visar förlusten av en för svag klimatpolitik när den kraftfulla vore den riktiga. Den blå kurvan visar kostnaden av det motsatta felet, en kraftfull klimatpolitik som senare visar sig överdriven. Figuren visar på en stor asymmetri. Att ta i för mycket har små kostnader, men motsatsen är mycket dyrt.

Resultat som detta är relevant information också om det är svårt att ansätta sannolikheter till de olika utfallen. Försäkringspremien mot hög klimatkänslighet och stora skador är låg. En viktig kvalifikation är dock här att kostnaden för att bedriva en alltför kraftfull klimatpolitik är låg, givet att den baseras på en global koldioxid-



Figur 21 Förlust av BNP vid olika politikmisstag.

Källa: Hassler, Krusell och Olovsson (2018).

skatt. Andra sätt att begränsa klimatförändringarna kan förstås vara mycket dyrare.

Självklart ger den typ av resultat som vi just redovisat i bästa fall inte mer än indikationer på vad som är rätt politik. Martin Weitzman har i ett antal artiklar fört fram en mer pessimistisk syn på användbarheten av sådana kalkyler. Han menar att så kallad svansrisk är den viktigaste komponenten för att bestämma vad som är rätt klimatpolitik och nivå på koldioxidskatten (se till exempel Weitzman, 2014). Enligt detta argument är det mycket osannolika men katastrofala möjligheter som är de viktigaste för att avgöra vilken politik som bör föras. Ett sätt att uttrycka detta är att när vi studerar alltmer osannolika men alltmer ödesdigra scenarier minskar sannolikheten långsammare än allvarlighetsgraden i konsekvenserna stiger. Därför är det just de extremt osannolika men mycket allvarliga scenarierna som bör bestämma politiken. Samtidigt är det just de extremt osannolika scenarierna som är svåra att beräkna såväl sannolikhet för som konsekvenser av. Resultatet av resonemanget blir att förordna en extrem försiktighetsprincip. Samtidigt går det inte att undanröja alla risker, så resonemanget riskerar att bli meningslöst när det gäller att ge råd.

Vår syn på detta är mindre pessimistisk än – vår beskrivning – av Weitzmans. Kalkyler som dem vi redovisat är rimligen betydelsefulla när det gäller att ge råd till politiker. De talar för att försäkringspremien är förhållandevis liten för att kraftigt minska risken för allvarliga konsekvenser orsakade av utsläpp av växthusgaser. Även om den föreslagna politiken inte kan utesluta extremt osannolika och potentiellt katastrofala utfall är den rimligen värd att genomföra.

Omställning av energisystemet

6.1 Sammanfattning av kapitlet

Givet en återstående kolbudget, det vill säga hur mycket ytterligare koldioxid som kan släppas ut, uppstår frågan om hur snabbt olika fossila bränslen bör fasas ut. Ett entydigt resultat från forskningen är att det samhällsekonomiska värdet av att använda konventionell olja och gas är mycket större än att använda kol. Eftersom det finns mycket stora kolreserver är det helt avgörande att det mesta av dessa stannar i jorden. Den konventionella oljan och gasen kan också förmodligen användas tills de tar slut utan att detta hotar klimatet.

I Sverige och andra länder kommer en omställning till klimatneutralitet med stor sannolikhet att innebära att det framtida elsystemet innehåller mycket mer icke-planerbara energikällor, såsom sol och vind. Allt annat lika leder detta till mer variabla priser och till att tillgången på effekt ibland överstiger efterfrågan, också när priset är noll, medan den under andra tidpunkter blir otillräcklig. Detta ökar dock värdet av åtgärder som lagring, variabel produktion och ökad flexibilitet i efterfrågan. Införandet av sådana åtgärder begränsar prisvariationen.

Förutsättningarna för fortsatt energieffektivisering av ekonomin är stora, men i sig är sådana åtgärder ineffektiva när det gäller att nå klimatneutralitet. I stället behövs teknik och bränslebyte samt infångning och lagring av koldioxid. I Sverige är förutsättningarna för vindkraft goda. Solenergi står för närvarande för en blygsam andel av energitillförseln. Den är i storleksordningen ett par procent av den från vindkraft och kommer förmodligen att utgöra en nischprodukt för decentraliserade elsystem, till exempel hos enskilda hushåll.

Biobränsle är en viktig del av den svenska energitillförseln och bidrar med cirka 25 procent av den totala tillförda energin. Förbränning av biobränslen ger utsläpp av koldioxid med samma effekter på klimatet som koldioxid från fossila källor. Skillnaden är att tillväxt av skog tar upp koldioxid från atmosfären. I Sverige ger det aktiva skogsbruket möjligheter att öka mängden kol som är inlagrad i skog och mark samtidigt som det finns potential att öka biomassauttaget över tid. Klimatfördelarna med importerat biobränsle är dock mycket osäkra. Systemet med reduktionsplikt, det vill säga tvingande inblandning av biodrivmedel, är därför förenat med betydande risker.

Kärnbränslen står i Sverige för drygt 30 procent av energitillförseln och kärnkraft för 40 procent av elproduktionen. Nedläggningsbeslut har fattats för reaktorerna Ringhals 1 och 2. Det är inte säkert att dessa beslut är i överensstämmelse med samhällsekonomiska och klimatpolitiska hänsyn.

Att fånga in och binda koldioxid kommer att vara en central del för att nå högt ställda, globala klimatmål. Förutsättningarna för sådan inbindning är goda i Sverige, inte minst när det gäller inbindning i skog och mark. Också potentialen för att samla in och lagra koldioxid med så kallad CCS-teknik från stora utsläppskällor som

kraftvärmeverk, cement och stålframställning är stor i Sverige. Kostnaden per insamlat ton koldioxid är med nuvarande teknik i samma storleksordning som den svenska koldioxidskatten. Nuvarande pris på utsläppsrätter är dock för lågt för att göra denna teknik kommersiellt lönsam.

6.2 Vilka utsläpp bör minska mest och snabbast?

I avsnitt 2.5 visade vi att en bra approximation av resultaten från stora kopplade klimatmodeller är att den globala medeltemperaturen är proportionell mot de historiskt ackumulerade utsläppen. Av detta följer direkt två slutsatser. För det första, oavsett vilken global medeltemperatur man anser är den högsta som bör tillåtas, måste användningen av fossilt bränsle förr eller senare upphöra eller kompenseras med CCS (»Carbon Capture and Storage«). För det andra, givet ett mål för en viss maximal global medeltemperatur kan man räkna ut en återstående kolbudget, det vill säga hur mycket ytterligare koldioxid som kan släppas ut. Som vi också påpekat är dock osäkerheten om storleken på proportionalitetsfaktorn mellan ackumulerade utsläpp och temperatur mycket stor. Oaktat denna osäkerhet är den ackumulerade utsläppsmängden den viktigaste faktorn som människan kan styra över för hur stora klimatförändringarna blir.

Givet en återstående kolbudget återstår frågan om hur denna ska fördelas mellan olika typer av fossilt bränsle. Vilken typ av bränsle ska fasas ut först och vilken sist? En robust slutsats i analyser av den samhällsekonomiskt bästa användningen av den återstående koldioxidbudgeten är att konventionell olja har ett mycket

större samhällsekonomiskt värde än kol. Det betyder att vi i möjligaste mån bör fylla den globala kolbudgeten med olja, inte kol.

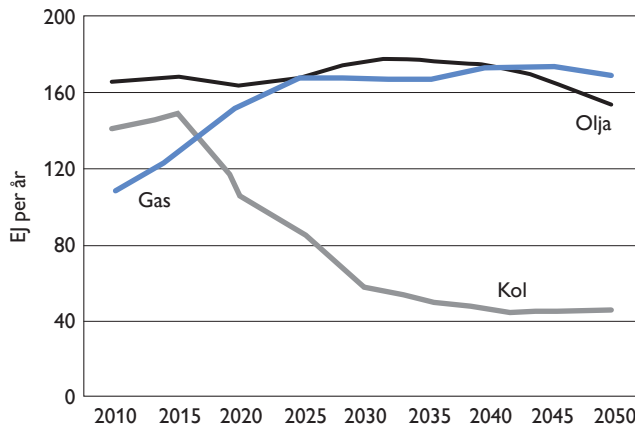
Det är inte svårt att förstå detta. Kostnaden för att utvinna och transportera kol ligger nära marknadspriset på kol. Det betyder att om klimatskadan som orsakats av koldioxidutsläppen tas med i beräkningen är det inte samhällsekonomiskt lönsamt att använda kol. Kolanvändningen bör alltså snabbt minska. Som beskrivits i kapitel 5 kan marknaden uppnå detta om koldioxidutsläpp beläggs med en skatt som motsvarar klimatskadan. Eftersom kolproduktion har små ekonomiska marginaler kommer även en rätt måttlig skatt att göra kolproduktion olönsam. Ett annat sätt att uttrycka detta med de begrepp vi använde i avsnitt 4.3 är att utbudselasticiteten för kol är hög. Därmed har en koldioxidskatt stor effekt på användningen av kol. Självklart innebär det inte att utfasningen av kol i länder som Kina och Indien är ett litet problem. Inte heller är det något som kan ske mycket snabbt.

Konventionell olja och gas är däremot billiga att både utvinna och transportera i förhållande till marknadspriset. Det betyder att sådana bränslen är samhällsekonomiskt lönsamma att använda även om deras klimatskador inkluderas. På marknaden kommer de därmed att användas, även om de beläggs med en skatt som motsvarar deras klimatskada. Detta är precis vad som är syftet med koldioxidskatten: att se till att samhällsekonomiskt icke-lönsamma bränslen fasas ut medan sådana som är samhällsekonomiskt lönsamma används.

Det är också viktigt att notera att mängden konventionell olja och gas förmodligen inte är så stor att en användning av alla sådana reserver skulle leda till oacceptabelt stora utsläpp. Det är svårt att uppskatta mängden konventionell olja och gas, och definitionerna varierar mellan olika källor. Owen, Inderwildi och King (2010)

uppskattar mängden konventionell olja till 850–900 miljarder fat, motsvarande cirka 120 GtC. Om vi använder den approximation från avsnitt 2.5 som säger att den globala medeltemperaturen är proportionell mot de ackumulerade utsläppen med en faktor 0,8–2,5 grader per 1 000 GtC, skulle förbränningen av denna olja ge en ökning av den globala medeltemperaturen med 0,1–0,3 grader.

Figur 22 kommer från ett av de mest välkända bidragen till forskning kring denna fråga, nämligen McGlade och Ekins (2015). Här har forskarna utgått från en koldioxidbudget som med hög sannolikhet leder till att den globala medeltemperaturen inte ökar med mer än 2 grader. De har sedan utifrån data om utvinningskostnader, användarvärden och klimatskador räknat ut den samhälls-ekonomiskt optimala mixen av kol, gas och olja. Figuren visar att



Figur 22 Samhällsekonomiskt optimal global mix av fossila bränslen om två-gradersmålet ska nås. EJ betyder eka joule, vilket är 10^{18} joule. 100 EJ motsvarar ungefär 2,5 miljarder ton (Gt) olja.

Källa: McGlade och Ekins (2015).

Tabell 3 Förändring av energianvändning för att hålla global uppvärmning under 1,5-gradersmålet.

Bränsle	2030	2050
Kol	-75	-73
Olja	-3	-81
Gas	+33	+21

Källa: IPCC (2018).

kolanvändningen faller snabbt. Kol ersätts delvis av gas, vars förbrukning stiger. Olja används ungefär i samma utsträckning som i dag, eftersom det finns relativt stora tillgångar som är billiga att utvinna.

I IPCC:s rapport om 1,5-gradersmålet finns en liknande kalkyl (se tabell 3). I denna redovisas fyra möjliga scenarier för att nå målet att den globala uppvärmningen hålls under 1,5 grader. I ett scenario, »middle-of-the-road«, som många bedömer som det mest realistiska av de fyra, faller också kolanvändningen snabbt, medan oljeförbrukningen börjar fasas ut runt 2030 och gasanvändningen först efter 2050.¹ I kalkylen krävs också en stor användning av CCS. Eftersom målet här är mer ambitiöst än i McGlade och Ekins (2015) kommer oljan att fasas ut tidigare i IPCC:s scenario, men resultatet att kolet fasas ut först är detsamma. Notera dock att det här handlar om ett globalt perspektiv. I enskilda regioner kan utfasningen gå snabbare eller långsammare.

1. Också i de andra tre scenarierna faller kolanvändningen snabbt medan barnorna för olje- och gasanvändning samt CCS varierar.

6.3 Omställning och elmarknaden

En omställning till ett klimatneutralt samhälle innebär, som beskrivits ovan, att det framtida elsystemet kommer att innehålla betydligt större mängder icke-planerbar elproduktion, till exempel vindkraft som bara kan produceras när det blåser. Detta har stor betydelse för elmarknaden i sin helhet, alltså också för andra elproducenter och för konsumenterna.

Redan i dag har variationerna i elproduktion ökat märkbart, trots att vi i Sverige har kärnkraft och vattenkraft med stora vattenreservoarer som innebär att merparten av elproduktionen fortfarande är planerbar. En anledning till detta är att två kärnkraftsreaktorer nyligen fasats ut. En annan är att den svenska elmarknaden är ihopkopplad med den nordiska och med Tyskland och Polen. I den mån dessa länder får mer icke-planerbar elproduktion, främst i form av vindkraft, kommer variationer i produktion i ökande grad att påverka tillgången och därmed priset på elkraft i Sverige.

Sammankopplingen mellan länder gör det möjligt att hantera skillnader mellan utbud och efterfrågan i ett land med export eller import. Men när det gäller att kompensera för variationer i vindkraft är variationerna ofta positivt korrelerade över gränserna. När det är blåsig i Sverige är det normalt även blåsig i Danmark. Redan med dagens andel av icke-planerbar elkraft är det inte ovanligt med priser på elkraft som till och med är negativa. År 2018 hade Tyskland negativa elpriser under 134 timmar.²

Variationer i elpriset leder till problem av flera slag. För konsumenterna skapas osäkerhet om kostnaden och behov av att planera sin elanvändning. För producenter av elkraft skapas osäkra inkom-

2. <https://www.cleanenergywire.org/news/german-wholesale-power-prices-turn-negative-less-often-2018>.

ter och kostnader för att reglera produktionen för dem som kan göra detta. Med mer icke-planerbar elkraft kommer en större andel av intäkterna till producenten att genereras under dagar med höga priser eller timmar med extremt höga priser. Antalet sådana dagar och hur högt priset går är mycket svårare att prognosticera än det genomsnittliga priset. Detta betyder att investeringar i kraftproduktion som inte lätt kan variera sin effekt blir mer riskabla. Detta gäller vindkraft men också till exempel kärnkraft. Allt annat lika kommer därmed avkastningskraven att bli högre ju mer icke-planerbar kraft som finns i elsystemet.

En annan utmaning är att vindkraft inte bidrar med vad som ofta kallas svängmassa. Denna har att göra med att många elkonsumenter, främst inom industrin, är beroende av att frekvensen i växelströmmen i nätet (50 Hz) hålls mycket stabil. Det faktum att turbinerna i vatten- och kärnkraftverk är mycket tunga hjälper till att upprätthålla en jämn frekvens – ungefär som svänghjulet i en motor. Med mindre andel av dessa kraftslag i energisystemet riskerar svängningarna att bli oacceptabelt stora. Olika tekniska lösningar för detta problem finns men är förstås inte gratis.

Sammantaget kan vi säga att i Sverige är utmaningarna i ett system med stor andel icke-planerbar elproduktion i form av vind och solkraft följande:

1. tillgången på effekt under kalla vinterdagar när solen inte skiner och när det är svaga vindar
2. överskott på effekt vid tidpunkter när förbrukningen är låg
3. kraftiga prisvariationer
4. svårigheter med frekvenshållning.

Dessa utmaningar behöver adresseras både med politik och marknad. Vi ser en framväxt av långsiktiga avtal mellan producenter av

vindkraft och stora användare där producenterna garanteras ett givet pris under lång tid, i vissa fall upp till ett par decennier. Sådana kontrakt innebär förstås inte att risken försvinner, men den hamnar hos de mest risktåliga investerarna. Den negativa effekten av prisosäkerhet på investeringsviljan kan därmed minimeras.

Variationerna i pris skapar incitament att sälja el när priset är högt och köpa när det är lågt. Lönsamheten i att investera i lagringskapacitet ökar därmed. Givet väl konstruerade marknader kan man förvänta sig att dessa privata vinstintressen sammanfaller med de samhällseliga genom att bidra till mindre variabilitet i elpriset. Mer generellt skapar prisvariationerna incitament att använda tekniker som gör det möjligt att planera användningen av el. Sådana åtgärder kan benämnas variationshantering (se Göransson och Johnsson, 2018).

Variationshantering innebär bland annat att man utnyttjar el från variabel kraft som annars skulle riskera att spillas, det vill säga under perioder med god vindtillgång – eller från annan variabel kraft – samt låg efterfrågan. För att detta ska påverka enskilda användare måste de märka av prissignalen och reagera på den. Det finns en mängd möjligheter att automatisera detta, men det fordrar nya former av sektorssamverkan, exempelvis mellan elproduktionssektorn och transportsektorn där kopplingen kräver att smarta styrsystem med IT utnyttjas.

Exempel på tekniker som gör det möjligt att utnyttja elkraft som annars skulle riskera att spillas, det vill säga under perioder med god vind- och soltillgång samt låg efterfrågan, är vätgasproduktion med tillhörande vätgaslager för industri och transporter, flyttning av värmelast i form av styrning av värmelast och värmepumpar, smart laddning av elfordon, urladdning av elfordon (så kallad »Vehicle to Grid«, V2G) samt flexibla biobränsleeldade termiska kraft-

verk. Ett exempel på utvecklingsprojekt i Sverige är Hybritprojektet där Vattenfall, LKAB och SSAB utvecklar vätgasbaserad stålproduktion. Vätgasen produceras med elkraft och eftersom gasen kan lagras kan produktionen anpassas så att perioder med särskilt höga elpriser undviks. Stålproduktionen blir därmed inte endast fossilfri utan kan ske på ett sätt som innebär större flexibilitet i elanvändningen över tid.

Det pågår mycket forskning och utveckling när det gäller tekniker som ökar flexibiliteten i elanvändningen. Det finns anledning att vara optimistisk. Inte minst eftersom många andra länder kommer att ha större utmaningar än Sverige på detta område, och därmed starka incitament att driva på utvecklingen. Den tekniska utvecklingen av sol- och vindenergi kanske inte löser problemen med hur vi ska få tillräckligt med el under årets kallaste dagar. Däremot är det inte otänkbart att den kan skapa en situation där elenergi är mycket billig under merparten av året. Svensk industri är ännu inte anpassad för en sådan situation men flexibiliteten på lång sikt bör inte underskattas.

Även när det gäller problem med frekvenshållning kan vindkraften med hjälp av ny teknik bidra. Detta kostar dock pengar. Marknaden behöver därmed förändras så att leverantörer av svängmassa får betalt för detta.

6.4 Vilka tekniker är rimliga för att hejda klimatförändringarna?

På ett övergripande plan har vi argumenterat för att det centrala verktyget för att hantera klimatförändringarna är att se till att alla utsläpp blir prissatta. En prissättning i nivå med utsläppens skade-

verkningar leder till att fossilbränsleanvändningen upphör på sikt. Det kommer att ske genom direkta marknadsmekanismer men också genom att teknikutvecklingen påverkas i hållbar riktning. Det är ändå väsentligt att diskutera hur denna omställning kommer att ske konkret. Omställningen kan inte helt överlämnas till marknaden utan politiken kommer att behöva vara delaktig på olika sätt. I detta avsnitt diskuterar vi därför vilka tekniker som vi bedömer kommer att vara betydelsefulla för att nå målet om klimatneutralitet.

På en övergripande nivå kan vi dela in sätten att nå klimatmålen i tre grupper:

- använda mindre energi
- byta teknik och bränsle
- fånga in och binda koldioxid.

6.4.1 Att använda mindre energi

Det mest effektiva sättet att minska energianvändningen är att öka dess pris. Alternativet att subventionera effektivisering utan att lägga skatt på användningen riskerar att bli verkningslöst. Orsaken är att effektiviseringar leder till att priset minskar på de tjänster energin levererar. Denna prisminskning ökar efterfrågan på dessa tjänster, och därmed energianvändningen; man får en så kallad rekyl-effekt. Ibland kallas denna effekt Jevons paradox efter den brittiska ekonom som på 1800-talet noterade att när kolanvändningen blev mer effektiv så ökade den. Benämningen paradox är kanske inte så välmotiverad. Det är naturligt att användningen av något som blir billigare ökar. Hur mycket beror på hur priskänslig efterfrågan är, men mycket talar för att energieffektiviseringar i sig är tandlösa instrument för att nå klimatneutralitet.

Ökade energipriser leder i sig till effektiviseringar, vilket är en

viktig anpassningsmekanism. Genom att mängden energitjänster, till exempel uppvärmning eller transportkilometer, ökar per energienhet minskar de negativa konsekvenserna. Hassler, Krusell och Olovsson (2019) visar att denna anpassningsmekanism varit kraftfull i USA under efterkrigstiden. Resultaten pekar på att ökade energipriser leder till en omdirigering av forskning och utveckling som gör att utgifterna för energi som andel av inkomsterna i ekonomin som helhet på sikt är konstant.

Med andra ord, för varje procents ökning i priset ökar energieffektiviteten med 1 procent. Det verkar inte uppenbart att subventioner till teknikutveckling för energieffektivitet är särskilt viktiga på klimatområdet. Med en korrekt prissättning av energi, inkluderande pris för klimatskador och andra negativa externaliteter, bör tillräckliga incitament för energieffektiviseringar finnas. Detta utesluter förstås inte att kunskapsluckor och andra orsaker gör att också lönsamma energieffektiviseringar inte kommer till stånd utan andra åtgärder, till exempel informationskampanjer.

6.4.2 Att byta teknik

Att byta teknik i energisystemen är en närmast självklar nödvändighet för att världen ska kunna uppnå klimatneutralitet. En central del i detta är att byta fossila bränslen mot förnybara, som vind- och solkraft. I Europa och på andra håll i världen har det skett en kraftig expansion av förnybar energi. I vissa länder, som Tyskland, Spanien och Danmark, står redan förnybar energi för en avgörande del av landets elproduktion. År 2018 kom till exempel runt 40 procent av elkraften i Tyskland från förnybara källor. Som vi diskuterat i avsnitt 4.4 blir det dock svårare att substituera den fossila elkraften ju större andelen icke-planerbar energi är. Mot detta står dock en

snabb teknisk utveckling både vad gäller den förnybara kraften i sig och tekniker för att hantera den ökande variabiliteten med bland annat lagring, utjämnande handel och större efterfrågefleksibilitet.

I Europa, som totalt sett inte har så stora reserver av fossila bränslen, finns det fog för att säga att de förnybara elproduktions-teknikerna redan varit viktiga för att ersätta fossila bränslen (Johnson, Kjärstad och Rootzén, 2019). Men i utvecklingsländer och ny-industrialiserade länder, som Kina och Indien, med stora inhemska reserver av fossila bränslen har det, som beskrivits i avsnitt 4.4, varit både en stark tillväxt – från låga nivåer – i förnybar energi samt en ännu starkare tillväxt – från höga nivåer – i användningen av fossila bränslen.

Kärnkraft är ett alternativ som kan ersätta fossilbränslebaserad elproduktion med ungefär samma egenskaper, det vill säga att erbjuda planerbar elkraft med hög utnyttjandetid. Kärnkraften har flera utmaningar: det finns i många regioner ett motstånd mot den, det tar lång tid att bygga kärnkraftverk och investeringskostnaderna är mycket höga. Med varierande och svårprognosticerade elpriser medför investeringar i kärnkraft en hög finansiell risk.

Det sker en inte obetydlig kärnkraftsutbyggnad i länder som Kina, Indien och Sydkorea. I dessa länder är dock marknaden anorlunda; där staten har en betydligt större roll jämfört med Europas avreglerade marknad. För att kärnkraft ska kunna ge ett betydande bidrag till minskad klimatpåverkan från det globala energisystemet är det troligt att det krävs att kärnkraftverken kan göras i mindre och mer standardiserade enheter för att få ner investeringskostnaden, ledtiderna och den finansiella risken. Detta är en av huvudpunkterna i MIT-studien *The Future of Nuclear Energy* (MIT, 2018), som är den tredje studien i ämnet som MIT ger ut. Sverige bedrev omfattande kärnkraftsforskning tills den lades ned på 1980-ta-

let som en konsekvens av att det blev förbjudet att förbereda uppförande av kärnkraftsanläggningar i Sverige. Lagen togs dock bort 2006.

En viktig aspekt när det gäller ny teknik är om den kommer att ta nya platser i anspråk eller om den kan uppföras på mark som frigörs på grund av teknikbytet. När det gäller landbaserad vindkraft är tillgången begränsad på bra vindlägen där vindkraft accepteras. Det kan leda till att den kraftiga expansionen av vindkraft stannar av och att vi i stället får en s-formad kurva där utbyggnaden planar ut när bra vindlägen börjar ta slut. Det är alltså inte främst en fysisk brist utan mer en fråga om var det finns acceptans för vindkraft. Denna utveckling har resulterat i att man varit tvungen att placera vindkraftverk på mindre gynnsamma platser, till exempel i skogbevuxna områden.

Inte minst i Europa har kolbränslebaserad elproduktion bytts ut mot naturgas som bränsle. Då vinner man två saker, dels innehåller naturgas mindre kol än bränslet kol – det vill säga det har ett högre väteinnehåll och ger därför mindre koldioxid per energienhet – och dels eldas naturgas vanligen i kraftverk med betydligt högre verkningsgrad än kolkraftverk. Naturgas eldas i så kallade naturgaskombianläggningar (som innehåller både en gasturbin och en ångturbin), medan kol vanligen eldas i så kallade kolkondenskraftverk (endast ångturbin). Omställning från kol till gas har skett under de senaste decennierna i framför allt Storbritannien och södra Europa.

Även Sverige har viss andel naturgas men begränsat till västkusten där den transporteras med pipeline till förbrukarna (naturgasen importeras från Danmark). Naturgaskombianläggningar finns i Göteborg och har tidigare använts i Helsingborg. Naturgasen används även inom industrin. Runt om i världen blir det allt vanligare med LNG-terminaler som kan ta emot LNG (»Liquified Natural

Gas») från fartygstransport. En kritik mot naturgas genom pipeline är att den riskerar leda till ökat bränsleberoende. Ett aktuellt exempel är Nordstream där den nu aktuella Nordstream II kommer att göra Tyskland och Europa mer beroende av rysk naturgas.

6.4.3 Tekniker för ny fossilfri energitillförsel i Sverige

VINDKRAFT

De kommande åren fram till 2022 förväntas vindkraften mer än fördubblas från 16,4 TWh (2018) till 40 TWh (Svensk Vindenergi, 2019). Detta kan jämföras med de 10 TWh som varit den ungefärliga elproduktionen i de två reaktorer i Ringhals som tas ur bruk 2019 och 2020.

Vindkraftens kostnader har framför allt minskat på grund av ökad storlek på vindkraftverken – både högre torn och ökad rotordiameter – samt teknisk utveckling som medgett att antalet fullasttimmar ökat från runt 2 500 timmar till uppemot 4 000 timmar för ny landbaserad vindkraft i gynnsamma lägen. När det gäller själva investeringskostnaden finns det tendenser till att den slutat minska. Men på grund av ovannämnda teknikutveckling och ökad storlek på vindkraftverken har alltså antalet fullasttimmar ökat markant, och därmed har elproduktionskostnaden fortsatt att minska. Den ligger i dag på under 30 öre per kwh för landbaserad vindkraft.³ En effekt av att antal fullasttimmar ökat är att svängningarna i vindkraftens produktionsvolym blivit betydligt brantare. Ett modernt vindkraftverk levererar full effekt vid lägre vindstyrka än tidigare, vilket leder till att ökningen från noll till full effekt går snabbare. Detta ställer större krav på det omgivande energisystemets flexibilitet.

3. LCOE, det vill säga det pris per producerad kwh som krävs för lönsamhet.

SOLENERGI

I Sverige fanns 2018 drygt 410 MW solceller installerat, fördelat på lite mer än 25 000 solcellsanläggningar. Nästan hälften av dessa (180 MW) installerades under 2018 som ett direkt resultat av solcellsstöd samt minskade priser på solpaneler. I Sverige bedöms antal fullasttimmar för solpaneler vara runt 800. Fullasttimmar är definierat som antalet kwh som produceras per år dividerat med maxeffekten (i kW). Med en genomsnittlig produktion av 800 kwh per kW installerad effekt kan de installerade anläggningarna generera cirka 0,3 TWh.

Kostnaderna för solpaneler har minskat mycket snabbt. Det är dock viktigt att komma ihåg att själva solpanelen bara utgör ungefär halva kostnaden för ett solcellssystem, där den andra halvan utgörs av omvandlare och installationstekniska komponenter. Enligt den internationella samarbetsorganisationen för förnybar energi, IRENA (2018), förväntas installationskostnaderna stå för de största framtida kostnadsminskningarna. Fram till 2025 bedömer IRENA att investeringskostnaden för solpanelssystem kommer att minska med nästan 60 procent jämfört med 2015.

Lönsamheten för solceller är av naturliga skäl starkt beroende av i vilken region solpanelerna installeras. I Sverige produceras dessvärre lite solceller när elen är som dyrast, det vill säga under vinterhalvåret. I länder med mycket luftkonditionering är samvariationen mellan produktion och elpris mer gynnsam. Samtidigt är det svårt att bedöma vad betalningsviljan för decentraliserad solcellerproduktion blir, inklusive möjligheter till lokal energilagring i form av batterier. Det finns exempel på byggnader där solpaneler ersatt fasadmateriell vid renovering av flerfamiljshus och där solpanelerna inte var dyrare än konventionellt fasadmateriell.

Även om förhållandena för solenergi är mindre gynnsamma i

Sverige, speciellt vintertid, ökar installationen av solpaneler, och dessa kan komma att utgöra en nischprodukt för decentraliserade elsystem. I ett framtida elsystem där batterilager finns ute hos konsumenterna kan mer sol tas tillvara. Solen kännetecknas av att natt-dag-variationer i produktionen är stora – till skillnad från vind, där tidsskalan för variabiliteten är upp till flera dagar. Därför passar batterilager väl för att ta tillvara överskott som annars skulle behöva matas tillbaka till nätet. I dagsläget är batterier alltför dyra för att detta ska löna sig. I en framtid kan man tänka sig att solen lagras i bilar, både för att bidra till att ladda batteriet i bilen och för att batteriet kan laddas ur och bidra till hushållens elkonsumtion.

BIOBRÄNSLE

I Sverige står biobränslen för en stor och ökande andel av energitillförseln. År 2017 gav biobränslen 143 TWh, vilket motsvarade 25 procent av den totala tillförseln. Detta är en ökning från 15 procent år 2000.

Precis som andra organiska bränslen – till exempel kol och naturgas – ger biomassa som används för energiändamål upphov till utsläpp av koldioxid – och även andra växthusgaser. Växthuseffekten orsakas av koldioxidhalten i atmosfären oberoende av varifrån koldioxiden kommer. Kolatomerna i biomassan återgår till atmosfären från vilken de tidigare upptogs via fotosyntesen. Användning av biomassa för energiändamål påverkar alltså det naturliga kretsloppet av kolatomer mellan atmosfär och biosfär genom att inbindning och utsläpp av koldioxid förskjuts i tid. För att biobränsle ska kunna anses vara en hållbar energikälla måste detta kretslopp slutas. Det räcker alltså inte med att notera att biobränslet har sitt ursprung i biomassa.

Markanvändning och förutsättningar för skogsbruk och andra energigrödor skiljer sig kraftigt åt mellan olika regioner i världen,

inklusive mellan länder inom EU. I detta avseende utmärker sig Sverige och Finland med väletablerade skogsbruk med hög produktion, samtidigt som mängden kol som finns bunden i skog och mark ökar. Dessa skillnader är troligtvis en del av förklaringen till att det finns en debatt om huruvida skoglig bioenergi är en bra klimatåtgärd, och att det till exempel på EU-nivå hos vissa länder saknas förståelse för att det går att bedriva ett skogsbruk med omfattande biomassauttag samtidigt som det går att upprätthålla – eller öka – mängden kol som finns bunden i skog och mark. För en översikt över kunskapsläget om skogens roll för klimatet och de olika synsätt som finns på hur klimatnyttan ska bedömas hänvisas till Berndes med flera (2018).

Förutsatt att det finns en långsiktig strategi om ett hållbart skogsbruk där biodiversiteten säkerställs, kan det dessutom vara möjligt att acceptera att mängden kol som finns bundet i skogen – kolstocken – tillfälligt minskar, men att detta följs av att det på sikt etableras en produktionsskog med bibehållen eller ökad kolstock. Samtidigt är det väsentligt att notera att det tar lång tid för skog att växa upp. Bland annat detta gör det svårt att säkerställa att upptagen av kol blir så stora som utlovas.

I Sverige kan ett aktivt skogsbruk, inriktat på att upprätthålla hög tillväxt, ge möjligheter att öka både virkesförrådet och biomassauttaget under en lång tidsperiod. En ökad tillväxt ger ökad inbindning av koldioxid och möjliggör ökad skörd som ger klimatnytta både genom substitution av material med stor klimatpåverkan och substitution av fossila bränslen (se Börjesson, 2016, och Black-Samuelsson med flera, 2017). En betydande del av den svenska biobränsleanvändningen är dock importerad. Här finns stor anledning att vara orolig över att kretsloppet inte sluts. I så fall bidrar kanske biobränslena till att Sveriges officiella klimatmål nås, men inte till att klimat-

förändringarna motverkas. Här pågår dock ett internationellt arbete för att certifiera biomassa i syfte att säkerställa att global klimatnytta nås. I ett internationellt perspektiv är det inte troligt att biobränslen producerade via skogs- eller åkerbruk skulle kunna utgöra en betydande del i omvandlingen till en fossilfri transportsektor.

Det är viktigt att beakta hur värdet av biomassan kan komma att ändras över tid. I en värld som rör sig i enlighet med Parismålet – eller i ett Sverige som utvecklas i linje med nettonollutsläpp till 2045 – kommer värdet av biobränslen sannolikt att öka, eftersom det kommer att råda knapphet på biomassa för olika ändamål inklusive energiändamål – och därmed på sikt även knapphet för all användning av biomassa. Givet detta är det viktigt att biomassabaserade bränslen används i de sektorer där substitution bort från fossila bränslen genom andra tekniker, till exempel elektrifiering, är tekniskt svårt och kostsamt. Det innebär att det på sikt knappast är försvarbart att använda biobränslen i fordon på väg – där till exempel elektrifiering är en möjlighet – utan biobränslen behöver allokeras till »svåra sektorer« som flyg, sjöfart och vissa industriprocesser.

I Sverige har det nyligen införts ett system med reduktionsplikt, en tvingande inblandning av biodrivmedel i den bensin och diesel som säljs. Andelen biobränsle som måste blandas in höjs successivt över tid. Detta har naturligtvis vissa fördelar när det gäller förutsägbarhet och i att det inte bryter mot statsstödsregler. Tidigare hade Sverige ett undantag i skattelagstiftningen som möjliggjorde lägre skatt på biodrivmedel. Detta system är dock problematiskt på flera sätt. För det första stimulerar det till import av biobränsle som kan vara ohållbart producerat. För det andra innebär det att stora volymer biomassa kan komma att användas till vägtransporter utan hänsyn till hur biomassan totalt skulle göra mest nytta för samtliga sektorer som är beroende av kolbaserade bränslen eller insatsråvara.

KÄRNKRAFT

Kärnbränslen står i Sverige för drygt 30 procent av energitillförseln och kärnkraft för 40 procent av elproduktionen. Det är en större andel än i världen som helhet. Frågan om kärnkraftens framtid har länge varit omdiskuterad i Sverige, och under senare tid har frågan om ökad kärnkraft i Sverige väckts. Från mitten av 1970-talet till mitten av 1980-talet genomfördes en mycket kraftfull expansion av kärnkraft. Under cirka ett decennium ökade kärnkraftselproduktionen från i stort sett noll till en nivå i linje med dagens. Givet klimatutmaningen framhåller vissa att vi borde kunna göra något liknande nu. Det man då bör komma ihåg är att den tidigare kärnkraftsexpansionen i huvudsak genomfördes på icke avreglerade marknader där staten tog den finansiella risken. I dag är läget ett annat, eftersom det är enskilda företag som måste ta denna risk på i huvudsak avreglerade marknader.

En nysatsning på svensk kärnkraft skulle kräva ett stort statligt engagemang, antingen direkt eller via någon form av statliga garantier. Detta sker också i de få fall i Europa där ny kärnkraft byggs. I Storbritannien där det byggs ett nytt kärnkraftverk garanteras ett visst elpris. För närvarande finns inga kalkyler som visar att detta skulle vara en ekonomiskt rimlig väg att lösa Sveriges klimatutmaning. Som vi nämnt ovan pågår forskning kring nya tekniker för kärnkraft, både små modulära och sådana som använder andra bränslen. I båda fallen är förhoppningen att säkerheten därmed kan höjas samtidigt som kostnaderna kan pressas. Dessa tekniker kan dock knappast bli en del av svensk energiförsörjning i närtid. Det finns ändå anledning att följa utvecklingen och möjligen också bidra till den.

Sverige har i dag åtta kärnkraftsreaktorer i drift, varav nedläggningsbeslut fattats för två. Dessa beslut är fattade på kommersiell grund och har inte ändrats efter det att den tidigare speciella skatten

på kärnkraftsel – effektskatten – tagits bort. Det är dock inte uppenbart att vinstintresset hos kärnkraftsbolagen helt sammanfaller med de samhällsekonomiska intressena. Det finns flera skäl till avvikelser. För det första är elmarknaden ingen perfekt marknad där producenterna tar priset som givet. Tvärtom är det tveklöst så att stora producenter, som ägarna till de svenska kärnkraftverken, kan öka elpriset genom att minska produktionen. Även om denna påverkan är mindre på lång sikt när andra leverantörer kan öka sin produktion, går det inte att utesluta att framtida stängningsbeslut av kärnkraftverk påverkas av motivet att driva upp elpriset. För det andra kan man argumentera för att kärnkraftsproducenterna inte får fullt betalt för de tjänster de levererar. Som nämnts ovan bidrar kärnkraften till att frekvensen i växelströmmen (50Hz) hålls stabil. Detta ökar värdet av kärnkraftsel i förhållande till el från vind och solpaneler. Trots det betalas elen med samma pris.

De ökade kostnaderna för överföring på grund av att vindkraften produceras där det blåser minskar också värdet av vindkraft i förhållande till kärnkraft. Vidare bidrar kärnkraften till Sveriges i huvudsak fossilfria export, vilken sänker koldioxidutsläppen inom EU. I den mån Sverige värderar utsläppsminskningar högre än priset på utsläppsrätter inom EU ETS skapas ytterligare ett samhällsekonomiskt värde som inte är prissatt. Det är dock för närvarande oklart om en prissättning av dessa värden skulle ha någon betydande effekt på lönsamheten i kärnkraften. Det bör utredas om dessa aspekter är tillräckliga för att motivera de privatekonomiska kostnader som skulle vara förenade med att förlänga livet på existerande reaktorer och återstarta de nyligen stängda.

6.4.4 Att fånga in och binda koldioxid

Att fånga in och binda koldioxid kan göras med hjälp av ökad kolinbindning i mark genom beskogning eller uppodling av olika former av grödor, eller genom att fånga in koldioxid från punktutsläpp som kraftverk, stålverk och cementfabriker eller direkt från atmosfären, med efterföljande lagring av koldioxiden i djupt liggande geologiska formationer under havsbotten eller i berggrunden – så kallad CCS-teknik. CCS står för »Carbon Capture and Storage«, koldioxidavskiljning på svenska. Ett motiv för CCS-tekniken bygger på att det är osannolikt att världen snabbt skulle bli fossilbränslefri. Tekniken möjliggör då för fossilbränsleberoende regioner att under en nödvändig övergångsperiod fortsätta använda fossila bränslen och samtidigt minska sina utsläpp.

I IPCC:s rapport om hur världen ska kunna hålla sig under 1,5 graders uppvärmning spelar kolinlagring en mycket stor roll. I deras »middle-of-the-road«-scenario måste närmare 700 miljarder ton koldioxid fångas in och lagras under detta århundrade. Denna mängd motsvarar närmare två decennier av de nuvarande globala utsläppen.

CCS-tekniken bör kunna ge ett betydande bidrag till utsläppsminskningar, eftersom allt pekar på att följande förutsättningar förmodligen är uppfyllda i många regioner:

1. potentialen för att lagra koldioxid – alltså lagringsutrymmet – är tillräckligt stor för att CCS ska kunna ge betydande utsläppsminskningar under många år
2. den lagrade koldioxiden ser inte ut att kunna läcka ut
3. kostnaden för CCS är i paritet med andra långtgående åtgärder för att minska klimatpåverkan.

För att kolinbindning i mark genom beskogning ska vara en effektiv klimatåtgärd måste kolinbindningen garanteras över lång tid. Man måste alltså säkerställa att det kommer att bedrivas ett uthålligt skogsbruk där kolstocken är högre än utan dessa åtgärder över mycket lång tid. Som vi diskuterat i kapitel 2 tar det hundratals år innan merparten av utsläpp i atmosfären tagits upp av hav och andra kolreservoarer och tusentals år innan tre fjärdedelar lämnat atmosfären. För att CCS ska kunna jämföras med utsläppsbeskränkningar måste därför lagringen ske över en lika lång horisont.

CCS kan tillämpas såväl på fossila utsläppskällor som på sådana som kommer från biomassa, cementframställning, avfall eller pappers- och massaframställning. Effekten av CCS på atmosfärens koldioxidhalt, och därmed på klimatet, är oberoende av varifrån koldioxiden kommer. När CCS tillämpas på biogena utsläpp – till exempel i pappers- och massaindustrier – benämns det BECCS (Bio Energy CCS). Om biomassan kommer från skog eller energigrödor, där återväxten av biomassan ger minst ett netto-noll kolupptag, kan man tala om »negativa« utsläpp när CCS tillämpas på denna »nollpåverkande« koldioxid.

Kostnaden för CCS ligger med nuvarande teknik på i storleksordningen 1 000 kronor per ton koldioxid. Detta pris är ännu högt i förhållande till vad man kan förvänta sig att utvecklingsländer är villiga att betala. I förhållande till vissa svenska åtgärder är det däremot inte särskilt dyrt: det är ungefär lika mycket som den svenska koldioxidskatten.

CCS är kapitalintensiv och kräver att det etableras infrastruktur för transport och lagring av den avskilda koldioxiden. För att skapa förutsättningar för marknadsmässig finansiering krävs att finansieraren bedömer att investeringen kommer att generera inkomster under lång tid. Denna inkomst måste på ett eller annat sätt komma från

offentligt konstruerade system. Detta kan ske genom att den som fångar in och lagrar koldioxid får en utsläppsrätt. En sådan finansiering har den stora fördelen att utsläpp och infångning behandlas symmetriskt. Som vi beskrivit i kapitel 5 vore det den rätta prissättningen. Nackdelarna med en sådan modell är dock betydande. För det första måste beslut gå genom EU. För det andra är priset för närvarande lågt och för det tredje är osäkerheten om framtida priser stor. Att i dagsläget finansiera CCS på detta sätt är därför inte möjligt.

Sverige skulle däremot kunna åta sig att finansiera CCS till samma ersättning som den svenska koldioxidskatten. Därmed skulle symmetri i Sverige kunna åstadkommas. Eftersom Sveriges resurser är begränsade behövs förmodligen ett tak för utgifterna. En sådan politik kan motiveras även om man inte antar att utsläppspriset utanför Sverige når de svenska nivåerna, om svensk CCS-finansiering kan driva teknikutveckling och göra den billigare.

En ytterligare möjlighet som diskuteras är att avskilja koldioxid direkt från atmosfären, så kallad »Direct Air Capture« (DAC). Denna teknik befinner sig i sin linda även om det finns ett par demonstrationsanläggningar. Tekniken är betydligt dyrare – kanske 10 gånger högre specifik kostnad än »vanlig« CCS – främst eftersom mängden koldioxid i atmosfären är i storleksordningen en tusendel av den i rökgaser.

Även om tekniken för närvarande är dyr är den åtminstone på sikt intressant eftersom den inte är fysiskt kopplad till något utsläpp. Detta skapar flera fördelar. För det första möjliggörs negativa utsläpp utan andra begränsningar än lagringsutrymme. För det andra kan avskiljningsanläggningarna placeras var som helst, till exempel i närheten av lämpligt lagringsutrymme. För det tredje kan den precis som BECCS användas för att kompensera för utsläpp i sektorer där kostnaden att ta bort utsläppen blir väldigt hög – alltså

då ännu högre än för DAC. Förutom flygsektorn kan det till exempel gälla andra distribuerade utsläpp från transportsektorn, utsläpp från jordbruket eller potentiellt framtida utsläpp från till exempel smältande permafrost.

DAC skulle kunna utgöra en slags »backstop technology« i en värld där stora mängder koldioxid måste tas ut ur atmosfären. Det har diskuterats att etablera DAC på Island som har gott om lagringsutrymme i basaltformationer, där den lagrade koldioxiden visat sig kunna övergå i fast material redan inom något år från att den injekterades. På Island finns även god tillgång på värme som kan användas för att driva avskiljningsprocessen.

Det talas ibland också om CCU, det vill säga »Carbon Capture and Utilization«, alltså att koldioxiden fångas in och sedan används som råvara, till exempel för att producera ett kolbaserat bränsle. Detta får nog anses tveksamt eftersom koldioxid är en mycket stabil molekyl. Det åtgår därför mycket energi att avskilja kolet från syret för att sedan med vätgas framställa ett bränsle. Det uppstår också betydande förluster vid framställningen av både vätgas och det syntetiska bränslet. Koldioxiden hamnar sedan dessutom i atmosfären när bränslet förbränns. Ibland räknas så kallad EOR (»Enhanced Oil Recovery») till CCU, det vill säga att koldioxiden används för att trycka ut mer olja ur oljefält i slutet av dess produktionstid. Detta ger naturligtvis endast en mycket begränsad klimateffekt om det ger möjlighet att producera mer olja.

Internationella åtgärder mot klimatförändringarna

7.1 Sammanfattning av kapitlet

En framgångsrik klimatpolitik kräver global samordning. Grundorsaken till detta är att minskade utsläpp medför kostnader för utsläpparen, medan nyttorna i form av mindre klimatförändringar fördelas över hela världen. Detta skapar ett så kallat fripassagerarproblem som kräver internationella överenskommelser. Insikten om detta har funnits länge inom forskarsamhället. År 1997 förhandlades Kyotoprotokollet fram. Tanken i detta var att via en »top-down«-process träffa internationella överenskommelser om hur mycket deltagande länder skulle minska sina koldioxidutsläpp. Denna princip övergavs i och med Parisavtalet, som är i kraft sedan 2016. Enligt det ska varje deltagande part själv bestämma sina utsläppsminskningar. Man kan sedan inte backa ifrån dessa. Tanken är i stället att deltagarna successivt ska skärpa sina åtaganden. En överenskommelse om ett globalt pris på utsläpp har inte varit en central del av de internationella förhandlingarna.

EU:s långsiktiga mål är att minska utsläppen av växthusgaser till

2050 med 80–95 procent räknat från 1990. I december 2019 enades ledarna för alla EU:s länder utom Polen om att skärpa dessa mål så att EU blir klimatneutralt 2050. EU har samordnat sina åtaganden och är den part som skrivit under Parisavtalet för sina medlemsstaters räkning. Åtagandet innebär bland annat en 40-procentig utsläppsminskning fram till 2030 för unionen som helhet. EU:s utsläppsminskningar åstadkoms dels genom utsläppshandelssystemet EU ETS, som täcker drygt 40 procent av utsläppen, och dels genom de så kallade bördefördelningsreglerna (»Effort Sharing Regulation«, ESR) som täcker resten av utsläppen.

EU ETS reformerades 2018. Då bestämdes att öka takten som antalet årligen utgivna utsläppsrätter ska minskas med. Det bestämdes också att införa ett system som automatiskt annullerar utsläppsrätter om många utsläppsrätter sparats. Detta ändrar helt förutsättningarna för hur klimatpolitik påverkar utsläppen inom EU ETS. Tidigare var utsläppen inom EU ETS bestämda, och åtgärder som minskade utsläppen någonstans ledde bara till att de ökade någon annanstans. Efter reformerna kommer åtgärder som minskar utsläppen att leda till att fler utsläppsrätter annulleras. Å andra sidan kommer åtgärder som ökar efterfrågan på utsläppsrätter att minska annulleringarna och öka utsläppen.

I EU:s bördefördelningsregler har medlemsländerna kommit överens om en fördelning av ansvaret för utsläppsminskningar utanför utsläppshandelssystemet så att rikare länder, till exempel Sverige, är skyldiga att göra mer. För att förhindra att det blir stora kostnadsskillnader inom unionen får medlemsländerna handla utsläppskvoter med varandra. På så sätt kan minskningarna av utsläppen fördelas kostnadseffektivt över unionen samtidigt som vissa medlemsländer, till exempel Sverige, har ett större minskningsbeting än fattigare medlemsländer.

Klimatklubbar är ett sätt att mer kraftfullt skapa den internationella samordning som krävs för en effektiv klimatpolitik. Klimatpolitikens fripassagerarproblem hanteras då genom att ett antal länder bildar en klimatklubb med ett enhetligt pris på utsläpp. Import från länder som inte deltar i klubben beläggs med en tull. Denna kan antingen tas ut i förhållande till hur mycket koldioxid som släpptes ut vid produktionen av varan eller som en allmän tull. Det finns dock ett antal legala och praktiska problem som måste lösas innan klimatklubbar kan bli verklighet. Dessa har en stor potential att skapa en effektiv klimatpolitik, och lösningar på problemen bör därför sökas.

7.2 Global koordinering

Som vi beskrivit ovan kräver en effektiv klimatpolitik samordning. Den fundamentala orsaken till detta är att kostnaderna för en enskild åtgärd i ett land måste tas av detta land, medan nyttorna i form av mindre klimatskador fördelas över hela världen. Om varje land agerar utifrån sina egna intressen utan överenskommelser kommer åtgärderna mot klimatförändringarna att bli för små. Det är viktigt att inse att detta problem uppstår även om alla länder skulle vara överens om att de sammanlagda kostnaderna för att nå ett visst klimatmål är värda att ta – till exempel maximalt 1,5 graders uppvärmning. Orsaken är att det enskilda landets klimatpolitik har liten effekt på det globala klimatet men stor effekt på de kostnader landet själv belastas med. Det finns därför drivkrafter att lämna en överenskommelse, eftersom det kostar att minska utsläppen – antingen ekonomiska kostnader eller andra typer av uppostringar. Om en effektiv sådan kommit på plats kan ett land resonera på föl-

jande sätt: »Nu är ett avtal på plats och klimatmålen nås. Om vi hoppar av blir effekten på klimatet liten men vi slipper ta de betydande kostnaderna eller uppoffringarna för klimatpolitiken som just *vi* skulle drabbas av.«

På ett eller annat sätt måste dessa drivkrafter att hoppa av – eller inte ens skriva på internationella överenskommelser – balanseras. Det kan ske på olika sätt. Ett sätt är om andra länder är villiga och kapabla att på något sätt bestraffa det land som hoppar av. Inom en nation finns institutioner som bestraffar den som inte följer ingångna avtal, lagar och bestämmelser. Mellan suveräna länder är möjligheterna mer begränsade, särskilt när vi talar om jordens alla länder. Besträffningarna får därför ta sig andra uttryck och behöver inte vara av direkt pekuniär natur. De flesta länder upplever att deras rykte skulle skadas om de bryter mot ingångna avtal. En central princip i Parisavtalet är därför att hålla ihop avtalet genom att vädja till moraliska värderingar om gemensamt ansvar och att genom »naming and shaming« bestraffa det land som inte gör vad det borde eller lovat göra.

Klimatfrågan uppmärksammades tidigt av vetenskapssamhället som ett problem, där människans förbränning av fossila bränslen leder till ökade obalanser i jordens atmosfär med ökad global uppvärmning som följd. Politiskt har klimatfrågan därefter kommit att hanteras internationellt för samordning till skydd för den globala miljön. Ett folkrättsligt regelverk förhandlades inför FN:s miljö- och utvecklingskonferens 1992 i Rio de Janeiro och Klimatkonventionen trädde i kraft 1994 då i stort sett alla länder ratificerat konventionen, inklusive USA. Klimatkonventionen är en miljörättslig ramkonvention där länderna uttalar som mål att förhindra farlig störning i det globala klimatsystemet. För att precisera detta mål och ange handlingskrav ger ett tilläggsprotokoll till konventio-

nen, Kyotoprotokollet,¹ de industrialiserade länderna ett utpekat ansvar att var och en ska minska sina territoriella klimatutsläpp i en första åtagandeperiod till 2012 med i genomsnitt 5 procent jämfört med 1990 års nivåer. Viktiga industriländer ratificerade dock inte protokollet, bland andra USA vägrade att göra det, medan Kanada och Australien efter hand lämnade protokollet. Erfarenheterna här visar att internationella avtal måste hitta en balans mellan att inte vara så krävande att för få deltar men inte så till intet förpliktigande att de inte får någon effekt.

Kyotoprotokollet pekade ut ett antal flexibla mekanismer som möjliggjorde för enskilda länder att gå ihop om åtaganden eller att köpa och sälja utsläppsutrymme mellan varandra i syfte att utsläppsminskningar med lägst kostnad skulle göras först och enklast. Kyotoprotokollet satte även upp en mekanism där industriländerna kunde investera i utsläppsminskningsprojekt i utvecklingsländer och få utsläppsutrymme i utbyte, den så kallade »Clean Development Mechanism« (CDM). Flertalet länder som hade åtaganden i Kyotoprotokollets första period minskade också sina utsläpp, även om det fanns olika anledningar till att länder nådde det klimatåtagande som var satt i protokollet. Exempelvis visade det sig i efterhand att 5 procents minskning av klimatutsläppen mellan 1990 och 2012 för östeuropeiska ekonomier inte blev någon utmaning, eftersom industriomvandlingen ändå gjorde att stora utsläppskällor stängdes. Kyotoprotokollet innebar också att internationella regler upprättades för hur klimatutsläpp ska mätas och räknas samt gav ett ramverk som för EU:s del innebar att man skapade den gemensamma utsläppshandeln EU ETS.

1. Kyotoprotokollet förhandlades fram 1997 men först 2005 hade tillräckligt många länder skrivit under för att det skulle träda i kraft.

Beslutsformen i internationell rätt baseras på varje lands suveräna rätt att själv bestämma över sin ekonomi, sina energival, regler för industri och beskattning av medborgarna. För staternas suveränitet anses makten att besluta om sin ekonomiska politik grundläggande. Därför har det varit svårt att samla länder till samtal om till exempel skatter. Miljörättsliga avtal har fokus på gemensamt ansvar för miljön och på att förebygga miljöproblem som berör fler länder. Överenskommelser görs mellan länder om att tillgängliggöra information och minska viss miljöpåverkan. De politiska målsättningarna uttrycks i termer som beskriver den önskvärda statusen för miljön eller minskningar av den direkta påverkansfaktorn. Varje land beslutar sedan om att utforma åtgärder som uppfyller målen. Miljöministrarna som förhandlar fram dessa överenskommelser har sällan mandat att binda landet vid avtal som mer direkt styr verksamheter som orsakar miljöproblemen, så länge det inte handlar om direkta miljöskador. Det gör exempelvis att frågor om beskattning, direkta och branschspecifika verksamhetskrav och handelsregler läggs över på andra förhandlingar där andra hänsyn än miljön står i fokus.

För att anknyta till inledningen av denna rapport kan vi konstatera att de internationella överenskommelserna till liten del handlat om *hur* de uppsatta klimatmålen ska nås. Det är en brist, eftersom det kunde ha varit enklare att komma överens om ett minsta utsläppspris än om att fördela utsläppsmängder mellan länder. En analogi kan göras med biltullar. Det är lättare att komma överens om ett pris på passage genom en biltull än att förhandla fram hur många bilar från olika stadsdelar som ska få köra in till centrum under varje timme på dygnet.

Här är det viktigt att notera att det inte är väsentligt att förhandla om hur detta pris åstadkoms. Om det sker genom utsläppshandel

eller en skatt är sekundärt. Lika lite behöver man förhandla om vad intäkter från systemet ska användas till. Risken för att staternas suveränitet blir oacceptabelt omskuren är därför liten. Det sägs ibland att en överenskommelse om en global koldioxidskatt är en utopi, men med en viss överdrift kan man säga att frågan om en global koldioxidskatt inte varit på det internationella förhandlingsbordet.

Tanken i Kyotoprotokollet var att successivt förhandla nya åtagandeperioder mellan länder och bredda omfattningen av utsläpp som reglerades för att få de globala utsläppen att minska i den omfattning som behövdes för att uppfylla Klimatkonventionens övergripande mål. Sättet för länder att hantera och reglera luftburna miljöproblem med en ramkonvention och efterföljande tilläggsprotokoll med allt hårdare utsläppsnivåer på landnivå har använts tidigare. Dels har vi den europeiska konventionen kring långväga luftföroreningar 1979 som följdes av flera protokoll som siffersatte minskningar av bland annat svavel- och kväveutsläpp, dels den globala konventionen till skydd för ozonlagret 1985 som följdes av Montrealprotokollet som siffersatte en minskning och till slut ett stopp för ozonnedbrytande ämnen. Mot miljöproblem som ozonhålen har denna regleringsteknik visat resultat. Den visade sig dock fungera sämre på klimatutsläppen.

I samband med klimatmötet i Köpenhamn 2009 blev det tydligt att den »top-down«-metod som den tidigare logiken i Kyotoprotokollet byggte på – med centralt satta siffror för länders åtaganden att minska utsläppen – inte accepterades av USA och Kina, som stod för de största utsläppen. Samtidigt stod det klart att fler länder än de traditionella industriländerna behövde inkluderas eftersom utsläppen från medelinkomstländer börjat öka kraftigt. Den nya »logiken« blev därför att bygga gemensamma regler baserade på länders egna bidrag och klimatambitioner, »bottom-up«, samt att alla län-

der utifrån sina förutsättningar behövde ta ett tydligare ansvar för utsläppsminskningar. Det finns stöd för sådana metoder bland annat från Elinor Ostroms forskning om kollektivt handlande. Det kan dock bli problematiskt när metoden föreslås av länder som egentligen inte vill bidra till målet.

Med det nya globala klimatregelverket Parisavtalet, som är i kraft sedan 2016 och för närvarande har ratificerats av 184 stater samt av EU, krävs att alla länder har mål för att minska klimatutsläppen. Nivån på dessa ambitioner bestäms dock av landet själv genom så kallade »Nationally Determined Contributions« (NDC). Parisavtalet styr uppföljningen av ländernas NDC:er med gemensamma regler för hur klimatutsläpp mäts och räknas samt säkerställer att informationen blir transparent. Avtalet medger inte att länder backar från de klimatmål de satt i sin NDC utan stadgar att målen successivt ska innehålla höjda ambitioner.

EU:s medlemsländer samordnar sitt klimatbidrag till Parisavtalet i en gemensam NDC, till vilken även Norge och Island valt att ansluta sig för gemensamt genomförande. Även om detta är EU:s åtagande gäller det formellt också för varje medlemsland. Om inte EU som helhet lever upp till den åtagna minskningen, gäller förpliktelserna till Parisavtalet enskilt för varje medlemsland.

EU har sedan internt fördelat de åtagna utsläppsminskningarna via utsläppsmarknaden EU ETS och de så kallade bördefördelningsreglerna, »Effort Sharing Regulation«, ESR (EU, 2018b). De svenska klimatmålen, som vi redovisar i del 3 av denna rapport, är alltså inte en direkt del av Parisavtalet men uppfyller förstås – med råge – de förpliktelser som EU ålagt oss. De svenska målen ger uttryck för att Sverige liksom flera andra länder ansåg att EU:s åtaganden borde varit mer kraftfulla, något som Sverige också fortsatt att hävda inför revideringar.

Parisavtalet preciserar klimatkonventionens mål till att hålla den globala temperaturökningen väl under 2 grader och sträva mot att begränsa den till 1,5 grader. Det uttalas att detta innebär att de globala klimatutsläppen måste minskas till noll och övergå till negativa nivåer under andra hälften av detta århundrande. Trots att de NDC:er som länderna gett inför klimatmötet i Paris visar på tydliga steg för att de globala utsläppen ska börja minska, finns ett betydande glapp mellan den nivå av utsläppsminskningar som länderna samlat angivit i sina första NDC:er och vad som krävs för Parisavtalets temperaturmål.

Parisavtalets dynamiska process för att revidera och höja ambitionerna i ländernas klimatbidrag syftar till att minska och på sikt uttradera det glappet. Huruvida detta kommer att lyckas är för tidigt att veta. Att flertalet länder fortsatt uttalar starkt stöd för Parisavtalet, trots att USA beslutat lämna det, tyder på att avtalet fortsatt är den kraft som kan utgöra en reell internationell samordning för klimatfrågan och för regler kring minskade utsläpp. Den dynamiska mekanismen i Parisavtalet bygger på att ambitionen successivt ska höjas. Det går därför inte att säga att de åtaganden som länderna gjort i de nuvarande NDC:erna är fastlåsta, snarare finns en betydande apparat i avtalet som ska verka för att åtagandena skärps i närtid.

Skiftet från Kyotoprotokollets styrande lista över ansvarsfördelningen att minska klimatutsläppen till Parisavtalets system med egna satta mål under gemensam översyn ändrar logiken för den internationella koordineringen av klimatfrågan på flera sätt. Parisavtalets logik bygger på antagandet att tillräckligt många länder känner ett tillräckligt ansvar för att begränsa klimatutsläppen för att inte det kortsiktiga egenintresset ska dominera beslutsfattandet. Det bygger också på att summan av de enskilda åtagandena ska bli

tillräckligt stor för att det övergripande målet om en global uppvärmning under 2 grader ska nås. Avtalets konstruktion stödjer att de länder som visar på goda exempel sätts som förebilder för andra som då ska få press på sig att ta efter. Till detta spelar andra, icke-statliga aktörer – som alltså inte är formella parter i Parisavtalet – en viktig roll som medaktörer. Logiken är att goda exempel ska lyftas fram och ges förutsättningar att växa.

Frågan om hur stort ansvar varje land faktiskt har att minska klimatutsläppen har också skiftat mellan avtalen. Debatten har länge kretsat runt att fastställa principer för en rättvis bördefördelning. Olika företrädare har argumenterat för hur den bör ske, exempelvis utifrån historiska utsläpp, potentialen sett till tillgångar och välfärd, om ansvaret ska korrelera med utsläppsutrymme per capita samt vilket utrymme för utsläpp som kommande generationer ska ges. Parisavtalet överlåter mycket av den värderingen till de enskilda länderna, men i sin princip om högsta möjliga ambition framhålls att det är landets kapacitet att minska utsläppen som ska bedömas när NDC:n granskas och eventuell »naming and shaming« fördelas.

Sverige har med Parisavtalet möjlighet att på flera sätt påverka de globala klimatutsläppen. Även utan ett avtal skulle klimatinnovationer som drivs fram i Sverige och som lyckas få spridning ha en påverkan utöver den utsläppsminskning som innovationen kan uppvisa i Sverige. Men med Parisavtalet påverkas andra länder att efterfråga sådana innovationer varför spridningen gynnas. Parisavtalet skapar dessutom en arena där Sverige kan slå mynt av sitt starka klimatpolitiska arbete och även politikvägen påverka andra länder till reformer och politik som kan leda till utsläppsminskningar. Förutsättningen för att få spridning både av innovationer och politiska reformer till andra länder är att dessa även passar i dessa län-

der, vilket givetvis varierar. Politiska reformer som främst bidrar till att Sverige kan minska utsläppen kan indirekt stödja en global utveckling, eftersom Sveriges redovisning av sina utsläppsminskningar kan ge extra tyngd åt agerandet för att sätta press på andra länder inom de internationella samtalen.

Sverige har också bidragit till att stärka den vetenskapliga grunden av internationell klimatpolitik samt överbrygga klyftor till de ekonomiskt fattigare länderna. Det har skett genom bland annat arbete i anpassningsfonden och gröna klimatifonden, men också genom att utvecklingsbistånd styrs till att stärka länders kapacitet att göra planer för klimatanpassning och klimatsmart energi. Sverige och svenska aktörer har varit aktiva i »Clean Development Mechanism« och även på andra sätt stött internationella klimatinitiativ, exempelvis kring Arktis, kortlivade klimatgaser och policyarbetet inom »New Climate Economy«. Det senare är ett samarbetsprojekt mellan forskningsinstitutioner och internationella organisationer, som IMF och Världsbanken. Bakom projektet står »The Global Commission on the Economy and Climate«, som består av tidigare politiker och företagsledare. Kommissionen bildades av sju länder: Colombia, Etiopien, Indonesien, Norge, Sydkorea, Sverige och Storbritannien.

7.3 Koordinering inom EU

EU har en ambitiös och någorlunda heltäckande klimatpolitik. Unionens långsiktiga mål är för närvarande att minska sina växthusgasutsläpp med 80–95 procent till 2050 relativt 1990. I december 2019 enades ledarna för alla EU:s länder utom Polen om att skärpa dessa mål så att EU blir klimatneutralt 2050. Det finns även ett etappmål

om en 40-procentig utsläppsminskning fram till 2030. Detta är en del av EU:s åtagande enligt Parisavtalet (NDC). EU:s klimatpolitiska ramverk har tre pelare:

- EU:s utsläppshandelssystem (EU ETS) omfattar utsläpp av koldioxid och vissa andra växthusgaser från energiintensiva industrier och energiföretag samt koldioxidutsläpp från luftfart inom EEA (EU plus Island, Liechtenstein och Norge). Systemet täcker drygt 40 procent av EU:s utsläpp (exklusive internationella transporter).
- De så kallade bördefördelningsreglerna (»Effort Sharing Regulation«, ESR) är en överenskommelse som anger ett tak för varje lands utsläpp av växthusgaser från verksamheter som inte omfattas av EU ETS – främst icke-energiintensiv industri, bostäder och service samt inhemska transporter (EU, 2018b). Avtalet täcker knappt 60 procent av unionens utsläpp.
- Den så kallade LULUCF-sektorn (»Land Use, Land Use Change and Forestry«) som täcker växthusgasutsläpp från land och skog samt förändringar i mängden kol som lagras i mark och skog (EU, 2018a).

7.3.1 EU ETS

EU:s utsläppshandelssystem infördes 2005. Företag under EU ETS måste överlämna en utsläppsrätt för varje ton koldioxid som de släpper ut. Gör de inte det måste de betala 100 euro för varje saknad utsläppsrätt. Systemet tillförs årligen en minskande mängd utsläppsrätter genom auktionering eller gratistilldelning. År 2013 utgavs 2,1 miljarder utsläppsrätter. Varje år fram till och med 2020 minskas antalet utgivna utsläppsrätter med 38,3 miljoner, alltså ungefär 1,8 procent av utgivningen 2013.

Företagen kan handla utsläppsrätter med varandra. Företag med höga kostnader kan för att minska sina utsläpp ytterligare köpa utsläppsrätter av företag med lägre kostnader och betala ett sådant pris att bägge parter tjänar på transaktionen.² Handeln minskar därmed kostnaden för att nå systemets utsläppsmål. Med väl fungerande handel utjämnas företagens marginalkostnader och målet nås till lägsta möjliga kostnad. Sedan 2013 har också innehavare av utsläppsrätter sparat utsläppsrätter för senare användning. Detta betyder att också kostnadsskillnader över tiden utjämnas. Om deltagarna i systemet förväntar sig att det kommer att bli mer ont om utsläppsrätter i framtiden i förhållande till efterfrågan, till exempel på grund av ökande marginalkostnader för utsläppsminskningar, kan det löna sig för dem att spara utsläppsrätter. Dock sker sådan utjämning enbart i en riktning eftersom man får spara utsläppsrätter men inte låna från framtiden.

Inledningsvis var priset på utsläppsrätter ungefär i nivå med dagens priser på runt 25 euro per ton koldioxid, se figur 23. I samband med den ekonomiska krisen 2008 föll emellertid priset kraftigt och låg därefter länge kvar på en låg nivå. Svagekonomisk tillväxt i kombination med oförändrad tillförsel av utsläppsrätter, politik som främjat fossilfri elproduktion och möjlighet att importera utsläppskrediter från omvärlden innebar att företagen kunde bygga upp ett stort sparande av utsläppsrätter (som 2017 uppgick till cirka 1,7 miljarder utsläppsrätter, motsvarande ett års utsläpp inom systemet). Tillsammans med det låga priset bedömdes detta vara oförenligt med EU:s långsiktiga klimatmål. Systemet reformerades därför

2. Flyg inom EU tilldelas särskilda utsläppsrätter som inte kan användas utanför flygsektorn. Flygsektorn kan dock köpa och använda vanliga utsläppsrätter. Det betyder att priserna på dessa två olika utsläppsrätter inte utjämnas så länge priset inom flygsektorn är lägre.



Figur 23 Utsläppsrättspris 2008–2019, euro per ton.

Källa: <https://sandbag.org.uk/carbon-price-viewer/>.

2018. Sveriges regering och några svenska EU-parlamentariker har varit drivande för dessa reformer som ibland kallats »the Swedish proposal«. De främsta delarna av denna reform är de följande:

1. En snabbare reduktion av antalet utsläppsrätter som årligen tillförs systemet. Från och med 2021 minskas antalet som ges ut med 48,4 miljoner varje år, vilket motsvarar ungefär 2,7 procent av utsläppen 2020. Om denna minskningstakt fortsätter kommer inga utsläppsrätter att ges ut efter mitten av 2050-talet.
2. Skapandet av en så kallad marknadsstabilitetsreserv.
3. Införandet av en automatisk annulleringsmekanism (EU, 2015, och EU, 2018c).

Punkt 2 och 3 innebär att antalet utsläppsrätter som kommer ut på marknaden beror på hur många som finns sparade. Ju fler sparade utsläppsrätter som finns, desto färre nya kommer ut. Detta kommer

att innebära att åtgärder som minskar efterfrågan på utsläppsrätter och därigenom – allt annat lika – ökar mängden sparade utsläppsrätter, också minskar antalet som ges ut i framtiden. En effekt av detta är att priset på utsläppsrätter stabiliseras. Om efterfrågan minskar faller priset mindre än vad det skulle gjort utan denna utbudsreglering, eftersom också utbudet minskar – och omvänt om efterfrågan skulle öka. Denna förändring har stora konsekvenser för effekterna av nationell politik inom EU ETS. Vi återkommer till detta men beskriver först hur mekanismen fungerar.

Från 2019 gäller att så länge det finns fler än 833 miljoner utsläppsrätter sparade – ungefär hälften av nuvarande antal – kommer en del av de utsläppsrätter som var tänkta att auktioneras ut i stället att överföras till marknadsstabilitetsreserven. Antalet som förs över beräknas till 24 procent av antalet sparade utsläppsrätter fram till 2023 och därefter 12 procent fram till 2039. Med start 2023 kommer reserven att jämföras med antalet utsläppsrätter som auktionerades ut föregående år. Detta antal är alltid lika med 57 procent av det totala antal som ges ut varje år, vilket i sin tur följer den minskande bana vi beskrivit ovan.

Om antalet utsläppsrätter i reserven är större än antalet som auktionerades ut föregående år annulleras skillnaden. En stor mängd utsläppsrätter förväntas bli annullerade under denna regel. Konjunkturinstitutet (2018) beräknar att omkring 2,5–3 miljarder utsläppsrätter kan bli annullerade redan under 2020-talet. Detta motsvarar mer än 1,5 års nuvarande utsläpp. Silbye och Sørensen (2019) anger att uppemot 5 miljarder utsläppsrätter kan komma att annulleras fram till 2050. Förmodligen än viktigare är den snabbare nedtrappningen av utgivningen av nya utsläppsrätter.

Reformerna kommer alltså kraftigt att öka knappheten på utsläppsrätter både genom att avtrappningen av utgivningen sker

snabbare och på grund av förväntade annulleringar. Detta har redan lett till ett högre utsläppspris. Sedan sommaren 2017 har det fyrdubblats, se figur 23. Trots detta finns beräkningar som visar att priset är lågt i förhållande till beräkningar av framtida kostnader för utsläppsminskningar. Som en förklaring till detta har framförts att osäkerhet om framtida regler och teknik gör avkastningen på att spara utsläppsrätter mycket riskabel: marknaden kräver en hög riskpremie för att hålla utsläppsrätter, vilket sänker dagens pris. Som en komplementär förklaring har framförts att straffet på att släppa ut koldioxid utan utsläppsrätter är 100 euro per ton. Om inte denna nivå ändras kan den fungera som ett pristak på utsläppsrätter.

Införandet av annulleringsmekanismen har också ändrat möjligheterna för ett enskilt land att påverka utsläppen inom EU ETS som helhet. Tidigare påverkades inte den totala mängden utsläppsrätter av nationell politik som ytterligare minskade systemets årliga utsläpp, exempelvis genom mer stöd till fossilfri elproduktion. Detta ledde då enbart till att företagen kunde spara fler utsläppsrätter, det vill säga öka sina framtida utsläpp. Under de nya reglerna leder en politik som minskar efterfrågan på utsläppsrätter inte bara till att fler utsläppsrätter sparas utan även till att fler utsläppsrätter överförs till reserven – givet att antalet utsläppsrätter i omlopp överstiger 833 miljoner – och därefter annulleras. Resultatet blir nu att den totala mängden utsläppsrätter som över tid finns tillgänglig minskar.

Det ska noteras att när systemet är i balans – i meningen att antalet utsläppsrätter i omlopp är lägre än 833 miljoner och marknadsstabilitetsreserven inte är större än auktionsvolymen – uppträder systemet som det gamla EU ETS. När detta sker, och om det därefter kan uppstå ytterligare annulleringsomgångar, beror i stor utsträckning på den framtida efterfrågan på utsläppsrätter. Om efterfrågan

minskar kraftigt över tid, till följd av exempelvis snabb ökning av förnybar energitillförsel, kan det dröja länge innan systemet hamnar i balans. Med andra ord, utsläppsrätter kommer då att annulleras under en lång rad år. Om å andra sidan efterfrågan på utsläppsrätter blir stor, till exempel på grund av att kolkraften är svår att ersätta, kommer marknadsstabilitetsreserven att krympa ihop snabbare.

När EU ETS fungerar som det gamla systemet, alltså utan någon annulleringsmekanism, har åtgärder som minskar utsläppen i ett land bara som effekt att de flyttar till något annat land. Att till exempel lägga en skatt på stålindustrins utsläpp som gör att de ytterligare minskar sina utsläpp leder bara till att någon annan kan släppa ut mer. Effekten på de totala utsläppen och alltså på klimatet är då noll.³ Till dess annulleringsmekanismen har avslutats är effekten positiv. Minskade utsläpp i ett land leder till fler sparade utsläppsrätter och därmed fler annulleringar. Därmed minskar också de totala utsläppen i systemet.

Vilken effekt nationell politik för att minska nationella utsläpp inom EU ETS har på de totala utsläppen beror på när den genomförs. Som vi beskrivit kommer antalet utsläppsrätter som förs till stabilitetsreserven – där de annulleras efter 2023 så länge reserven är större än 833 miljoner – beräknas som en andel (12 eller 24 procent) av antalet sparade utsläppsrätter fram till 2039. Låt oss säga att antalet sparade utsläppsrätter 2020 ökar med 1 000. Stabilitetsreserven ökar då nästa år med 240, allt annat lika. Detta minskar antalet kvarvarande sparade utsläppsrätter till 760. Nästa år ökar

3. Indirekta effekter via förändringar i EU ETS kan dock tänkas. Om utsläppen i ett land minskar har det en negativ effekt på priset på utsläppsrätter. Man kan då tänka sig att det blir politiskt lättare att få igenom förändringar av systemet av det slag som just genomförts. Även om denna mekanism är svår att kvantifiera bör den inte negligeras.

då stabilitetsreserven med 24 procent av dessa 760, det vill säga med 180 och så vidare. Ju tidigare en åtgärd genomförs, desto fler sådana överföringar hinner göras innan de inte längre har någon effekt – på grund av att annulleringarna upphört – eller slutdatumet för överföringarna uppnåtts 2040.

Motsatsen gäller också: om ett land genomför åtgärder som ökar efterfrågan och därmed minskar antalet sparade utsläppsrätter kommer det att öka utsläppen mer – genom att minska annulleringarna – ju tidigare de sker. En ökad användning av el som produceras med kolkraft är ett exempel på en sådan åtgärd. Silbye och Sørensen (2019) beräknar att åtgärder som genomförs nu har en effektivitet på 94 procent medan denna sjunker till 66 procent om de genomförs 2030.

I det gamla systemet kunde man bara minska systemets totala utsläpp genom att köpa och själv annullera utsläppsrätter. Numera leder köp och direkt annullering av utsläppsrätter – åtminstone i närtid – endast till att antalet utsläppsrätter som automatiskt annulleras minskar. Ett sätt att komma runt denna effekt vore att köpa och hålla på utsläppsrätterna tills systemet varaktigt har hamnat i balans och först därefter annullera dem. Ett sådant agerande leder till att systemets totala utsläpp minskar med mängden utsläppsrätter som via åtgärden annulleras.

En skillnad mellan å ena sidan åtgärder som minskar efterfrågan på utsläppsrätter och å andra sidan att köpa, hålla och annullera utsläppsrätter är att det första alternativet snedvrider utsläppshandeln. Nationella åtgärder på efterfrågesidan innebär att de inhemska EU ETS-företagen möter ett annat utsläppspris än det som gäller i andra länder. Uppköp av utsläppsrätter leder däremot inte till att olika företag i systemet möter olika utsläppspris, men däremot till ett något högre pris än det som skulle gälla utan uppköp.

7.3.2 EU:s förordning om ansvarsfördelning (»Effort Sharing Regulation«, ESR)

EU:s förordning om ansvarsfördelning, ESR, avser merparten av utsläppen utanför EU ETS.⁴ Reglerna avser perioden 2021–2030 och anger att medlemsländernas totala utsläpp från verksamheter utanför EU ETS ska vara 30 procent lägre 2030 än 2005 (EU, 2018b). Inom EU ETS ska minskningen vara något större, nämligen 43 procent. Överenskommelsen innebär också att nationella utsläppskvoter motsvarande denna volym fördelas mellan länderna. Utsläppsminskningarna är linjära, det vill säga med ett givet antal ton per år. I procent av faktiska utsläpp ökar därmed minskningstakten över tiden på samma sätt som inom EU ETS.

Länder som har högre BNP per person måste minska sina utsläpp mer. Sverige och Luxemburg har för perioden 2021–2030 ålagts att reducera sina årliga växthusgasutsläpp så att utsläppen 2030 är 40 procent lägre än 2005. Fattigare länder, till exempel Bulgarien och Rumänien, har fått målnivåer som ligger strax under eller på deras utsläppsnivåer 2005. Det är upp till medlemsstaterna att utforma nationell politik som uppfyller dessa åtaganden. Medlemsstater som inte gör det straffas genom att de måste minska sina utsläpp kommande år 1,8 gånger mer än de missat tidigare år.

Om medlemsländerna följer sina linjära utsläppsminskningsbanor kan det förväntas uppstå betydande skillnader mellan olika länders marginalkostnader för utsläppsminskningar. För att öka kostnadseffektiviteten i EU:s samlade klimatpolitik finns flera så kallade flexibilitetsmekanismer för ESR-sektorn. De viktigaste är:

4. Vad som inte är reglerat är internationella luft- och vattentransporter. Förhandlingar pågår dock om att införa ett internationellt utsläppshandelssystem för dessa sektorer.

- Medlemsstaterna kan låna utsläppskvotenheter från framtiden. Upp till 5 procent av de utsläpp som tillåts nästkommande femårsperiod kan lånas, det vill säga mer utsläpp innevarande period tillåts mot att de minskas i motsvarande grad kommande period.
- Vissa medlemsstater – däribland Sverige – får överföra EU ETS utsläppsrätter (upp till 2 procent av 2005 års utsläppsnivå) till sin ESR-sektor. Med andra ord, genom att reducera mängden utsläppsrätter som auktioneras kan länderna höja utsläppstaket för sin ESR-sektor. Den effekt som detta har på antalet sparade utsläppsrätter och därmed hur många som automatiskt annulleras borträknas. Annars skulle en transferering från EU ETS till ESR öka de samlade utsläppen.
- Medlemsstaterna får handla utsläppskvoter med varandra. Ett land som underskrider sin kvot kan sälja delar eller alla oanvända utsläppskvoter till andra medlemsländer. Sådana försäljningar är begränsade till 5 procent av landets utsläppskvot. Det finns däremot inga begränsningar på hur mycket ett land får köpa.
- Medlemsländer kan överföra en viss mängd så kallade LULUCF krediter till sin ESR-sektor. Det betyder att om upptaget av koldioxid i skog och mark ökas så kan det (med vissa restriktioner) tillgodoräknas så att utsläppen inom ESR blir högre.

7.3.3 Markanvändning och skog (»Land Use, Land-use Change and Forestry«, LULUCF)

År 2018 fattade EU beslut om regler för markanvändning och skog (EU, 2018a). Reglerna gäller från 2021 och grundregeln är att inget land får ändra sin markanvändning och sitt skogsbruk så att nettoupptaget av koldioxid minskar jämfört med landets referens-

scenario för perioden 2021–2030. Också här finns dock flera flexibilitetsmekanismer som syftar till att kostnaderna inte ska bli alltför olika i olika sektorer och i olika länder. Till exempel får en minskning av nettoupptag kompenseras genom minskningar av utsläppen inom ESR-sektorn. Medlemsländerna får också handla med varandra, så om ett land minskar sitt nettoupptag kan det betala ett annat land för att i stället öka sitt upptag.

Enligt rådande bokföringssystem för växthusgaser räknas inte utsläpp av koldioxid från förbränning av biomassa och biodrivmedel i de sektorer där de sker – EU ETS och ESR. I stället är det tänkt att dessa utsläpp ska bokföras som en minskning av lagerhållningen av kol i skog och mark. De nya reglerna medför att det uppstår en kostnad för samhället att koldioxid som är bunden i skog och mark frigörs, exempelvis genom förbränning av biomassa. Anta att de nya reglernas krav att nettoupptaget i skog och mark inte får minska binder. Då måste den frigöring av koldioxid som sker om biomassa förbränns kompenseras med åtgärder som ökar upptaget. Detta motiverar politiska styrmedel som gör skillnad mellan olika användning av biomassa. I förhållande till i dag bör användning som inte innebär att koldioxiden frigörs, till exempel som konstruktionsvirke i byggsektorn, få mer fördelaktiga villkor än biobränsle. Vi återkommer till detta i våra policyförslag.

7.4 Klimatklubbar

Som vi noterat på flera ställen i denna rapport finns ett grundläggande problem i klimatpolitiken: kostnaderna för att minska utsläpp måste bäras av den enskilde utsläpparen medan nyttan, mindre klimatskador nu och i framtiden, delas mellan jordens nuvarande

och framtida invånare. Detta skapar ett fripassagerarproblem som också uppstår mellan stater. Alla drar nytta av andras utsläppsminskningar, men man betalar bara för sina egna. I Parisavtalet är tanken att lösa detta genom avtal och »naming and shaming«. Förhoppningen är att detta kommer vara en tillräcklig piska för att länderna ska uppfylla sina nationella åtaganden (NDC:er).

Det finns skäl att frukta att denna typ av ytterst sett frivilliga åtaganden och åtgärder inte kommer att vara tillräckliga. Särskilt som diktaturer som Kina och Ryssland inte visat sig nämnvärt känsliga för »naming and shaming« vid tidigare tillfällen, när det rört mänskliga rättigheter, kärnvapen, säkerhetspolitik, IP-rättigheter och så vidare. Man kan därför ställa sig frågan om det går att konstruera system som skapar starkare incitament att föra en tillräckligt kraftfull klimatpolitik.

Ett sådant system skulle kunna vara så kallade klimatklubbar, ett förslag som bland annat förts fram av Nordhaus (2015b). Teorin bakom förslaget går tillbaka till åtminstone Buchanan (1965). Grundtanken är att skapa en klubb där man kommer överens om ett visst koldioxidpris. Därefter inför man bestraffningssystem för den som inte är med i klubben. Detta bestraffningssystem kan utformas som en tull på import på varor från icke-medlemmar. Idén är användbar också i andra situationer. Ett exempel är frihandelsområden, där man kommer överens om att slopa tullar mellan medlemsländerna. Genom att behålla tullarna mot andra länder skapas ett incitament att bli medlem. På grund av sin användbarhet när det gäller att motverka handelshinder och handelskrig har sådana mekanismer uppmuntrats inom handelsområdet.

Nordhaus (2015b) har använt en IAM (se avsnitt 5.2.3 för en beskrivning av sådana modeller) för att beräkna hur stora bestraffningar – tullar – som krävs för att alla, eller åtminstone de flesta, av

världens länder ska ha ett egenintresse av att delta i en klimatklubb. Här bortses alltså från andra typer av bestraffningar, särskilt »naming and shaming« som har en central betydelse i Parisavtalet. Resultatet är att det inte behövs särskilt höga tullar för att göra medlemskap lönsamt för merparten av världens länder, givet att det överenskomna priset inte är för högt. Med ett pris på 50 dollar per ton koldioxid går det att få 90-procentigt deltagande – i termer av utsläpp – med en tull på i storleksordningen 5 procent. Ett dubbelt så högt pris är dock enligt beräkningarna inte genomförbart. Ett pris på 50 dollar per ton koldioxid kan tyckas lågt i förhållande till den svenska koldioxidskatten som är mer än dubbelt så hög, men det är nästan dubbelt så högt som det nuvarande priset på utsläppsrätter i EU. Enligt de modeller vi visat i avsnitt 5.2.3 skulle ett globalt pris på 50 dollar per ton koldioxid få mycket stora utsläpps begränsande effekter.

Kalkylerna ovan utgår ifrån att tullen läggs på alla importerade varor från länder som inte deltar. Ur ekonomisk synpunkt har en bestraffning i form av en tull på alla varor några fördelar. Eventuella negativa effekter på medlemsländerna är begränsade. Tullsatsen behöver inte vara särskilt hög för att ge avsedd bestraffningseffekt. Bestraffningseffekten av en tull på enbart koldioxidinnehållet i importvarorna riskerar att bli för svag (till exempel McKibbin och Wilcoxon, 2009). En sådan skatt är också synnerligen komplicerad att införa. Ett betydande problem är att en tull mot icke-medlemmar förmodligen inte är kompatibel med det internationella handelsregelverket. Nordhaus (2015b) konstaterar detta och menar att den rimliga vägen framåt är att förändra det internationella regelverket. Givet den utmaning som klimatförändringarna ställer oss inför kan man argumentera för att lösningen inte bör förhindras av juridiska skäl.

Den stora fördelen med tullar som korregerar för koldioxidskatten är att de skulle kunna vara kompatibla med det internationella regelverket. Ännu så länge finns dock ingen konsensus om detta. Det har förts en omfattande diskussion kring avgifter som ett land vid import skulle vilja lägga på produkter vars produktion inte har belastats med samma nivå av till exempel klimatrelaterade skatter som motsvarande produktion inhemskt. Flera menar att det är osäkert om tullar mot länder med lägre klimatskatter skulle vara förenliga med WTO-regelverken (se till exempel Kommerskollegium, 2009). Saken har inte prövats i WTO:s tvistlösning, vilket betyder att juridisk praxis saknas.

Övergripande kan sägas att importavgifter av det slaget måste uppfylla kraven i GATT på att inte vara förtäckta handelshinder som skyddar den inhemska produktionen. Det stadgas i GATT:s grundparagrafer, artikel II och III, både ett förbud mot nationell behandling – att som stat ge importerade varor sämre förhållanden än varor producerade i landet – och ett undantag för skattekorregerande importavgifter som just likställer nivån med den som åläggs inhemska varor.

Principiellt skulle det kunna vara möjligt för ett land att inom WTO lägga på en klimatkorrigerande importavgift på specifika varor, men avgiften får inte överstiga nivån på de skatter och avgifter som motsvarande inhemskt producerade vara har. Diskussioner utifrån handelsrätt, liksom utifrån ekonomi och politik, pekar emellertid på både svårigheter med utformning och ifrågasättande av lämpligheten med sådana avgifter.

Svårigheterna med utformning handlar dels om att för varje vara som importeras fastställa vilken avgift som korregerar just för de inhemska klimatskatterna – det finns ingen etablerad standard kring hur man gör livscykelanalyser på produkters klimatavtryck samt

stor avsaknad av data som alla litar på – dels att i denna process avstå från olika element av protektionism. Liknande svårigheter diskuteras för anti-dumpningsåtgärder. Horn och Sapir (2019) menar att de protektionistiska problemen ofta inte belyses tillräckligt i policydiskussionen kring korrigerande importavgifter. De menar dock att det förmodligen skulle vara legalt möjligt att införa klimatkorrigerande tullar om de motiveras med det gemensamma och globala värdet av att stoppa klimatförändringarna. De måste emellertid vara enhetliga och i linje med hur inhemsk industri beskattas.

Till diskussionen om lämpligheten med sådana avgifter läggs också frågan om huruvida det är rimligt att ge samma klimatpris på varor från fattigare länder som varor i EU och Sverige. Utifrån det faktum att skadeverkningarna av koldioxidutsläpp är helt oberoende av vem som släpper ut bör tullarna vara desamma. Men syftet med tullen är egentligen inte att internalisera klimatförändringarnas skadeverkningar utan att skapa drivkrafter att bli medlem i klimatklubben. Givet detta syfte kan man argumentera för att tullsatsen behöver vara olika hög för olika länder för att skapa tillräckliga drivkrafter för medlemskap. Man kan tänka sig flera varianter av klimatkorrigerande tullar. En första är att definiera klimatklubben som Parisavtalet trots att ingen överenskommelse om utsläppspris finns. Klimatkorrigerande importavgifter införs då på varor från länder som inte deltar i Parisavtalet – en markering mot USA om att EU vill hålla fast vid avtalet som förhandlingsram, vilket eventuellt kan motivera andra länder att inte hoppa av utan stanna och även införa liknande avgifter. Den klimatkorrigerande avgiften bör dock ta hänsyn till de skatter på utsläpp som redan finns i landet man inför importavgiften mot. I vissa fall kan sådana skatter överstiga priset på utsläpp i en del länder som deltar i avtalet. En importavgift kan då ses som orättvist diskriminerande. En nackdel med denna

variant är att Parisavtalet är en stor klubb redan från början, vilket kan göra förhandlingarna ohanterliga.

En annan variant är att använda klimatkorrigerande importavgifter enbart på varor från andra hög- och medelinkomstländer, vilka bör ha liknande ambitioner för att minska utsläppen som EU. Det innebär att olika avgiftsnivåer sätts på liknande varor från Kina, USA, Brasilien med flera. Dessa kan sänkas eller tas bort om de ingår i en »klimatklubb« med EU inom vilken man kommer överens om liknande och ambitiösa klimatmål. Detta kan motivera några länder att samarbeta mer och harmonisera sina klimatmål, samtidigt som riskerna att försvaga fattiga länders möjligheter till utveckling genom handel minskar.

En tredje variant är att använda klimatkorrigerande importavgifter på några utvalda varor där EU ETS-priset slår som hårdast. Detta alternativ är det som tydligast likställer koldioxidpriset på de globalt handlade varorna som står för de största utsläppen, vilket kan driva på utvecklingen inom dessa produktområden.

Givet den vikt klimatklubbar har som en central lösning på klimatpolitikens internationella koordineringsproblem måste möjligheterna utredas.



DEL II

SAMMANFATTANDE

ANALYS AV

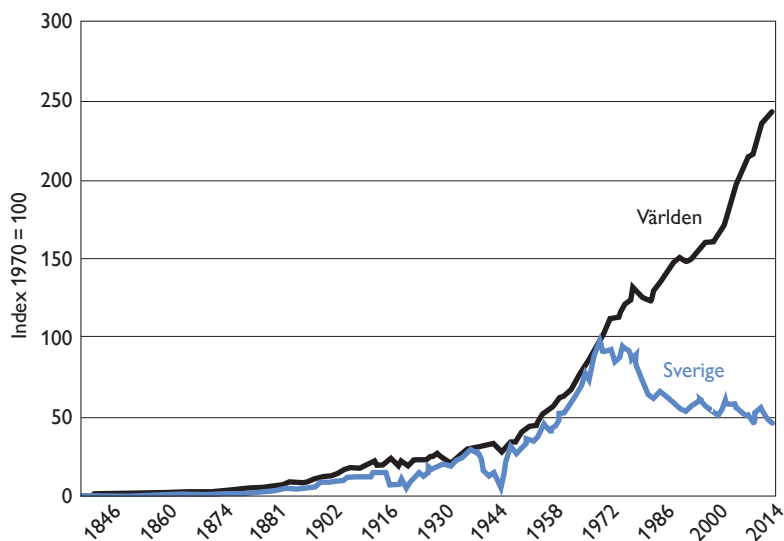
DEN SVENSKA

KLIMATPOLITIKEN

Sveriges koldioxidutsläpp

ANVÄNDNINGEN AV FOSSILA bränslen inom Sveriges gränser tenderade med undantag för världskrigen att öka fram till oljekriserna under 1970-talet. Denna utveckling var i stora drag parallell med den i resten av världen, men frånvaron av betydande fossila fyndigheter i Sverige gjorde naturligen att Sverige påverkades särskilt av världskrigen. Från andra världskriget fram till oljekriserna ökade användningen av fossila bränslen något snabbare i Sverige än i världen som helhet.

Från och med 1970-talet har utvecklingen i Sverige däremot varit radikalt annorlunda än i världen som helhet. Medan världens användning fortsatte att öka i ungefär samma takt som tidigare började användningen i Sverige minska. Från 1970 föll användningen snabbt under ett par decennier och var 1990 bara drygt hälften jämfört med 1970. Utvecklingen drevs delvis av högre oljepriser men särskilt av förändringar i den svenska politiken efter oljekriserna. Centrala inslag är den stora och snabba utbyggnaden av kärnkraft och kraftvärme. Efter denna period har minskningen fortsatt men i



Figur 24 Sveriges och världens utsläpp av koldioxid från fossila källor i ett långt perspektiv. Index 1970 = 100.

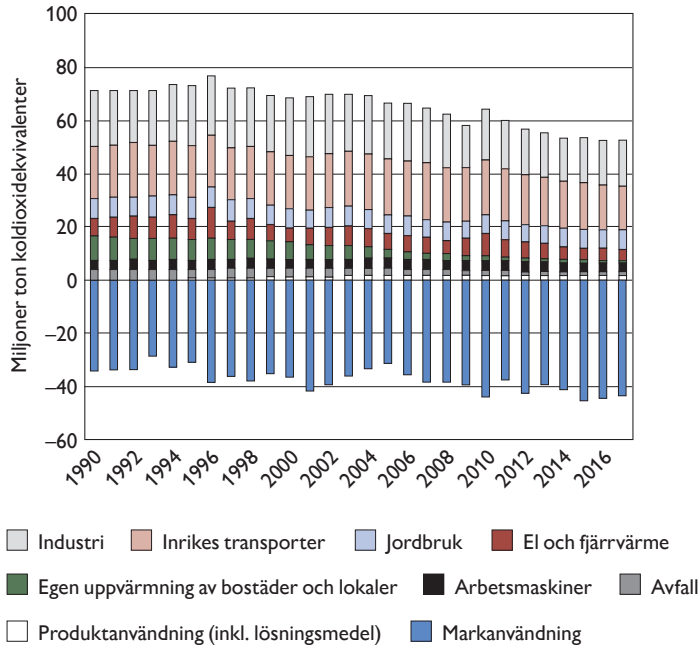
Källa: Data från Carbon Dioxide Information Analysis Center.

ett betydligt långsammare tempo. Denna utveckling visas i figur 24.

Det är väsentligt att notera att siffrorna för utsläpp av växthusgaser här avser utsläpp som sker inom Sveriges gränser. Vi har i kapitel 5 diskuterat läckage. Med detta menas att utsläpp flyttar från ett land till ett annat. Fossilintensiv industri kan tänkas flytta till länder med svag klimatpolitik och därifrån sälja sina varor för konsumtion i Sverige. Ett sätt att mäta sådana effekter är att beräkna de utsläpp som kan relateras till produktion av varor som konsumeras inom Sveriges gränser. Sådana beräkningar görs av Naturvårdsverket. Även om sådana kalkyler inte kan göras med exakthet ger de en mycket klar indikation om att svensk konsumtion orsakar betydligt mer utsläpp än

de som sker inom Sveriges gränser. Dessutom kan man, åtminstone under de senaste decennierna, inte urskilja någon tydlig trend nedåt.

Figur 25 visar fördelningen av svenska växthusgasutsläpp mellan olika sektorer under perioden 1990–2017.⁵ De totala svenska



Figur 25 Utsläpp av växthusgaser i Sverige (exklusive utrikes transporter) mätt i miljoner ton koldioxidekvivalenter.

Källa: Naturvårdsverket.

5. Här visas också utsläpp av andra växthusgaser mätt i koldioxidekvivalenter, vilket syftar till att beskriva dessa gasers bidrag till den globala uppvärmningen under en 100-årsperiod. Notera dock att merparten av dessa andra växthusgaser försvinner från atmosfären på några decennier, medan en betydande del av koldioxiden stannar där mycket längre än 100 år.

territoriella utsläppen av växthusgaser har sedan 1990 minskat från 71,6 miljoner ton till 52,7 miljoner ton 2015. Vi ser att utsläppen i de flesta sektorer minskat, särskilt när det gäller uppvärmning av bostäder och lokaler där de direkta utsläppen minskat med cirka 90 procent. En typ av utsläpp som däremot ökat kraftigt är utrikesresor som dock inte räknas in i de svenska territoriella utsläppen. Under denna period har utsläppen från utrikesresor ökat från att motsvara 5,1 procent av utsläppen 1990 till 20,2 procent 2017. Figur 25 visar också att upptaget av koldioxid i mark och skog ökat under perioden. Denna inlagring av kol har ökat från 34,4 till 43,7 miljoner ton per år under samma period.

Nettot av utsläpp och upptag, vilket är Sveriges territoriella bidrag till ökad koldioxidhalt i atmosfären, har under perioden 1990–2017 minskat kraftigt: de årliga nettoutsläppen har minskat från 36,9 till 8,9 miljoner ton, det vill säga med mer än 75 procent.

Sveriges klimatpolitiska mål

DET SVENSKA KLIMATPOLITISKA ramverket (Prop. 2016/17: 146) innefattar ett långsiktigt utsläppsmål, två etappmål och ett särskilt mål för transportsektorn. Målen är satta för olika år och olika delar av ekonomin. Det långsiktiga utsläppsmålet omfattar alla utsläpp från svenskt territorium. De två etappmålen omfattar ESR-sektorn, det vill säga utsläpp som sker i Sverige från de delar av ekonomin som inte ingår i EU:s utsläppshandel. ESR-sektorns utsläpp kommer huvudsakligen från inrikes transporter, jordbruk, arbetsmaskiner samt industrier som inte är med i utsläppshandeln. Målet för transportsektorn är ännu mer specifikt och avser inrikes transporter förutom flyg.

Det långsiktiga målet anger att Sveriges nettoutsläpp av växthusgaser senast 2045 ska vara noll, för att därefter bli negativa. Detta ska ske genom att utsläppen inom svenskt territorium ska vara minst 85 procent lägre än 1990 och genom att kvarvarande utsläpp kompenseras med så kallade kompletterande åtgärder. Genom att sätta mål för minskningen av bruttoutsläppen är detta ett betydligt snävare mål än om det bara varit formulerat för nettout-

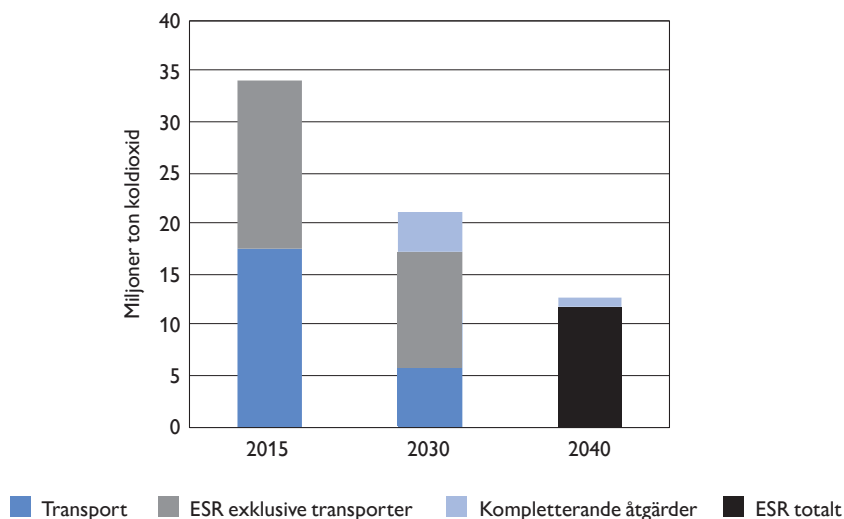
släppen, som redan fallit med 75 procent i förhållande till 1990. Utsläppen 2045 får maximalt uppgå till 10,7 miljoner ton och dessa utsläpp kompenseras med kompletterande åtgärder. Målet avser alla utsläpp inom Sveriges gränser, oavsett om de sker inom ESR-sektorn eller inom utsläppshandelssystemet. Det bör noteras att detta långsiktiga mål betingas på höjda ambitioner inom utsläppshandelssystemet. Någon precisering av hur stor ambitionshöjning som krävs ges dock inte, vare sig i propositionen eller betänkandet från Miljömålsberedningen (2016).

Etappmålet till 2030 anger att utsläppen från ESR-sektorn senast 2030 ska vara minst 63 procent lägre än utsläppen 1990. Högst 8 procentenheter av minskningen får ske genom kompletterande åtgärder. Om de används måste minskningen av utsläppen bli 55 procent, vilket innebär att utsläppen utanför utsläppshandeln 2030 inte får överstiga 21,0 miljoner ton koldioxidekvivalenter.

Etappmålet till 2040 anger att svenska utsläpp från ESR-sektorn senast 2040 ska vara minst 75 procent lägre än 1990. Högst 2 procentenheter av utsläppsminskningarna får klaras genom kompletterande åtgärder. Detta innebär att den svenska ESR-sektorn 2040 maximalt får släppa ut 12,6 miljoner ton.

Det särskilda målet för transportsektorn anger att utsläppen från inrikes transporter (exklusive luftfart som ingår i EU ETS) till 2030 ska ha minskat med minst 70 procent relativt 2010. År 2010 uppgick dessa utsläpp till 19,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter, vilket innebär ett utsläppstak 2030 på 5,9 miljoner ton. Kompletterande åtgärder får inte användas för att klara detta mål.

Figur 26 sammanfattar etappmålen och relaterar dem till utsläppen 2015. Figuren illustrerar tydligt att det svenska klimatpolitiska etappmålet till 2030 ålägger ett betydligt större minskningsbeting på transportsektorn än på övriga delar av ESR-sektorn. Relativt



Figur 26 Sveriges etappmål för utsläpp utanför utsläppshandelssystemet.

Källa: Konjunkturinstitutet (2017b).

2015 års utsläpp ska transportsektorn minska utsläppen med 66 procent till 2030 medan resterande delar av ESR-sektorn sammanlagt bara behöver minska sina utsläpp med 8 procent.

EU ställer via förordningar krav på medlemsstaternas utsläppsminskningar. Detta för att de EU-gemensamma åtagandena i Parisavtalet ska kunna uppfyllas. Sverige har enligt denna förordning tillsammans med Luxemburg det hårdaste kravet på sig. Utsläppen inom ESR ska till 2030 minska med 40 procent i förhållande till utsläppen 2005. För övriga länder varierar dessa krav mellan 0 och 39 procent, och totalt ska utsläppen inom ESR-sektorn minska med 30 procent i förhållande till 2005. Fördelningen av utsläppsbelägg baserades av rättviseskäl på varje lands BNP per person.

Överenskommelserna inom EU innebär krav på Sverige att minska utsläppen inom ESR-sektorn med 40 procent till 2030 och betyder att utsläppen inte får vara högre än 26 miljoner ton. Detta ska jämföras med det svenska målet på 21 miljoner ton. Dessutom innebär Sveriges självpåtagna krav att de kompletterande åtgärderna högst är 3,7 miljoner ton.

Sammanfattningsvis konstaterar vi att:

1. Sveriges etappmål för utsläppsminskningarna fram till 2030 är mer ambitiösa än vad som ges av nu rådande överenskommelser inom EU och vad som gäller andra EU-länder. En stor del av de större utsläppsminskningarna ska ske inom Sveriges gränser.
2. Det separata målet för utsläppsminskningar i transportsektorn till 2030 är betydligt snävare än för andra sektorer.
3. Det långsiktiga målet för 2045 omfattar utsläpp också från företag i EU:s utsläppshandelssystem.

Svenska klimatpolitiska styrmedel

HUVUDDelen av de klimatpolitiska åtgärderna handlar om ekonomiska styrmedel. I detta kapitel beskriver vi de viktigaste av dessa. Vi är medvetna om att också andra styrmedel används för att uppnå klimatmålen. Inte minst på områden för ökad energi-, resurs- och transporteffektivitet är detta tydligt, med exempelvis skärpta krav på ekodesign och energieffektivitet i produkter, transportinfrastrukturplanering, höjd bärighetsklass på väg, anpassade trafikregler för säker cykling, upphandling av nattåg till Europa och beslut om att utveckla ett nationellt biljettsystem för kollektivtrafik.

10.1 Koldioxidskatten

Olika energikällor har länge beskattats i Sverige. Åtminstone sedan 1920-talet har exempelvis bensin varit belagd med en punktskatt. På grund av erfarenheter av ransonering under krigsåren och energikrisen 1973 har det länge funnits en önskan om att minska Sveriges beroende av importerade – fossila – bränslen. Dessutom har

försurningsproblemet varit en mycket större fråga i Skandinavien än i många andra länder, och det ledde också till skarp kritik av vårt fossilberoende redan på 1970-talet. När klimatförändringarna blev en stor internationell fråga var Sverige mottagligt och ett av de första länderna att vidta åtgärder. En koldioxidskatt infördes 1991, tillsammans med ytterligare en energiskatt, och dessa är fortfarande en hörnsten i den svenska klimatpolitiken.

Koldioxidskatten tas ut på fossila bränslen i proportion till deras kolinnehåll, eftersom koldioxidutsläpp som frigörs vid förbränning av något fossilt bränsle är proportionella mot bränslets kolinnehåll. Det är därför inte nödvändigt att mäta faktiska utsläpp, vilket förenklar systemet mycket. Förbränning av biobränslen beskattas inte trots att den genererar koldioxidutsläpp. En förklaring till detta är att man internationellt gjort överenskommelser om att biobränsleutsläpp i stället hanteras genom att man bokför hur mycket kol som finns lagrat i skog och mark. Logiken är att ekonomiska styrsystem då ska påverka denna lagerhållning, vilket i praktiken ännu inte sker.

Koldioxidskatten infördes 1991 på en nivå av 250 kronor per ton fossil koldioxid och har successivt höjts för att 2019 ligga på 1 180 kronor. Genom att öka skattesatsen gradvis har hushållen och företagen haft tid att anpassa sig. Förmodligen har detta bidragit till att öka acceptansen för skatten. Den svenska koldioxidskatten är hög i ett internationellt perspektiv, faktiskt högst i världen. Inom Västeuropa är dock den sammanlagda beskattningen av fossila bränslen för konsumtion ungefär lika stor. I den meningen sticker Sverige inte ut i positiv riktning.

I praktiken har emellertid inte alla utsläppare betalat samma skatt, trots att en enhetlig skatt är en grundprincip bakom koldioxidbeskattningen. Skattesatserna har varierat mellan olika använd-

ningsområden och till och med mellan olika företag. När koldioxidskatten infördes 1991 gällde samma skattesats för industrin som för exempelvis bilister. Skattesatsen sänktes dock relativt omgående för industrin.

Under senare år har koldioxidbeskattningen återigen gjorts mer enhetlig. Från och med 2018 belastas uppvärmningsbränslen inom industrin utanför EU ETS samt inom jordbruks-, skogsbruks- och vattenbruksverksamheterna med full koldioxidskatt. Sedan augusti 2019 har nedsättningen för dieselanvändning inom gruvdrift slopats.¹ Fortfarande finns det dock några sektorer och aktiviteter som är undantagna från beskattning. Det gäller inrikes sjöfart och bantrafik samt fiskeri som inte betalar någon koldioxidskatt eller energiskatt på sin drivmedelsanvändning.

För närvarande är intäkterna från koldioxidskatten 23 miljarder kronor samtidigt som utsläppen utanför EU ETS är cirka 32 miljoner ton räknat i koldioxidekvivalenter. Detta mått inkluderar utsläpp av andra växthusgaser än koldioxid, främst metan från jordbruket. År 2017 var de totala utsläppen från jordbrukssektorn drygt 7 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Dessa kom i stort sett enbart från metan och kväveoxider som inte är belagda med koldioxidskatt. Det betyder att intäkterna från koldioxidskatten är nära tusen kronor per ton utsläppt koldioxid i Sverige utanför EU ETS.

Naturvårdsverket (2019) anger att 80 procent av de svenska växthusgasutsläppen 2017 (52,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter) var prissatta av antingen EU ETS (38 procent) eller via koldioxidbeskattning (42 procent inklusive 2 procentenheter inom EU ETS). Den icke-prissatta delen om 22 procent utgörs främst av metan- och lustgasutsläpp inom jordbruket.

1. Samtidigt kommer också kraftvärmeverk inom EU ETS att behöva betala koldioxidskatt i tillägg till att använda utsläppsrätter för sina utsläpp.

10.2 Elcertifikatsystemet

Elcertifikatsystemet är ett sätt att stödja utbyggnaden av förnybar el. Det har funnits sedan 2003 och är sedan 2012 gemensamt med Norge. Systemet innebär att vissa producenter av förnybar elkraft, särskilt vindkraft, sol och viss vattenkraft, tilldelas ett certifikat för varje MWh el de producerar. Elleverantörer måste sedan köpa elcertifikat i förhållande till hur mycket el de levererar. År 2019 var denna andel 30,5 procent av den sålda elen. Kostnaden för elcertifikaten läggs på elanvändarnas faktura. Dock är elintensiv och konkurrensutsatt industri undantagen; el levererad till dessa medför alltså inget krav på att köpa certifikat.

Priset på elcertifikaten bestäms av utbud och efterfrågan. Under 2018 var det genomsnittliga priset 119 kronor per MWh, det vill säga 11,9 öre per kWh. Det medförde en genomsnittlig extrakostnad för elkonsumenten på 3,6 öre per kWh (Energimyndigheten, 2019b).

År 2018 betalade användarna för cirka 23 miljoner elcertifikat. Med en genomsnittskostnad på 119 kronor betydde detta en subvention på 2,7 miljarder kronor. En väsentlig aspekt av detta stöd är att det ger en inkomst till producenten som inte är lika variabel över tid som elpriset, även om också elcertifikatspriset varierar över tid.

10.3 Reduktionsplikten

Den första juli 2018 infördes en så kallad reduktionsplikt för inblandning av biodrivmedel i bensin respektive diesel. Reduktionsplikten ställer krav på att utsläppen av växthusgaser per energienhet från bensin och dieselbränsle ska minskas. Detta ska ske genom

inblandning av biobränslen. Ett motiv för reduktionsplikten är att det är osäkert om EU långsiktigt kommer att tillåta Sverige att justera ned koldioxidskatten per liter bensin och diesel i förhållande till hur mycket biobränsle som blandas in. Sådana nedsättningar räknas i EU:s regelverk som statsstöd och kräver EU:s godkännande, vilket bara ges för en kort period i taget. Skattesystemet kan därför inte ge så starka drivkrafter till omställning till biobränsle som regeringen önskar.

Enligt reduktionsplikten ska drivmedelsbolagen se till att utsläppen från deras försäljning med en given och ökande procentsats understiger de utsläpp som hade uppstått om försäljningen bestått enbart av fossilt bränsle. Under andra halvåret 2018 var kraven 2,6 procent lägre utsläpp för bensin och minst 19,3 procent lägre utsläpp för diesel. För 2019 gäller 2,6 procent för bensin och minst 20 procent för diesel. För 2020 är betingen 4,2 procent för bensin och minst 21 procent för diesel. För åren därefter har inte några krav offentliggjorts, dock bedömer regeringen att reduktionsnivån 2030 bör vara 40 procent för att transportsektorsmålet ska nås.

Energimyndigheten (2019c) föreslog nyligen att andelen bi drivmedel ska fortsätta öka linjärt fram till 2030, och för det året föreslår man att biobränsleinblandning ska minska bensinens utsläpp med 28,0 procent och dieselns med 65,7 procent. Energimyndigheten föreslår också reduktionsnivåer för 2045, nämligen 80,6 procent för bensin och 92,9 procent för diesel.

Företag som överträffar kravet för ett visst år får inte spara överskottet, men det kan överlåtas till annan reduktionspliktig aktör under innevarande år. Överskott för inblandning i bensin kan inte överlåtas till annan aktörs underskott för inblandning i dieselbränsle, och vice versa. Aktörer som inte uppfyller plikten åläggs en reduktionspliktsavgift. Avgiftens storlek bestäms av Energimyndig-

heten men får högst uppgå till 7 kronor per kilo koldioxidekvivalenter utsläpp som återstår för att plikten ska vara uppfylld.

Biodrivmedel är betydligt dyrare än sina fossila motsvarigheter. Produktionskostnaden ligger kring 10 kronor per liter för HVO och 8 kronor per liter för FAME (Sweco, 2017) som är de två typer av biodiesel som används i dag. För fossil diesel ligger den kring 3 kronor per liter. Därför kan det antas att restriktionen binder och att reduktionsplikten i kombination med likformig drivmedelsbeskattning innebär ökade drivmedelspriser för användarna.

10.4 Bonus–malus

År 2018 införde Sverige även ett så kallat bonus–malus-system för nya bilar. Systemet ersatte tidigare system med miljöbilspremier och innebär att fordon med låga specifika koldioxidutsläpp (utsläpp per kilometer) ges en premie (bonus) medan fordon med utsläpp över en viss nivå åläggs en förhöjd fordonsskatt (malus) de tre första åren. Systemet är tänkt att komplettera den mer generellt verkande drivmedelsbeskattningen och syftar till att öka andelen miljöanpassade fordon med lägre koldioxidutsläpp (Prop. 2017/18:1).

Mer precist innebär systemet att koldioxidfria fordon – exempelvis en elbil – tilldelas en bonus på 60 000 kronor som betalas ut tidigast sex månader efter den dag fordonet ställs på. Bonusen minskar i förhållande till fordonets angivna utsläpp av koldioxid per kilometer. Minskningen är 833 kronor per gram koldioxid per kilometer. Fordon med utsläpp på 60 gram koldioxid per kilometer får därmed en bonus på 10 000 kronor. Fordon med högre utsläpp än 60 gram koldioxid per kilometer får ingen bonus. Vid utsläpp över 95 gram koldioxid per kilometer träder i stället malus in i form av en

förhöjd årlig fordonsskatt. Denna ökar med fordonets utsläpp.

Under de tre första åren ökar skatten med 82 kronor för varje gram över 95 gram upp till en utsläppsnivå på 140 gram koldioxid per kilometer. Däröver ökar den med 107 kronor per gram koldioxid per kilometer. Från och med fjärde året beräknas i stället den förhöjda fordonsskatten som 22 kronor per gram koldioxid per kilometer över 111.

Systemet ger betydande drivkrafter att välja bilar med låga utsläpp av koldioxid. Bonusdelen har budgeterats till 1,25 miljarder kronor 2019 och 1,64 miljarder kronor 2020. Systemet i sin helhet bedöms dock ge ett överskott på 0,43, 0,09 och 0,58 miljarder kronor för 2018, 2019 respektive 2020. Intäkter och kostnader i systemet beror dock på hur känsligt konsumenternas val av bil är för dessa subventioner och skatter.

10.5 Klimatklivet

Klimatklivet är ett stöd till lokala och regionala klimatinvesteringar. Stödet inrättades 2015 och kan sökas av företag, kommuner, bostadsrättsföreningar och landsting. Klimatklivet syftar till att stödja klimatinvesteringar i främst ESR-sektorn. Under 2015–2018 har drygt 3 200 åtgärder beviljats stöd. 66 procent av dessa avser laddstolpar för elbilar. Dessa ansökningar är dock relativt små. Det totala beviljade stödet är 4,8 miljarder kronor. Av detta har cirka 9 procent gått till laddstolpar och 36 procent till investeringar i energieffektivitet och energikonvertering – till exempel byte av värmepanna. Vardera drygt 20 procent har gått till biogasanläggningar och tankställen för biobränslen.

10.6 Andra stöd

Utöver de ovan nämnda stöden finns och har funnits ett antal mindre stöd. Till dessa hör Industrikivet som syftar till att bidra till de svenska klimatpolitiska målen och dessutom stärka den svenska industrins konkurrenskraft. Stödet har från 2019 ökat till 300 miljoner kronor per år. Ett annat stöd går till hushåll som installerar solceller och som kan få 20 procent av investeringskostnaden i bidrag. Den budgeterade kostnaden för detta stöd 2019 är 736 miljoner kronor. Det tidigare stödet till elcyklar och eldrivna utombordsmotorer för båtar är borttaget från 2019.

Analys och diskussion

11.1 Etappmål 2030

Som vi diskuterat ovan är det svenska etappmålet till 2030 mer ambitiöst än vad Sveriges ESR-åtagande anger, och det är utformat på ett sätt som begränsar möjligheten att använda flexibla mekanismer, till exempel genom att köpa utsläppsminskningar i andra EU-länder eller genom negativa utsläpp. Detta leder till ökade kostnader för Sverige. Dessa merkostnader består dels av kostnaden för att ytterligare minska vårt klimatavtryck, dels den extrakostnad som följer av att mer görs just i Sverige i stället för att finansiera utsläppsminskningar i andra länder med lägre kostnader. Det är väsentligt att bilda sig en uppfattning om dessa kostnader för att kunna ställa dem i relation till de intäkter som skapas av klimatpolitiken.

Det är självklart svårt att beräkna kostnaderna för de ambitiösa svenska klimatmålen. Man kan inte förvänta sig att göra sådana beräkningar med stor precision. Vi hävdar ändå att de är värdefulla som underlag för politiska diskussioner och beslut genom att de ger oss en uppfattning om storleksordningar.

Det är viktigt att notera att kostnaderna för klimatpolitiken inte kan beräknas som summan av de klimatskatter som individer och företag betalar. Dessa betalningar är ju inkomster för staten som kan användas för att finansiera olika nyttigheter eller till att sänka andra skatter. Lika lite kan nyttan av klimatpolitiken beräknas utifrån hur mycket pengar som anslås. Klimatpolitikens kostnader uppstår i stället genom att klimatpolitiken, särskilt om den är dåligt utformad, leder till att samhällets resurser används på ett ineffektivt sätt. Ekonomer kallar dessa effekter snedvridningar, och de leder till att vi får ut mindre än vad som vore möjligt från de produktionsresurser vi använder.

För att studera klimatpolitikens kostnader behövs en så kallad allmän jämviktsmodell som beskriver hela den svenska ekonomin. Sådana modeller beskriver hela ekonomins funktioner med produktion, konsumtion, investeringar, marknader med mera. De används regelbundet av Finansdepartementet och myndigheter som Riksbanken och Konjunkturinstitutet. När fokus är på klimatpolitiken måste modellen vara särskilt detaljerad och realistisk när det gäller energianvändning, eftersom det huvudsakligen är där som utsläppen genereras och politiken träffar.

Konjunkturinstitutet har utvecklat en allmän jämviktsmodell som är lämpad att använda för att studera konsekvenserna för den svenska ekonomin av olika varianter av klimatpolitik. Modellen kallas EMEC och beskrivs i Konjunkturinstitutet (2015). I rapporten Konjunkturinstitutet (2017b) analyseras olika sätt att nå det klimatavtryck som det svenska etappmålet för 2030 stipulerar. Närmare bestämt studeras tre olika kombinationer av koldioxidbeskattning och flexibla mekanismer. I scenario A införs en koldioxidskatt så att Sverige lever upp till de krav som EU:s regler ställer på svenska utsläppsminskningar. Därutöver köps utsläppskvotenheter från an-

dra EU-länder som annulleras för att nå samma klimatavtryck som etappmålet ger. I scenario B nås etappmålet i enlighet med det klimatpolitiska ramverket, det vill säga flexibla mekanismer används för motsvarande 8 procentenheter av utsläppsminskningen och koldioxidskatten höjs så att utsläppen från den svenska ESR-sektorn 2030 hålls 55 procent lägre än 1990. I scenario C anläggs en koldioxidskatt så att etappmålet klaras enbart genom inhemska utsläppsminskningar, det vill säga utsläppen hålls 63 procent lägre än 1990.

De totala koldioxidutsläppen är lika i de tre scenarierna. Det som varierar är hur stor del av reduktionen som sker i Sverige som en följd av höjd koldioxidskatt respektive hur stor del som följer av att Sverige finansierar utsläppsminskningar i andra EU-länder. Detta antas kunna ske till priset 400 kronor per ton koldioxid. Resultaten av analysen är inte känsliga för storleken på detta pris. En halvering eller dubbling av detta pris har endast marginella konsekvenser.

Konjunkturinstitutets analys med hjälp av EMEC (Konjunkturinstitutet, 2017b) visar att konsekvenserna av de svenska målen är beroende av hur mycket av utsläppsminskningarna som sker inom Sveriges gränser. Scenario A, som uppfyller EU:s krav och når de högre svenska målen för utsläppen genom att finansiera utsläppsminskningar i andra länder, leder till en minskning av BNP med 0,5 procent i förhållande till ett referensscenario med redan beslutad politik. Med det nu gällande etappmålet (scenario B) fördubblas nästan BNP-fallet till 0,9 procent. Om inga kompletterande åtgärder används (scenario C), så att utsläppsminskningarna blir 63 procent, blir fallet i BNP hela 2,2 procent.

Konjunkturinstitutets analys visar också att koldioxidskatten behöver höjas kraftigt för att klara målen i scenario B och C, medan detta inte behövs i scenario A. Hur mycket skatten behöver höjas beror bland annat på hur priskänslig drivmedelsefterfrågan är och

hur snabbt fordonens bränsleeffektivitet ökar. Med de parametrar som Konjunkturinstitutet anser mest rimliga måste koldioxidskatten mer än femdubblas i scenario B och femtondubblas i scenario C.

I Konjunkturinstitutets analyser används enbart koldioxidskatten för att reglera de inhemska ESR-utsläppen, givet antaganden om en fixerad mängd bibränslen och biodrivmedel och en viss autonom energieffektivisering. Den så kallade reduktionsplikten som infördes 2018 kan komma att mata in mer biodrivmedel än så. I sådana fall blir de skattenivåer som krävs för att hålla utsläppen vid scenariernas målnivåer lägre. Dock blir rimligen den totala kostnaden högre och detta av två skäl: en koldioxidskatt främjar kostnadseffektivitet bättre än en reduktionsplikt och möjligheterna till så kallad skatteväxling försämras.

Effekterna på BNP av klimatpolitiken är inte samma sak som klimatpolitikens kostnader, men det är inte orimligt att anta att de är i samma storleksordning. För närvarande finns i vart fall inga bättre beräkningar av kostnaderna, som behöver ställas mot de nyttor som genereras. Dessa ingår inte till fullo i Konjunkturinstitutets kalkyler, och många av dem är svåra att kvantifiera. Det gäller till exempel ökade möjligheter att påverka utgången i internationella förhandlingar om Sverige för en mer ambitiös klimatpolitik. I frånvaro av kvantitativa studier måste ändå bedömningar av politikens rimlighet göras. Vår bedömning blir att Sveriges ambitioner att bidra mer till utsläppsminskningarna 2030 än vad överenskommelserna inom EU kräver av oss inte behöver bli orimligt kostsamma om de bygger på koldioxidskatt och kompletterande åtgärder, till exempel att köpa och annullera utsläppskvotsenheter från andra EU-länder.¹

1. Handel med utsläppskvotsenheter är ett av EU:s system för att utjämna kostnader för utsläppsminskningar utanför utsläppshandelssystemet EU ETS. Systemet bygger på att medlemsländerna kan köpa och sälja kvoter för utsläpp som sker

11.2 Målet för transportsektorn

Det finns flera argument för ett separat mål för transportsektorn, som står för cirka hälften av Sveriges utsläpp. Dessa har minskat mindre sedan 1990 än Sveriges totala utsläpp, med 15,7 procent jämfört med 26,1 procent. Dessutom finns teknik för att minska transportsektorns utsläpp. Eftersom inrikes transporter måste ske »på plats« finns liten risk för att hårdare beskattning av denna sektor leder till att den flyttar ut ur landet. I denna mening kan man argumentera för att transportsektorn »tål« ett hårdare omställningstryck och högre klimatskatter.

Om utsläppsminskningarna sker genom elektrifiering finns också inslag av så kallade nätverksexternaliteter genom att de kräver ett nätverk av laddstationer. Detta skapar ett argument för politik. Logiken är här att om det inte finns tillräckligt med laddstolpar finns ingen efterfrågan på elbilar. Finns det inga elbilar finns heller inga privata drivkrafter att bygga ut ett nät av laddstolpar. Om man med politiska beslut stimulerar elbilsövergång samt byggande av laddstolpar kan omställningen gå relativt snabbt. Här kan ett specifikt mål för transportsektorn utgöra ett ankare för denna planeringsprocess. Ett ytterligare argument för ett svenskt mål för transportsektorn skulle också kunna bidra till att driva internationell teknikutveckling.

Det mål som satts för transportsektorn, att utsläppen ska minska med 70 procent till 2030, innebär att denna sektors utsläpp ska falla snabbare än för utsläppen i ESR-sektorn som helhet. Som vi noterat ovan får transportsektorn 2030 släppa ut motsvarande 5,9 miljoner ton koldioxidekvivalenter och resterande del av ESR-sek-

inom de sektorer som inte täcks av EU ETS.

torn 15,1 miljoner ton (se figur 26). Transportsektorns andel av utsläppen blir då 28 procent mot dagens cirka 50 procent. Omställningstrycket på transportsektorn riskerar därmed att bli hårdare än i andra sektorer.

Konjunkturinstitutet (2017b) har försökt kvantifiera hur mycket större omställningstrycket kan bli genom det separata målet för transportsektorn. De utgick från en beräkning av hur stora utsläppen blir 2030 givet existerande politik. Enligt denna blir utsläppen från inhemska transporter (exklusive flygtrafiken) 2030 drygt 12 miljoner ton om inga nya styrmedel införs. Detta innebär en minskning med 23 procent jämfört med 2017, men är ändå drygt 6 miljoner ton över målet. Ny politik måste därför minska transportsektorns utsläpp med hälften av de utsläpp som existerande politik leder till. För ESR-sektorn exklusive transporter räcker däremot den beslutade politiken för att nå målet.

För att nå både etappmålet för ESR-sektorn som helhet och det specifika målet för transportsektorn måste följaktligen skatten på utsläpp från transporter höjas kraftigt medan den kan ligga still eller kanske till och med sänkas för andra delar av ESR-sektorn. Med normala antaganden blir skillnaderna i koldioxidskatt för transportsektorn och resterande delar mycket stor. Enligt Konjunkturinstitutets kalkyler kan koldioxidskatten behöva bli hela sex gånger högre i transportsektorn.

Transportsektorns utsläpp kan minskas på tre sätt: genom att ersätta fossila bränslen med biobränslen eller fossilfri el, genom att nya fordon har lägre klimatutsläpp per kilometer än äldre fordon och med minskat transportarbete (fordonskilometer).

Var och en av mekanismerna har sina utmaningar. Utmaningen med att minska utsläppen genom ökad användning av biobränsle är att utbudet av biobränsle är begränsat. Sverige använder redan en

stor andel av de biobränslen som utbjuds på världsmarknaden. Detta bidrar till att driva upp världsmarknadspriset på biobränsle. I den mån det gynnar produktionen av hållbara biobränslen är det en positiv effekt. Men importen till Sverige och EU innehåller också palmolja och andra biobränslen som sannolikt har negativ nettoeffekt på klimatet, vilka möjligen kan minskas eller bortfalla genom certifiering. Givet de globala begränsningarna för att producera biobränslen och behovet av att använda dessa där alternativ är svåra att utveckla, till exempel flyget, är det svårt att se en stor satsning på biobränslen för fordon som en lösning som andra länder kan ta efter i särskilt hög grad. Möjligen skulle ett motiv kunna vara att driva fram processteknik för produktion av exempelvis flygbränslen som tillverkas i samma processer. Sådan teknik bör vara skalbar och flyget lär inom överskådlig tid vara beroende av kolbaserade bränslen som först på lång sikt skulle kunna framställas av någon annan kolkälla ihop med vätgas från förnybar el.

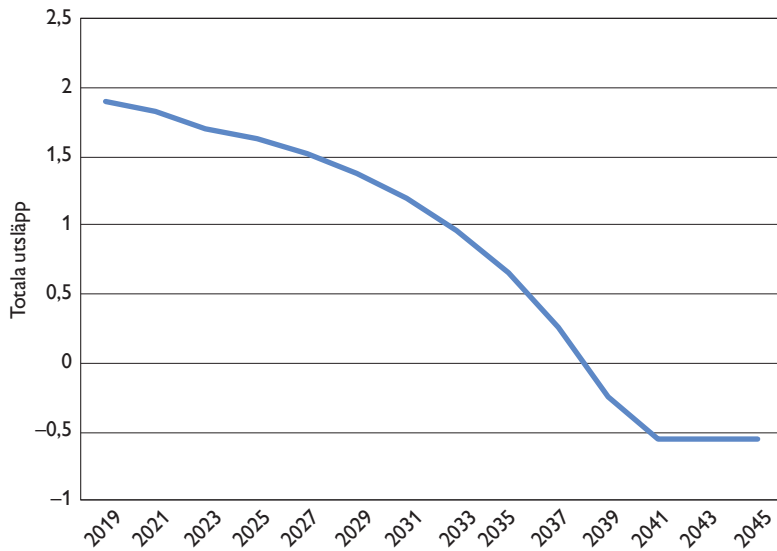
Ett centralt argument mot transportmålet är att det avser att minska användningen av bensin och diesel som görs av fossil olja. I avsnitt 4.3 har vi beskrivit att utbudet av åtminstone konventionell olja är prisokänsligt. All sådan olja kommer säkerligen att användas och har förmodligen ett samhällsekonomiskt värde som är tillräckligt högt för att motivera denna användning även när klimatskadorna räknas in. Det betyder att minskad användning av konventionell olja i Sverige sannolikt kommer att leda till att användningen ökar någon annanstans. Vi får vad som brukar kallas »läckage« av utsläppsminskningarna, vilket inte innebär att effekten bortfaller. Minskad efterfrågan på olja sänker priset på världsmarknaden och det minskar drivkrafterna att utveckla teknik för

att exploatera icke-konventionella reserver av olja och gas.² Om tillgången på olja ökar för till exempel Kina kan det kanske minska deras kolanvändning. Sådana effekter ska inte uteslutas, men verkar osäkra och riskerar att bli svaga. Då får en snabb utfasning av oljeanvändningen liten effekt på utsläppen av koldioxid.

Elektrifiering kan ha oönskade bieffekter via EU ETS. Detta särskilt om den sker snabbare än vad kolbaserad elproduktion fasas ut i de länder som Sverige exporter el till. Även om den svenska elproduktionen i stort sett är fossilfri är svensk elproduktion sammanlänkad med den i resten av EU. Allt annat lika kan man då förvänta sig att ökad svensk elanvändning minskar nettoexporten till våra grannländer varav flera, särskilt Polen och Tyskland, ännu har ett mycket stort fossilinnehåll i sin elproduktion. Minskad elexport leder då till ökad efterfrågan på tysk och polsk kolbaserad elproduktion. Efter de senaste reformerna av EU ETS kommer detta att leda till en större tilldelning av utsläppsrätter och därmed ökade utsläpp. Detta betyder att minskningen av utsläpp från fordonstrafiken i Sverige leder till ökade utsläpp i Polen och Tyskland. Här är det viktigt att notera att dessa problem uppstår om elektrifieringen sker alltför tidigt, dels för att fossilinnehållet i polsk och tysk elkraft rimligen kommer att minska, dels för att sambandet mellan efterfrågan och tilldelning av utsläppsrätter bara gäller så länge som det finns sparade utsläppsrätter i systemet.

Konjunkturinstitutet har räknat på dessa effekter. Resultatet visas i figur 27. Där beskrivs hur mycket de ackumulerade utsläppen inom EU ETS beräknas öka om utsläppen ökar med två miljoner ton beroende på när denna ökning sker. Som vi ser är kurvan fallande. Den börjar nära 2, det vill säga ökade utsläpp leder i stort sett ett-

2. Till exempel arktisk olja och gas och reserver som tas upp med nya metoder som så kallad fracking.



Figur 27 Effekter på totala utsläpp av en engångsökning av utsläppen inom EU ETS med 2 miljoner ton beroende på vilket år ökning sker.

Källa: Konjunkturinstitutet (2020).

till-ett till ökade utsläpp genom att färre utsläppsrätter annulleras. Ju längre fram i tiden utsläppen sker, desto mindre påverkas annulleringarna och därmed de totala utsläppen.

Elektrifiering och/eller övergång till snålare fordon kräver att fordonsparken byts. Detta tar relativt lång tid, och syftet med bonus-malus-systemet är att påskynda denna process. Problemet är att en snabb omställning riskerar att leda till en stor kapitalförstörelse eller att bilarna exporteras till andra länder, vilket skulle begränsa den globala klimatnyttan. Det är dessutom tveksamt om svenska åtgärder på detta område påverkar EU:s samlade utsläpp från transport-

sektorn. EU ställer hårda krav på de genomsnittliga klimatutsläppen för nysålda bilar. Om inte fordonstillverkarna uppnår dem väntar betydande sanktioner. För att uppnå dessa krav kommer en hög andel av nysålda fordon att behöva vara el- och laddhybridfordon. Fordonstillverkarna är därför under hård press att sälja ett stort antal sådana bilar; de kan till och med bli tvungna att subventionera dem för att det ska bli möjligt för dem att få sälja andra, mer lönsamma fordon. Om Sverige med subventioner stimulerar försäljningen av klimatsnåla fordon i Sverige, blir förstås fordonstillverkarna tacksamma, eftersom Sverige tar kostnaden för subventionerna i stället för fordonstillverkarna. Men givet EU:s krav kommer de nya bilarnas klimategenskaper inte att bli bättre än vad de hade varit annars.

Det tredje sättet att nå utsläppsmålet för transportsektorn är att minska transportarbetet. Att minska biltransportarbetet genom att höja priset på transporter via högre skatt på bränsle är möjligt, men det krävs stora prisökningar. Biltransportarbetet har en relativt låg priselasticitet – de flesta studier uppskattar den till omkring $-0,3$. Det betyder att om biltransportarbetet ska minska med 30 procent – vilket skulle vara ungefär i linje med Trafikverkets scenario för att uppnå målet för transportsektorn – måste körkostnaden fördubblas. De politiska och fördelningsmässiga svårigheterna med en sådan åtgärd är avsevärda. Att minska bilresorna genom att förbättra alternativa färdmedel (kollektivtrafik, gång, cykel) ger vanligen små effekter i förhållande till kostnaderna, särskilt utanför storstäderna – i vilka kollektivtrafikandelarna redan är ganska höga. Även bussar ger utsläpp, och eftersom belägningsgraden i bussar utanför storstäderna redan är låg är det långt ifrån säkert att ökat utbud ens ger nettominskningar av utsläppen.

Som vi beskrivit i avsnitt 5.3 finns ett klart negativt samband mellan befolkningstäthet och bilåkning. I princip skulle en snabb

befolkningsomflyttning till tätorter kunna minska bilåkandet och därmed utsläppen. Sambandet är dock inte särskilt starkt. En individ som lever i en kommun med dubbelt så hög befolkningstäthet kör i genomsnitt 30 mil mindre enligt det samband som vi visade i avsnitt 5.3. En 30-procentig minskning av körsträckan motsvarar cirka 200 mil per person. Givet det estimerade sambandet behöver då befolkningstätheten fördubblas nästan sju gånger, vilket motsvarar mer än en hundrafaldig ökning. Även om en fortsatt urbanisering på sikt kan vara en del i klimatpolitiken förefaller den inte spela någon avgörande roll för att nå transportsektorns mål till 2030.

I detta sammanhang är det viktigt att poängtera att en så stor minskning av vägtrafiken inte kan åstadkommas genom att jobbresor i storstäderna i lägre utsträckning sker med bil, och i stället med till exempel cykel och kollektivtrafik. Resor till och från jobbet i storstäderna står för mindre än 5 procent av landets biltransportarbete. Dels står andra reseärenden, som inköp, fritidsaktiviteter och service, för en mycket större andel av bilresandet än jobbresor, dels står bilresande utanför storstäderna för en helt dominerande del av landets bilresande. Det är alltså i praktiken omöjligt att åstadkomma väsentliga minskningar av landets bilresande enbart genom minskningar av jobbresor i storstäderna, helt enkelt för att dessa resor står för en så liten del av totalen.

11.3 Det långsiktiga utsläppsmålet för 2045

Sveriges långsiktiga nationella utsläppsmål anger att de sammanlagda utsläppen från den svenska ESR-sektorn och svenska EU ETS-företag 2045 ska vara minst 85 procent lägre än 1990. Sverige ska 2045 också vara fossilneutralt genom att resterande utsläpp neutra-

liseras med kompletterande åtgärder. Även om Sverige bara står för i storleksordningen 1 promille av de globala utsläppen av koldioxid ska Sverige bli ett föredöme genom att bli en fossilneutral välfärdsstat innan mitten av detta århundrande.

Sverige har politiskt motiverat sina klimatåtaganden – och som grund för att EU ska gå före globalt – på två sätt. För det första finns ett moraliskt ansvar att göra så som man vill att andra ska agera. Syftet är här att påverka utvecklingen i andra länder så att dessa inför en mer ambitiös klimatpolitik. Om Sverige »sopar rent framför egen dörr« kan den politiska viljan i andra länder att inte vara sämre öka. Denna tanke är central i Parisavtalet som syftar till att verka genom »naming and shaming« av de länder som inte tar sitt moraliska ansvar för klimatet. Utvecklingen i andra länder kan också ske genom att man utvecklar ny teknik som underlättar andra länders omställning. Genom att göra det billigare att ställa om kan omställningshastigheten globalt gå snabbare. Om det finns osäkerhet om omställningskostnaderna kan ett land också göra nytta genom att gå före och förhoppningsvis då visa att omställningen inte är orimligt kostsam (se Graeker, Golombek och Hoel, 2019, för en omfattande analys av dessa argument).

För det andra finns ett egennyttigt värde att ligga i framkant på den tekniska utvecklingen mot klimatneutralitet. Givet att den globala omställningen tar fart kan de länder som varit först med omställningen dra nytta av detta genom stärkt konkurrenskraft. Ibland är detta motiv tydligt uttryckt, som i utlysningen av Industriklivet som är ett stöd till företag inom processindustrin för att minska de svenska utsläppen av växthusgaser. För att kunna beviljas bidrag ska projekten »bidra till långsiktigt stärkt konkurrenskraft för industri«.

Vilket av dessa två motiv som varit styrande för enskilda reformer har sällan varit tydligt. Det är långt ifrån uppenbart att de två

olika motiven leder till samma utformning av politiken. För att ny teknik ska ha någon betydelse för de globala utsläppen krävs att den snabbt och billigt kan kopieras i andra länder. En starkt konkurrenskraft kräver dock rimligen att det finns legala eller andra restriktioner mot att andra länders företag använder den nyutvecklade tekniken.

Om syftet är att påverka de globala utsläppen genom att visa att omställningen inte behöver vara så kostsam som andra fruktar är en central komponent i att utforma politiken så att de samhällsekonomiska kostnaderna blir låga och tillräckligt tydliga för att övertyga skeptiker. Här är det uppenbart att den svenska politiken lämnar mycket övrigt att önska. Det bör också noteras att Sverige i ett internationellt perspektiv har mycket gynnsamma förhållanden. Att med trovärdighet visa att vi går före måste bygga på andra åtgärder än sådana som har sin bas i att vi har mycket gynnsamma naturresurser som vattenkraft och skogstillgångar.

Den moraliska påverkansmekanismen behöver dock inte nödvändigtvis bygga på överföringsbar teknik och låga kostnader. Att sätta ambitiösa mål för sin nationella klimatpolitik och leta fram lösningar som levererar sådana utsläppsminskningar, oavsett om dessa är transfererbara, kan vara ett sätt att motivera andra länder att göra samma sak. Sveriges formulerade vision om att bli världens första fossilfria välfärdssamhälle inkluderar det argumentet i sin utmaning till andra länder att följa efter eller själva bli först. Att inte vara sämre än föregångslandet är alltså motivet för andra länder att höja sina ambitioner. De sätt som föregångslandet valt att nå målet behöver då inte nödvändigtvis vara överförbart till andra.

Ett fundamentalt problem med det svenska långsiktiga målet för 2045 är att det också avser de utsläpp som sker inom EU ETS. Som nämnts ovan är tanken med ett utsläppshandelssystem att de före-

tag som har lägst kostnader för att minska utsläppen ska göra detta, medan de med högre kostnader får köpa utsläppsrätter. Inom systemet kan man då kontrollera de totala utsläppen och se till att de sker till lägsta möjliga samhällsekonomiska kostnad. Handeln med utsläppsrätter sker utan hänsyn till nationsgränser mellan länderna som deltar i systemet. Det finns därför inte i systemet någon möjlighet att styra i vilka länder utsläppen sker. Detta är inte en brist utan tvärtom av fundamental betydelse för att systemet ska leverera kostnadseffektiva utsläppsminskningar.

EU ETS innebär att EU har full kontroll på utsläppen inom EU. Hur stora de framtida utsläppen blir i ett enskilt land styrs inte och blir därför högst osäkert. Att det svenska målet för 2045 omfattar både ESR-sektorn och utsläpp inom EU ETS leder till att denna osäkerhet via kommuniserande kärlsprid till ESR-sektorn. En utsläppsökning från svenska ETS-företag innebär inte bara att någon annan inom ETS måste minska sina utsläpp, vilket är tanken med systemet. Den svenska målformuleringen innebär dessutom att även den svenska ESR-sektorns utsläpp måste minska i samma omfattning. Det blir därför osäkert både hur mycket ESR-sektorn kommer att tillåtas släppa ut och vilka kostnader detta kommer att medföra.

Det är viktigt att notera att utsläppen i ett visst land inte behöver minska som en konsekvens av att ett företag i landet utvecklar effektiv teknik för utsläppsreduktion. Anta att produktionen av en viss vara leder till koldioxidutsläpp, men att vissa företag använder en teknik som leder till mindre utsläpp per producerad enhet. Om ett pris på utsläpp införs via ett utsläppshandelssystem kommer de företag som använder denna teknik att få en förbättrad konkurrenskraft relativt övriga företag. Även om utsläppspriset leder till att den totala försäljningen går ner är det därför fullt möjligt att de företag som är minst utsläppsintensiva ökar sin produktion och därmed sina ut-

släpp. Återigen är detta inte en brist utan precis vad som avses. Företag med höga utsläpp slås ut medan de med låga kan expandera.

Analysen ovan har utgått från att Sverige respekterar grundtanken i EU ETS och inte inför egna styrmedel för de svenska företagens utsläpp inom utsläppshandelssystemet. Det nationella utsläppsmålet för 2045 ger dock den svenska planeraren starka incitament att genom styrmedel försöka minska de svenska ETS-företagens utsläpp. Marginalkostnaden för utsläppsminskningar i den svenska ESR-sektorn är, och kan även i framtiden förväntas vara, betydligt högre än utsläppsrättspriset. Detta ger starka skäl för Sverige att anlägga ytterligare nationell styrning av de svenska EU ETS-företagens utsläpp. Det ska noteras att en sådan styrning innebär att svenska företag kommer att vidta utsläppsminskande åtgärder till högre kostnader än andra ETS-företag, det vill säga den snedvrider handeln med utsläppsrätter.

Ett viktigt förbehåll i de resonemang som förts ovan är att det bygger på att utsläppen inom EU ETS inte gått till noll 2045. Med nuvarande regler upphör tilldelningen av utsläppsrätter 2057. Det pågår en diskussion inom EU om att ytterligare skynda på utfasningen av denna tilldelning. Vi hoppas och utesluter inte att så kan komma att ske. Om det leder till att utsläppen inom EU ETS blir noll senast 2045 försvinner förstås osäkerheten också om hur mycket som släpps ut i systemet inom Sveriges gränser.

Slutsatsen av dessa resonemang blir ändå att det svenska långsiktiga målet för 2045 är problematiskt. Det finns en motsättning mellan principerna för utsläppshandeln och det faktum att de svenska målen innefattar utsläpp i Sverige inom EU ETS. Om inte denna motsättning löses genom att utsläppen inom EU ETS blir noll senast 2045 behöver den hanteras. Principer för detta bör slås fast redan nu och ses som en precisering av beslut som riksdagen fattat och i

vars förarbeten det står »Målet förutsätter höjda ambitioner i EU:s utsläppshandelssystem (EU ETS)« (Prop. 2016/17:146, s. 125). Vi kan se tre möjliga vägar framåt.

1. Omformulera det svenska utsläppsmålet så att det inte omfattar svenska territoriella utsläpp inom EU ETS. En sådan förändring kan göras förenlig med målet om ett koldioxidneutralt Sverige 2045 genom att Sverige åtar sig att vidta kompletterande åtgärder motsvarande de utsläpp som sker inom Sveriges gränser. Kostnaden för detta är osäker och påverkas av hur mycket utsläpp som genereras av svenska företag inom EU ETS. Genom att fullt ut tillåta kompletterande åtgärder, också sådana inom andra länder, blir kostnaderna dock lägre. Sverige bör också driva på så att minskningen av tilldelningen av utsläppsrätter inom EU ETS sker snabbare, vilket skulle kunna minska de svenska kostnaderna.
2. Inför kompletterande styrning av EU ETS-sektorn i Sverige. Detta kan ske på olika sätt. Ett sätt är generella åtgärder som att belägga utsläpp med en koldioxidskatt eller subventionera utsläppsminskningar. Man kan också tänka sig lagstiftning som ställer krav på utsläppsminskningar i linje med de nuvarande svenska klimatmålen. Man behöver sannolikt också se över tillståndsgivningen för nya anläggningar och skapa möjlighet att neka tillstånd för nya verksamheter som försvårar möjligheterna att nå de svenska klimatmålen.
3. Lämna EU ETS, vilket skulle vara en radikal åtgärd. Alla företag som verkar i Sverige skulle då styras av svensk klimatlagstiftning, och det skulle skapa möjligheter för Sverige att kostnadseffektivt nå de uppsatta målen för utsläpp inom Sveriges gränser. Givetvis skulle de legala aspekterna av detta behöva utredas vidare innan en sådan åtgärd vidtas.

11.4 Stora skillnader i kostnader för utsläppsminskningar

Som vi diskuterat i kapitel 5 är det väsentligt att alla utsläppare av koldioxid möter samma utsläppspris för att kostnaderna för klimatpolitiken inte ska bli onödigt stora. Det finns undantag från denna princip, men för att dessa ska komma i fråga bör det finnas särskilda och preciserade omständigheter. I linje med denna princip har koldioxidbeskattningen över tid blivit mer likformig. Särskilt betydelsefullt är att de tidigare stora nedsättningarna av koldioxidskatten för utsläpp inom industrin i stort sett har tagits bort.

Den svenska klimatpolitiken består dock av en mängd styrmedel utöver koldioxidskatten. I många fall lagras de olika styrmedlen på varandra utan att den sammanlagda effekten beaktas eller ens beräknas. I Konjunkturinstitutet (2017b) visas att detta leder till mycket stora skillnader i den samhällsekonomiska kostnaden per minskat kilo utsläpp av koldioxid. Vad gäller val av bränsle för personbilar varierar kostnaden mellan 1 800 och 4 900 kronor per ton minskade utsläpp av koldioxid. En del av orsaken till dessa skillnader är att nedsättningar av energibeskattningen av biobränsle innebär att användningen av dessa inte bär sina kostnader för vägslitage och försämrad luftkvalitet.

Eftersom dessa nedsättningar strider mot EU:s regelverk ersätts de successivt med reduktionsplikt, det vill säga bränslebolagen tvingas blanda in en ökande andel biodrivmedel i bränslet. Detta löser det juridiska problemet med skattenedsättning för biodrivmedel och leder också till att användningen av biobränsle får en beskattning som inkluderar externa kostnader för vägslitage och nedsatt luftkvalitet. Politiken kommer därmed i mindre omfattning att ske på bekostnad av försämrad internalisering av vägtrafikens externa

kostnader. Samtidigt innebär reduktionsplikten att en viss mängd biodrivmedel ska säljas på marknaden oavsett kostnaden för detta. Det kan visa sig bli mycket kostsamt om biodrivmedel blir dyrare att producera än förväntat.

Dagens politik ger också kraftiga incitament till att välja personbilar som framdrivs med el. I vissa fall kan de sammanlagda incitamenten att välja en elbil framför en genomsnittlig bensinbil beräknas till 6 000–7 000 kronor per ton koldioxid som undviks inom ESR-sektorn. Därtill ges stöd till laddstolpar genom Klimatklivet. Riksrevisionen (2019) har visat att den sammanlagda kostnaden per kilo minskade utsläpp i ESR-sektorn via byte till elbil är 8,50 kronor per kilo koldioxid. Här ingår stödet till laddstolpar, bonus-malus-systemet, energiskattens sänkning relativt diesel, kostnader som orsakas av att stödet skattefinansieras samt administration.

11.5 För svaga incitament att lagra kol

Utöver att minska utsläppen kan ökningen av koldioxidhalten i atmosfären minska genom att kol från atmosfären lagras i mark och skog. Som vi beskrivit i kapitel 2 sker naturligt ett stort flöde av kol från atmosfären till mark och skog. I Sverige är nettoupptaget av kol i mark och skog mycket stort. Enligt Naturvårdsverket officiella statistik var 2017 nettoupptaget i denna så kallade LULUCF-sektor 43,7 miljoner ton. År 1990 var upptaget 34,4 miljoner ton. Dessa siffror ska jämföras med Sveriges territoriella utsläpp som 2017 var 52,7 miljoner ton. Upptaget är alltså över 80 procent av utsläppen. Viktigare från en policysynvinkel är att dessa upptag är beroende av mänskliga aktiviteter som förändrad markanvändning och skogsbruk. De påverkas därmed av ekonomiska incitament. Det är där-

för bekymmersamt att det i dag saknas ekonomiska incitament att öka inlagringen. Ett exempel på snedvridning som detta orsakar är att förbränna biomassa. Sådan förbränning är undantagen från koldioxidbeskattning inom ESR och kräver inte utsläppsrätter om den sker inom EU ETS. Tanken bakom detta undantag är att effekter på koldioxidhalten i atmosfären i stället ska hanteras genom incitament att öka och behålla mängden kol som finns lagrad i skog och mark. Så sker dock inte i dag.

Ökad inlagring av kol i skog och mark genererar negativa utsläpp och borde alltså få en subvention med samma belopp som priset på koldioxidutsläpp. Givet ett kolinnehåll på runt 50 procent i trä skulle detta motsvara 2 160 kronor per ton trä om vi använder den svenska koldioxidskatten som pris också på negativa utsläpp.³ Sådan subventionering finns inte, vilket medför att förbränning av biomassa – men inte kolinlagring – ges ekonomiska stimulanser. Detta leder till för lite inlagring och för stora utsläpp.

De svaga eller obefintliga ekonomiska incitamenten för att avskilja koldioxid från rökgaser genom CCS, det vill säga »Carbon Capture and Storage«, är ett annat område med stor potential att minska de svenska – och globala – nettoutsläppen. Som nämnts i kapitel 4 ligger kostnaden för CCS med nuvarande teknik på i storleksordningen 1 000 kronor per ton koldioxid. I förhållande till många svenska åtgärder är det däremot inte särskilt dyrt. Motsvarande knappt hälften av Sveriges samlade koldioxidutsläpp kan tas bort om CCS-tekniken införs på de 27 svenska industrianläggningar som överstiger 500 000 ton per år – kraftvärme i energisektorn undantaget. Ungefär 23 miljoner ton koldioxid kan avskiljas från dessa anläggningar, varav 9 miljoner ton har fossilt ursprung och 14

3. Ett koldioxidpris på 1 180 kronor per ton motsvarar $1\,180 \cdot 3,66 \approx 4\,320$ kronor per ton kol.

miljoner ton kommer från biomassa. Detta till en kostnad som varierar mellan ungefär 500 och 1 500 kronor per ton koldioxid.

Med en genomsnittlig kostnad på 1 000 kronor per ton skulle det alltså kosta 23 miljarder kronor per år att halvera de svenska koldioxidutsläppen. Denna kostnad är densamma som intäkterna från den svenska koldioxidskatten. Kostnaden per svensk skulle bli 2 300 kronor per år. Det framstår som en förhållandevis billig metod att nå halvvägs till målet om koldioxidneutralitet. Införs tekniken även på stora kraftvärmeanläggningar samt på anläggningar med lägre utsläpp än 500 000 ton per år kan naturligtvis ännu större utsläppsminskningar åstadkommas.

För svenskt vidkommande kommer lagringen att behöva göras på norskt territorium, i alla fall för de första projekten. Detta eftersom det finns stort lagringsutrymme i Nordsjön och konkreta planer för att bygga upp en infrastruktur för transport och lagring. Det finns visserligen en potential för lagring på svenskt territorium – sydost om Gotland – men det behövs geologiska undersökningar för att mer exakt fastställa dess egenskaper och för att därmed kunna göra en bättre bedömning av de svenska lagringsmöjligheterna.

Policyförslag

12.1 Tydligare politik

Den svenska klimatpolitikens koppling till de globala utsläppen måste bli mycket tydligare. I dag motiveras enskilda inslag i politiken med att de bidrar till att de svenska klimatmålen uppnås. Eftersom dessa mål är formulerade för utsläpp inom Sveriges gränser blir det ofta oklart hur olika delar av politiken bidrar till den globala klimatnyttan. Man kan hävda att minskade utsläpp inom Sveriges gränser har en effekt på det globala klimatet genom att Sverige »stärker sin egen bakgård« och därmed sätter ett gott exempel för andra. Detta är enligt oss ett legitimt argument, men det kan inte motivera alla åtgärder för att minska de svenska utsläppen. Ibland är det uppenbart att det finns en konflikt mellan svenska klimatmål och den globala klimatnyttan. Det gäller till exempel när svensk politik leder till att utsläpp flyttas mellan olika länder, till exempel via EU:s utsläppshandelssystem eller genom så kallade läckagemekanismer där en utsläppsminskning i ett land leder till lägre världsmarknadspris på olja och därmed högre användning i omvärlden.

Den svenska klimatpolitiken bör därför kompletteras med klargörandet att de svenska klimatmålen är intermediära och syftar till att bidra till att världen blir klimatneutral. I den mån en konflikt mellan målen för svenska utsläpp och den globala klimatnyttan identifieras är det den senare som ska prioriteras. Vi är inom Konjunkturrådet visserligen inte helt eniga om hur stora dessa målkonflikter är, men vi är eniga om att de kan uppstå och att ansvariga myndigheter bör ges i uppdrag att kvantifiera förekomsten av dem.

Den svenska klimatpolitikens mål ska enligt Konjunkturrådet härledas från den globala klimatnyttan. I dag sker en sammanblandning av detta mål med målet om att svensk industri ska vara konkurrenskraftig på världsmarknaden. Vissa stöd, till exempel Industrikivet, har som explicit mål att stärka svenska företags konkurrenskraft. Detta riskerar att leda till att den svenska klimatpolitiken delvis blir en förklädd industristödspolitik, vilket är olyckligt eftersom det också här lätt kan uppstå målkonflikter som inte hanteras på grund av de dubbla målsättningarna. Stöd till klimatvänlig teknik bör inom ramen för klimatpolitiken ges endast om den kan antas bidra till den globala klimatnyttan. För att så ska ske måste den snabbt och billigt kunna kopieras av företag och konsumenter i andra länder. Uppenbarligen är sådan teknik inte den som är bäst ägnad att stärka svenska företags konkurrenskraft.

Konjunkturrådet menar att det visst kan vara gynnsamt för Sverige och svenska företag att vi går före i klimatomställningen. Detta bör dock ses som en positiv bieffekt men inte göras till ett mål för politiken.

Konjunkturrådet menar också att rapporterna om att den svenska styrmedelsfloran är alltför vildvuxen måste tas på allvar. Som beskrivits i avsnitt 11.4 finns det stark evidens för att kostnaden per ton utsläppsminskning kraftigt skiljer sig åt mellan olika delar av

samhället. Dessa skillnader verkar endast i begränsad omfattning vara motiverade utifrån rationella argument med utgångspunkt i den globala klimatnyttan. I stället är de ofta orsakade av överlappande styrmedel där summan av incitament och kostnader inte beaktas, vilket leder till att onödigt stora kostnader uppstår. Visserligen kan man hävda att Sverige är ett rikt land och att klimatfrågan är alltför viktig för att man ska bråka om kronor och ören. Men vår bedömning är att Sveriges möjlighet att påverka omvärlden i betydande grad ökar om Sverige visar att omställningen till klimatneutralitet kan göras till en rimlig kostnad och med rimliga uppoffringar. Vi är övertygade om att det är möjligt, men det fordrar ett större fokus på en kostnadseffektiv klimatpolitik än vad vi hittills sett.

12.2 Det långsiktiga målet för 2045

Konjunkturrådets uppfattning är att målet fortsatt bör vara att Sverige senast 2045 ska vara koldioxid neutralt. Det vore olyckligt och inte i linje med grundtankarna i Parisavtalet att minska ambitionsnivån i den svenska klimatpolitiken. Vi menar vidare att detta mål bör sättas *utan* egenpåtagna restriktioner för mängden kompletterande åtgärder. Såväl åtgärder i andra länder inom EU, där det kan säkerställas att utsläppsminskningar faktiskt sker på ett betryggande och trovärdigt sätt, som olika tekniker för att samla in och lagra koldioxid är centrala inslag i en effektiv global klimatpolitik och bör inte begränsas. Att göra mycket på detta område är en del av Sveriges ambition att vara föregångsland. Vi menar också att om restriktionerna vad gäller kompletterande åtgärder minskas, bör det vara fullt möjligt att höja ambitionerna i den svenska klimatpolitiken så att Sverige blir koldioxid neutralt betydligt tidigare än 2045.

I denna fråga finns det dock avvikande uppfattningar representerade i rådet. Rådsmedlemmen Åsa Romson är av följande uppfattning:

Till skillnad från övriga Konjunkturrådet anser jag inte att Sveriges långsiktiga klimatmål om koldioxidneutralitet till senast år 2045 bör ändras. Rådet har i avsnitt 5.3.1 argumenterat för att ändrade mål riskerar att kraftigt minska deras styrande effekt. Det är också ett värde för den globala klimatpolitiken att länder som Sverige kan visa gott exempel och specifikt minska sina territoriella utsläpp. Ett ytterligare argument mot att köpa utsläppsminskningar i andra länder är att acceptansen för skattebaserade investeringar i klimatsmarta tekniker förmodligen är högre om de görs i Sverige. Att som grund för den svenska klimatpolitiken välja att investera skattepengar i andra EU-länder snarare än i Sverige kan på kort sikt vara billigare, men bygger inte på och bidrar inte till en god omställning i Sverige. Eftersom alla länder så småningom måste gå ner till noll klimatutsläpp, finns det också ett större värde för staten att investera i Sverige.

EU:s nuvarande klimatmål och åtagande i Parisavtalet var en politisk kompromiss där nivån hölls nere av länder som inte var med på linjen att ett snabbare oberoende från de fossila bränslena skulle gynna EU:s innovations- och konkurrenskraft. Diskussionen i EU har sedan dess handlat om huruvida det är rimligt att skärpa detta mål. Inför den första omgången med nya åtaganden som ska lämnas år 2020, så är huvudförslaget också en skärpning av EU:s klimatmål. Sveriges klimatmål speglar både rollen som pådrivare inom EU för att EU:s gemensamma NDC ska skärpas och Sveriges goda kapacitet att minska utsläppen på hemmaplan, då här finns både stor potential för förnybar energi, innovationskraft i företagen samt en

miljömedveten befolkning. Sammantaget är enligt mig vikten på dessa argument tillräckligt stor för att målet inte bör ändras.

Konjunkturrådet som helhet menar vidare att den nuvarande motsättningen mellan mål för Sveriges totala territoriella utsläpp och EU ETS princip om gränslösa utsläpp är problematisk. Även om det är möjligt att motsättningen långsiktigt bortfaller om minskningstakten i utgivningen av utsläppsrätter inom EU ETS ökar, behöver principer slås fast för hur de ska hanteras om de uppkommer. Vi menar dock att motsättningarna kan hanteras utan att Sverige inför nya styrmedel med syfte att påverka svenska utsläpp inom EU ETS. I stället bör Sverige åta sig att vidta kompletterande åtgärder för att kompensera för ökande utsläpp i Sverige inom EU ETS.

Om kompletterande åtgärder används för att kompensera för svenska utsläpp inom EU ETS kommer kostnaderna för den svenska klimatpolitiken att bero på hur mycket utsläpp som sker inom den svenska EU ETS-sektorn. Vi bedömer dock denna osäkerhet som begränsad, eftersom marginalkostnaderna för sådana kompletterande åtgärder sannolikt inte ökar lika snabbt som om åtgärderna måste ske inom Sveriges gränser. Kostnaderna förknippade med denna osäkerhet är ett acceptabelt pris för att både vara ett föregångsland och inte förvrida EU ETS. Kostnaden skapar också ett incitament för svenska politiker att driva på inom EU för en snabbare avtrappning av tilldelningen av utsläppsrätter.

12.3 Det särskilda målet för transportsektorn

Vad gäller målet för transportsektorn har vi ovan pekat på både potentiella kostnader och värden av målet. I frånvaro av ett enhetligt pris på utsläpp kan under vissa förutsättningar kvantitativa mål för enskilda sektorer eller regioner motiveras. Sektorsmål medför generellt att omställningstrycket i form av marginella kostnader för utsläppsminskningar varierar mellan olika sektorer. När det gäller det svenska målet för transportsektorn riskerar detta problem att bli särskilt stort. Kostnaderna för att gå före när det gäller omställningen av transportsektorn riskerar att bli mycket höga. Relativt 2015 års utsläpp måste transportsektorn minska utsläppen med 66 procent till 2030, medan resterande delar av ESR-sektorn sammantaget bara behöver minska sina utsläpp med 8 procent. Detta kommer att leda till ett mycket ojämnt fördelat omställningstryck, i synnerhet som utsläpp inom transportsektorn redan från början är prissatta högre än i övriga sektorer. Det finns mycket starka argument för att nuvarande politik, bland annat i form av den svenska koldioxidskatten, är långt ifrån tillräcklig för att skapa det omställningstryck som skulle krävas för att nå transportsektormålet.

Mycket talar vidare för att det är högst osäkert om någon vidare klimatnytta genereras av att det svenska målet nås. Via effekter på världsmarknaden för olja leder en mindre användning av olja i Sverige till ökad användning i andra länder. För att driva den tekniska utvecklingen på transportsektorn är den svenska marknaden dessutom alldeles för liten. Om målet nås genom en elektrifiering i Sverige innan elkraften i länder som Tyskland och Polen hunnit bli mindre fossilintensiv kommer den att leda till ökade utsläpp i andra länder. Om den i stället sker genom användning av biobränslen är

också klimatnyttan osäker, särskilt om Sverige fortsätter importera stora mängder biobränsle.

Det anförs ibland att det särskilda målet för transportsektorn har att göra med stora så kallade nätverksexternaliteter. Tanken är att det som framför allt fördröjer omställningen till fossilfrihet är att inget system för laddning av elbilar byggts ut. Samtidigt finns inte de privata incitamenten att bygga laddsystem innan tillräckligt många elbilar finns. Ekonomin kan i en sådan situation fastna i en dålig jämvikt. Ett mål för transportsektorn skulle kunna vara verksamt i ett sådant läge genom att förväntningarna koordineras på jämvikten med elbilar. Även om detta argument är logiskt sammanhängande finns rimligen andra sätt att undvika den dåliga jämvikten, till exempel genom stöd till laddstolpar. Sådana stöd finns redan och kan behöva utökas. Det är dock mycket viktigare att påverka utvecklingen inom EU. Sverige bör i stället medverka till att det europeiska transportsystemet blir fossilfritt i den takt som utbyggnaden av fossilfri elkraft inom unionen tillåter. Vi bör driva på denna utveckling men gå i takt med resten av EU. Det är svårt att se att det svenska målet för transportsektorn är ett verksamt medel i en sådan strävan.

Att ändra ett mål skapar emellertid också kostnader. Planering utifrån existerande mål har redan genomförts och Sveriges roll som föredöme kan naggas i kanten. Samtidigt föreligger liknande kostnader om målet ligger fast men inte nås.

Konjunkturrådet anser därför att Sverige bör överväga att avskaffa eller omformulera det särskilda målet för transportsektorn. I denna fråga finns det dock avvikande uppfattningar representerade i rådet. Rådsmedlemmen Jonas Eliasson avstår från att yttra sig i frågan om huruvida transportsektormålet bör omformuleras.

Rådsmedlemmen Åsa Romson är av följande uppfattning:

Min uppfattning är att det vore fel att överväga att avskaffa det särskilda målet för transportsektorn. Det svenska klimatpolitiska ramverket har beslutats efter en gemensam analys av huvuddelen av de svenska riksdagspartierna och klimatmålet och dess delmål har beslutats på sådant sätt att det skapar tilltro bland många olika samhällsaktörer. Rådet har i avsnitt 5.3.1 diskuterat hur långsiktiga klimatmål kan underlätta omställningen. Vi poängterade där att målen kräver stabilitet för att vara effektiva. Klimatmålen styrefekt riskerar försvinna om de ändras redan året efter att det klimatpolitiska ramverket trätt i kraft.

Transportmålet bär en särskilt viktig funktion i det klimatpolitiska ramverket, och därmed för Sveriges bidrag till den globala klimatpolitiken, då det pekar ut en konkret omställning i närtid. Transporterna har stor klimatpåverkan och styrs till stor del av sektorsspecifika regelverk och samhällsinsatser (fordonsregler, infrastrukturplanering) varför det är logiskt med särskild uppmärksamhet från politiken. Då kraftfullare strategier på alla dessa tre områden troligen skulle ge viktiga samhällsvinster utöver klimatutsläppsminskning, till exempel ny industriutveckling, minskad hälsopåverkan från dålig luft och buller samt hushållning med markutrymme med lägre byggkostnader för bostäder, finns det fler skäl att strategierna drivs fram. Med ett borttagande eller en försvagning av transportmålet kommer vi inte få se vilken potential till klimatvinster eller andra transportvinster som Sverige har.

Ett förändrat mål skulle också på detta område rimligen tolkas som en ambitionsminskning, vilket vore fel väg att gå med tanke på den allmänna skärpning av klimatpolitiken som behövs på global nivå.

12.4 Insamling och lagring av koldioxid – CCS

Att samla in och permanent lagra ett ton koldioxid har samma samhällsekonomiska värde som att minska utsläppen med ett ton. Av detta följer att en väl fungerande klimatpolitik bör ge samma incitament till båda dessa aktiviteter.

När det gäller utsläpp av koldioxid med fossilt ursprung skapar ett utsläppspris incitament att samla in och lagra koldioxid, oavsett om det är baserat på en skatt eller utsläppshandel. Detta eftersom insamling och lagring innebär att utsläpparen slipper betala skatten. När det gäller icke-fossila utsläpp, till exempel från förbränning av biomassa, finns dock inga incitament att samla in och lagra dessa eftersom ingen koldioxidskatt betalas och inga utsläppsrätter behöver användas. Sverige bör här ta chansen att bli ett föregångsland genom att införa ett pris på insamling och lagring av koldioxid, inklusive insamling från biogena utsläppskällor.

Potentialen för insamling och lagring av koldioxid från stora punktutsläpp – stålindustri, kraftvärmeverk, trä- och pappersmassefabriker och cementproduktion – är mycket stor såväl inom som utanför Sveriges gränser. Som beskrivits i avsnitt 6.4.4 existerar tekniken för detta redan och kostnaden ligger på 500 till 1 500 kronor per ton koldioxid för ett begränsat antal stora svenska utsläppare som tillsammans svarar för 23 miljoner ton koldioxidutsläpp. Med en genomsnittlig kostnad på 1 000 kronor per ton skulle det alltså kosta 23 miljarder kronor per år att halvera de svenska nettoutsläppen av koldioxid.

För klimatets skull är det irrelevant om insamlad och lagrad koldioxid har biogent eller fossilt ursprung. Det kan ändå finnas argument för att Sverige behandlar dem olika, eftersom utsläppen av

fossil koldioxid från stora punktkällor ligger inom EU ETS och följaktligen betalar för sina utsläpp via utsläppshandeln. Nuvarande pris på utsläppsrätter, runt 250 kronor per ton, är inte tillräckligt för att skapa incitament för insamling och lagring. En svensk finansiering av detta skulle följaktligen kunna anses snedvrida utsläppshandelssystemet. Även om vi inte är övertygade om detta argument, konstaterar vi att det inte gäller biogen koldioxid, som ju inte ingår i handeln med utsläppsrätter. I Sverige är utsläppen från förbränning av biomassa från de 27 största utsläpparna av koldioxid cirka 14 miljoner ton per år. Vidare kan konstateras att om endast dessa skulle samlas in och lagras, motsvarar det nästan samma utsläppsminskning som om all vägtrafik blev fossilfri (15,5 miljoner ton). Sverige borde därför införa en finansiering av insamling och lagring av biogent producerad koldioxid. Man bör i lag garantera att priset på detta följer det svenska koldioxidpriset. Det bör också utredas om detta system kan utvidgas till annan typ av insamling och lagring via skogsbruk och markanvändning.

12.5 Reformering av EU ETS

Konjunkturrådets uppfattning är att EU ETS är en helt central och effektiv del i EU:s klimatpolitik. De senaste reformerna, särskilt att tilldelningen av utsläppsrätter faller snabbare, är mycket värdefulla. De resulterade snabbt i ett betydligt högre utsläppspris, vilket inte bara minskar utsläppen på europeisk nivå, utan även underlättar en rationell klimatpolitik i Sverige. En central del i Sveriges klimatpolitik är därför att verka för att systemet stramas åt ytterligare.

I dag finns i praktiken ett pristak på utsläpp, eftersom böterna för utsläpp utan utsläppsrätt är 100 euro per ton, ungefär lika myck-

et som Sveriges koldioxidskatt. Detta pristak bör enligt vår uppfattning avskaffas. De prognoser som gjorts pekar på att utsläppspriset kommer att nå taket långt innan utgivningen av nya utsläppsrätter upphör, vilket enligt nuvarande regler ska ske 2057. När priset nått taket begränsas inte längre utsläppen av antalet utsläppsrätter. Ett robust resultat från klimatmodeller är att koldioxidens samhällsekonomiska kostnader växer i takt med BNP (Golosov med flera, 2014). En sådan höjning skulle troligen höja även dagens utsläppspris, trots att det ligger långt under taket, eftersom det skulle höja det förväntade framtida värdet på sparade utsläppsrätter.

Medan dagens system alltså innehåller ett pristak finns det inget explicit prisgolv, vilket är en stor brist. Systemet med automatiska annulleringar av överskjutande utsläppsrätter har effekter som delvis påminner om ett prisgolv. Hur starka dessa effekter är och hur länge de kommer att vara operativa är mycket osäkert. På sikt finns inga garantier mot att priset rasar till så låga nivåer att systemets effekt på utsläppen i stort sett upphör. Detta har redan hänt två gånger, dels 2007 under systemets inkörningsperiod då priset gick ner till noll, och dels under perioden 2013–2017, vilket syns i figur 23, s. 209.

Ett sådant prisras kan till exempel bero på en oväntat snabb utveckling av alternativa energikällor eller på oförutsedda yttre händelser, som en finanskris. Denna osäkerhet är till stor skada när man vill få till stånd långsiktiga investeringar för att få ner utsläppen. Sverige borde därför verka för att det införs ett prisgolv. Det borde inte vara så svårt att få övriga länder att acceptera ett golv en bit under dagens prisnivå, kanske på 20 euro per ton. Priset bör skrivas upp i takt med den nominella BNP-ökningen inom unionen.

En väsentlig aspekt på EU ETS är att det kan påverka andra länder och regioner. Att det existerar ett väl fungerande system som ge-

nererar önskade utsläppsreduktioner på ett kostnadseffektivt sätt tjänar inte bara som en moralisk utan också som en teknisk förebild. Det finns därför anledning att justera och förbättra systemet längs vägen även om det finns kostnader förenat med att ändra ett etablerat system som inblandade parter inordnat sig i.

12.6 Internationella överenskommelser

Införandet av ett globalt pris på utsläpp av koldioxid skulle vara ett billigt och effektivt sätt för världen att nå klimatneutralitet innan klimatförändringarna blivit oacceptabelt stora. Betydande problem som att företag flyttar till länder med lägre beskattning skulle undvikas genom att ett enhetligt pris på utsläpp skulle skapa konkurrensneutralitet. Det sägs ibland i den offentliga debatten att ett globalt pris på utsläpp är en utopi och oförenligt med nationella krav på suveränitet över beskattning. Vi tror att detta är fel och att huvudorsaken till att världen inte kommit framåt när det gäller detta är att inga seriösa förhandlingar om utsläppspriser hittills skett. Några överenskommelser om vad intäkterna från prissättning av utsläpp används till behöver inte göras. Sverige bör framhålla att detta gör att överenskommelser om minimipriser på utsläpp är fullt förenliga med nationell suveränitet.

Sveriges fokus i de internationella klimatförhandlingarna bör därför vara att försöka få till stånd internationella överenskommelser om minsta tillåtna utsläppspriser. Viktiga steg i denna riktning skulle vara att utöka andelen av världens utsläpp som är prissatta¹

1. År 2019 prissätts, enligt Världsbankens beräkningar, 11 Gt CO₂ via skatter eller utsläppspriser. Det motsvarar 20 procent av världens utsläpp av växthusgaser. Se https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data.

och minska subventionerna till produktion och användning av fossila bränslen. Denna strävan ska ske med utgångspunkt i existerande ramverk. Det vore till exempel helt fel att skrota EU:s utsläppshandelssystem i förhoppningen att en överenskommelse om en koldioxidskatt kan komma på plats. Istället bör Sverige driva att transparenta mekanismer för prising och pristak införs i EU ETS. Detta kompletterar systemet men ersätter det inte. Utöver detta bör Sverige i EU driva att lägstanivåer på utsläppspriser blir en del i förhandlingar om frihandelsavtal. Detta skulle kunna bli en väg fram emot skapandet av breda klimatklubbar med enhetliga utsläppspriser och tillräckliga incitament för att undanröja fripassagerarmekanismen.

Utanför EU bör Sverige verka för att Parisavtalet kompletteras med åtaganden om minimipriser för utsläpp. Vi bör också försöka påverka WTO att tydligt acceptera principen att omsorg om världens klimat är ett fullgott motiv för att ha tullar mot länder som inte har en acceptabel nivå på utsläppspriset.



DEL III

SJU FRÅGOR

Inledning till frågorna

FÖR ATT ILLUSTRERA hur vi menar att man bör tillämpa den systemförståelse vi försökt skriva fram i del 1, kommer vi här att svara på sju frågor. Vi har valt dem för att de är aktuella och relevanta, men också för att vi tror att de ger bra exempel på hur vi menar att man kan använda det systematiska angreppssätt som vi förordar.

Frågorna är:

1. Kan kommunernas och företagens egna klimatmål bidra till en effektiv klimatpolitik? Hur bör de i så fall utformas?
2. Finns det en poäng med att sätta klimatmål sektorsvis, eller bör alla sektorer ha samma kostnadstryck på omställning?
3. Hur effektiv klimatpolitik är klimatbistånd?
4. Är det smart klimatpolitik att köpa utsläppsrätter och inte använda dem?
5. Bör Sverige sträva efter att skapa ett fossilfritt elöverskott för export?
6. Bör kärnkraften behållas av klimatskäl?
7. Bör Sverige stödja investeringar i koldioxidavskiljning och -lagring?

Kan lokala klimatmål bidra till en effektiv klimatpolitik? I så fall, hur ska de utformas?

14.1 Kort svar

Lokala klimatmål kan bidra till att öka kunskaperna och engagemanget kring klimatförändringarna. Lokala utsläppsmål kan också underlätta att såväl nationella mål som mål för EU:s klimatpolitik nås. Genomförandet av den svenska klimatpolitiken sker i stor utsträckning genom beslut som fattas i kommuner och regioner. För att den svenska klimatpolitiken ska omsättas i verklighet krävs därför att kommuner och regioner anpassar sin planering. Lokala klimatmål kan underlätta detta. En förutsättning är dock att lokala beslut »kuggar i« den statliga planeringen. Trots detta formuleras många lokala klimatmål på ett sätt som oavsiktligt motverkar de nationella målen. Lokala mål kan med andra ord bidra till en effektiv klimatpolitik, men för att så ska ske krävs att de som sätter dem i betydligt högre grad än i dag tar hänsyn till effekten på utsläpp utanför det område som målen sätts för.

I den mån det finns politisk efterfrågan på att göra mer än att

verkställa den nationella klimatpolitiken bör man analysera hur eventuella lokala mål påverkar utsläppen utanför det lokala området. Även om det är svårt att göra en sådan analys med exakthet bör man relativt enkelt kunna sortera åtgärder utifrån om de kan förväntas ha önskvärda effekter eller ej. Till de förra hör transportsnål stads- och trafikplanering, utbyggnad av laddinfrastruktur och en välvillig inställning till vindkraftverk. Till de senare hör kommunspecifika energinormer, bibränslesubventioner, krav på »grön el« och liknande stöd till förnybar elproduktion samt mål för utsläppsminskningar inom kommunens gränser.¹

14.2 Bakgrund

Många kommuner och regioner – och även företag och organisationer – har satt upp egna klimatmål. Dessa skiljer sig åt: de flesta kommuner och regioner har mål som avser utsläpp genererade inom deras geografiska område, men några har mål som avser konsumtionsbaserade utsläpp. Vissa uttrycker målen per invånare, andra i totala utsläpp. Vissa har mål för samtliga utsläpp inom det egna området, medan andra har mål för specifika sektorer.

De flesta kommuners mål eller åtgärder är inriktade på att minska utsläppen inom kommunens gränser från energitillförsel, uppvärmning av byggnader, trafik och olika typer av konsumtionsbaserade utsläpp från den egna organisationen – exempelvis från skolmat och egna resor och transporter.

Frågan är om, och i så fall på vilket sätt, sådana mål kan bidra till en klimatpolitik som får tillräcklig effekt utan onödiga kostnader.

1. Rådsmedlemmen Åsa Romson har en avvikande uppfattning i denna fråga. Se kapitlets sista avsnitt.

14.3 Mål för politiken

Det övergripande målet för politiken är att minska de globala utsläppen och därmed begränsa klimatförändringarna. Det mellanliggande målet för politiken är att minska utsläppen inom ett geografiskt område. Vi bortser i analysen från mål som inte har med klimatfrågan göra. Sådana skulle kunna vara att förbättra kommunens image eller gynna vissa politiska eller ekonomiska intressen.

14.4 Analys

Lokala klimatmål är ett sätt att manifesteras ett engagemang för klimatet och för en ambitiös klimatpolitik. De kan bidra till ökat engagemang och ökad kunskap. Redan existensen av ett lokalt klimatmål kan på detta sätt ha en positiv effekt. För att få en mer direkt effekt på klimatförändringarna är det dock av central betydelse hur målen är formulerade och vilka åtgärder man vidtar för att uppnå dem.

Det är lätt att finna exempel på mål som minskar de lokala utsläppen, samtidigt som utsläppen i ett större område – Sverige, EU eller världen – förblir oförändrade på grund av olika kompensations- och läckagemekanismer (se kapitel 4). Det finns också exempel på det omvända: åtgärder som inte minskar de *lokala* utsläppen eller till och med ökar dem, men som ändå kan minska utsläppen i ett *större* område.

Det är väsentligt att lokala målformuleringar inte utesluter eller motverkar de sistnämnda åtgärderna. I den mån lokala åtgärder antas verka genom en demonstrationseffekt är det betydelsefullt att de är skalbara. Med detta menas att de kan kopieras av andra; ny planering eller teknik som utvecklas ska andra städer eller länder kunna

använda. Till exempel har svensk avfallshantering, stads- och trafikplanering ofta framhållits som en internationell förebild, och detta är åtgärder som är skalbara i meningen att andra länder kan ta efter.

Ett annat exempel på en skalbar åtgärd är utveckling och implementering av metoder för att insamla och lagra koldioxid (CCS, se avsnitt 6.4.4), vilket skulle kunna leda till att kostnaden för CCS sjunker för efterföljare. Om åtgärdens kostnad – i någon mening – sjunker för efterföljare innebär det att det finns en positiv externalitet från föregångare till efterföljare, och sådana åtgärder har potential att ge betydligt större klimatnytta än den som »syns« på den egna organisationens utsläpp. Å andra sidan är användning av biobränsle i transportsektorn en åtgärd med tveksam skalbarhet, eftersom utbudet av biobränsle är så pass begränsat i ett globalt perspektiv.

Lokala miljömål kan alltså vara problematiska på tre sätt:

1. Om de leder till att man genomför (kostsamma) åtgärder som enbart minskar lokala utsläpp, men inte de totala utsläppen i ett större område.
2. Om man avstår från att genomföra åtgärder som påverkar totala utsläpp i ett större område därför att de inte påverkar de lokala utsläppen.
3. Om man inte tar hänsyn till huruvida åtgärder är skalbara eller har positiva externaliteter.

Vår bedömning är att en stor andel av de uppsatta lokala miljömålen är formulerade enbart som minskade utsläpp inom det egna geografiska området utan hänsyn till de tre övervägandena ovan.

Att enbart formulera mål i termer av lokala utsläpp liknar i och för sig sättet som Parisavtalet är konstruerat på: varje land eller grupp av länder ansvarar endast för sina egna utsläpp. Det är dock väsentligt att inse att enskilda kommuner eller organisationer inte

redovisar sina utsläppsminskningar enskilt i Parisavtalet, utan som en del av något större – i Sveriges fall EU. Så ur Parisavtalets synvinkel måste lokala miljömål bidra till att minska EU:s samlade utsläpp, eller åtminstone Sveriges, för att vara relevanta.

Förutsättningarna för klimatsmarta lösningar och låga utsläpp kan ofta vara bättre i tätorter. Om människor bosätter sig där, i stället för i glesare miljöer, kan efterfrågan på utsläpp minska och det blir lättare att nå nationella utsläppsmål. Kommunens egna utsläpp behöver däremot inte minska, om denna strategi leder till att kommunens befolkning ökar. Det här är ett generellt problem med lokala klimatmål, särskilt om de uttrycks i totala utsläpp i stället för utsläpp per invånare. Eller annorlunda uttryckt: Det är förstås bra för de nationella utsläppen om kommuner med låga utsläpp per invånare – vilket framför allt handlar om klimateffektiv uppvärmning och lite bilkörande – ökar sin befolkning relativt kommuner med höga utsläpp per invånare. Men en sådan utveckling kan kollidera med den då växande kommunens egna lokala klimatmål. Detta blir svårare att uppfylla om befolkningen ökar. Lokala klimatmål uttryckta som minskningar av totala utsläpp riskerar därför att göra mer skada än nytta.

En fullständig analys av effekterna på utsläpp utanför en kommuns gränser är svår att göra och kan inte leda till exakta svar. Icke desto mindre menar vi att det går att sortera många åtgärder utifrån deras förväntade bidrag till utsläppsminskningar i ett större område. Nedan går vi igenom några sådana exempel.

14.4.1 Produktion av fossilfri el

Om Sverige ökar sin fossilfria elproduktion kan det förväntas minska EU:s samlade utsläpp genom att svensk elexport ökar och därmed tränger undan kolbaserad elkraft i importerande länder. Med den nya ETS-utformningen minskar därmed EU:s samlade utsläpp från elproduktion, åtminstone om minskningarna sker så länge som det finns ett överskott i systemet och annulleringarna inte leder till att man tillåter mer utsläpp i ESR-sektorn. Även om detta inte minskar Sveriges utsläpp bidrar därmed åtgärden då till att minska den globala uppvärmningen och till att uppfylla EU:s åtagande enligt Parisavtalet.

En enskild kommun eller region kan dock inte påverka mängden fossilfri el – exklusive kärnkraft – som Sverige totalt producerar, eftersom detta styrs av elcertifikatssystemet. I korthet fungerar elcertifikaten så att de som vill sälja icke-förnybar el måste köpa elcertifikat i motsvarande mängd, och dessa certifikat delas ut till dem som producerar förnybar el – vind, vatten och sol. Producenter av förnybar el får alltså en extra intäkt från certifikatförsäljning: en sorts korssubvention från icke-förnybar el till förnybar el. Priset på elcertifikaten sätts så att mängden producerad förnybar el precis uppnår förutbestämda mål. Om många producerar förnybar el sjunker priset på certifikaten, och tvärtom.

Om ett kommunalt energibolag väljer att producera förnybar el trots att det inte lönar sig – med hänsyn tagen till investerings- och driftkostnader, efterfrågan, elpris och certifikatsintäkter – blir resultatet följaktligen att certifikatspriset sjunker. Därmed minskar några andra producenter av förnybar el sin produktion – eftersom de får mindre betalt för den – precis så mycket att den totala produktionen av förnybar el i Sverige inte ändras. Det totala elpriset,

inklusive certifikatskostnader, kommer dock att sjunka för alla konsumenter, så det kommunala elbolaget kommer att ha subventionerat elpriset för alla svenska konsumenter. En väsentlig effekt av subventionen är att produktionen av förnybar elkraft snedvrids. Ineffektiv produktion subventioneras och mer effektiv slås ut.

Kommuner kan och bör dock bidra genom att medverka till att minska de faktiska kostnaderna – subventioner borträknade – för förnybar elproduktion. Detta kan ske genom att underlätta etablering av sådan kraftproduktion. För närvarande är det ett problem att många kommuner i stället avstyrker vindkraftsproduktion. Det kommunala vetot stoppar hälften av vindkraftverken innan de ens kommit till miljöprövning (Dagens Samhälle, 2017). Nyligen sade exempelvis Kristianstad nej till en havsbaserad vindkraftpark, trots att parken kan reducera utsläppen dubbelt så mycket som de samlade utsläppen inom kommunen. Denna inställning kan i förlängningen göra det svårt att uppnå målet om förnybar elproduktion.

Kommuner med egna energibolag kan också bidra till utveckling och implementering av CCS-teknik, till exempel genom att förse sina kraftvärmeverk med CCS. Det skulle både bidra till att minska Sveriges och EU:s totala nettoutsläpp, och vara en i hög grad skalbar åtgärd: erfarenheter och teknikutveckling kan användas över hela världen. Som diskuteras i avsnitt 11.5 finns dock ännu inga marknadsmekanismer för att göra detta ekonomiskt lönsamt.

Kommunala mål bör därför formuleras på ett sätt som underlättar etablering av fossilfri kraftproduktion och som innebär att de reella kostnaderna för sådan produktion minskar. Subventioner och utsläppsmål för kommunens egen elproduktion är däremot inte rätt väg att gå.

14.4.2 Uppvärmning av byggnader

Energikrav på nya byggnader, utöver vad byggherren frivilligt skulle uppfylla av ekonomiska skäl, leder till ökade byggkostnader. Dessa måste relateras till de förväntade framtida utsläppsminskningarna. Det är tänkbart att byggherren inte får tillräckligt betalt för att bygga energieffektiva hus om köparen av byggnaden inte tar tillräcklig hänsyn till nuvärdet av framtida uppvärmningskostnader. Detta skulle i så fall kunna motivera regler för energianvändning.

Sådan reglering bör dock inte ske på kommunnivå eftersom olika regler i olika kommuner leder till onödigt höga byggkostnader, när byggtekniker och byggmaterial inte kan standardiseras och användas på många platser. När det gäller bostads- och servicesektorns möjlighet till att bidra till att minska klimatpåverkan är dock det direkta bidraget begränsat, eftersom energitillförseln till stor del redan är koldioxidfri. Därför blir det ofta svårt att motivera energieffektiviseringsåtgärder ur ett rent klimatperspektiv. Däremot har klimatpåverkan från nybyggnation kommit allt mer i fokus, men där är en stor del av utsläppen sker inom basmaterialproduktion (cement), det vill säga i den handlande sektorn.

14.4.3 Trafikplanering

Det nationella målet för minskade utsläpp från trafiken bygger både på en övergång till el och biobränslen som drivmedel och på en minskning av det totala vägtransportarbetet. Kommuner kan därmed bidra till det nationella målet dels genom stads- och trafikplanering som minskar vägtransportarbetet, dels genom att stödja övergång till el- och biobränslefordon på olika sätt. De mest verkningfulla och effektiva styrmedlen rör dock staten över, som bränsleskat-

ter, fordonsskatter, regler för reseavdrag och förmånsbilsbeskattning, laddinfrastruktur längs det nationella vägnätet med mera.

Beslut i kommuner och regioner om stadsplanering, trafikplanering och kollektivtrafikutbud har dock betydelse för det totala vägtransportarbetet. God stads- och trafikplanering innebär ofta att vägtransportarbetet minskas, till exempel genom effektiv kollektivtrafik, attraktiva stadsmiljöer och fysisk planering som minskar behovet av bilresande. Staten påverkar kommunernas planering genom statliga regleringar och skatter i transportsektorn. Det förefaller rimligt att kommuner och regioner inte bara anpassar sig till dessa styrmedel utan också på andra sätt bidrar till genomförandet av en effektiv klimatpolitik. Detta förutsätter dock att de lokala besluten kuggar in i den statliga politiken. En kommun och region kan också tänkas vilja göra mer än att bidra till att den statliga klimatpolitiken verkställs. Om syftet med detta är att påverka de totala utsläppen är det helt nödvändigt att analysera hur de lokala besluten påverkar dessa.

Trots detta har inga kommuner eller regioner – så vitt vi vet – formulerat klimatmål som tar hänsyn till om de *nationella* utsläppen faktiskt minskas av de åtgärder man vidtar. För att ta ett konkret exempel: Stockholm har målet att minska de totala utsläppen inom kommunens gränser, bland annat genom att minska vägtrafikarbetet. Bilanvändningen per person i Stockholm är dock liten, mycket mindre än i de flesta andra kommuner i landet. Det betyder att om människor flyttar från andra kommuner till Stockholm kommer de nationella utsläppen med stor sannolikhet att minska – men i Stockholm ökar utsläppen. Ett mål för utsläppen i Stockholm kuggar därför inte i de nationella målen utan riskerar att motverka dem. Om målet var formulerat som att utsläppen per invånare skulle minska skulle däremot inte inflyttning vara negativt. Ännu bättre vore ett

mål som tog hänsyn till hur de totala nationella utsläppen påverkas av inflyttning.

Det här är inte en obetydlig fråga: styrmedel, som till exempel högre bränsleskatter, stimulerar omflyttning till områden med lägre bilresande per person, det vill säga framför allt till större städers kärnområden. En inte oväsentlig del av dessa styrmedels trafikminskande effekt sker just genom omlokalisering. Därför är det viktigt att lokala mål inte får fortsätta att motverka de övergripande målen.

14.4.4 Biobränslen och elfordon i den egna fordonsparken

Många kommuner och regioner gynnar biobränslefordon på olika sätt som en del av sitt klimatarbete, till exempel genom att driva bussar, egna fordon och arbetsmaskiner med biobränslen eller att ställa krav i upphandlingar. Problemet är dock att det i första hand är utbudet av biobränslen som brister, inte efterfrågan. Högre efterfrågan kan dock möjligen göra det mer lönsamt att öka biobränsleutbudet genom nya anläggningar, och på detta sätt kan kanske kommunal efterfrågestimulans bidra till att minska de nationella utsläppen.

Om kommuner däremot producerar biobränsle, så att det totala biobränsleutbudet ökar kan det ge en nettominskning av utsläppen på nationell, europeisk och global nivå – förutsatt att det tränger undan fossila bränslen, vilket dock tyvärr inte är givet. Om oljeutbudselasticiteten är alltför låg flyttar bara oljekonsumtionen till andra länder utanför EU (se avsnitt 4.3.1). Lokala subventioner till biobränsle är därför svåra att motivera.

Kommuner kan stimulera efterfrågan på elfordon genom att byg-

ga ut offentlig laddinfrastruktur och genom olika typer av förmåner, till exempel reserverade p-platser för laddning. I Norge förekommer också att elfordon får köra i busskörfält. Än så länge är det svårt att veta vilken effekt på elfordonsefterfrågan sådana åtgärder har, men erfarenheter från Norge och från Stockholms trängselskatteundantag för miljöbilar, som fanns 2006–2012, tyder på att det kan ha en viss effekt. Genom sådana åtgärder kan alltså kommuner bidra till att minska de nationella utsläppen från transportsektorn. I avsnitt 12.3 framför vi visserligen argument för att det nationella målet inte är välformulerat. Men man kan ändå argumentera för att kommunernas uppgift är att bidra till att nationella mål uppfylls.

14.5 Slutsatser

Staten har det avgörande ansvaret för den svenska klimatpolitiken. Genomförandet av denna politik sker dock i stor utsträckning genom beslut som fattas i kommuner och regioner. En förutsättning för en effektiv svensk klimatpolitik är att dessa lokala beslut kuggar i den statliga planeringen. Trots detta formuleras många lokala klimatmål på ett sätt som snarast motverkar de nationella målen. Ett exempel är mål för minskade utsläpp inom kommunens gränser i stället för mål för utsläpp per person.

I den mån det finns politisk efterfrågan på att göra mer än att verkställa den nationella klimatpolitiken bör man analysera hur de lokala målen påverkar utsläppen på en högre nivå. Även om det är svårt att göra en sådan analys med exakthet, kan en sortering i åtgärder som förmodligen har en önskvärd effekt och åtgärder som förmodligen inte har det göras relativt enkelt. Till de förra hör förmodligen transportsnål stads- och trafikplanering, utbyggnad av

laddinfrastruktur och en välvillig inställning till vindkraftverk. Till de senare hör kommunspecifika energinormer, biobränslesubventioner, krav på »grön el« och liknande stöd till förnybar elproduktion, samt mål för utsläppsminskningar inom kommunens gränser.

I denna fråga finns det dock avvikande uppfattningar representerade i rådet. Rådsmedlemmen Åsa Romson är av följande uppfattning:

En analys av de svenska kommunernas lokala klimatmål måste göras utifrån den rådighet som kommunerna har och vilka verktyg kommunerna kan utveckla för att bidra till långsiktig klimatomställning av lokalsamhället. Några områden som är särskilt strategiska ur klimatsynpunkt är att kommunernas planmonopol i hög grad styr transportutvecklingen i tätorter, som upphandlare styr kommunsektorn också över marknaden för klimatsmarta produkter och tjänster och kommunen kan bidra till viktiga systemvinster i energisystemen. Enligt min uppfattning hade det varit intressantare att i rapporten analysera om det saknas tydliga regler om att kommunerna ska främja ett hållbart och klimatsmart samhälle, och om kommunerna har tillräckliga verktyg för ett effektivt sådant arbete. Det kan försvåra för de svenska klimatmålen om kommunerna inte arbetar inom sina områden.

Jag menar också att det är en felaktig analys att kommunala klimatmål som siktar på utsläppsminskningar i absoluta termer hämmar en klimatsmart urbanisering och anser det är svårt att se sådana mål som ett problem för klimatpolitiken. Snarare är det tack vare flera av kommunernas aktiva arbete kring klimatfrågorna som det funnits en pådrivande kraft i Sverige som löst upp partipolitiska intressebetsmotsättningar och lett till en mer ambitiös klimatpolitik på nationell nivå.

Finns en poäng med att sätta utsläppsmål sektorsvis, eller bör alla sektorer ha samma kostnadstryck på omställning?

15.1 Kort svar

Sektorsvisa utsläppsmål måste i praktiken leda till skillnader i de marginella kostnaderna för utsläppsminskningar och därmed till olika omställningstryck i olika sektorer. Ju mer långsiktiga och oflexibla målen är, desto större tenderar dessa skillnader att bli. De leder till att färre utsläppsminskningar för en given kostnad kan genomföras.

För att sektorsvisa mål ska vara motiverade måste därför sådana skillnader i omställningstryck generera andra värden än de direkta utsläppsminskningarna. Dessutom måste det vara svårt eller omöjligt att nå dessa värden på andra sätt. Exempel på sådana andra värden är om utsläppsminskningar i en viss sektor genererar särskilt stor teknikutveckling eller särskilt stora fördelningspolitiska konsekvenser. Om sådan teknikutveckling inte kan stimuleras på annat sätt och fördelningspolitiska instrument saknas kan detta skapa ar-

gument för sektorsvisa mål. Som framgått menar vi bland annat att dessa förutsättningar inte föreligger när det gäller etappmålet för den svenska transportsektorn.¹

15.2 Bakgrund till frågan

Om maximal utsläppsminskning ska nås för en given omställningskostnad krävs att utsläppsminskningar på marginalen kostar lika mycket oavsett i vilken sektor av ekonomin de sker. Skillnader i kostnader mellan olika sektorer är därmed en indikation på att större utsläppsminskningar skulle kunna ske utan att kostnaderna ökar. I Sverige och i EU har insikten om detta gjort att utsläppshandel och koldioxidskatt är de centrala delarna i klimatpolitiken. Sådana system leder till att de marginella kostnaderna för utsläppsminskningar utjämnas inom respektive system. Detta sker genom att alla utsläppare möter samma pris på utsläpp. Det finns dock betydande avsteg från detta. Inom EU täcker utsläppshandeln bara ungefär hälften av utsläppen. I Sverige anger det klimatpolitiska ramverket för 2030 ett specifikt mål för transportsektorn samt ett etappmål om minus 70 procent för den sektor som inte omfattas av EU:s utsläppshandelssystem. Frågan är om sådana avsteg är välmotiverade.

1. Rådsmedlemmen Åsa Romson har en avvikande uppfattning i denna fråga. Se kapitlets sista avsnitt.

15.3 Analys

Omställning till klimatneutralitet innebär att utsläppen av växthusgaser måste minska till nära noll överallt. Därmed måste också utsläppen minska radikalt i nästan varje verksamhet. Ett sätt att engagera människor för ett ogripbart globalt mål kan vara att dela upp det i gripbara undermål. Detta gäller både geografiskt och sektoriellt.

Det ligger givetvis mycket i denna strategi. Det är dock lätt att ange argument mot sektorsmål. Utsläppen behöver inte minska exakt lika fort i alla sektorer. En övergång till långsiktigt hållbar teknologi kan under en övergångsfas generera betydande utsläpp. Sektorsvisa mål riskerar att komma i konflikt med behovet av olika minskningstakt i olika sektorer. Detta kan leda till betydande kostnader som riskerar göra anpassningen så kostsam att det blir svårt att få politisk acceptans för den.

Det är värt att nämna ett fall där detta argument inte är applicerbart, nämligen om man kommit fram till att det är samhällsekonomiskt riktigt att snabbt och fullständigt totalförbjuda användningen av en viss vara eller teknik. När det gäller utsläpp av växthusgaser och användning av fossila bränslen är detta dock inte aktuellt.

Sektorsvisa mål måste bestämmas innan utsläppen sker och kostnaderna för dessa realiserar. Därmed är det i praktiken omöjligt att sätta dem så att kostnaderna för marginella utsläppsminskningar blir desamma i alla sektorer. Hur stora skillnaderna blir påverkas av hur långt i förväg målen sätts. Mål som ligger många år in i framtiden riskerar att leda till mycket stora skillnader i kostnader och till att det samlade utsläppsmålet nås till högre kostnader än om ett mål eller pris satts för hela ekonomin.

Att sektorsvisa mål för utsläppsminskningar leder till skillnader i omställningstrycket i olika sektorer är i praktiken omöjligt att

komma ifrån. Argument för sektorsvisa mål måste därför bygga på att sådana skillnader är bra eller åtminstone acceptabla. Det går att argumentera för att värdet av utsläppsminskningar inte är detsamma i alla sektorer. För att så ska vara fallet måste det dock finnas andra värden av utsläppsminskningen än de direkta, det vill säga utsläppsminskningens effekt på klimatet. Dessutom får det inte finnas andra och mer effektiva sätt att nå dessa värden.

Om utsläppsminskningar inom en viss sektor sker genom teknikutveckling som kan spridas till andra användare, inom eller utom sektorn, har sådana utsläppsminskningar ett större värde än annars. I princip skulle de värden som uppstår genom sådan teknikutveckling kunna nås genom teknisksubventioner. Det går dock att tänka sig situationer när det är svårt att utforma dessa, i vilket fall det skulle kunna vara motiverat med ett högre omställningstryck. Ett likartat motiv är om utsläppsminskningar i en viss sektor har ett speciellt demonstrationsvärde, reellt eller symboliskt.

Ett annat exempel när utsläppsminskningar skapar andra värden är om de fördelningspolitiska konsekvenserna är olika i olika sektorer – eller geografiska regioner. Utsläppsminskningar i en sektor skulle till exempel kunna leda till kostnader för huvudsakligen höginkomsttagare medan motsatsen gäller i en annan sektor. Givet en vilja att överföra resurser från höginkomsttagare till låginkomsttagare är den samhällsekonomiska kostnaden av utsläppsminskningar därmed mindre i den första sektorn. För att detta ska motivera ett högre omställningstryck i den sektorn krävs dock att den omfördelande effekten inte kan nås på annat sätt.

Ett annat sätt att uttrycka detta är att det inte ska finnas fungerande sätt att kompensera de fördelningspolitiska konsekvenserna av ett enhetligt kostnadstryck. Inom EU har olika länder ålagts olika beting för utsläppsminskningar. Rikare länder har ålagts att göra

mer. Dock tillåts handel med utsläppsminskningar mellan länder, vilket gör att omställningstrycket kan utjämnas samtidigt som de fördelningspolitiska målen nås. Inom länder verkar det rimligt att förutsättningarna är goda för att hantera fördelningspolitiska konsekvenser av ett enhetligt omställningstryck. Om så är fallet bortfaller detta argument för sektorsvisa mål.

Att fördelningspolitiska hänsyn kan leda till avsteg från principen om enhetligt omställningstryck behöver inte ha sin grund i en omsorg om individer med lägre inkomster. Det kan hända att personer och företag i vissa sektorer har möjlighet att blockera en effektiv klimatpolitik. Att sätta lägre krav i dessa sektorer skulle kunna göra en ambitiös klimatpolitik politiskt genomförbar. Också här är dock en central invändning att det ofta finns andra sätt att blidka blockerande politiska intressen. Till exempel ges en stor mängd utsläppsrätter inom EU ETS gratis till företag med stora tidigare utsläpp. Detta minskade deras intresse att blockera införandet av systemet utan att för den skull minska omställningstrycket på dessa företag eftersom de möter samma pris på utsläpp som alla andra företag.

Ett ytterligare argument för sektorsmål som ibland framförs är att sådana kan vara verkningsfulla för att undvika att ekonomin fastnar i en dålig jämvikt. Omställning till elfordon är ett exempel där detta resonemang kan användas. Logiken är att en förutsättning för folk att köpa elbilar är att det finns ett system av laddstolpar. Om ingen har elbilar finns dock inte privata drivkrafter för att bygga ett sådant system. Här finns då två jämvikter. Den ena är att ingen köper elbilar och inga laddstolpar byggs. Den andra är att alla köper elbilar, vilket skapar tillräcklig efterfrågan för att det ska vara lönsamt att investera i laddstolpar. I princip skulle ett sektorsmål för utsläpp inom transportsektorn kunna vara ett sätt att undanröja den första jämvikten.

Sverige har endast ett sektorsmål för utsläppsminskningar. Det gäller just transportsektorn och innebär att denna sektors utsläpp ska minska med 70 procent fram till 2030, relativt 2010. Detta är mycket mer än övriga sektorer i Sverige utanför utsläppshandels-systemet. Enligt beräkningar i Konjunkturinstitutet (2017b) behöver ny politik minska transportsektorns utsläpp med hälften av de utsläpp som existerande politik leder till. För resterande sektorer räcker däremot redan infördd politik. Om dessa kalkyler visar sig vara någorlunda korrekta kommer det svenska målet för transportsektorn att innebära mycket stora skillnader i omställningstryck.

Argumentet att ett mål kan möjliggöra en snabb och enkel omställning på grund av nätverksexternaliteter är inte övertygande. Konjunkturrådet instämmer i att det finns sådana externaliteter när det gäller transportsektorn. Det finns dock andra sätt att hantera dessa, till exempel genom att subventionera laddstolpar. Sådan subventionering sker redan och kan behöva öka. Det finns också stora vinster i att göra denna typ av omställningar tillsammans med EU. Det är heller ännu inte klart att batteriteknik kommer att dominera alternativa tekniker, till exempel sådana som bygger på vätgas. Riskerna för att hamna i en återvändsgränd är mindre än om Sverige väljer teknik ensamt. Dessutom är marknaden inom EU, till skillnad från Sverige, tillräckligt stor för att driva teknikutveckling. Sverige bör därför ställa om i takt med EU, men driva kravet på att denna omställning ska ske snabbt.

15.4 Slutsatser

Argument för sektorsvisa mål måste bygga på att avvikelser från principen om ett enhetligt utsläppspris önskas eller åtminstone accepteras. För att så ska vara fallet krävs att andra värden finns än de direkta utsläppsminskningarna och att dessa inte kan nås på annat sätt. Exempel på sådana värden är att undvika utflyttning av industri eller fördelningspolitiska konsekvenser som av legala, politiska eller andra skäl inte kan hanteras på annat sätt. I praktiken är dessa förutsättningar sällan uppfyllda och sektorsvisa mål bör därför enligt rådet undvikas.

I denna fråga finns det dock avvikande uppfattningar representerade i rådet. Åsa Romson är av följande uppfattning:

Jag menar att olika sektorer i samhället ibland bör ha olika omställningstryck vid olika tidpunkter. Sektorsmål är ett bra sätt att hantera sådana skillnader. Att lägga större ansvar för utsläppsminskningar inom transportsektorn i närtid tydliggör då att övriga utsläpp i den icke-handlade sektorn, som till exempel jordbruket, ges ett lättare omställningstryck och därmed längre tid på sig till nollutsläpp. Jag menar också att för transportsektorn kan det mycket väl tänkas komma bli relevant med förbud för användning av fossila tekniker och bränslen varför sektorstänket där blir logiskt.

Hur effektiv klimatpolitik är klimatbistånd?

16.1 Kort svar

Det är svårt att exakt beräkna effekterna av klimatbistånd. Tillgängliga studier visar dock att det svenska klimatbiståndet hittills minskar utsläppen till en kostnad som är mycket lägre än genomsnittliga kostnader i Sverige. Många fattiga länder har också betingat sina planer för utsläppsminskningar på utländskt ekonomiskt bistånd. Detta skapar starka argument för klimatbistånd. Effektivt klimatbistånd är dock mycket mer komplicerat än att bara »skicka pengar«. Därmed kan det inte växa alltför snabbt. Klimatbiståndet bör inte heller tas från biståndsbudgeten, eftersom en sammanblandning av mål ofta leder till att inget av dem nås. Eftersom också Sverige behöver bli klimatneutralt bör en ökad budget för klimatbistånd inte minska ambitionerna i den svenska klimatpolitiken.

16.2 Bakgrund

I merparten av världen är klimatpolitiken mindre ambitiös än i Sverige. Detta betyder närmast per definition att kostnaderna för att minska utsläppen på marginalen är lägre i andra länder. Särskilt gäller det i utvecklingsländer som av olika skäl inte hunnit så långt med omställningen till klimatneutralitet. Stora utredningar som *Stern Review* (Stern, 2006) har slagit fast att det finns stor potential för billiga utsläppsminskningar i fattiga länder.

Sverige finansierar också klimatprojekt i utvecklingsländer sedan många år. Från 2001 till och med 2018 har exempelvis Energimyndigheten använt 1,5 miljarder kronor till att finansiera sådana utsläppsminskningar. Enligt myndigheten har detta resulterat i utsläppsminskningar på 22,5 miljoner ton koldioxid (Energimyndigheten, 2019e). Den genomsnittliga kostnaden blir därmed cirka 70 kronor per ton, vilket är betydligt mindre än den svenska koldioxidskatten på 1 180 kronor per ton och också mindre än en tredjedel av det nuvarande priset på utsläppsrätter inom EU ETS. Klimatbistånd har blivit en allt viktigare del av det bilaterala biståndet, även från Sverige. Det är också väl känt att klimatprojekt i utvecklingsländer kan gå fel. Utsläppsminskningarna kan bli mindre än planerat och oönskade bieffekter kan uppstå.

16.3 Mål för politiken

Klimatbiståndet syftar till att bidra till en effektiv klimatpolitik, både genom att hitta kostnadseffektiva utsläppsminskningar i andra länder och genom att underlätta för länder med mer begränsade ekonomiska resurser än Sveriges att ställa om till klimatneutralitet.

16.4 Analys

Givet de låga beräknade kostnaderna för klimatbistånd finns uppenbara argument för att öka investeringarna i utsläppsminskningar i utvecklingsländer. Det finns också flera argument för att klimatbistånd skapar andra värden än den direkta utsläppsreduktionen:

1. Klimatpolitiken måste bli global för att lyckas. I fattiga länder är risken betydande att man inte kan prioritera långsiktiga och komplicerade frågor som klimat utan stöd utifrån.
2. Fattiga länder tenderar att drabbas hårdast av klimatförändringarna. Klimatbistånd kan ha positiva sidoeffekter, till exempel genom att förbättra energiförsörjningen och den lokala miljön eller bara genom att frigöra resurser för andra ändamål i mottagarlandet.
3. I de internationella klimatavtalen har de rikare länderna tagit på sig ett ansvar för att bidra till omställningen i fattiga länder. Flera fattiga länder har också betingat sina åtgärder för att minska utsläppen med att de får hjälp med finansieringen. Utöver det direkta värdet av svenskt klimatbistånd kan man också hoppas att vi bidrar till mer klimatbistånd genom en demonstrationseffekt.

I den allmänna debatten hävdas ibland med argument som dessa att den svenska klimatpolitiken helt borde läggas om och få ett huvudsakligt fokus på klimatbistånd. Av flera skäl menar vi att det är helt fel väg att gå.

För det första behöver även Sverige bli klimatneutralt, vilket också här kräver en ambitiös klimatpolitik. För det andra underskattas ofta svårigheten i att genomföra utsläppsminskningar i andra länder. Det är förmodligen sant att om skogsägare i Amazonas fick en lagringspeng motsvarande den svenska koldioxidskatten för

den koldioxid som binds i träden, skulle de ekonomiska incitamenten till skogsskövling försvinna. Givet sociala, legala och andra förhållanden är det dock inte så lätt som att bara »skicka pengarna« för att åstadkomma ett fungerande system för sådana utbetalningar i ett annat land. För det tredje riskerar en omläggning av politiken leda till att ambitionerna i den svenska klimatpolitiken minskar samtidigt som klimatbiståndet inte ökar särskilt mycket.

Vi menar också att man måste vara försiktig med att motivera klimatåtgärder med påstådda positiva effekter på utveckling och välfärd i mottagarlandet. Sådana bieffekter förekommer, men man kan inte anta att klimatbistånd automatiskt också är bra biståndspolitik. Det ställer stora krav på ett projekt för att det både ska vara effektivt i att till exempel minska koldioxidutsläpp och på samma gång minska fattigdomen. I Köhlin med flera (2015) görs en översikt över utvärderingar inom två viktiga områden – skog och hushållsenergi – för att se vad vi vet om denna dubbla måluppfyllelse. Rapporten bekräftar bilden av att en ökande andel av biståndet går till klimatinnsatser samtidigt som det görs för få utvärderingar. Den finner visserligen ett antal positiva exempel men pekar på problematiken med att biståndet styrs mer av givarens än mottagarens preferenser. Den rekommenderar gedigna satsningar på utvärdering så att framtidens klimatbistånd kan byggas på vetenskaplig evidens rörande både klimatnytta och välfärd. Utvärderingarna måste ta hänsyn till lokala variationer i både ekonomi, kultur och biotop, och hålla god vetenskaplig kvalitet. De måste vara tvärvetenskapliga, och helst bör många inhemska forskare delta för att man ska få legitimitet och förstå de lokala sammanhangen samt kunna föra in resultaten i lokal politisk praktik.

Det viktiga är givetvis, liksom i allt bistånd, att finna goda projekt och länder att samarbeta med. Biståndet styrs delvis av histo-

riskt upparbetade kanaler med vissa mottagarländer. Men detta har på senare år förändrats en hel del. När det gäller klimatbistånd är de flesta av de tankar som genomsyrar denna rapport fortfarande centrala. Det gäller att tänka på systemnivå. Att bistå med kapacitetsutveckling på klimatområdet är exempelvis en god idé. Många utvecklingsländer har inte kapacitet att analysera de klimatologiska, ekonomiska och politiska konsekvenserna av de globala klimatiförändringar som kommer att hota dem och som de måste förbereda sig för. I många fall har de svårt att ens delta fullständigt i de internationella förhandlingar i IPCC, Klimatkonventionen (UNFCCC) och andra forum som är så betydelsefulla för deras framtid.

En del länder har visat stort intresse och positivt engagemang i klimatiförhandlingarna. Som ett exempel kan vi nämna Etiopien, som dessutom sedan mycket lång tid är ett av Sveriges större samarbetsländer. Etiopiens åtaganden under Parisavtalet är mycket långtgående. Landets mål är i kort sammanfattning att växa mycket snabbt ekonomiskt och utvecklas till att bli ett medelinkomstland, men utan att öka sina utsläpp av klimatpåverkande gaser.

16.5 Slutsatser

Det finns stor anledning att anta att utsläppsminskningar i andra länder är billigare än i Sverige. Potentialen för att svenskt bistånd ska kunna ge betydande utsläppsminskningar är därför stor. Klimatbistånd kan också ge andra vinster, som att bidra till ekonomisk utveckling och till mindre orättvisa mellan fattiga och rika länder. Många fattiga länder har i sina klimatplaner beskrivit att dessa kräver utländskt ekonomiskt bistånd, vilket skapar starka argument för ökat svenskt klimatbistånd. Det är dock uppenbart att klimat-

bistånd är mycket mer komplicerat än att bara »skicka pengar«. Klimatbiståndsbudgeten kan därför inte öka alltför snabbt. Det är också enligt vår uppfattning fel väg att gå att ta ökat klimatbistånd som intäkt för att sänka ambitionen i den svenska klimatpolitiken.

Är det smart klimatpolitik att köpa utsläppsrätter och inte använda dem eller att på annat sätt påverka utsläppen inom EU ETS?

17.1 Kort svar

Efter 2018 års reform av EU ETS har det med stor sannolikhet liten eller ingen effekt på utsläppen av koldioxid eller på priset på utsläppsrätter att köpa och direkt annullera utsläppsrätter. Orsaken till detta är att antalet nya utsläppsrätter som skapas i systemet automatiskt kommer att justeras uppåt efter en sådan annullering och därmed i stort sett omintetgöra utsläppsminskningen.

Utsläppsminskningar skulle kunna erhållas om man köper utsläppsrätter och väntar med att annullera dem till dess överskottet av sparade utsläppsrätter i EU tagit slut. Detta kan dock dröja. Enligt beräkningar från Konjunkturinstitutet och andra forskare är en rimlig prognos att detta sker mellan 2030 och 2050. Köp med fördröjd annullering skulle minska utsläppen under de nuvarande reglerna. Men utsläppsminskningen skulle »smetas ut« över en lång

tidshorisont och i huvudsak ske flera decennier in i framtiden. Efter som klimatförändringarna styrs av hur stora de över tid ackumulerade utsläppen är behöver denna utsmetning inte vara till nackdel för klimatet. Politiska aspekter, som behovet av att visa att politiken har effekter på utsläppen i närtid, kan dock göra att en utsmetning av utsläppsminskningarna över tid är sämre än åtgärder med mer direkta effekter.

17.2 Bakgrund till frågan

EU:s utsläppshandelsystem (EU ETS) täcker knappt hälften av utsläppen av koldioxid inom EU och innebär att företag inom systemet måste lämna en utsläppsrätt till EU för varje ton koldioxid de släppt ut föregående år. Stora utsläppare inom industri, elkraft och värme ingår i EU ETS, medan bland annat transportsektorn ligger utanför. Varje år ges ett givet antal utsläppsrätter ut, varav 43 procent gratis till utsläppande industrier. Argumentet för att dela ut utsläppsrätter gratis är att minska risken för att företag flyttar till länder med en mindre restriktiv klimatpolitik. Resterande 57 procent auktioneras ut och intäkterna går tillbaka till EU:s medlemsstater. Via EU ETS kan EU styra hur stora utsläppen av koldioxid blir inom systemet. Det finns en marknad för handel med utsläppsrätter, vilket betyder att det hela tiden finns ett pris på utsläppsrätter. Detta pris blir också priset på att släppa ut koldioxid för alla företag i systemet. Ägare av en utsläppsrätt kan spara denna för framtida användning. Det betyder bland annat att priset beror på förväntningar om framtiden. (Se avsnitt 7.3.1 för mer om EU ETS.)

EU ETS har figurerat i debatten om den svenska klimatpolitiken av flera skäl. Ett är att Sverige 2016 beslutade att köpa utsläppsrät-

ter på EU ETS för att sedan annullera dem.¹ Priset på utsläppsrätter är lågt i förhållande till många åtgärder för att minska utsläppen i Sverige. Att köpa och annullera utsläppsrätter skulle därmed kunna vara ett smart sätt att få mesta möjliga minskning av utsläppen per satsad krona. Men fungerar det efter de reformer av systemet som genomfördes 2018?

17.3 Mål för politiken

Målet med att köpa utsläppsrätter och annullera dem är att minska de globala utsläppen av växthusgaser. Eftersom priset på utsläppsrätter är förhållandevis lågt skulle det kunna ske till låga kostnader. Minskningen skulle ske genom att annulleringen ökar priset på utsläppsrätter, vilket också har indirekta effekter på utsläpp via teknisk utveckling och omställning. Givet att minskade utsläpp inom EU faktiskt minskar de totala globala utsläppen är målet i linje med de övergripande målen för klimatpolitiken. Eftersom kostnaden för politiken bärs av skattebetalarna via skattsedeln blir de fördelningspolitiska konsekvenserna små. Risker för konflikter med andra mål är rimligen förhållandevis låga.

17.4 Analys

Grunden i EU ETS är att de företag som ingår i systemet varje år måste rapportera hur stora deras utsläpp har varit under året och leverera in utsläppsrätter motsvarande dessa utsläpp. Varje år ges ett visst

1. Beslutet upphävdes dock 2018 innan det trädde i kraft.

antal utsläppsrätter ut, som var och en ger rätt till utsläpp av ett ton koldioxid. Varje år minskas antalet som ges ut med ett givet antal. År 2018 beslutades att öka denna minskningstakt från 2021: 48 miljoner färre varje år i stället för som tidigare 38 miljoner. Den nya årliga minskningen motsvarar ungefär Sveriges nuvarande årliga utsläpp, och om den fortsätter kommer inga utsläppsrätter att ges ut efter 2057. Den ökade minskningstakten innebär att omkring 9 miljarder färre utsläppsrätter kommer att ha getts ut fram till det att utgivningen upphör.

En central aspekt i EU ETS är att man kan köpa och sälja utsläppsrätter på en välfungerande marknad. Denna påminner om en börs för aktiehandel med ett pris som kontinuerligt bestäms av utbud och efterfrågan. Om två företag inom systemet har olika kostnader för att minska sina utsläpp kommer företaget med den högsta kostnaden att vilja betala mest för utsläppsrätterna. Företag som på marginalen har lägre kostnader för utsläppsminskningar än priset på utsläppsrätter kommer att välja att minska sina utsläpp i stället för att använda utsläppsrätter.

Systemet leder därför både till att den totala utsläppsmängden begränsas och att utsläppsminskningarna sker till lägsta möjliga totala kostnad. Det senare skulle inte ske om varje företag tilldelades ett visst antal utsläppsrätter men inte fick sälja dessa eller köpa fler. I ett sådant system skulle kostnaderna per ton utsläppsminskning skilja sig åt mellan företagen och därmed inte ske till lägsta möjliga kostnad. Genom att överlåta till marknaden att fördela utsläppsminskningarna sker dessa på kostnadseffektivt sätt.

En annan central aspekt i systemet är att den som äger en utsläppsrätt kan spara denna för användning eller försäljning vid ett senare tillfälle. För närvarande finns det på marknaden sparade utsläppsrätter motsvarande ungefär ett års utsläpp inom systemet. En

viktig konsekvens av att utsläppsrätterna kan sparas är att företagen i systemet har möjlighet att själva avgöra vad som är en kostnadseffektiv fördelning av utsläppsminskningarna över tid. Anta att ett företag har höga kostnader nu men lägre i framtiden. Det kan då välja att göra fler utsläppsminskningar i framtiden. På detta sätt överlåter regleraren åt marknaden att avgöra när utsläppen ska ske. Jämvikt på marknaden för utsläppsrätter leder då till att priset på dessa stiger över tid så att innehavaren får en marknadsmässig avkastning på de sparade utsläppsrätterna.²

En effekt av att det finns sparade utsläppsrätter är att om man minskar mängden utgivna utsläppsrätter kan utsläppsminskningen spridas ut över hela den tid det finns sparade utsläppsrätter i systemet. Under rimliga förutsättningar kommer det också att ligga i företagets intresse att göra det.

Låt oss anta att systemet vore konstruerat så att ett bestämt antal utsläppsrätter ges ut varje år. Då skulle en stat eller någon annan aktör kunna minska utsläppen inom systemet genom att köpa och annullera utsläppsrätter. Utsläppsminskningen skulle spridas ut över den tid det finns sparade utsläppsrätter i systemet. På detta sätt var systemet konstruerat fram till 2018 då en viktig förändring genom-

2. Med en rimlig uppskattning av vad utsläppsrätterna kommer att vara värda när det nuvarande överskottet är slut innebär dock dagens låga pris att marknadens aktörer kräver en hög förväntad avkastning för att spara utsläppsrätter, kanske 7–10 procent (Silbye och Sørensen, 2019). En förklaring kan vara att de inte litar på att man håller fast vid systemets regler om priset skulle öka kraftigt. Resultatet är att utsläppsminskningarna förmodligen kommer senare än vad som skulle vara samhällsekonomiskt optimalt. Givet att mängden sparade utsläppsrätter för närvarande är i storleksordningen ett års utsläpp är dock denna effekt inte stor. En annan förklaring till de låga priserna är att det finns ett straff på 100 euro per ton om utsläpp sker utan utsläppsrätter. Detta sätter förmodligen ett tak på priset, eftersom företag kan tänkas avstå från att köpa utsläppsrätter om det är billigare att strunta i systemet och ta böterna.

fördes. Den innebär att antalet utsläppsrätter som ges ut från och med 2023 kommer att bero på hur många sparade utsläppsrätter det finns. Så länge det finns mer än 833 miljoner ton sparade utsläppsrätter kommer en del nya utsläppsrätter att placeras i en så kallad »Market Stability Reserve« (MSR) i stället för att komma ut på marknaden.³ Från och med 2023 finns ett tak på storleken på denna reserv.⁴ Om reserven skulle slå i taket annulleras utsläppsrätter i reserven så att man inte bryter igenom taket.

Med stor säkerhet kommer denna automatiska annullering att ske under flera år. Det betyder att om en stat eller annan aktör i dag köper och annullerar utsläppsrätter kommer det att leda till färre automatiska annulleringar i framtiden. Effekten av den första annulleringen blir då i stort sett ointetgjord. Mekanismen är att annulleringar i dag leder till ett mindre antal sparade utsläppsrätter. Färre utsläppsrätter förs då till reserven och det blir därmed färre automatiska annulleringar. Detta betyder också att inga eller mycket små effekter på priset uppstår om någon köper och annullerar utsläppsrätter så länge det kommer en automatisk annullering längre fram.

17.5 Komplikationer, osäkerheter och utvidgningar

Som vi sett i analysen ovan blir annullering verkningslös i det nya systemet, *givet att det finns sparade icke använda utsläppsrätter i tillräckligt stor omfattning*. En möjlighet uppstår då att köpa ut-

3. Denna del är 24 procent av mängden sparade utsläppsrätter fram till 2023 och 12 procent därefter. Om antalet sparade utsläppsrätter är mindre än 400 miljoner släpps 100 miljoner tillbaka till marknaden från MSR.

4. Den mängd utsläppsrätter som auktionerades ut året innan.

släppsrätter, men vänta med att annullera dem till dess överskottet av sparade utsläppsrätter krympt ihop. Hur länge kommer då det att finnas ett överskott? Det är svårare att svara på, eftersom det beror på hur efterfrågan på utsläppsrätter utvecklas. Denna beror på den tekniska utvecklingen, framtida ekonomisk tillväxt och andra variabler som är svåra att prognostisera för långa tidshorisonter.

I takt med att fossilfria alternativ inom industri och elproduktion växer fram minskar efterfrågan, vilket skjuter på tidpunkten när överskottet är framme. En elektrifiering av fordonstrafiken kommer att öka efterfrågan eftersom elkraften ligger inom EU ETS medan diesel och bensin för fordonsdrift inte gör det. Enligt en kalkyl som gjorts i Silbye och Sørensen (2019) kommer överskottet och den automatiska annulleringen finnas kvar till i mitten av 2050. Med något mer pessimistiska antaganden (till exempel i Konjunkturinstitutet, 2018) försvinner överskottet något decennium – eller ett par – tidigare.

En annan komplikation är att systemet kan komma att ändras i framtiden. En politik med uppköp av utsläppsrätter bidrar till högre pris på utsläppsrätter. Detta är bra för omställningstrycket i ekonomin men skulle också kunna leda till att reglerna ändras i fel riktning.

Slutsatsen är att om man köper upp utsläppsrätter i dag utan att använda dem kommer det att leda till utsläppsminskningar som blir utspridda över flera decennier in i framtiden – men endast om man trovärdigt kan binda sig för att under denna tid inte använda dem eller annullera dem.

En viktig poäng i Silbye och Sørensen (2019) är att om en politik med uppköp och annullering inte fungerar, så fungerar i stället en politik som minskar efterfrågan på utsläppsrätter. Denna politik kan handla om att beskatta fossila bränslen inom ETS-systemet eller att subventionera fossilfria alternativ. Logiken är att lägre efterfrågan leder till fler sparade utsläppsrätter och därmed till större auto-

matisk annullering. Tidigare slutsatser, som menade att åtgärder för att minska efterfrågan inom ETS-sektorn i ett land inte ger någon effekt på de totala ETS-utsläppen, kastas därför omkull. Så länge som den automatiska annulleringen verkar kommer åtgärder som minskar efterfrågan på utsläppsrätter att leda till fler annulleringar, inte som tidigare att enbart priset på utsläppsrätter faller utan att någon utsläppsminskning sker. Om efterfrågan på utsläppsrätter i framtiden blir hög så att överskottet av oanvända utsläppsrätter snabbt krymper ihop, försvinner den automatiska annulleringen. Då får inte efterfrågeminskningar någon effekt.

Det är också viktigt att notera att marknaden automatiskt fördelar ett givet beting för utsläppsminskningar effektivt över tid. Efterfrågeminskande åtgärder bör också fördelas över tid på ett sätt som inte gör dem onödigt dyra.

17.6 Slutsatser

En politik som innebär att köpa och annullera utsläppsrätter inom EU ETS kommer endast att ha effekt om köparen trovärdigt kan utfästa sig att inte använda utsläppsrätterna eller annullera dem förrän efter det att överskottet i systemet tagit slut. Det är inte omöjligt att det kan ta flera decennier. Detta i kombination med att priserna på utsläppsrätter nu är betydligt högre än innan 2018 års reformer har tydligt minskat effektiviteten i en sådan politik. Dock är priset på utsläppsrätter fortfarande mycket lägre än kostnaden för många utsläppsminskande åtgärder i Sverige och bara cirka en femtedel av den svenska koldioxidskatten. Uppköp av utsläppsrätter bör därför inte helt uteslutas men har inte samma starka argument för sig som innan 2018 års reformer.

Bör Sverige sträva efter att skapa ett större fossilfritt elöverskott för export?

18.1 Kort svar

Det reformerade EU ETS ger Sverige en ny möjlighet att minska systemets samlade – ackumulerade – koldioxidutsläpp genom att påverka antalet utsläppsrätter som försvinner i den automatiska annullering som träder i kraft 2023. I den mån Sverige värderar sådana ytterligare utsläppsminskningar kan det finnas skäl att med politiska medel främja nettoexporten av el. När EU ETS är i balans igen uppträder systemet som förr och svensk elexport påverkar inte längre de totala ETS-utsläppen. Det är svårt att förutse när detta inträffar men fönstret kan mycket väl vara öppet ett decennium eller längre. Att mot denna bakgrund bygga upp ett större elöverskott än det som väntas följa av rådande politik – eller att ytterligare öka överföringskapaciteten till länder med koldioxidintensiv elproduktion – förefaller därför vanskligt.

Hur långt Sverige bör främja ökad elexport beror i hög utsträck-

ning på hur ytterligare utsläppsminskningar från EU ETS värderas relativt inhemska utsläppsminskningar. Elektrifiering av transportsektorn minskar transportsektorns utsläpp i Sverige men leder samtidigt till mindre av svensk elexport och förmodligen till större utsläpp från EU ETS.

18.2 Bakgrund till frågan

Som beskrevs i kapitel 17 ger den automatiska annulleringsmekanismen en ny möjlighet för ett enskilt land att påverka de ackumulerade utsläppen inom EU:s utsläppshandelssystem ETS. Från 2019 gäller att så länge det finns fler än en viss mängd utsläppsrätter i omlopp kommer en del av de utsläppsrätter som var tänkta att auktioneras ut i stället överföras till marknadsstabilitetsreserven. Med start 2023 kommer reserven att jämföras med auktionsvolymen föregående år, och om den förra är större annulleras skillnaden. Effekten av detta är att så länge som det finns ett tillräckligt stort överskott av sparade utsläppsrätter kommer en del av dessa att annulleras.

I det nya systemet kommer åtgärder som minskar efterfrågan på utsläppsrätter att öka antalet sparade utsläppsrätter och därmed öka antalet som annulleras. Ju tidigare sådana utsläppsminskande åtgärder införs, desto fler utsläppsrätter kommer att annulleras. Om inte reglerna ändras kommer denna automatiska annullering att försvinna när antalet sparade utsläppsrätter sjunkit till en viss nivå. När detta sker är mycket osäkert och beror bland annat på hur snabbt omställningen till fossilfri elproduktion går och hur efterfrågan på el utvecklas. Beroende på vilka antaganden som görs kan fönstret med automatiska annulleringar sträcka sig framemot mitten av innevarande århundrade, men det kan också vara betydligt

kortare. Efter detta uppträder systemet som det gamla EU ETS på så sätt, att nationella åtgärder som minskar efterfrågan på utsläppsrätter inte längre påverkar systemets ackumulerade utsläpp.

Jämfört med andra länder har Sverige låg koldioxidintensitet i elproduktionen. Genom att exportera el som tränger undan mer koldioxidintensiv kraftproduktion i våra grannländer kan Sverige påverka efterfrågan på utsläppsrätter inom EU ETS, och därmed hur många som kommer att annulleras, och i förlängningen systemets ackumulerade utsläpp. Skillnaderna i koldioxidintensitet mellan olika länder är stora. Genomsnittligt koldioxidinnehåll i el som konsumeras i Sverige är 47 000 ton koldioxid per TWh medan det är mycket högre i de grannländer vi exporterar till, förutom Norge (se tabell 4).

Frågan uppstår därmed om det finns anledning att öka den svenska nettoexporten av el, det vill säga öka produktionskapaciteten, minska den inhemska elanvändningen och/eller öka överföringskapaciteten till länder med koldioxidintensiv elproduktion: de baltiska länderna, Danmark, Finland, Polen och Tyskland. Potentialen är mycket stor. Om en svensk TWh el kan ersätta en polsk minskar utsläppen med $980 - 47 = 943$ tusen ton, alltså nästan en miljon ton koldioxid. Det motsvarar nästan dubbelt så mycket som allt svenskt inrikesflyg eller mer än vad en halv miljon bilar släpper ut per år.¹ Även om en sådant ett-till-ett-förhållande inte nödvändigtvis uppnås visar detta räkneexempel att de potentiella utsläppsminskningarna är stora.

Sverige har länge uppträtt som en stor exportör av el. Vi exporterar årligen omkring 30–35 TWh, varav omkring två tredjedelar till Danmark, Finland, Polen och Tyskland. Samtidigt importerar vi

1. Räknat på 120 gram koldioxid per kilometer och en körsträcka på 15 000 kilometer per år ger 1,8 ton per år.

Tabell 4 Koldioxidinnehåll i slutlig elkonsumtion i några EU-länder.

<i>Land</i>	<i>Tusen ton koldioxid per TWh</i>
Danmark	377
Estland	944
Finland	211
Lettland	1 168
Litauen	390
Polen	980
Sverige	47

Källa: Moro och Lonza (2018).

även stora mängder el, främst från Norge och Danmark. År 2017 uppgick nettoexporten till 19 TWh (Energimyndigheten, 2018). En delförklaring till detta är det svensk-norska elcertifikatsystemet som under lång tid matat in ytterligare produktionskapacitet, oavsett hur stark elbalansen varit. Energiöverenskommelsen från 2016 mellan fem partier i riksdagen bedöms addera ytterligare produktionskapacitet. Att denna utveckling nu med de nya reglerna för EU ETS visar sig minska de ackumulerade utsläppen inom EU:s utsläppshandel får betraktas som en oväntad och mycket stor klimatpolitisk intäkt av den svenska energipolitiken. Vad vi här diskuterar är om det finns skäl att ytterligare öka den svenska nettoexporten av el i syfte att minska utsläppen från EU ETS.

18.3 Analys

Det reformerade utsläppshandelssystemet ger Sverige en direkt möjlighet att minska utsläppen i andra länder. Om Sverige värderar utsläppsminskningar högre än priset på utsläppsrätter, som i dag är mindre än en fjärdedel av den svenska koldioxidskatten, borde en sådan högre värdering reflekteras i de priser och kostnader företagen möter. Svenska kraftföretag borde därmed få betalt för de utsläppsminskningar de bidrar till i andra länder eller på annat sätt stimuleras att exportera.

Ju tidigare nettoexporten av el ökar, desto större blir minskningen av utsläppen – av flera skäl. Dels hinner fler utsläppsrätter matas in till reserven där de hyvlas av. Dels halveras takten med vilka utsläppsrätter sugas in i reserven 2023. Vidare kan vi, bland annat som följd av utsläppsrättsprisets femfaldigande sedan hösten 2017, vänta oss en över tid sjunkande koldioxidintensitet i våra grannländers elproduktion.² Utväxlingen av svensk elexport minskar alltså över tid.

På så kort sikt får produktions- och överföringskapaciteten anses vara orörlig uppåt. På längre sikt är situationen mer svårbedömd. Visserligen ökar möjligheterna att främja den svenska elexporten. Samtidigt är osäkerheten större kring vilken effekt svensk elexport får på mängden utsläppsrätter som kommer att annulleras. Som nämnts avtar den över tid. Den stora osäkerheten rör dock tidpunkten för när perioden med annulleringar upphör, och dessutom är takten i omställningen till fossilfri kraftproduktion i våra grannländer osäker (Konjunkturinstitutet, 2018). På riktigt lång sikt har svensk elexport inte någon effekt på de totala utsläppen från EU ETS. Argumenten för att inte lägga ned fossilfri elproduktion om det

2. Vi kan redan nu se att energisektorn minskar sina utsläpp medan flyget och industrin ännu inte reagerat påtagligt.

leder till lägre elexport på kort sikt är därför mycket starkare än för att investera i ett långsiktigt större elöverskott.

18.4 Slutsatser

Det finns skäl för Sverige att undersöka möjligheterna att snabbt öka den svenska elexporten i förhållande till nu beslutade planer. Ökad nettoexport av el till länder med mer koldioxidintensiv elproduktion än den svenska kan kraftigt minska de totala utsläppen från EU ETS. Denna effekt reflekteras inte i marknadspriserna så det finns skäl för politisk styrning. Störst effekt får åtgärder som ökar den svenska nettoexporten i närtid, det vill säga åren fram till 2023.

På längre sikt är bilden inte lika klar. Den stora osäkerheten rör tidpunkten för när perioden med annulleringar upphör och hur snabbt fossilinnehållet i elkraft faller i de länder vi exporterar till. Det är därför svårare att finna starka argument för att investera i att bygga upp ett långsiktigt elöverskott och öka överföringskapaciteten. Sverige bör med andra ord i nuläget inte fatta beslut om en sådan strategi.

Bör kärnkraften behållas av klimatskäl?

19.1 Kort svar

Kärnkraftsindustrin har på kommersiella grunder fattat beslut om att stänga Ringhals 1 och 2. Resterande kärnkraft kommer förmodligen att vara lönsam under en tid, men riskerar att komma under press på längre sikt.

Att beslut om stängning av kärnkraftverk fattas på kommersiell grund betyder dock inte automatiskt att det är samhällsekonomiskt riktigt. En kommersiell önskan om att driva upp elpriserna från en prissättning som inte ger kärnkraften full ersättning för sina tjänster talar för att det samhällsekonomiska värdet av kärnkraften kan vara större än det kommersiella. Särskilt viktigt är att stängningen av Ringhals 1 och 2 kan minska exporten av el till länder som Tyskland och Polen, där den riskerar ersättas av kolbaserad elkraft. Detta kan leda till betydande öknings av de samlade utsläppen inom EU. Hur starka dessa argument är och om det borde påverka stängningsbesluten bör skyndsamt utredas.¹

1. Åsa Romson och Thomas Sterner har en avvikande uppfattning i denna fråga. Se kapitlets sista avsnitt.

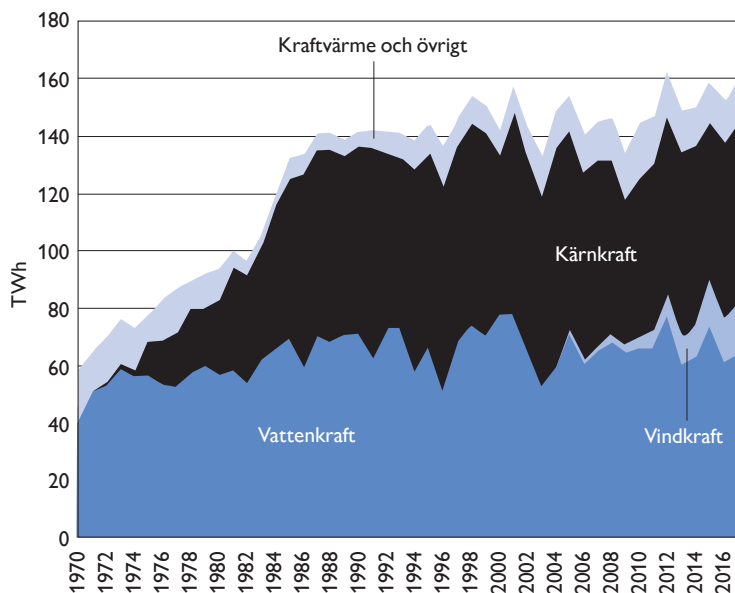
Rådets bedömning är dock att satsningar på ny kärnkraft i dag är kommersiellt helt ointressanta och skulle kräva mycket stora statliga åtaganden. Givet långa ledtider och mycket höga kostnader om dagens teknik används, förefaller en satsning på ny svensk kärnkraft för närvarande inte som rimlig.

19.2 Bakgrund

Tillsammans med vattenkraften har kärnkraften under de senaste decennierna stått för den största delen av Sveriges elproduktion – i nuläget runt 40 procent från kärnkraft och lika mycket från vattenkraft, vilket visas i figur 28. Kärnkraften byggdes innan elmarknaden avreglerades och tillsammans med vattenkraften gjorde detta att såväl svensk industri som svenska hushåll åtnjöt betydligt lägre elpriser än deras motsvarigheter på den europeiska kontinenten. Behovet av kärnkraft blev dessutom mindre än vad som först förutspåddes, vilket innebar att betydande mängder elvärme installerades i Sverige. Som mest användes ungefär 17 TWh för elvärme.

El från kärnkraft produceras i dag i åtta kärnreaktorer, fördelade på tre reaktorer i Forsmark (F1–F3), en reaktor i Oskarshamn (O3) samt fyra reaktorer i Ringhals (R1–R4). Tidigare fanns det också två reaktorer i Barsebäck som stängdes 1999 respektive 2005 samt två reaktorer i Oskarshamn som stängdes 2015 respektive 2017. Reaktor 2 vid Ringhals stängdes vid årsskiftet 2019/20 och reaktor 1 planeras att stängas senast den 31 december 2020.

Oskarshamn 3 som togs i kommersiell drift 1985 – vårt nyaste kärnkraftverk – genomgår moderniseringar med målet att kunna drivas vidare efter 2020. På Ringhals 3 och 4 har det genomförts betydande moderniseringsarbeten och säkerhetshöjande åtgärder



Figur 28 Elproduktion vid svenska kraftverk uppdelat på kraftslag.

Källa: Energimyndigheten (2019d).

med målet att kunna driva reaktorerna fram till 60 års livslängd, vilket innebär fram till 2041 respektive 2043.

På grund av låga elpriser och en effektskatt har kärnkraften haft dålig lönsamhet under ett antal år. Flera kärnkraftverk har gjort stora förluster. Som en del i energiöverenskommelsen är effektskatten borttagen. Kärnkraften kännetecknas av att dess marginalkostnad är förhållandevis låg – dock inte lika låg som för sol och vindkraft. För befintlig svensk kärnkraft är ursprungsinvesteringen troligtvis avskriven, men det har investerats i en mängd uppgraderingar och effekttökningar genom åren och med dessa inräknade bedöms produktionskostnaden till ungefär 25 öre per kwh (Sweco, 2016).

19.3 Analys

Som vi beskrivit i kapitel 4 leder en ökande andel icke-planerbar el – allt annat lika – till större prisvariationer. Speciellt gäller detta vindkraft, vilket kan observeras i våra grannländer, inte minst Danmark och Tyskland som redan har betydande mängder vind- och solexel.

Större prisvariationer ökar lönsamheten för olika åtgärder som minskar dessa. Sådana åtgärder handlar både om att göra efterfrågan och utbudet mer flexibla. Också värdet av lagring ökar eftersom denna bygger på att köpa el när den är billig och sälja när den är dyr. Vattenkraft är en flödande energikälla men den svenska vattenkraften har stora dammar där energi kan lagras mellan säsonger. I praktiken utgör därför svensk vattenkraft planerbar elproduktion, även om dess bidrag skiljer sig betydligt mellan torr- och våttår. Kärnkraften är däremot byggd för att drivas som baslastkraftverk, det vill säga att köras med hög och jämn effekt. Det gör dem svåra att integrera i ett energisystem med stora prisvariationer.

Delar av kärnkraften kommer troligtvis kunna vara kommersiellt lönsamma så länge den icke-planerbara elen inte leder till att elpriserna blir alltför variabla. I ett framtida energisystem med stora mängder icke-planerbar elproduktion pekar dock mycket på att dagens kärnkraft med sin baslastkaraktär kommer att få svårt att konkurrera. Det betyder – givet att andelen vindkraft och annan icke-planerbar produktion av elkraft ökar – att det framför allt är elproduktion, som lätt kan ändra sin effekt, lagring och åtgärder som ökar flexibiliteten i efterfrågan, som kommer att vara kommersiellt lönsamma. Detta kommer även att sätta press på ökad flexibilitet i befintliga och nya kraftvärmeverk.

Givet en lönsamhet i kärnkraftsindustrin som åtminstone tidigare varit låg har ägarna beslutat stänga två av reaktorerna i Ring-

hals. Som vi beskrivit i kapitel 6 är det dock inte uppenbart att vinstintresset hos kärnkraftsbolagen helt sammanfaller med de samhällsekonomiska intressena.

Kärnkraftverk är så stora enheter att de påverkar priserna. Det går inte att utesluta att besluten fattas utifrån en bedömning att en stängning påverkar priserna i positiv riktning och därmed ökar lönsamheten för elproducenterna. Vidare kan man argumentera för att kärnkraftsproducenterna inte får fullt betalt för de tjänster de levererar. Kärnkraften bidrar till att frekvensen i växelströmmen (50Hz) hålls stabil. Detta ökar värdet av kärnkraftsel i förhållande till el från vind och solpaneler. Trots det betalas elen med samma pris.

De ökade kostnaderna för överföring på grund av att vindkraften produceras där det blåser minskar också värdet av vindkraft i förhållande till kärnkraft. Det är dock för närvarande oklart om en prissättning av dessa skillnader skulle ha någon väsentlig effekt på lönsamheten i kärnkraften.

Som utvecklats i kapitel 18 är det förmodligen av större betydelse för skillnaden mellan privatekonomisk och samhällsekonomisk lönsamhet att stängningen av reaktorerna vid Ringhals – allt annat lika – skulle minska elexporten till länder med stor andel kolbaserad kraftproduktion. Detta riskerar att leda till stora utsläppsökningar i resten av EU. Störst effekt på utsläppen får elexport åren före 2023.

Att driva vidare Ringhals 1 och 2 åtminstone till efter de första annulleringsomgångarna 2023–2024 skulle minska utsläppen från EU ETS. Med hur mycket beror som påpekats ovan på flera osäkra faktorer, däribland koldioxidintensiteten i den elproduktion som skulle trängas undan samt hur snabbt EU ETS kommer i balans, i meningen att mängden sparade utsläppsrätter varaktigt ligger under en viss nivå.

Det är svårt att beräkna hur mycket en stängning påverkar utsläppen, men följande räkneexempel kan vara belysande. Ringhals 1 och 2 producerar tillsammans cirka 13 TWh per år. Om denna produktion via större export och mindre import tränger undan 6,5 TWh kolbaserad kondenskraft i vår omvärld, motsvarar detta ungefär 6 miljoner ton koldioxid varje år. Enligt beräkningar av Silbye och Sørensen (2019) skulle sådana åtgärder via ökade automatiska annulleringar minska utsläppen med mellan 83 och 94 procent om de genomförs mellan 2020 och 2025. Även om dessa kalkyler förmodligen ligger i den övre delen av osäkerhetsintervallet för hur de automatiska annulleringarna fungerar, visar de på mycket stora effekter. 6 miljoner ton motsvarar de årliga utsläppen från 3 miljoner bilar – eller cirka 40 procent av den svenska vägtrafikens utsläpp.

Huruvida Sverige bör förlänga driften av reaktorerna i Ringhals beror i hög grad på kostnaderna för detta. I dessa kostnader ingår inte bara drifts- och moderniseringskostnader i reaktorerna utan också kostnader för lagring av ytterligare kärnkraftsavfall. Dessa kostnader ska ställas mot det värde Sverige åsätter ytterligare utsläppsminskningar inom EU ETS. Om värdet av dessa minskningar är 1 180 kronor per ton – den svenska koldioxidskatten – blir summan cirka 7 miljarder kronor.

Kärnkraften är skyldig att bära kostnaderna för lagring och slutförvaring av använt kärnbränsle och andra radioaktiva restprodukter. Detta sker genom att ägarna till kraftverken löpande betalar en avgift till staten. Storleken på dessa betalningar fastställs i praktiken i ett spel mellan kärnkraftsindustri, myndigheter och politiker. Det går inte att utesluta att dessa avgifter är mindre än vad de borde vara.

Ny kärnkraft är för närvarande långt ifrån kommersiellt intressant. Den är förenad med mycket höga investeringskostnader, och svårigheten att bedöma elpriser och deras variabilitet långt in i

framtiden gör att den finansiella risken blir för stor. Det skulle därför krävas någon form av statliga garantier för att bygga ny kärnkraft. Dessutom är ledtiderna mycket långa för kärnkraft. För att ny kärnkraft ska komma ifråga är det troligt att det krävs utveckling av den så kallade Gen-III+-tekniken – den teknik som byggs i Finland och Frankrike – så att dess kostnader kan reduceras. Detta och att utveckla så kallade SMR-reaktorer (»Small Modular Reactors«) framhålls som viktigt i den nyligen publicerade MIT-studien *The Future of Nuclear Energy* (MIT, 2018). Även fjärde generationens teknik – så kallad Gen IV-teknik – skulle kunna utvecklas. Fördelarna med denna generation handlar dock främst om säkerhet och minskat avfall, medan kostnaderna är svåra att förutsäga. Det är troligtvis lång tid innan sådan teknik finns kommersiellt tillgänglig.

19.4 Slutsatser

Kärnkraften står för närvarande för cirka 40 procent av Sveriges elförsörjning. Rimliga prognoser för hur elförsörjningen kommer att förändras indikerar en snabb tillväxt av andelen icke-planerbar elkraft, främst vindkraft. Det kommer att öka efterfrågan på flexibel kraftproduktion och andra åtgärder som kan balansera variabiliteten i den icke-planerbara elförsörjningen och hantera tillfälliga effekterbehov. Kärnkraft är inte väl lämpat för detta, vilket innebär att den på sikt förmodligen kommer att vara kommersiellt pressad. Det är dock inte uppenbart att bristande kommersiell lönsamhet i kärnkraftsindustrin är synonymt med låg samhällsekonomisk lönsamhet. Särskilt gäller detta stängningar av existerande kärnkraftverk som riskerar att leda till stora ökningar av utsläppen i grannländer som Polen och Tyskland genom att exporten av fossilfri el minskar

till dem och att denna ersätts med kolbaserad elkraft. Det går heller inte att utesluta att kärnkraftverkens ägare har ett intresse av att påverka priset uppåt genom att stänga Ringhals 1 och 2. Frågan om det samhällsekonomiska värdet av fortsatt drift i alla nuvarande kärnkraftsreaktorer bör skyndsamt utredas.

I denna fråga finns dock avvikande meningar i rådet. Åsa Romson och Thomas Sterner är av följande uppfattning:

Vi menar att det finns en mängd felaktiga incitamentsstrukturer på marknaden för produktion och distribution av el. Det största problemet kopplat till klimatomställning ligger i att vårt energisystem i dag slösar väldigt med energi, bland annat för att el- och värmesektorerna inte samverkar bättre. Att plocka ut frågan om eventuell skillnad mellan energibolagens affärsmässiga bedömning och den samhällsekonomiska bedömningen av tidpunkt för nedstängning av befintliga kärnreaktorer som intressant att utreda blir utifrån detta konstigt. Tanken att Tyskland i stor skala skulle importera svenska kärnkraftsel för att ersätta kolkraft när man där redan stängt ner en stor del av sin tidigare kärnkraft, eller Danmark som tagit ställning mot kärnkraft, är inte heller logisk.

Enligt Konjunkturrådets – enhälliga – bedömning är ny kärnkraft med nuvarande teknik långt ifrån kommersiellt lönsam. Givet detta, långa ledtider och osäkerhet om när nya kärnkraftstekniker kan bli kommersiellt gångbara, förefaller en satsning på ny svensk kärnkraft inte rimlig i närtid.

Bör Sverige stödja investeringar i koldioxidavskiljning och lagring?

20.1 Kort svar

I princip bör avskiljning och lagring av koldioxid (CCS) betalas med samma belopp som utsläpp av koldioxid beskattas. FN:s klimatpanel IPCC pekar också på stora behov av att utveckla och använda CCS. Eftersom teknikens kostnader per ton lagrad koldioxid är jämförbar med vår koldioxidskatt kan det anses vara ett kostnads-effektivt sätt att minska Sveriges koldioxidutsläpp.

Potentialen är stor, särskilt när det gäller stora utsläppare inom industrin. Motsvarande knappt hälften av Sveriges samlade koldioxidutsläpp kan tas bort om CCS-tekniken införs på de 27 svenska industrianläggningar som släpper ut mest, när både fossila och biogena utsläpp inkluderas. Denna minskning är större än om hela det svenska trafiksystemet blev fossilfritt. Med en genomsnittlig kostnad på 1 000 kronor per ton skulle det kosta 23 miljarder kronor per år att halvera de svenska koldioxidutsläppen på detta sätt. För att det ska vara möjligt krävs ett finansieringssystem. Det är inte uppenbart hur detta bör se ut, men kostnaden för en sådan finansiering förefaller inte vara oöverstiglig.

20.2 Bakgrund

Avskiljning och lagring av koldioxid (»Carbon Capture and Storage«, CCS) har länge varit på agendan, med forsknings- och utvecklingsprogram inom EU, särskilt i Storbritannien och Norge. Vattenfall har drivit ett CCS-projekt i Tyskland. Flera projekt har emellertid lagts ner, framför allt av ekonomiska skäl. CCS-tekniken är energikrävande, och sänker därför verkningsgraden i kraftverket. Det värde som skapas, mindre klimatförändringar, har inget kommersiellt värde utan skatter och subventioner. Den kommer därför alltid att vara helt beroende av politiskt skapade system för sin finansiering, inte bara för investeringar utan också för löpande drift.

På EU-nivå är det viktigaste klimatpolitiska styrmedlet EU ETS. Utsläppare av koldioxid med fossilt ursprung inom systemet skulle slippa betala för utsläppsrätter om de inför CCS, men priset på utsläppsrätter är ännu för lågt för att CCS ska vara kommersiellt lönsamt. Med dagens teknik är kostnaden för CCS – avskiljning inklusive lagring – i storleksordningen 1 000 kronor per ton koldioxid när det gäller stora utsläppare, så kallade punktutsläpp. Kostnaden är jämförbar med Sveriges koldioxidskatt på ungefär 1 180 kronor per ton, men betydligt högre än ETS-priset, som i dag är cirka 250 kronor per ton. För små utsläppare, till exempel bilar, finns för närvarande ingen utvecklad teknik för insamling av koldioxid. Detsamma gäller insamling direkt från luften där dock utvecklingsverksamhet pågår.

Globalt sett är fossildrivna kraftverk det största potentiella användningsområdet för CCS, men i Sverige använder vi bara små mängder fossila bränslen för elproduktion. De stora svenska punktutsläppen domineras i stället av basindustrin: cement-, järn- och stålproduktion, petrokemi samt pappers- och massafabriker. Även kraftvärmeverk som i huvudsak drivs med skogsavfall släpper ut

stora mängder koldioxid. Utsläpp från biobränslen ligger utanför ETS, och belastas inte heller med koldioxidskatt. Det saknas därför än så länge tillräckliga incitament att samla in och lagra den utsläppta koldioxiden.

Insamling och lagring av koldioxid har samma effekt på klimatet oavsett om koldioxiden har fossilt ursprung eller inte. För biogena utsläpp finns ännu inget styrmedel. Sammantaget är incitamenten för att tillämpa CCS på svenska punktutsläpp alldeles för låga i dagsläget, trots att potentialen är stor och kostnaden i paritet med den svenska koldioxidskatten. Bio-CCS utgör dessutom en av regeringen identifierad så kallad kompletterande åtgärd för att nå netto-noll-utsläpp, det vill säga de 15 procents minskning som krävs utöver de 85 procenten från fossila utsläppen.

Många av de större punktutsläppen i Sverige ligger kustnära, vilket är gynnsamt för transporten av infångad koldioxid, som då kan ske med båt. Det minskar den initiala investeringen och risken med att bygga upp ett transportsystem ut till platserna för lagring, som troligtvis kommer att ligga under Nordsjön. Kostnaden för båttransport är också relativt svagt beroende av transportlängd.

Basindustrin kännetecknas av att ett begränsat antal anläggningar står för en betydande del av utsläppen. Ungefär 23 miljoner ton koldioxid kan avskiljas från de 27 svenska industrianläggningar som har mer än 500 000 ton utsläpp per år. Av dessa utsläpp har 9 miljoner ton fossilt ursprung och 14 miljoner ton kommer från biomassa. 23 miljoner ton motsvarar drygt hälften av Sveriges samlade fossila koldioxidutsläpp och är 50 procent mer än utsläppen från all svensk vägtrafik. Potentialen för CCS är alltså stor, och med en vidare användning av CCS blir den ännu större.

Att minska koldioxidutsläppen från dessa 27 anläggningar till nästan noll skulle kunna ske till en kostnad i ett spann från ungefär

500 kronor till 1 500 kronor per ton koldioxid, det vill säga i paritet med den svenska koldioxidskatten på 1 180 kronor. Denna kostnadsuppskattning baseras i huvudsak på användning av den typ av CCS-teknik som i dag finns kommersiellt tillgänglig. Det är troligt att dessa kostnader kan pressas ned genom att man tillämpar andra CCS-tekniker och kombinerar CCS med andra åtgärder.¹ Kostnaden bör också kunna sänkas genom alternativa CCS-tekniker – till exempel oxyfuelteknik i cementproduktion – och införande av olika former av elektrifiering som, i ett scenario med stora mängder el från vindkraft, skulle kunna utnyttja elproduktion som annars skulle behöva spillas.

Även om kostnaderna för att ta bort utsläppen från basindustrin är i paritet med den svenska koldioxidskatten är det inte uppenbart hur införandet av CCS och andra åtgärder ska finansieras eller hur ett marknadsprissättningssystem ska konstrueras. Åtgärderna kännetecknas av betydande investeringar och ökade driftkostnader för processerna med resultatet att produktionskostnaden för industrins produkter ökar väsentligt. Det är inte troligt att åtgärderna kommer att drivas fram av de styrmedel som finns i dag, där det primära styrmedlet för den fossila andelen av ovan nämnda utsläpp utgörs av EU ETS och där det helt saknas incitament för att minska de biogena utsläppen. För att göra investeringar i CCS-teknik kommersiellt intressanta måste det finnas en tillräcklig tilltro till att de styrinstrument som påverkar de löpande intäkterna, till exempel koldioxidskatt och subventioner till den löpande insamlingen och lagringen av koldioxid, är tillräckligt höga och finns på plats under hela investeringens livslängd.

1. Om minskningen enbart skulle göras med CCS-teknik kommer inte hela minskningspotentialen att nås i och med att CCS brukar antas avskilja 80–90 procent av utsläppen.

20.3 Analys

Bör Sverige införa ett system för att finansiera CCS? Å ena sidan är kostnaden per infångat ton koldioxid antagligen högre här än i de största kolkraftverken i Tyskland och Polen. Men å andra sidan har vi genom koldioxidskatten satt ett så högt internt pris på utsläppen att CCS ändå kan vara rimligt givet kostnaden för andra åtgärder som redan vidtas i Sverige. Även om CCS i Sverige är dyrare än potentiella utsläppsminskningar i andra länder kan det mycket väl vara billigare än andra sätt att minska utsläppen inom Sverige. Dessutom är det faktum att Sverige har en ovanligt stor potential för insamling av koldioxid från icke-fossila energikällor ett argument för att införa ett finansieringssystem för CCS.

Om vi för enkelhets skull sätter kostnaden till 1 000 kronor per ton skulle det kosta 23 miljarder kronor per år att samla in och lagra de 23 miljoner ton koldioxid som de 27 största svenska punktutsläppen genererar varje år. 23 miljarder kronor är lika med de intäkter koldioxidskatten för närvarande genererar i Sverige. 23 miljarder kronor framstår som en acceptabel kostnad för att halvera de svenska koldioxidutsläppen. Potentialen för minskade utsläpp genom CCS är alltså stor i Sverige.

Det kan samtidigt konstateras att de investeringar som krävs för att minska koldioxidutsläppen från basindustrin till nära noll i flera fall endast skulle ge en marginell ökning i kostnad för de slutprodukter där dessa material används. Om CCS och andra åtgärder tillämpades på cement och ståltillverkning så att koldioxidutsläppen blir nära noll och dessa kostnader tas av slutkonsumenten, skulle det innebära att priset på en byggnad och en bil skulle behöva ökas med i storleksordningen en halv procent (Rootzén och Johnsson, 2016, 2017).

Problemet är att det i dag inte finns några styrinstrument som gör att utsläppare kan väga CCS mot andra sätt att minska utsläppen. Som nämnts på många håll i denna rapport är ett enhetligt utsläppspris, inkluderande betalning för negativa utsläpp, vad som krävs för att marknaden ska kunna leverera en kostnadseffektiv minskning av utsläppen. Det rationella vore att behandla CCS likadant oavsett vilket bränsle som använts, eftersom klimatnyttan endast beror på hur mycket koldioxid som lagras. Sverige borde därför verka för regeländringar i ETS så att negativa utsläpp genom insamling och lagring av koldioxid med icke-fossilt ursprung ges samma ekonomiska incitament som om den kom från fossila bränslen. Det skulle kunna ske genom att icke-fossil CCS kan växlas mot utsläpp från fossila bränslen, alltså betalas med utsläppsrätter. Visserligen skulle detta förmodligen ännu inte ge tillräckliga incitament för storskalig CCS, men teknisk utveckling och stigande priser på utsläppsrätter skulle kunna förändra förutsättningarna för lönsam CCS.

Ett alternativ för Sverige skulle vara att belägga förbränning av biobränsle med koldioxidskatt för att skapa ett incitament för icke-fossil CCS. Logiken bakom detta skulle vara att alla utsläpp av koldioxid genererar samma klimatkonsekvenser. För att inte ta bort den konkurrensfördel för biobränslen gentemot fossila bränslen som är koldioxidskattens syfte, måste då annan insamling av koldioxid kunna växlas mot koldioxidskatten i form av exempelvis hållbar produktion av biobränsle.

När en skatt inte fungerar som incitament får man överväga subventioner. I detta fall skulle det innebära att staten betalar en »lagringspeng« för varje ton koldioxid som insamlas och lagras i berggrunden. Den skulle betalas ut oavsett om koldioxiden kommer från fossila bränslen eller biobränslen. Den skulle också vara teknikneutral. Det finns en rad tekniska lösningar för CCS, och det är

svårt att i förväg veta vilka som passar bäst för olika typer av anläggningar. Det bästa är att låta marknadens aktörer avgöra detta. Det kan också tänkas att det uppkommer sektorsöverskridande frivilliga samarbeten där sektorer för vilka det är svårt, det vill säga kostsamt, att kraftigt minska utsläppen betalar för negativa utsläpp med CCS i industri- och fjärrvärmesektorerna.

Lagringspengen bör fylla ut en del av skillnaden mellan ETS-priset och vår koldioxidskatt. Den får inte vara så hög att det finns en risk att anläggningar drivs med lagringspengen som huvudsyfte, så att den driver upp nivån på förbränningen snarare än att minska utsläppen. Detta skulle kunna ske givet att priset på utsläppsrätter är betydligt lägre än koldioxidskatten. Man skulle kunna tänka sig att en anläggning bränner kol och betalar för detta genom att köpa utsläppsrätter. Insamlingen genererar via lagringspengen en intäkt som i dagsläget skulle vara betydligt större än kostnaden för utsläppen. Om kostnaden för att köpa och bränna kol är tillräckligt låg skulle detta kunna vara en lukrativ men samhällsekonomiskt skadlig verksamhet. Om däremot utsläppspriset var lika högt som lagringspengen skulle dessa problem inte uppstå. De illustrerar negativa sidoeffekter som kan uppstå genom att skillnader i beskattning ofta kan generera oönskade arbitragemöjligheter.

Ledtiden för att bygga en anläggning för CCS är lång, troligtvis åtminstone fem år. För att sådana investeringar ska komma till stånd måste det finnas ett långsiktigt statligt åtagande om att bidra till att finansiera den löpande driften. Givet arbitrageproblem som en tillräckligt hög lagringspeng skulle kunna generera kan det också vara meningsfullt att staten bidrar till utveckling och att bygga pilotanläggningar, i samverkan med industrin.

20.4 Slutsatser

CCS skulle kunna ge ett viktigt och kostnadseffektivt bidrag till att kraftigt minska de svenska koldioxidutsläppen. Potentialen är stor: utsläppsminskningar motsvarande mer än en halvering av koldioxidutsläppen skulle kunna nås till en kostnad per ton jämförbar med den svenska koldioxidskatten. Svensk storskalig utveckling av CCS skulle kunna bidra till att tekniken blir billigare och mindre finansiellt riskabel. Den internationella spridningseffekten skulle då kunna bli stor.

För att CCS ska bli kommersiellt gångbar måste ekonomiska incitament ges för insamling och lagring. I första hand bör det ske med en lagringspeng, men också offentlig medfinansiering av investeringar kan behövas som komplement. Frågan om hur sådana system ska konstrueras är inte trivial men enligt vår bedömning fullt möjlig att besvara.

REFERENSER

- Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn och D. Hemous (2012). »The environment and directed technical change«. *American Economic Review*, 102(1): 131–166.
- Anderson, B. G. och M. Bell (2009). »Weather-related mortality: How heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States«. *Epidemiology*, 20: 205–213.
- Berndes, G., M. Goldman, F. Johnsson, A. Lindroth och A. Wijkman (red.) (2018). »Forests and the climate. Manage for maximum wood production or leave the forest as a carbon sink?«. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift*, 157(6).
- Black-Samuelsson, S., H. Eriksson, D. Henning, G. Janse, L. Kaneryd, A. Lundborg och L. Niemi Hjulfors (2017). »Bioenergi på rätt sätt – om hållbar bioenergi i Sverige och andra länder«. Rapport av Skogsstyrelsen, Energimyndigheten, Jordbruksverket och Naturvårdsverket. Rapport 10, Skogsstyrelsen.
- BP Statistical Review of World Energy 2019. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>.
- Buchanan, J. M. (1965). »An economic theory of clubs«. *Economica*, 32(125): 1–14.
- Börjesson, P. (2016). *Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi. Rapport nr 97*. Lund: Lunds universitet, Institutionen för teknik och samhälle, Avdelningen för miljö- och energisystem.
- Campbell, J. E., J. A. Berry, U. Seibt, S. J. Smith, S. A. Montzka, T. Lau-nois, S. Belviso, L. Bopp och M. Laine (2017). »Large historical growth in global terrestrial gross primary production«. *Nature*, 544: 84–87.

- Carattini, S., S. Kallbekken och A. Orlov (2019). »How to win public support for a global carbon tax«. *Nature*, 565: 289–291.
- Coady, D., I. Parry, N.-P. Le och B. Shang (2019). »Global fossil fuel subsidies remain large: An update based on country-level estimates«. IMF Working paper 19/89.
- Dagens Samhälle (2017). »Kommunalt veto stoppar vindkraft«. 30 mars.
- Dell, M., B. F. Jones och B. A. Olken (2014). »Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century«. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 4(3): 66–95.
- Dunne, J. P., R. J. Stouffer och J. G. John (2013). »Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming«. *Nature Climate Change*, 3: 563–566.
- Energimyndigheten (2018). Pressmeddelande 2018-02-09.
- Energimyndigheten (2019a). »Energiläget 2019 – en översikt«. ET 2019:2
- Energimyndigheten (2019b). »En svensk-norsk elcertifikatsmarknad. Årsrapport för 2018«. ET 2019:4
- Energimyndigheten (2019c). »Kontrollstation 2019 för reduktionsplikten« med komplettering 2019-10-23.
- Energimyndigheten (2019d). »Energiläget i siffror 2019«.
- Energimyndigheten (2019e). »Årsrapport 2018 för Sveriges program för internationella klimatinsatser«. ER 2019:5.
- EU (2015). Europaparlamentets och rådets beslut 2015/1814.
- EU (2018a). Europaparlamentets och rådets förordning 2018/841.
- EU (2018b). Europaparlamentets och rådets förordning 2008/842.
- EU (2018c). Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/410.
- Fu, S. H., A. Gasparrini, P. S. Rodriguez och P. Jha (2018). »Mortality attributable to hot and cold ambient temperatures in India: A nationally representative case-crossover study«. *PLoS Medicine*, 15(7): 1–17.
- Golosov, M., J. Hassler, P. Krusell och A. Tsyvinski (2014). »Optimal taxes on fossil fuel in general equilibrium«. *Econometrica*, 82(1): 41–88.
- Graeker, M., R. Golombek och M. Hoel (2019). »Global impact of national climate policy in the Nordic countries«, i Calmfors, L. och J. Hass-

- ler (red.), *Climate Policies in the Nordics*. Nordic Economic Policy Review 2019. Köpenhamn: Nordiska Ministerrådet.
- Göransson, L. och F. Johnsson (2018). »A comparison of variation management strategies for wind power integration in different electricity system contexts«. *Wind Energy*, 21 (10): 837–854.
- Hassler, J., P. Krusell och C. Olovsson (2018). »The consequences of uncertainty: Climate sensitivity and economic sensitivity to the climate«. *Annual Review of Economics*, 10: 189–205.
- Hassler, J., P. Krusell och C. Olovsson (2019). »Directed technical change as a response to natural-resource scarcity«. Working paper, Institutet för internationell ekonomi (IIES), Stockholms universitet.
- Hassler, J., P. Krusell, C. Olovsson och M. Reiter (2019). »Integrated assessment in a multi-region world with multiple energy sources and endogenous technical change«. Mimeo. Institutet för internationell ekonomi (IIES).
- Heinisch, V., M. Odenberger, L. Göransson och F. Johnsson (2019). »Prosumers in the electricity system – household vs. system optimization of the operation of residential photovoltaic battery systems«. *Frontiers in Energy Research*, 10 januari.
- Horn, H. och A. Sapir (2019). »Border carbon tariffs: Giving up on trade to save the climate?« Bruegel blog post, <https://bruegel.org/2019/08/border-carbon-tariffs-giving-up-on-trade-to-save-the-climate/>.
- Howard, P. och T. Sterner (2017). »Few and not so far between: A meta-analysis of climate damage estimates«. *Environmental and Resource Economics*, 68: 197–225.
- IEA (2019). »CO₂ emissions from fuel combustion – 2018 highlights«. International Energy Agency.
- Im, E.-S., J. S. Pal och E. A. B. Eltahir (2017). »Deadly heat waves projected in the densely populated agricultural regions of South Asia«. *Science Advances*, 3(8).
- IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Inter-*

- governmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F., m.fl. (red.)].
<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.
- IPCC (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C. B. m.fl. (red.)]. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>.
- IPCC (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V. m.fl. (red.)]. <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- IPCC (2019a). *Climate Change and Land. IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*. <https://www.ipcc.ch/report/srccl/>.
- IPCC (2019b). *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [Pörtner, H.-O. m.fl. (red.)]. <https://www.ipcc.ch/srocc/download-report/>.
- IRENA (2018). *Renewable Energy Policies in a Time of Transition*.
 IRENA, OECD/IEA och REN21.
- IVA (2019). *Så klarar det svenska energisystemet klimatmålen. Rapport IVA-M 504*. Stockholm: Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien.
- Johnsson, F., J. Kjärstad och J. Rootzén (2019). »The threat to climate change mitigation posed by the abundance of fossil fuels«. *Climate Policy*, 19(2): 258–274.
- Keenan, T. F., I. C. Prentice, J. G. Canadell, C. A. Williams, H. Wang, M. Raupach och G. J. Collatz (2016). »Recent pause in the growth rate of atmospheric CO₂ due to enhanced terrestrial carbon uptake«. *Nature Communications*, 7, artikel nr 13428.

- Klimat- och sårbarhetsutredningen (2010). *Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter*. SOU 2007:60.
- Kommerskollegium (2009). *Climate Measures and Trade. Legal and Economic Aspects of Border Carbon Adjustment*. Kommerskollegium 2009:2.
- Konjunkturinstitutet (2015). »EMEC – en populärvetenskaplig beskrivning«. PM 2015-03-26.
- Konjunkturinstitutet (2017a). »Kostnader och intäkter i Sverige av långsiktiga klimatförändringar – en litteraturöversikt«. Specialstudie 60.
- Konjunkturinstitutet (2017b). *Miljö, ekonomi och politik 2017*. Stockholm: Konjunkturinstitutet.
- Konjunkturinstitutet (2018). »EU ETS, marknadsstabiliseringsreserven och effekter av annulleringar«. Specialstudie. KI-nr 2018:10.
- Konjunkturinstitutet (2020). »Annuleringsmekanismen, prisbanor och konsekvenser av en storskalig elektrifiering av transportsektorn«. PM under utgivning.
- Kriström, B., R. Brännlund, J. Nordström och S. Wibe (2003). *Fördelningseffekter av miljöpolitik*. Bilaga 11 till Långtidsutredningen 2003/04, SOU 2004:19.
- Krusell, P. (2019). »The role of economic analysis in combatting climate change«. Presentation vid Bank of Canada, maj.
- Köhlin, G., S. K. Pattanayak, E. Sills, E. Mattsson, M. Ostwald, A. Salas och D. Ternald (2015). *In Search of Double Dividends from Climate Change Interventions: Evidence from Forest Conservation and Household Energy Transitions*. Rapport 2015:09 till Expertgruppen för biståndsanalys (EBA), Stockholm.
- Li, P., C. Peng, M. Wang, W. Li, P. Zhao, K. Wang, Y. Yang och Q. Zhu (2017). »Quantification of the response of global terrestrial net primary production to multifactor global change«. *Ecological Indicators*, 76: 245–255.

- van der Linden, S. L., A. A. Leiserowitz, G. D. Feinberg och E. W. Maibach (2015). »The scientific consensus on climate change as a gateway belief: Experimental evidence«, *PLOS ONE* 10(2): e0118489.
- McGlade, C. och P. Ekins (2015). »The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C«, *Nature*, 517: 187–190.
- McKibbin, W. J. och P. J. Wilcoxon (2009). »The economic and environmental effects of border tax adjustments for climate policy«, *Brookings Trade Forum*, 2008(1): 1–34.
- Mehling, M. och E. Tvinnereim (2018). »Carbon pricing and the 1.5°C target: Near-term decarbonisation and the importance of an instrument mix«, *CCLR Carbon & Climate Law Review*, 12(1): 50–61.
- Miljömålsberedningen (2016). *Ett klimatpolitiskt ramverk*. Delbetänkande från Miljömålsberedningen. SOU 2016:21.
- MIT (2018). *The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World – An Interdisciplinary MIT Study*. Massachusetts Institute of Technology.
- Moro, A. och L. Lonza (2018). »Electricity carbon intensity in European Member States: Impacts on GHG emissions of electric vehicles«, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 64: 5–14.
- Naturvårdsverket (2018). »Allmänheten om klimatet: En kvantitativ undersökning om den svenska allmänhetens syn på lösningar för klimatet.« (Gullers Grupp Rapport).
- Naturvårdsverket (2019). *Underlag till regeringens klimatpolitiska handlingsplan*. Rapport 6879.
- Nordhaus, W. D. (1994). *Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Nordhaus, W. (2007). »A review of the Stern Review on the Economics of Climate Change«, *Journal of Economic Literature*, 45(3): 686–702.
- Nordhaus, W. (2015a). *The Climate Casino. Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*. New Haven och London: Yale University Press.

- Nordhaus, W. (2015b). »Climate clubs: Overcoming free-riding in international climate policy«. *American Economic Review*, 105(4): 1339–1370.
- Näyhä, S. (2005). »Environmental temperature and mortality«. *International Journal of Circumpolar Health*, 64(5): 451–458.
- OECD/IEA (2019). »Update on recent progress in reform of inefficient fossil-fuel subsidies that encourage wasteful consumption«. <https://oecd.org/fossil-fuels/publication/OECD-IEA-G20-Fossil-Fuel-Subsidies-Reform-Update-2019.pdf>.
- Owen N. A., O. R. Inderwildi och D. A. King (2010). »The status of conventional world oil reserves – Hype or cause for concern?«. *Energy Policy*, 38(8): 4743–4749.
- Poterba, J. M. (1991). »Is the gasoline tax regressive«. Kapitel i Bradford, D. (red.), *Tax Policy and the Economy*, volume 5. MIT Press: Cambridge, MA.
- Prop. 2016/17:146. Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige.
- Prop. 2017/18:1 Budgetproposition för 2018.
- Riksrevisionen (2018). *Nedsatt moms på livsmedel – priseffekt, fördelningsprofil och kostnadseffektivitet*. RiR 2018:25.
- Riksrevisionen (2019). *Klimatklivet – stöd till lokala klimatinvesteringar*. RiR 2019:1.
- Rootzén, J. och F. Johnsson (2016). »Paying the full price of steel – Perspectives on the cost of reducing carbon dioxide emissions from the steel industry«. *Energy Policy*, 98: 459–469.
- Rootzén, J. och F. Johnsson (2017). »Managing the costs of CO₂ abatement in the cement industry«. *Climate Policy*, 17(6): 781–800.
- Rosenzweig, C. m.fl. (2018). »Coordinating AgMIP data and models across global and regional scales for 1.5°C and 2.0°C assessments«. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 376: 20160455.
- Ruane, A. C. m.fl. (2018). »Biophysical and economic implications for agriculture of +1.5° and +2.0°C global warming using AgMIP Coordi-

- nated Global and Regional Assessments». *Climate Research*, 76(1): 17–39.
- Silbye, F. och P. Birch Sørensen (2019). »National climate policies and the European Emissions Trading System«. Kapitel i Calmfors, L. och J. Hassler (red.), *Climate Policies in the Nordics*. Nordic Economic Policy Review 2019. Köpenhamn: Nordiska Ministerrådet.
- Sinn, H. W. (2012). *The Green Paradox: A Supply-Side Approach to Global Warming*. Cambridge, MA: MIT Press.
- SMHI (2010). »Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete«. *Klimatologi* nr 2/2010.
- Stern, N. (2006). *Stern Review on the Economics of Climate Change (pre-publication edition). Executive Summary*. London: HM Treasury.
- Sterner, T. (2012). »Distributional effects of taxing transport fuel«. *Energy Policy*, 41: 75–83.
- Stoknes, P. E. (2015). *What We Think About When We Try Not To Think About Global Warming*. White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing Co.
- Sweco (2016). »Ekonomiska förutsättningar för skilda kraftslag«. En underlagsrapport till Energikommissionen 2016.
- Sweco (2017). »Konsekvenser av Sveriges klimatpolitik i transportsektorn – en analys av 2030-målet och reduktionsplikten«. En rapport för Svenskt Näringsliv.
- Svensk Vindenergi (2019). »Svensk Vindenergis vindkraftstatistik och prognos – kvartal 3, 2019«. <https://svenskvindenergi.org/statistik/2017-3>.
- UNEP (2018). »Emissions gap report 2018«. United Nations Environment Programme, november.
- Weber, E. (2015). »Climate change demands behavioral change: What are the challenges?«. *Social Research*, 82: 560–580.
- Weitzman, M. (2014). »Can negotiating a uniform carbon price help to internalize the global warming externality?«. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 1(1/2): 29–49.

van Vuuren, D. P., J. Edmonds, M. Kainuma, K. Riahi, A. Thomson, K. Hibbard, G. C. Hurtt, T. Kram, V. Krey, J.-F. Lamarque, T. Masui, M. Meinshausen, N. Nakicenovic, S. J. Smith och S. K. Rose (2011). »The representative concentration pathways: An overview«. *Climatic Change*, 109:5.

FÖRFATTARNA

JOHN HASSLER (ordförande) är professor i nationalekonomi och verksam vid Institutet för internationell ekonomi (IIES) på Stockholms universitet. Hans forskning behandlar offentliga finanser, social rörlighet, tillväxt och klimatförändringar. 2013–2016 var han ordförande i Finanspolitiska rådet och 2009–2018 ledamot i kommittén som utser ekonomipriset till Alfred Nobels minne.

BJÖRN CARLÉN är fil.dr i nationalekonomi och forskare vid enheten Miljöekonomi på Konjunkturinstitutet. Hans forskning handlar främst om klimat- och energipolitiska styrmedel. 2005–2010 var han sekreterare i Finansdepartementets expertgrupp för miljöstudier och 2010–2012 gruppens vice ordförande.

JONAS ELIASSON är gästprofessor i transportsystem vid Linköpings universitet och nytillträdd tillgänglighetsdirektör vid Trafikverket. Hans forskning behandlar transportsystemets påverkan på res- och transportmönster, miljö och samhällsutveckling samt samhällsekonomisk analys av infrastruktur och transportpolitik. 2016–2018 var han trafikdirektör i Stockholms stad och 2007–2017 professor vid KTH.

FILIP JOHNSSON är sedan 2003 professor i uthålliga energisystem vid Chalmers tekniska högskola. Hans forskning fokuserar på omställning av energi- och materialsystemen, till exempel hur vind- och solel kan integreras på ett effektivt sätt i energisystemet. Han studerar även tillförsel- och värdekedjor från basmaterial till slutprodukter inom ramen för ett Mistraprojekt (Mistra Carbon Exit) och hur kostnaden för utsläppsminskande åtgärder kan synliggöras längst ut i värdekedjan.

PER KRUSELL är professor i nationalekonomi och sedan 2008 verksam vid Institutet för internationell ekonomi (IIES) på Stockholms universitet, efter drygt tjugo år i USA. Hans forskning behandlar makroekonomi, till exempel hur den påverkar och påverkas av ojämlikhet, arbetsmarknaden och ekonomisk politik samt samspelet med tillväxt och klimat. 2003–2013 och 2017–2019 var han ledamot och 2011–2013 ordförande i kommittén som utser ekonomipriset till Alfred Nobels minne. Han är President för European Economic Association.

THERESE LINDAHL är fil.dr i nationalekonomi och forskare vid Beijerinstitutet för ekologisk ekonomi. Hennes forskning ligger i tvärsnittet mellan miljö- och beteendekonomi och fokuserar på olika aspekter av mänskligt beteende kopplat till miljö- och klimatfrågor.

JONAS NYCANDER är professor i geofysisk hydrodynamik och verksam vid Meteorologiska institutionen på Stockholms universitet. Hans forskning behandlar oceanografi, klimat och det globala kol-systemet. Han är medlem av Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA).

ÅSA ROMSON är jur.dr samt forskare i miljöjuridik och miljöpolitik vid IVL Svenska Miljöinstitutet, med fokus på klimaträtt och miljöpolitiska styrmedel. Hon har 15 års erfarenhet som miljöpolitiker på lokal och nationell nivå och var bland annat klimat- och miljöminister 2014–2016.

THOMAS STERNER är professor i miljöekonomi vid Göteborgs universitet. Hans forskning handlar om klimatekonomi och utformningen av miljöekonomiska styrmedel i olika socioekonomiska kontexter. Han har tidigare varit President för European Association of Environmental and Resource Economists (2008–2009), chefsekonom vid Environmental Defense Fund (2012–2013) och invald vid Collège de France (2015–2016).

