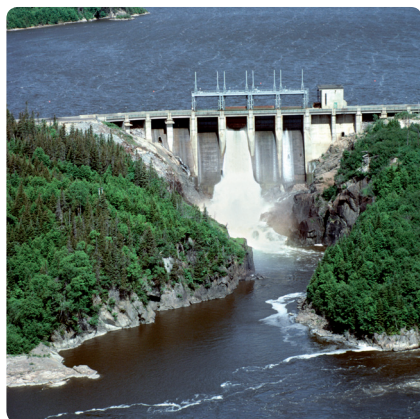


Underlag till en svensk färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050

Delrapport

RAPPORT 6487 • FEBRUARI 2012



Beställningar

Ordertel: 08-505 933 40

Orderfax: 08-505 933 99

E-post: natur@cm.se

Postadress: CM Gruppen AB, Box 11093, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket.se/bokhandeln

Naturvårdsverket

Tel: 010-698 10 00 Fax: 010-698 10 99

E-post: registrator@naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-6487-7

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2012

Tryck: CM Gruppen AB, Bromma 2012

Form: AB Typoform/Love Lagercrantz

Foton: Thinkstock

Underlag till en svensk färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050

Delrapport

Förord

Denna rapport är en delrapport i uppdraget att lämna ett underlag till en svensk färdplan för att uppnå visionen om att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser år 2050.

Vid FN:s klimatkonferens i Cancun år 2010 åtog sig alla industriländer att ta fram nationella långsiktiga strategier för att åstadkomma låga växthusgasutsläpp. Europeiska kommissionen presenterade i mars 2011 ett meddelande om en färdplan för EU för en konkurrenskraftig ekonomi till 2050 med låga växthusgasutsläpp. Färdplanen beskriver en utsläppsbana som minskar unionens växthusgasutsläpp med 80 procent till 2050.

Regeringen gav i juli 2011 Naturvårdsverket i uppdrag att lämna ett underlag till en svensk färdplan för att uppnå visionen om att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser 2050. Senast den 31 januari 2012 ska en delrapport lämnas avseende hur olika sektorer kan bedömas bli berörda samt om det sedan uppdraget beslutades har framkommit resultat av t.ex. klimatförhandlingarna eller Europeiska kommissionens arbete som kan vara av större betydelse för uppdragets fortsättning. Bedömningen av hur olika sektorer kan bli berörda baseras i denna delrapport på en sammanställning av publicerade scenariestudier om åtgärder mot en ekonomi 2050 med mycket låga växthusgasutsläpp och inte på några egna bedömningar. Styrmedel och kostnadseffektivitet berör vi inte i denna delrapport. Det återkommer vi till i uppdragets slutredovisning efter att vi fördjupat analysen med egna scenarieanalyser av hur sektorer kan bidra till en svensk färdplan.

För att bedömningen av hur olika sektorer bidrar till att åstadkomma ett Sverige utan nettoutsläpp av växthusgaser ska vara konsistent med tvågradersmålet ger vi i kapitel 3 en sammanfattning av det vetenskapliga kunskapsläget om utsläppsbanor och olika principer att fördela utsläppsreduktionsansvar mellan länder. En kort sammanfattning av kommissionens färdplan och andra länders färdplaner ges i kapitel 4. I kapitel 5 diskuterar vi olika former för vad nettonollutsläpp till år 2050 för Sverige kan innebära. I kapitel 6 gör vi en summering, främst baserad på en syn-tes av kommissionens färdplansmodellering och av några nationella scenarier, om hur och i vilken omfattning olika sektorer i Sverige kan bidra till nettonollvisionen. I ett avslutande kapitel redovisar vi den senaste utvecklingen i klimatförhandlingarna samt det fortsatta arbetet inom EU med färdplanen för en utsläppsnål ekonomi och andra initiativ inom ramen för flaggskeppsinitiativet om resurseffektivitet.

Denna redovisning har skett i samråd med Energimyndigheten och efter samråd med Boverket, Konjunkturinstitutet, Jordbruksverket, Skogsstyrelsen, SMHI, Trafikverket, Transportstyrelsen och VINNOVA.

Innehåll

	Förord	2
1	Sammanfattning	6
2	Summary	10
3	Vad krävs för att begränsa den globala temperaturförändringen till högst 2 grader	14
3.1	Jorden blir varmare	14
3.2	Globala utsläpp behöver vända före år 2020 och halveras till år 2050	16
3.3	Dagens koldioxidutsläpp blir till stor del kvar i atmosfären hela detta århundrade	18
3.4	Utsläpp och upptag av koldioxid från markanvändning och skogsbruk i globala stabiliseringsbanor	21
3.5	Industriländerna behöver minska sina utsläpp kraftigt	23
4	Mål och färdplaner till 2050	27
4.1	Kommissionen har tagit fram en färdplan för en utveckling till en utsläppssnål ekonomi 2050	27
4.2	Medlemsländer formulerar egna klimatmål och utsläppsbanor till 2050	31
5	Inga nettoutsläpp av växthusgaser i Sverige	32
5.1	Flera olika sätt att nå netto-nollvisionen	33
6	Sammanställning av studier om hur olika sektorer kan bidra till inga nettoutsläpp	40
6.1	Färden mot en ekonomi utan nettoutsläpp av växthusgaser kräver stora teknikomställningar	40
6.2	Sverige har redan idag låga per capita utsläpp	46
6.3	El och fjärrvärme helt koldioxidfri	51
6.4	Bostads- och servicesektorn effektiviseras	55
6.5	Transporter – samhällsplanering, överflyttning, energieffektivisering och biodrivmedel	58
6.6	Industrin – möjligheter till utsläpp nära noll	61
6.7	Jord- och skogsbruk – kan bidra med bioenergi och ökad kolsänka	65

7	Utvecklingen internationellt	71
7.1	Utvecklingen inom EU	71
7.2	Klimatförhandlingarna	73
8	Referenser	77
9	Akronymer och förkortningar	82



1 Sammanfattning

För att sannolikt begränsa temperaturökningen till högst två grader över förindustriell nivå (tvågradersmålet) behöver de globala utsläppen kulminera före år 2020, minska till ungefär 44 miljarder ton koldioxidekvivalenter år 2020 och halveras till år 2050 relativt 1990 års nivå. Väntar vi med utsläppsminskningar så att utsläppen fortsätter öka och kulminerar först år 2020 eller ännu längre fram i tiden blir den nödvändiga minskningstakten betydligt högre och kan kräva negativa utsläpp redan innan år 2050 om vi ska nå tvågradersmålet.

En halvering av de globala utsläppen jämfört med 1990 betyder att utsläppen per capita 2050 i genomsnitt högst får uppgå till ca två ton koldioxidekvivalenter (vid en befolkning om 9 miljarder). Det betyder att de genomsnittliga utsläppen behöver minska i alla regioner i världen jämfört med dagens nivåer. Det är inte rimligt att anta att det vid denna tid kommer att finnas länder med utsläpp betydligt under två ton koldioxidekvivalenter per capita och av det följer att det inte heller finns något större utrymme för länder med utsläpp betydligt över två ton per capita. En internationell växthusgasmarknad bör alltså ha större betydelse inledningsvis och avta mot år 2050.

Regeringens vision 2050 att ”Sverige vid denna tid har en hållbar och resurseffektiv energiförsörjning och inga nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären” kan baserat på 2009 års klimatproposition tolkas som att utsläppen från energiproduktion och energianvändning inklusive transporter förutsätts ligga nära noll. Utsläpp återstår inom jordbrukssektorn. Små utsläpp kan även finnas kvar inom industrin. Propositionstexten kan tolkas som att de kvarvarande utsläppen inom landet uppvägs av att Sverige genom medvetna politiska beslut förstärker kolförrådet i skog och mark eller enbart fortsätter att säkerställa kolförrådet i linje med redan fattade beslut. Regeringens beskrivning av förutsättningar för att nå nettonollutsläpp bygger på en översiktlig genomgång av några centrala åtgärder för att uppnå visionen. Denna vision behöver vidareutvecklas. Vi kommer att analysera två huvudalternativ för att nå nettonollvisionen:

1. utan utnyttjande av en internationell växthusgasmarknad och,
2. med utnyttjande av en internationell växthusgasmarknad.

Under de två huvudalternativen finns underalternativen, där bidrag från sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (”LULUCF”) inkluderas eller inte inkluderas.

Den europeiska kommissionens och IEA:s (International Energy Agency) modelleringar visar att stora teknikomställningar och infrastrukturinvesteringar krävs för att världen ska kunna begränsa de globala utsläppen så att temperaturökningen begränsas till högst 2°C över förindustriell nivå. Om idag kända och demonstrerade tekniker kommersialiseras fullt ut beräknas tvågradersmålet kunna nås med ökade investeringskostnader motsvarande några procent av BNP per år. Investeringar som senare kommer att resultera i sänkta energikostnader. Skulle det visa sig att några av teknikerna inte kan kommersialiseras, alternativt har lägre teknisk potential än beräknat, kan kostnaderna öka väsentligt.

Det är få publicerade scenariestudier om hur låga växthusgasutsläpp kan nås till år 2050 som väger in möjliga förändringar av människors beteenden. Ändrade konsumtionsmönster bör ytterligare kunna minska resursåtgången och potentiella målkonflikter i samhället, samtidigt som sårbarheten reduceras om teknikutvecklingen inte skulle bli fullt så framgångsrik.

Svenska studier pekar på att Sverige redan före 2050 bör ha potential att fasa ut användningen av fossila bränslen i el- och fjärrvärmeproduktion samt för uppvärmning av bostäder och lokaler. Med el- och elhybridteknik för fordon och arbetsmaskiner från 2030 och resurseffektiv bi drivmedelsproduktion kan även transporterna komma nära fossilfrihet till 2050. Denna utveckling är dock mycket beroende av teknikgenombrott. Vissa transportsценарier väger även in möjligheterna att genom transportsnål samhällsplanering och förändrade beteenden kunna bryta trenden med ökande transportarbete i framtiden. En sådan utveckling förbättrar förutsättningarna för utsläppsminskningar.

Stora minskningar av utsläppen från industrin är helt beroende av teknikgenombrott (forskning, utveckling och demonstration) samt att det därefter finns möjlighet till snabb spridning av ny teknik.

En omfattande reduktion av utsläppen från jordbruket bedöms vara svårare att åstadkomma. Jordbrukets metan- och lustgasutsläpp härrör från biologiska processer och kan inte undvikas om livsmedel ska produceras med dagens system för mjölk-, djur- och vegetabilieproduktion. Tekniska lösningar förekommer inte på samma sätt som i andra sektorer.

De publicerade studierna kommer fram till att det kan finnas möjlighet att sänka de sammanlagda utsläppen i Sverige till mellan 70 och 90 procent till år 2050 jämfört med 1990. Det förutsätter dock utveckling av känd men ännu inte kommersialiserad teknik. Ökad skogstillväxt skulle öka potentialen för substitution av fossila bränslen och för ökat nettoupptag av koldioxid.

Kommissionen har under 2011 antagit flera färdplaner som alla tar sikte på EU:s utveckling till 2050. Efter meddelandet om en färdplan mot en konkurrenskraftig och koldioxidsnål ekonomi 2050 (mars 2011) kom en vitbok för transporter ”Roadmap to a single European Transport Area”, en färdplan mot ett resurseffektivt Europa och en energifärdplan.

Färdplanen mot ett resurseffektivt Europa syftar till att åstadkomma ett första steg mot en sammanhållen långsiktig politisk ram för alla miljö- och resursfrågor. Meddelandet kompletterar de andra förslagen under ”flaggskeppsinitiativet resurseffektivitet”. Målen i färdplanen för resurseffektivitet är ännu inte konkret formulerade.

Under 2012 planerar kommissionen att följa upp med en förnybarhetsstrategi och ett meddelande om genomförande av demonstrationsprojekt med CCS-teknik.

De internationella klimatförhandlingarna i Durban (dec 2011) gjorde vissa framsteg mot ett nytt globalt avtal för en begränsning av växthusgasutsläpp. En arbetsprocess/färdplan för en ny överenskommelse i form av ett protokoll eller rättsligt instrument som ska gälla samtliga parter under Konventionen ska förhandlas fram. Instrumentet ska beslutas senast 2015 och det nya avtalet träda i kraft år 2020. EU tillsammans med ett fåtal andra parter ingick en andra åtagandeperiod under Kyotoprotokollet för perioden 2013 till 2017 alternativt till 2020. Parterna till Kyotoprotokollet tog beslut om bokföringsreglerna för skogs- och markanvändningssektorn för de länder som kommer att ha åtagande att reducera sina utsläpp.

Vi bedömer att resultatet av klimatförhandlingarna i Durban och de färdplaner med sikte på EU:s utveckling till 2050 som Europeiska kommissionen antagit inte ger anledning till revidering av uppdraget.

Denna rapport är en delredovisning i uppdraget att lämna underlag till en svensk färdplan för att uppnå visionen om att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser år 2050. Vi redovisar en sammanställning av publicerade scenariostudier om åtgärder i olika sektorer som kan bidra till en ekonomi 2050 med mycket låga växthusgasutsläpp. Det är enbart tekniskt möjliga åtgärdspotentialer hämtade från andras scenarier. Åtgärds-kostnader saknas ofta i dessa studier. Styrmedel och sektorsövergripande kostnadseffektivitet berör vi inte i denna rapport. Det återkommer vi till i uppdragets slutredovisning efter att vi fördjupat analysen av hur sektorer kan bidra till en svensk färdplan. I det fortsatta arbetet med uppdraget kommer vi även att studera förutsättningarna för en framväxande växthusgasmarknad och diskutera vad krediter på en sådan marknad kan komma att kosta i en framtid till 2050 vid olika omvärldsutveck-

lingar. Vi kommer vidare att analysera olika scenarier för hur kolsänkan kan fortsätta att utvecklas under detta århundrade och redovisa konsekvenser av olika bokföringsalternativ.



2 Summary

If it is to be possible to limit the rise in temperature to a maximum of two degrees above pre-industrial levels (the two-degree target), global emissions will have to peak before 2020, decrease to approximately 44 billion tonnes of carbon dioxide equivalents by 2020 and be halved by 2050 relative to the 1990 level. If we delay in making emissions reductions, allowing a continued increase that won't peak until 2020 or even later, the necessary rate of decrease will be considerably greater, and might even require negative emissions before 2050 if we are to achieve the two degree target.

A halving of global emissions compared with 1990 would entail maximum average emissions per capita in 2050 of about two tonnes of carbon dioxide equivalents (with a population of 9 billion). This means that average emissions will have to fall in all regions in the world compared with today's levels. It is implausible to assume that by this time there will be countries with emissions considerably below two tonnes of carbon dioxide equivalents per capita, and there will consequently be little scope for countries to have emissions substantially over two tonnes per capita. An international greenhouse gas market should therefore have greater significance initially, which will diminish as we approach 2050.

Based on the 2009 climate bill, the Government's vision for 2050 that, "by this time Sweden will have a sustainable and resource-efficient energy supply with no net emissions of greenhouse gases into the atmosphere", can be interpreted that it assumes emissions from energy production and energy use, including transportation, will be close to zero. Emissions will remain within the agriculture sector. Industry might also produce a small quantity of emissions. The wording of the bill can be interpreted that Sweden will counterbalance the remaining emissions within the country through conscious political decisions to augment the carbon stock in forests and the soil, or simply continue to ensure that carbon stocks remain in line with decisions that have already been taken. The Government's description of what is required to reach net zero emissions is based on an overall review of a number of central measures required to achieve the vision. This vision needs to be further elaborated. We will analyse two main options to achieve the net zero vision:

1. without utilization of an international greenhouse gas market and,
2. with utilization of an international greenhouse gas market.

Under the two main options are sub-options, in which contributions from the land use, changed land use and forestry ("LULUCF") sectors are included or not included.

Modelling by the European Commission and the IEA (International Energy Agency) shows that major technical adjustments and infrastructure investments are required if the world is to be able to restrict global emissions sufficiently to limit the rise in temperature to a maximum of 2°C above the pre-industrial level. It is estimated that if currently proven technologies were fully commercialised, it would be possible to achieve the two degree target with increased investment costs equivalent to a few percent of GDP per year. Investments that would subsequently result in reduced energy costs. If it turned out not to be possible to commercialise some of the technologies, or if they were to have a lower technical potential than anticipated, the costs might increase significantly.

Few of the scenario studies that have been published on how low greenhouse gas emissions can be achieved by 2050 take into account potential changes in people's behaviour. Changed consumption patterns should be able to further reduce consumption of resources and potentially conflicting goals in society, at the same time as reducing vulnerability if the technological development turned out not to be fully successful.

Swedish studies indicate that Sweden should have the potential even before 2050 to phase out the use of fossil fuels in electricity generation and production of district heating, as well as for heating of homes and premises. Electrical- and hybrid technology or similar for vehicles and working machines from 2030, and resource-efficient production of bio-fuels, will also enable transportation to approach a fossil-free scenario by 2050. However, this development is highly dependent on technological breakthroughs. Some transport scenarios also take into account the possibility of using low-transport urban planning and changed behaviour to break the trend of increasing transportation in the future. Such a development would improve the conditions for emissions reductions.

Large-scale reductions in emissions from industry are completely dependent on technological breakthroughs (research, development and demonstration) and the subsequent possibility of rapid dissemination of new technology.

Extensive reductions in emissions from agriculture are judged to be more difficult to achieve. Emissions of methane and nitrous oxide from agriculture derive from biological processes and are unavoidable if food is to be produced using the current system for production of milk, animals

and crops. Technical solutions are not available in the same way as in other sectors.

The studies published conclude that opportunities might exist to cut total emissions in Sweden to 70 to 90% of the 1990 figure by 2050. However, this is highly dependent on development of technology that is recognised, but not yet commercially available. Increased forest growth would enhance the potential for substitution of fossil fuels and for increased net uptake of carbon dioxide.

The Commission has adopted a number of roadmaps during 2011, all of which are focused on the EU's development by 2050. Having announced a roadmap towards a competitive, low-carbon economy by 2050 (March 2011), a white paper for transportation, "Roadmap to a Single European Transport Area", was published, along with a roadmap towards a resource-efficient Europe and an energy roadmap.

The aim of the roadmap for a resource-efficient Europe is to act as a first step towards a coherent, long-term political framework for all issues concerning the environment and resources. The announcement supplements the other proposals under the "flagship initiative for resource efficiency". The targets in the roadmap for resource-efficiency have not yet been concretely formulated.

The Commission is planning to follow this up during 2012 with a renewables strategy and an announcement regarding implementation of projects to demonstrate CCS (carbon capture and storage) technology.

The international climate negotiations in Durban (Dec. 2011) made some progress towards a new global agreement to limit greenhouse gas emissions. A work process/roadmap for the establishment of a new agreement in the form of a protocol or legal instrument applying to all parties to the Convention is to be negotiated. The instrument will be decided no later than 2015, and the new agreement will come into force in 2020. Together with a small number of other parties, the EU entered into a second commitment period under the Kyoto Protocol for 2013 to 2017, or alternatively, 2020. The parties to the Kyoto Protocol determined accounting rules for the forest and land use sectors for those countries that are committed to reducing their emissions.

In our judgement, the results of the climate negotiations in Durban and the roadmaps that the European Commission has adopted focusing on the EU's development by 2050 do not constitute any grounds for the commission to be revised.

This report is part of the commission to provide a basis for a Swedish roadmap to achieve the vision of Sweden having zero net emissions of

greenhouse gases by 2050. We present a synthesis of scenario studies that have been published on measures in different sectors that can contribute to an economy in 2050 with very low greenhouse gas emissions. It consists solely of potential, technically feasible measures derived from other scenarios. These studies do not usually include costings for the measures. Policy instruments and sector-wide cost efficiency is not addressed in this report. We will return to this in the commission's final report after conducting an in-depth analysis of how sectors can contribute to a Swedish roadmap. Continued work on the commission will also include a study of the prerequisites for an emerging greenhouse gas market and a discussion of what credits in such a market might cost in relation to a range of global developments up to 2050. In addition, we will analyse different scenarios for how we can continue to develop the carbon sink during this century, and report the consequences of various accounting options.



3 Vad krävs för att begränsa den globala temperaturförändringen till högst 2 grader

- Dagens globala utsläpp av växthusgaser uppskattas till knappt 50 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år, jämfört med ca 38 miljarder ton år 1990.
- För att sannolikt begränsa temperaturökningen till högst två grader över förindustriell nivå behöver de globala utsläppen kulminera före år 2020, minska till ungefär 44 miljarder ton koldioxidekvivalenter år 2020 och halveras till år 2050 relativt 1990 års nivå.
- De utsläpp av långlivade växthusgaser som sker idag finns till stor del kvar år 2050 och 2100. Väntar vi med utsläppsminskningar så att utsläppen fortsätter öka och kulminerar först år 2020 eller ännu längre fram i tiden blir den nödvändiga reduktionstakten betydligt högre och kan kräva negativa utsläpp redan före år 2050 om vi ska nå två-gradersmålet.
- En medveten politik för att öka upptaget av kol i skog och mark från atmosfären kan bidra till att begränsa temperaturökningen.
- Modeller för att fördela ansvar för framtida utsläppsminskningar baserade på fördelningsprinciper som väger in både ekonomisk utvecklingsnivå och konvergens av utsläppsnivåerna pekar på att Sveriges reduktionsansvar till år 2050 kan vara mellan 70–85 procent jämfört med 1990 års nivå. Ansvaret blir betydligt större om fördelningen skulle grundas på länders historiska utsläpp, betalningsförmåga och fattiga länders rätt till utveckling.

3.1 Jorden blir varmare

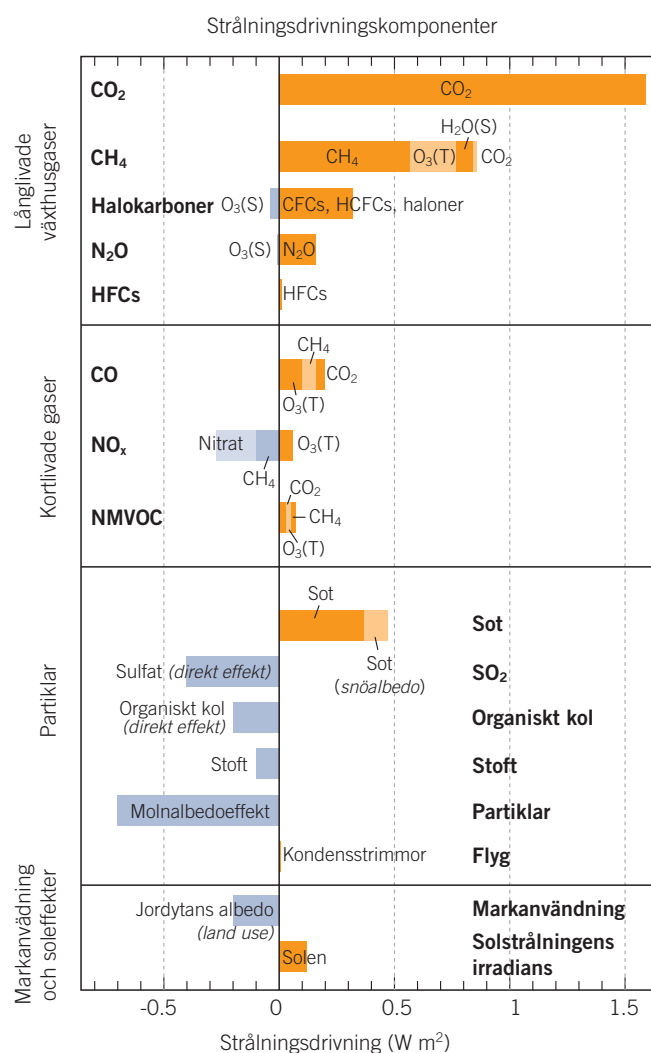
Den globala uppvärmningen orsakas med mycket hög sannolikhet av ökande halter av växthusgaser i atmosfären på grund av utsläpp av växthusgaser. Utsläppen har ökat kraftigt under 2000-talet, främst i tillväxtekonomier (framför allt Kina), som en följd av stark global ekonomisk tillväxt. Världens totala utsläpp uppskattas ha minskat något år 2009 jämfört med 2008 på grund av finanskrisen och den ekonomiska nedgången, men har under 2010 åter ökat i takt med den ekonomiska återhämt-

ningen (Friedlingstein 2010). Dagens globala utsläpp av växthusgaser uppskattas till knappt 50 miljarder ton koldioxidekvivalenter (Gigaton CO₂e) per år (UNEP 2011a).

Koncentrationen av växthusgaser i atmosfären är idag ca 460 ppm CO₂e. Den ökar med ungefär 0,5 procentenhet per år. Utsläpp av vissa kortlivade luftföroreningar, dvs. föroreningar med kort uppehållstid i atmosfären, (troposfäriskt ozon och olika former av partiklar)¹ påverkar också klimatet. Troposfäriskt ozon och sotpartiklar bidrar till uppvärmning. Sulfat- och nitratpartiklar har däremot en kylande klimatpåverkan. Den totala effekten av partikelutsläppen uppskattas vara kylande. Den sammanlagda effekten av alla klimatpåverkande utsläpp, det vill säga både växthusgaser och partiklar, beräknas motsvara cirka 380 ppm CO₂e i atmosfären (Naturvårdsverket 2011). Den kylande effekten av framförallt sulfat- och nitratpartiklar maskerar alltså i relativt hög utsträckning effekten av växthusgaserna och de värmande luftföroreningarna.

Under de senaste 100 åren har den globala årsmedeltemperaturen stigit med 0,7–0,8°C. Huvuddelen av den uppvärmning som skett sedan 1950 är mycket sannolikt orsakad av ökade halter av växthusgaser i atmosfären (IPCC 2007a). Långtidstrenden är en jord i uppvärmning och ett växande hot mot global hållbar samhällsutveckling. Att vända denna utveckling är en stor politisk utmaning.

1 Det finns en större osäkerhet kring sot- och andra partiklars klimatpåverkan jämfört med kunskapen om effekterna av troposfäriskt ozon och långlivade växthusgaser.



Figur 1 Staplarna visar storleken för olika klimatpåverkande faktorer av mänsklig påverkan på strålningsbalansen (Radiative Forcing) från 1750 till 2005 (IPCC (2007)).

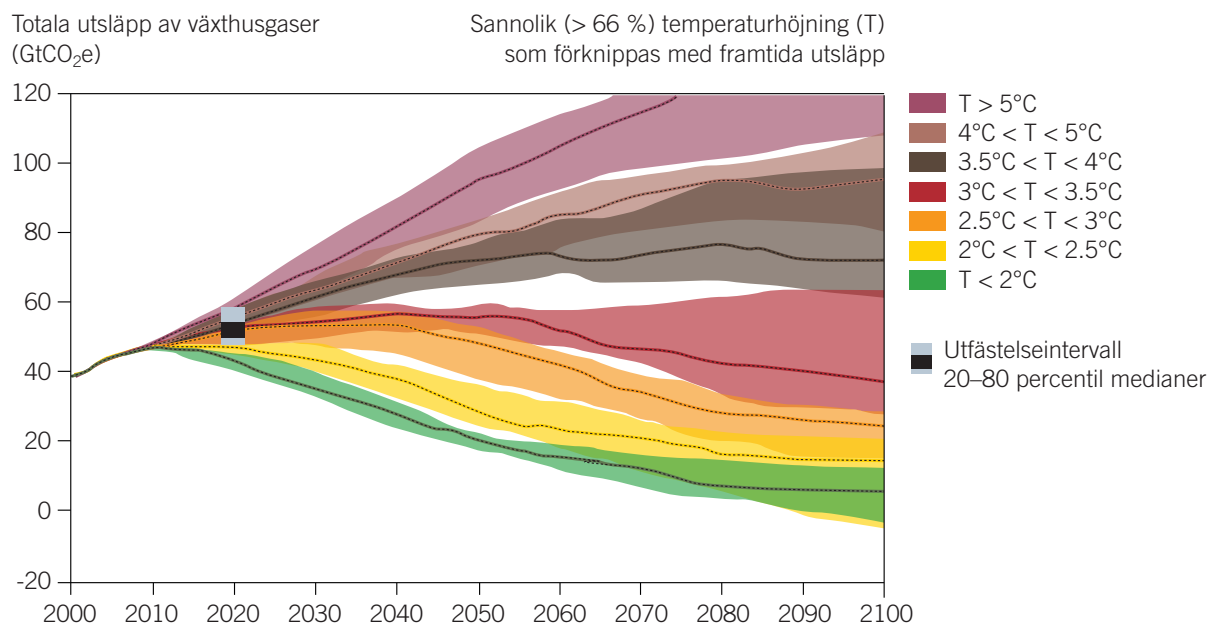
3.2 Globala utsläpp behöver vända före år 2020 och halveras till år 2050

Parterna till Klimatkonventionen beslutade 2010, vid det 16:e partsmötet i Cancun, att det gemensamma målet ska vara att begränsa ökningen av den globala medeltemperaturen till lägre än 2°C jämfört med den förindustriella nivån (hädanefter benämnt tvågradersmålet). En översyn för att eventuellt skärpa målet till högst 1,5°C temperaturökning ska ske senast till år 2015.

Tvågradersmålet har en grund i forskarnas bedömningar att effekterna av en global temperaturökning kan bli allt mer svårhanterliga och tillta i snabbare takt om den globala temperaturökningen skulle överskrida två grader. Även risken för att överskrida så kallade ”tipping points” (tröskel-effekter) ökar med tilltagande global uppvärmning. Med tröskeleffekter menar forskarna till exempel en tilltagande avsmältning av Grönlands och Antarktis inlandsisar och upptining av tundran med risk för stora utsläpp av växthusgasen metan. Det sistnämnda skulle ytterligare förstärka den globala temperaturökningen jämfört med gängse klimatscenarier.

IPCC:s kunskapsöversikter visar att redan vid temperaturökningar under två grader kan betydande effekter på samhällen och ekosystem i olika delar av världen uppkomma. Det är ett av skälen till att det ska göras en översyn av temperaturmålet under klimatkonventionen.

Ett mål att begränsa temperaturökningen till högst 1,5°C skulle kräva stora ytterligare utsläppsminskningar jämfört med tvågradersmålet och allt mer handla om framtida negativa utsläpp (Ranger m fl 2010, SMHI 2011). De utfästelser om utsläpps begränsningar som gjorts under Köpenhamnsöverenskommelsen, i Cancun och Durban bedöms inte vara tillräckliga för att sänka de globala utsläppen till en utsläppsbana som skulle vara förenlig med tvågradersmålet (UNEP 2011a).

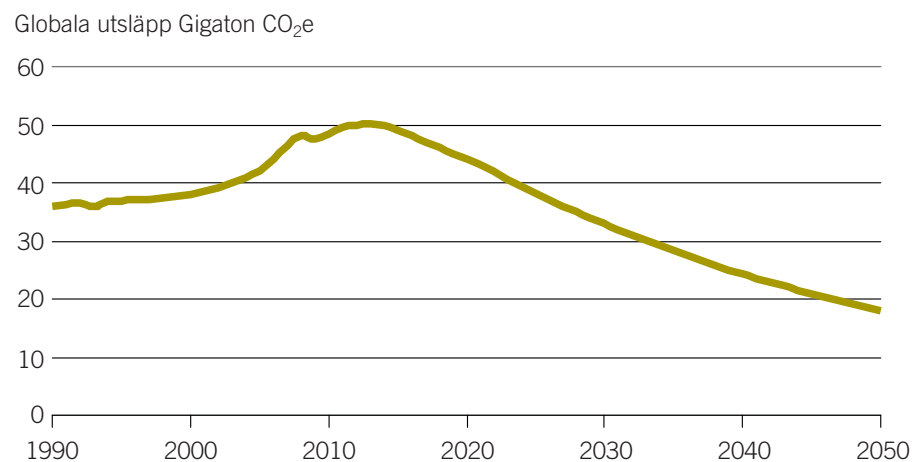


Figur 2 Färgintervallen visar sambandet mellan framtida utsläppsutvecklingar och resulterande ökning av global medeltemperatur. Rektangeln visar uppskattat utsläppsintervall och temperaturbana om utfästelserna om utsläppsbegränsningar i Köpenhamnsöverenskommelsen infrias. Det understa gröna fältet visar en utsläppsbana som sannolikt underskrider 2°C. (UNEP 2011).

Det är de kumulativa (sammanlagda) utsläppen av långlivade växthusgaser under detta århundrade som avgör storleken på den framtida temperaturökningen (Allen m fl 2009, Meinshausen m fl 2009). När i tiden utsläppen sker är av mindre betydelse, men ju senare utsläppen kulminerar desto snabbare måste utsläppen minska därefter. Hur snabbt klimatet förändras under detta århundrade beror också på hur utsläppen av kortlivade luftföroreningar med klimatpåverkan utvecklas (UNEP 2011b). Minskade utsläpp av värmande luftföroreningar som sotpartiklar och troposfäriskt ozon kan på 30 års sikt begränsa den globala uppvärmningen med 0,2–0,7 grader. Detta skulle bromsa hastigheten med vilket klimatet förändras. Men även om värmande kortlivade luftföroreningar minskar kraftigt påverkar det inte vikten av att minska utsläppen av långlivade växthusgaser även i närtid. Det är utsläpp av de växthusgaser som stannar kvar i atmosfären under lång tid som avgör om tvågradersmålet kan nås eller inte (SMHI 2011).

Det finns ett antal realistiska² utsläppsbanor till år 2020 och därefter till 2050 som sannolikt kan klara att stabilisera temperaturhöjningen till högst 2 °C (UNEP 2010, SMHI 2011).

I klimatforskningen har slutsatser om vad som krävs för att underskrida 2°C temperaturökning grundats på utsläppsbanor som med varierande grad av sannolikhet klarar målet. För att sannolikt (>66 %) klara tvågradersmålet är huvudslutsatsen att de globala utsläppen behöver kulminera före år 2020, minska till 44 Gigaton (Gton) CO₂e år 2020 och år 2050 underskrida 50 procent av 1990 års nivå. Det innebär en årlig minskningstakt på ca 3 procent från 2020 till 2050 (EG Science 2010, UNEP 2010). Under en sådan bana begränsas de kumulativa utsläppen av långlivade växthusgaser i perioden 2000–2050 till högst ca 1800 Gton CO₂e.



Figur 3 Stiliserad global utsläppsbanor som kulminerar före år 2020, minskar till 44 Gigaton koldioxidkvivalenter (CO₂e) år 2020 och har halverade utsläpp till år 2050 jämfört med 1990.

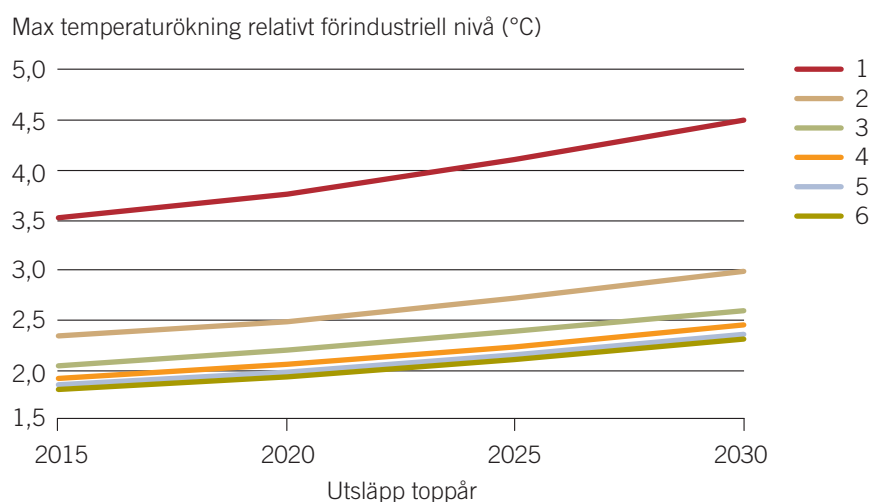
3.3 Dagens koldioxidutsläpp blir till stor del kvar i atmosfären hela detta århundrade

Det är viktigt att de globala utsläppen av långlivade växthusgaser börjar minska nu. Utsläpp av koldioxid och andra långlivade växthusgaser som sker idag finns till stor del kvar år 2050 och 2100. Om världen väntar med att börja minska utsläppen, accepterar dagens utsläppstrend så att utsläppen kulminerar först år 2020 eller ännu längre fram i tiden blir nödvändiga utsläppsreduktioner på sikt ännu större och den nödvändiga

² Utsläppsbanor utan periodvis extrema utsläppsminskningar i perioden år 2020 till 2050.

reduktionstakten betydligt högre. En sådan utveckling kan ställa krav på negativa utsläpp redan före år 2050.

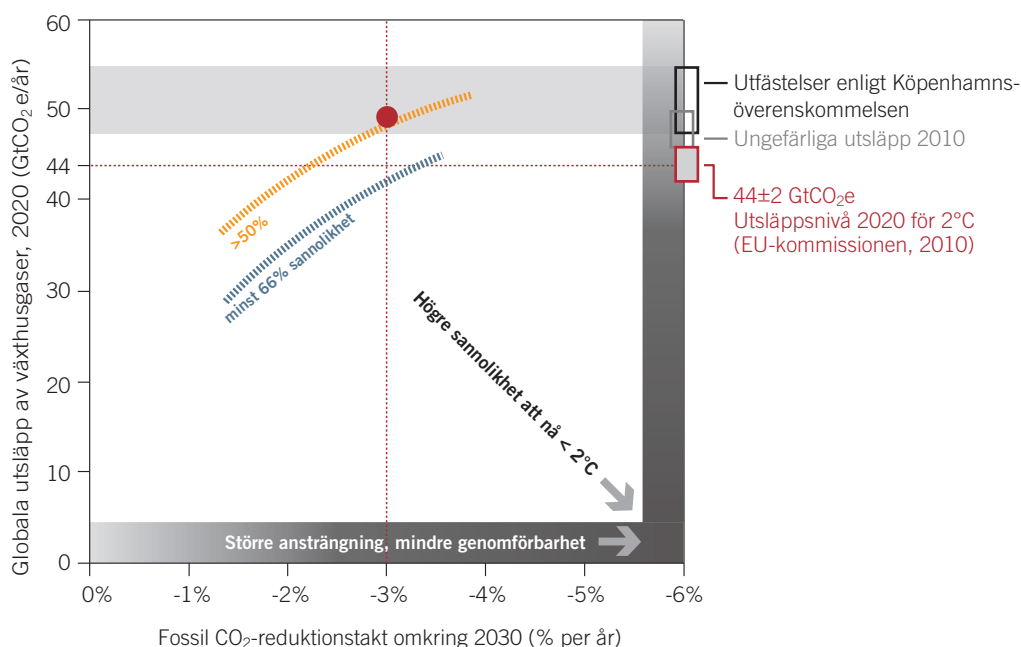
Sambandet mellan när i tiden som världssamfundet klarar att få de globala utsläppen av växthusgaser att vända ner och hur snabbt utsläppsbegränsningarna därefter måste genomföras för att stabilisera den globala ökningen av medeltemperaturen på en viss nivå illustreras i Figur 4. Figuren visar att ju senare utsläppen kulminerar desto kraftigare utsläppsreduktion måste ske därefter för att en viss temperaturökning inte ska överskridas. T.ex. visar diagrammet att om utsläppen kulminerar år 2020 måste utsläppen därefter reduceras med cirka 2 procent per år för att inte överskrida 2,5°C ökad global medeltemperatur (50 % sannolikhet). För att inte överskrida 2°C global temperaturökning måste utsläppen minska ca 4–5 procent per år.



Figur 4 Bilden visar beräknad maximal ökning av global medeltemperatur (för 50 % sannolikhet) beroende av vilket år som utsläppen når sin topp och för olika årliga reduktionshastigheter (1 % till 6 %) därefter. Baserat på det år (X-axeln) utsläppen vänder ner visar linjerna den reduktionshastighet som behöver ske för att en viss temperaturökning (y-axeln) inte ska överskridas. Diagrammet är baserat på ett antal modellerade utsläppsbanor (Gohar och Lowe 2009).

Figur 5 visar två olika sannolikhetsnivåer (linjerna >66 % resp. >50 %) för att 2°C global temperaturökning inte ska överskridas. Sannolikheten att klara tvågradersmålet beror på förhållandet mellan 2020 års globala utsläppsnivå av växthusgaser och hur snabbt utsläppen minskar efter år 2020. Många av de modellerade utsläppsbanorna som kulminerar tidigast år 2020 har låg sannolikhet att kunna klara en stabilisering av temperaturökningen under två grader (EG Science 2010).

Relationen mellan utsläpp 2020 och utsläppsreduktioner efter 2020



Figur 5 Diagrammet visar relationen mellan global utsläppsnivå år 2020 på vertikal axel, efterföljande utsläppsreduktionstakt post-2020 på horisontell axel och relaterad sannolikhet att klara tvågradersmålet. Gul linje visar brytpunkter med minst 50 procent sannolikhet att stabilisera temperaturen på högst 2°C och blå linje visar utsläpp och reduktionstakt som medför minst 66 procent sannolikhet. ● representerar ett exempel där de globala utsläppen år 2020 (vertikal axel) är på dagens nivå (ca 49 Gton CO₂e/år) och utsläppsreduktionen (horisontell axel) därefter är 3 procent per år så är sannolikheten att klara tvågradersmålet ca 50 procent. (EG Science 2010).

En fördröjning av utsläppsminskningarna minskar möjligheterna och ökar kostnaderna för att sänka utsläppen till nivåer som gör det möjligt att stabilisera temperaturhöjningen på högst 2°C (den Elzen m fl 2010). Förnysetakten för världens energisystem och andra samhällssystem (t.ex. byggnader, transportsystem) och vissa industrianläggningar bedöms vara alltför långsam för att klara den snabba omställning som då blir nödvändig. Ett ”tidigt” agerande skapar däremot bättre förutsättningar för en mer gradvis ersättning av gammal fossilbaserad och ineffektiv teknik, och skapar stimulans för utveckling och spridning av ny teknik.

Det är långtifrån bara en teknisk fråga utan minst lika mycket en ekonomisk, social och politisk fråga om det ska gå att genomföra så snabba

omställningar som klimatproblemet ställer krav på. Snabbare och större utsläppsreduktioner är teoretiskt tänkbara om vi antar att befintliga tekniker och energianläggningar skrotas i förtid. Energi-ekonomisk modellering³ indikerar dock att ett agerande som leder till att det blir nödvändigt med högre globala årliga minskningar av koldioxidutsläppen med mer än 3 procentenheter leder till kraftigt ökade omställningskostnader.

Inte heller det faktum att det råder osäkerhet om klimatets känslighet för ökad växthushalt i atmosfären motiverar återhållsamhet med tidiga utsläppsreduktioner. Om klimatforskningen i framtiden skulle visa att klimatet är känsligare mot ökning av halten växthusgaser än vad som idag antas mest troligt (cirka 3°C temperaturökning av en fördubbling av CO₂e halten) behöver utsläppen begränsas ännu mer och ännu snabbare. Skjuts utsläppsbegränsningarna fram i tiden kan möjligheterna att nå tillräckligt låga stabiliseringsnivåer för halten växthusgaser i atmosfären vara obefintliga. Kostnadsökningen för att klara tvågradersmålet om klimatkänsligheten⁴ visar sig vara högre än 3°C kommer att bli signifikant högre än kostnadsminskningen om klimatkänsligheten skulle visa sig vara mindre än 3°C (Ekholm, Lindroos 2011). En optimal garderings- ("hedging") strategi tar hänsyn till klimatkänslighetens osäkerhet. Den undviker överdrivna framtida åtgärds- och skadekostnader och planerar för möjligheten att begränsa temperaturen till en lägre nivå och riktar in sig på att minska utsläppen tidigt och kraftfullt för att uppnå en lägre riskexponering (Syri m fl 2008).

3.4 Utsläpp och upptag av koldioxid från markanvändning och skogsbruk i globala stabiliseringsbanor

En betydande del av de antropogena utsläppen av växthusgaser härstammar från olika former av förändrad markanvändning (så kallad "Land Use Change", LUC). I begreppet LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry) ingår också påverkan från pågående markanvändning och skogsbruk. Nettoavskogning tillsammans med svedjebränning på torvmarker (LUC) uppskattas ha stått för utsläpp motsvarande cirka 8 miljarder ton koldioxid per år under 1990-talet (Houghton 2003). Avskogningen i

3 Energy Modelling Forum 22, <http://emf.stanford.edu/research/emf22/>.

4 Klimatkänsligheten är den långsiktiga globala medeltemperaturökningen som uppstår av en fördubbling av atmosfärens koldioxidhalt. Effekter av återkopplingar av ökad temperatur, t.ex. ökad halt vattenånga i atmosfären ingår. För fördjupning se; SMHI (2011), Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet, Klimatologi Nr 4, 2011 och IPCC AR4 (2007), The physical science basis (sid 65-66, 798-799).

tropikerna bedöms ha minskat till ca. 4–5 miljarder ton per år i perioden 2000–2008 (Le Quéré m fl 2009, Friedlingstein m fl 2010, Pan m fl 2011).

I de utsläppssiffror som redovisas i IPCC AR4 (IPCC 2007b) ingår inte upptag av koldioxid i växande skog (Forestry). Upptaget av koldioxid i växande skog och i haven är de sänkor i kolcykeln som återbördar koldioxidutsläpp till jorden. De förutsätts i stabiliseringsscenarierna även fortsättningsvis ta upp koldioxid i samma omfattning som idag. Det genomsnittliga årliga upptaget i växande skog sedan 1990 har beräknats till knappt 10 miljarder ton koldioxid och havens upptag till i stort samma storleksordning (Le Quéré m fl 2009, Pan m fl 2011).

Antagandena om utsläpp och upptag relaterade till markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF) varierar i de utsläppsbanestudier som ingår i forskningssynteser från UNEP (2010) och EU EG Science (2010). I vissa studier används relativt detaljerade modeller med prognostiserade referensbanor för avskogning (LUC) medan LULUCF inte alls ingår i analysen i andra studier. De studier som exkluderar LULUCF gör implicit antagandet att nettoupptaget i LULUCF ligger på samma nivå till år 2050 som den genomsnittliga årliga nettoupptaget från 1990 till idag.

I UNEP (2010) nämns att en medveten politik för att öka upptaget av kol i skog- och mark från atmosfären påverkar stabiliseringskurvornas utseende så att utsläppsutrymmet från andra sektorer kan öka.

De utfästelserna som hittills gjorts i Köpenhamn, Cancun och Durban uppskattas till år 2020 resultera i ett gap på 6–11 miljarder ton CO₂e jämfört med en utsläppsbana som sannolikt begränsar den framtida höjningen av den globala medeltemperaturen till högst 2°C (44±2 Gton år 2020). Om det nettoupptag av koldioxid i skog och mark som sker utan att särskilda åtgärder för att öka sänkan används av Annex 1 länder⁵ för att klara sina utfästelser så riskerar gapet till att nå en tvågraders stabiliseringsbana att öka. Ett räkneexempel där Annex 1 länderna utnyttjar hela kolsänkan upp till ett tak på 4,2 procent av de egna utsläppen år 1990 (exkl. LULUCF) skulle kunna medföra att gapet till tvågradersbanan ökar

5 Annex 1 länder är länder som förbundit sig att minska sina växthusgasutsläpp i enlighet med artikel 4.2 (a, b) i Klimatkonventionen och har mål för utsläppsminskningar under Kyotoprotokollets första period. Dvs. EU, de 24 ursprungliga OECD länderna, t.ex. USA, Australien, Japan, Kanada och 14 länder under övergång till marknadsekonomi. Icke- Annex 1 länder är övriga länder t.ex. tillväxtekonomier som Kina, Indien, Sydkorea, Sydafrika och Brasilien och alla utvecklingsländer.

med 0,8 Gton år 2020⁶. Ökat upptag av koldioxid från markanvändning och i växande skog som resultat av politiska beslut för att bidra till ökad sänka skulle däremot öka möjligheten att klara tvågradersmålet.

3.5 Industrieländerna behöver minska sina utsläpp kraftigt

Mycket av diskussionerna i de globala förhandlingarna handlar om fördelningsfrågor mellan rika och fattiga länder. En grundläggande princip i klimatkonventionen är att parterna har ett gemensamt men differentierat ansvar att bidra till att begränsa klimatförändringarna. Klimatkonventionen 1992 gör en uppdelning av världens länder i utvecklade länder och utvecklingsländer samt mellan Annex 1 länder (som gjort utsläppsåtagande) och icke Annex 1 länder. På senare tid har det blivit alltmer uppenbart att den tidigare uppdelningen med Annex 1 länder som synonymt med utvecklade länder och icke Annex 1 länder synonymt med utvecklingsländer inte speglar dagens verklighet. T.ex. så är flera av icke Annex 1 länderna medlemmar i OECD och har högre BNP per capita än en del Annex 1 länder.

Det finns många olika teoretiska modeller för att fördela ansvaret för nödvändiga utsläpps begränsningar. En faktor som finns med i många fördelningsmodeller är utsläpp per capita och principen att utsläppen på sikt ska utjämnas och konvergera mot lika per capita utsläpp oavsett land. En modellanalys vid Chalmers Tekniska Högskola med en utjämnings- och konvergeringsansats mot två ton per capita till år 2050 resulterade i en beräknad utsläppsreduktion på 80 procent för EU som helhet och drygt 70 procent för Sverige jämfört med 1990 (SMHI 2011). Det finns dock andra modeller som tillämpar en rad andra fördelningsprinciper som bygger på andra faktorer t.ex. utsläpp per BNP, ekonomisk välståndsnivå, betalningsförmåga, historiskt utsläppsansvar, etc. (se Tabell 1).

När EU:s klimat- och energistrategi till år 2020 beslutades år 2009 var det inte konvergens av per capita utsläppen som var basen för fördelningen av medlemsstaternas utsläppsansvar utan istället BNP per capita. Länderna med högt ekonomiskt välstånd fick ansvar för att minska utsläppen medan fattigare EU-länder fick utrymme att öka utsläppen, oavsett utsläppsnivå per capita. Resultatet av denna fördelningsprincip resul-

6 Detta exempel är räknat som ett "worst case" för användning av LULUCF krediter i utfästelserna efter Köpenhamnsöverenskommelsen och är en kreditmängd som ligger betydligt över de bokföringsalternativ som varit aktuella att parterna under klimatkonventionen skulle kunna anta i ett klimatavtal.

terar ändå som helhet till en ökad konvergens av EU-ländernas per capita utsläpp år 2020.

Tabell 1 Olika typer av klimatpolitiska fördelningsmodeller. Hämtad från vetenskapliga rådets rapport om underlag för klimatpolitiken (SOU 2007, bilaga 3.1).

Modell	Beskrivning
Common but differentiated convergence	Endast nationer vars utsläpp per capita överstiger/når en viss tröskelnivå behöver reducera utsläpp. De ska inom en viss tid därefter (t.ex. 40 år) reducera utsläpp per capita ner till en jämlik nivå. Tröskelnivån sänks med tiden.
Contraction & convergence	Samtliga nationer ska ha samma utsläpp per capita från en viss tidpunkt (t.ex. 2050). En nations behov av utsläppsreduktion fram till tidpunkt för konvergens beror på relation till aktuellt världsgenomsnitt för utsläpp per capita. Totalt utsläppsutrymme minskar över tiden.
Fish-trap	Samtliga Annex I länder, och de icke Annex I länder vars BNP per capita överstiger/når en viss tröskelnivå behöver reducera utsläpp. Förväntade utsläpp från nationer som inte behöver reducera utsläpp dras av från det globala taket. Utsläppsutrymme för de nationer som ska reducera utsläpp fördelas i förhållande till deras andel av global BNP. Utsläppsutrymme (utsläpp per BNP) justeras därefter uppåt eller nedåt beroende på om nationens BNP per capita är lägre eller högre än världsgenomsnittet. För Annex I-länder finns gränser för högsta och lägsta reduktionskrav relativt 2002 års nivå vid olika tidpunkter.
Historiskt ansvar	Utsläppsutrymme för samtliga nationer inom en viss period bestäms av deras historiska bidrag till växthuseffekten. Olika indikatorer kan väljas.
Intensitetsmål	Alla nationer ska minska sina utsläpp per BNP-enhet med samma procentsats.
Multistage	Nationer deltar i fyra differentierade steg med utgångspunkt i utvecklingsnivå (BNP per capita) och utsläppsnivå (utsläpp per capita). Tröskelnivåer mellan steg baserade på utsläpp per capita. (1) Minst utvecklade nationer har inga åtaganden, (2) åtagande om åtgärder för hållbar utveckling, (3) icke-bindande åtaganden om absolut utsläppsbegränsning, (4) bindande åtaganden om absolut utsläppsminskning ner till en låg utsläppsnivå per capita. Tröskelnivå för steg 4 sänks (linjärt) med tiden. Nationer i steg 4 har samma procentuella reduktionskrav, dock justerat med hänsyn till utsläpp per capita.
Triptych	Fördelning av utsläppsutrymme inom en grupp nationer bestäms sektorsvis "bottom-up", med hänsyn till olikheter i nationella förutsättningar av relevans för utsläpp och reduktionspotential (t.ex. struktur i nationellt energisystem). Ett antal randvillkor sätts upp för utsläppsutveckling inom olika sektorer, t.ex. konvergens i utsläpp per capita i hushållssektorn och konvergens i energieffektivitet i industrin.

Olika fördelningsprinciper ger olika spridning av kostnaderna för utsläppsminskning mellan länder. Skillnaderna i synsätt om vilka fördelningsprinciper som ska tillämpas är störst mellan rikare och fattigare länder. Många utvecklade länder från Annex 1 gruppen förordar en fördelning av åtaganden som är baserad på framtida kostnadskonsekvenser, t.ex. lika påverkan på BNP för länder på samma utvecklingsnivå. Men med tanke på de tidigt industrialiserade ländernas stora andel för historiska utsläpp sedan 1850 menar många av länderna som icke tillhör Annex 1 gruppen att det är motiverat att länder som räknas till Annex 1 gruppen tar en större del av betalningsansvaret. Dessutom är Annex 1 ländernas genomsnittliga utsläpp idag drygt 12 ton CO₂e per capita och år medan icke Annex 1 länderna står på drygt 4 ton i genomsnitt. Men totalt står icke Annex 1 länderna för drygt hälften av dagens utsläpp och andelen ökar för varje år. Det är Kinas tillväxt som är den främsta orsaken till denna utveckling. Detta innebär att även om Annex-1 länderna har det största ansvaret att minska utsläppen så kommer två graders temperaturökning inte att kunna underskridas om inte även de stora tillväxtekonomierna och allra främst Kina begränsar sina utsläpp.

Det blir en relativt liten skillnad i utsläppsreduktionsansvar för enskilda Annex 1 länder, enligt de flesta fördelningsmodeller, förutom för USA. Men, skillnaden i reduktionsansvar mellan olika Annex 1 länder kan bli stor. Vetenskapliga rådet (SOU 2007) lät analysera utfallet av ett antal fördelningsmodeller. EU:s andel av reduktionsansvaret till år 2050 hamnade i intervallet 75–90 procent jämfört med 1990 års utsläpp och Sveriges reduktionsansvar blev 70–85 procent jämfört med 1990 års nivå beroende på fördelningsmetod. Skillnaden mellan EU:s intervall och Sveriges beror på att Sverige hade lägre växthusgasutsläpp per capita år 1990 jämfört med genomsnittet i EU.

I de internationella förhandlingarna har Sydafrika framfört förslag på fördelningsprinciper som har sin grund i fattiga länders rätt till hållbar utveckling ”Greenhouse Development Right” (GDR), samt ”Responsibility Capacity Index” (RCI) dvs, rika länders ansvar för de samlade historiska utsläppen och ekonomiska kapacitet att ta ansvar för nödvändiga utsläppsreduktioner (Winkler 2009). Ansatserna GDR och RCI motiveras utifrån klimatkonventionens princip om ”common but differentiated responsibility” för att begränsa klimatpåverkan till icke farlig nivå (Baer m fl 2008). De RCI index som presenterats anger ett ekonomiskt utsläppsreduktionsansvar över 100 procent till år 2050 för rika länder jämfört med 1990 (Winkler m fl 2011).

EU har i de internationella klimatförhandlingarna haft inriktningen att utvecklade länder ska göra ett kollektivt åtagande att minska sina utsläpp med 80–95 procent till år 2050 jämfört med år 1990. Intervallet är hämtat från IPCC:s fjärde utvärderingsrapport⁷. Om tillväxtekonomierna (bland icke Annex 1 länderna) samtidigt tar på sig att på egen bekostnad begränsa sina utsläpp med 15–30 procent till 2020 jämfört med en s.k. ”business-as-usual” (BAU) bana, och till 2050 minskar utsläppen till 1990 års nivå skulle de globala utsläppen kunna minska i linje med en tvågradersbana. Utöver tillväxtekonomiernas egenfinansierade åtgärder förutsätts de utvecklade länderna bidra med finansiering av ytterligare åtgärder i dessa länder.

⁷ I Box 13.7 AR4 WG3 redovisas resultat från då tillgängliga modellanalyser där ansvaret för att halvera utsläppen till 2050 jämfört med 1990 fördelats mellan Annex 1 och non Annex 1 länder utifrån de modeller och fördelningsprinciper som redovisas i Tabell 1.

4 Mål och färdplaner till 2050

Vid FN:s klimatkonferens i Cancun år 2010 åtog sig alla utvecklade länder (Annex 1 länder) att ta fram nationella långsiktiga strategier för att åstadkomma låga växthusgasutsläpp. Europeiska kommissionen presenterade i mars 2011 ett meddelande om en färdplan för EU för en konkurrenskraftig och utsläppssnål ekonomi till 2050. Färdplanen beskriver utsläppsbanan att minska unionens växthusgasutsläpp med 80 procent till 2050. Det finns även exempel på enskilda länder som beslutat om långsiktiga klimatmål och börjat formulera strategier för hur dessa mål ska nås.

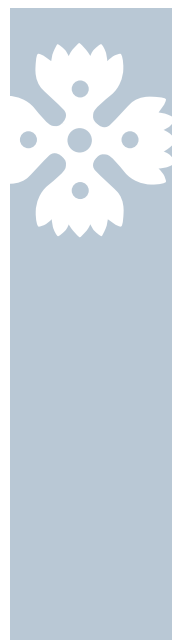
4.1 Kommissionen har tagit fram en färdplan för en utveckling till en utsläppssnål ekonomi 2050

Europeiska rådet stödde 2009⁸ ett EU-mål att minska utsläppen med 80–95 procent till 2050 jämfört med 1990 års nivåer, inom ramen för de minskningar som enligt IPCC är nödvändiga från de utvecklade länderna som grupp⁹. Detta ställningstagande har konfirmerats av senare råds-möten.

En halvering av de globala utsläppen jämfört med 1990 betyder att utsläppen per capita 2050 i genomsnitt högst får uppgå till ca två ton CO₂e (vid en befolkning om 9 miljarder). Det betyder att de genomsnittliga utsläppen behöver minska i alla regioner i världen jämfört med dagens nivåer¹⁰. Det är inte rimligt att anta att det vid denna tid kommer att finnas länder med utsläpp betydligt under två ton CO₂e per capita och av det följer att det inte heller finns något större utrymme för länder med utsläpp betydligt över två ton per capita.

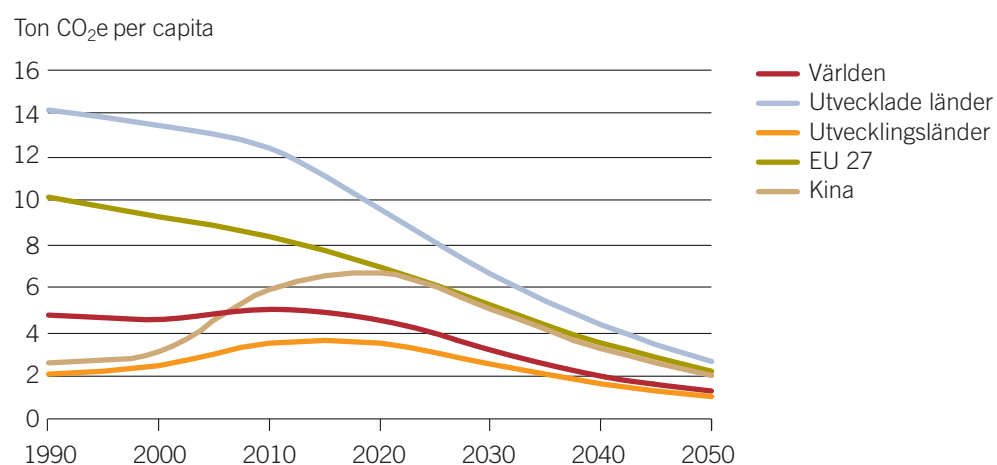
Kommissionen har låtit genomföra modellanalyser med ett antal scenarier, både globala och för EU, för att få ett underlag för hur EU:s

-
- 8 Europeiska rådet, 29/30 Oktober 2009. EU har tidigare beslutat om klimat och energimål till 2020 de sk. 20/20/20 – målen, mål för utvecklingen mellan 2020–2050 saknas än så länge men efterfrågas alltmer, jämför Energy roadmap 2050
 - 9 Kommissionen utreder för närvarande hur skogs- och markanvändningssektorn ska inkluderas i EU:s klimatmål till 2020. Detta arbete kan eventuellt också ha en påverkan på utformningen av klimatmålet till 2050.
 - 10 De genomsnittliga per capita utsläppen i utvecklade länder uppgick 2010 till drygt 12 ton CO₂e/person, motsvarande utsläpp från Kina beräknas till ca 6 ton CO₂e/capita medan utsläppen från utvecklingsländer beräknas till knappt 4 ton CO₂e/capita vid samma tid.



inhemska utsläpp skulle behöva minska fram till 2050¹¹. För analysen har s.k. energiekonomiska optimerings- och simuleringsmodeller använts¹². De globala modelleringarna gav till resultat att EU:s inhemska utsläpp behöver reduceras med omkring 80 procent till 2050 för att på ett kostnadsminimerande sätt bidra till en global utsläppsminskning med 50 procent vid denna tid. Även andra modelleringar kommer till liknande resultat (Europeiska kommissionen 2011a). Utsläppen per capita i olika regioner i världen konvergerar mot 2 ton CO₂e/capita vid en halvering av de totala utsläppen (figur 6)

Modelleringarna förutsätter att det successivt utvecklas en global växthusgasmarknad med ett utsläppsrättspris, efterhand utjämnas skillnader i åtgärds kostnader mellan regionerna i modellen och ungefär samma typer av åtgärder behöver genomföras i alla länder. Den modellerade växthusgasmarknaden är alltså av större betydelse inledningsvis och avtar mot år 2050.



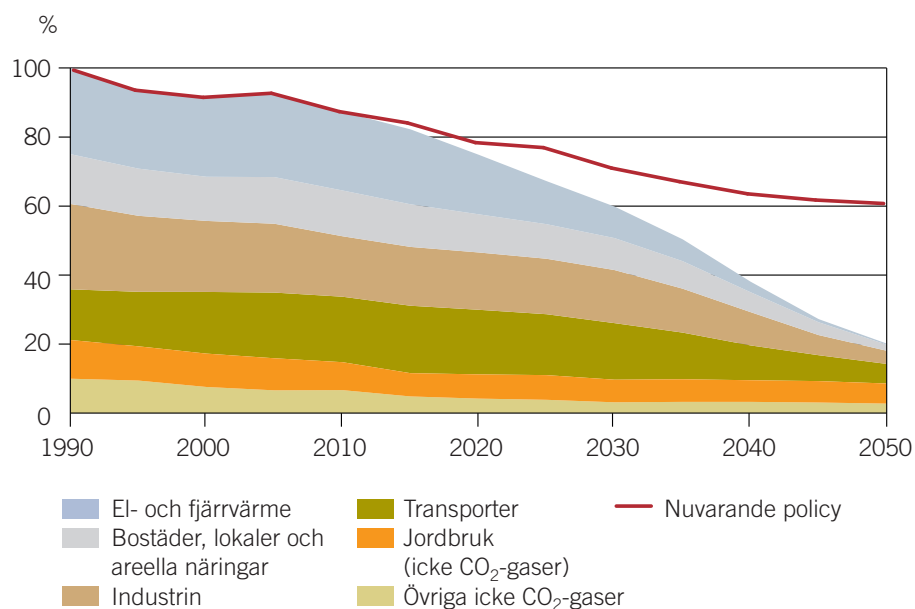
Figur 6 Diagrammet visar CO₂e per capita utsläpp för olika regioner som resultat av kommissionens globala modellering för att halvera de globala utsläppen till 2050. Modelleringen leder till konvergerande utsläpp 2050 (Europeiska kommissionen 2011a).

Kommissionens modellering av utsläppsutvecklingen inom EU visade att en minskning med 80 procent till 2050 är genomförbar med idag tillgäng-

11 A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 (COM(2011) 112 final, Commission staff working document Impact assessment.

12 För den globala modelleringen har POLES och GLOBIOM modellerna använts och för modelleringen av utvecklingen inom EU har PRIMES och GAINS modellerna använts.

lig teknik och känd teknik under utveckling samt de beteendeförändringar som följer av de modellerade prisökningarna.



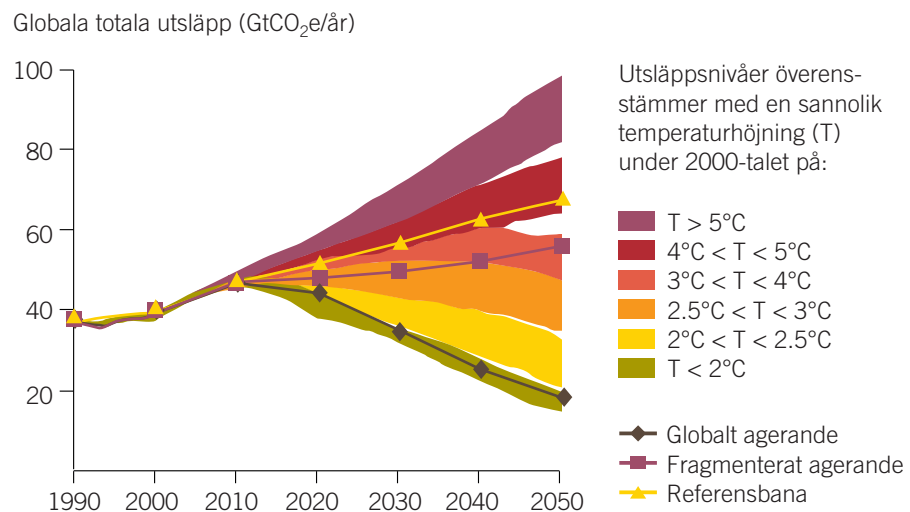
Figur 7 Diagrammet visar resultatet av kommissionens modellering för hur olika sektorer kan bidra till en kostnadseffektiv europeisk ekonomi med låga växthusgasutsläpp till 2050. Kvarstående utsläpp är främst i jordbruk-, transport- och industri-sektorerna. (Europeiska kommissionen 2011a)

Utsläppsbanan kan betraktas som kostnadseffektiv, i betydelsen att det uppsatta EU-målet nås till lägsta kostnad, med den ansats som valts. Modelleringen ger till resultat att nivån på styrningen/(skugg)priset på utsläpp av växthusgaser¹³ hamnar på samma nivå i alla sektorer och länder. Kostnaden för (i modellen tillgängliga) åtgärder för att nå det uppsatta målet minimeras därmed. Det resulterar i att minskningstakten blir olika stor i olika sektorer. Fördelningen av utsläppsminskningar mellan sektorer inom EU:s system för handel med utsläppsrätter respektive utanför faller också ut som kostnadseffektiv utifrån modelleringens principer. Men med tanke på de stora osäkerheter som modelleringen är förknippad med är det samtidigt inte lämpligt att alltför strikt använda den som

13 I modelleringen ger utsläppsrättspriser/koldioxidskatter starka incitament för utvecklingen men även andra styrmedel förutsätts finnas på plats. Bland annat antas klimatpolitiken möjliggöra en effektiv introduktion av ny teknik genom att ”provide a sufficiently enabling context which overcomes barriers to the commercial deployment of low carbon technologies, such as energy efficiency and renewables, carbon capture and storage (CCS), nuclear and electrification of transport.” Avsnitt 4.3 IA roadmap low carbon.

underlag för allokering av utsläppsminskningar mellan sektorer eller för att redan nu precisera målnivåer för EU längs hela utsläppsbanan¹⁴. Det finns även modellresultat per medlemsland. Dessa resultat är dock inte tillgängliga.

Banan redovisar mittvärdet av resultaten från en rad olika modelleringar (sk. känslighetsalternativ) där framför allt nivån på teknikutvecklingstakten och på fossilbränslepriserna varierats vid två alternativa omvärldsutvecklingar. Ett vid globalt agerande i linje med tvågradersmålet och ett ”worst case” scenario, kallat ”fragmenterat agerande” där endast EU går vidare och sänker sina utsläpp i samma takt och utsträckning som i scenariot för globalt agerande. Övriga länder antas i det senare scenariot utgå från sina respektive utfästelser från Köpenhamn, Cancun och Durban och skärper inte klimatpolitiken därefter. I detta scenario skulle inte tvågradersmålet och därmed inte heller villkoren för EU:s utsläppsmål uppfyllas till 2050 (se figur 8).



Figur 8 Diagrammet visar de globala medeltemperaturbanor som beräknas inträffa av kommissionens tre scenariomodelleringar Referensbana (BAU), Fragmenterat agerande (EU minskar sina utsläpp med 80 %) och Globalt agerande (världen minskar utsläppen för att klara tvågradersmålet). (Europeiska kommissionen 2011a)

14 Modellresultatet i PRIMES beror av skattningar av kostnader för olika framtida tekniker (inkl. sk. lärlkurvor) och av modellerade framtida prisrelationer mellan olika energislag. Människors och företags beteenden som följd av pris- och utbudsförändringar följer däremot endast historiska samband. Utvecklingen inom jordbrukssektorn modelleras enbart utifrån en åtgärdkostnadskurva i den sk. GAINS modellen. I modelleringen ingår inte förändrade kostval som följd av prisförändringar eller andra styrmedel.

Scenariot med ett fragmenterat agerande beräknas medföra vissa extra-kostnader¹⁵ för EU jämfört med övriga världen, framförallt i perioden 2030–2050 då omfattande investeringar, bland annat i teknik för koldioxidavskiljning och lagring (CCS), förutsätts ske enligt modelleringen. Men även detta, pessimistiska scenario, resulterar i intäkter när det inom EU genomförs investeringar i teknik som minskar beroendet av import av fossila bränslen.

4.2 Medlemsländer formulerar egna klimatmål och utsläppsbanor till 2050

Omkring en tredjedel av EU:s medlemsländer hade under våren 2011 påbörjat ett arbete med att ta fram färdplaner och utsläppsmål till 2050. Färdplanerna har olika status och bakgrund men utsläppsmålen till 2050 är ändå relativt likartade.

Arbetet med färdplaner till 2050 inleddes av Storbritannien 2007, där efter har även Frankrike (2007, 2009, 2010), Finland (2009), Danmark (2010, 2011) och Tyskland (2010, 2011) tagit fram förslag till mål till 2050. Även Portugal och Nederländerna har inlett ett arbete med att ta fram färdplaner under 2011. Utanför EU finns ytterligare exempel på länder som formulerat ambitiösa mål på längre sikt. Norge har till exempel antagit mål om att uppnå nettonollutsläpp till 2030¹⁶. Målet omfattar åtgärder såväl inom som utanför det egna landet.

De EU-länder som antagit mål till 2050 utgår i huvudsak från principen att de globala per capita utsläppen ska närma sig varandra till 2050 och att en stor del av denna minskning behöver ske på hemmaplan.

Länderna ser alltså ut att i huvudsak ta sikte på att reducera de inhemska utsläppen till ungefär två ton CO₂e per capita. De gör inte några utfästelser om eventuella ytterligare åtaganden om globala utsläppsminskningar. Utsläppsminskningar inom intervallet 80–95 procent eller mer än 80 procent anges av Finland och Tyskland som inte kommer ned till två ton/capita vid en minskning av de inhemska utsläppen med 80 procent. Utsläpp och upptag från skogs- och markanvändningssektorn saknas i ländernas mål och färdplaner¹⁷.

15 I genomsnitt 95 miljarder euros per år jämfört med energisystemkostnaderna i referensbanan. Störst kostnader efter 2030.

16 UNFCCC, AWG-KP 13, Compilation of pledges for emission reductions and related assumptions provided by Parties to date and the associated emission reductions. 21 July 2010, FCCC/KP/AWG/2010/INF.2.

17 En förklaring kan vara att det finns stora osäkerheter i hur utsläpp och upptag från denna sektor kan utvecklas och bokföras.



5 Inga nettoutsläpp av växthusgaser i Sverige

Miljö kvalitetsmålet Begränsad klimatpåverkan skärptes 2009 (Regeringens proposition 2009) och det tidigare långsiktiga etappmålet för Sverige till 2050 (Regeringens proposition 2002) ersattes med en vision om nettonollutsläpp. Visionen 2050 säger att ”Sverige vid denna tid har en hållbar och resurseffektiv energiförsörjning och inga nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären”. Regeringen pekade i klimatpropositionen ut några långsiktiga prioriteringar som skulle kunna möjliggöra att visionen kan förverkligas:

”År 2020 ska användningen av fossila bränslen för uppvärmning (i bebyggelsen) vara avvecklad. Energieffektiviteten i transportsystemet ska stegvis öka och fossilberoendet ska brytas. År 2030 bör Sverige ha en fordonsflotta som är oberoende av fossila bränslen bl.a. genom en övergång till hållbara förnybara biodrivmedel och genom en kraftfull utveckling av eldrift i fordonsflottan.

Handlingsplaner för en fossiloberoende fordonsflotta, för ökad energieffektivisering och för främjande av förnybar energi främjar tillsammans inriktningen att Sveriges nettoutsläpp av växthusgaser år 2050 är noll.

Bättre gödselhantering och ökad biogasproduktion inom jordbruket bör även kunna ge betydelsefulla bidrag.

Utsläppen från basindustrin inom systemet för handel med utsläppsätter förväntas på sikt kunna minska genom CCS teknik. Utsläppen från energitillförsel ska minska via investeringar i förnybar energi och genom att kärnkraft kommer att vara en viktig del av svensk elproduktion under överskådlig tid.

Att främja kolsänkor och hindra avskogning är nödvändigt.”

Visionen skulle kunna tolkas som att den betyder att utsläppen från energiproduktion och energianvändning inklusive transporter förutsätts ligga nära noll, möjligen med undantag av utsläpp från (utrikes) flyg och sjöfart som inte alls omnämns. Utsläpp återstår inom jordbrukssektorn. Små utsläpp kan även finnas kvar inom industrin. Åtgärder som effektiviserar energianvändningen ges inte särskilt stor tyngd i genomgången av hur visionen skulle kunna uppfyllas, ej heller åtgärder inom elnät och annan energiinfrastruktur. Texten skulle kunna tolkas som att de kvarvarande utsläppen inom landet förutsätts uppvägas av att Sverige genom ytterligare politiska beslut och extra åtgärder förstärker kolförrådet eller enbart

fortsätter säkerställa kolförrådet i linje med redan fattade beslut. Inköp av internationella krediter från projekt där utsläppen minskar utanför Sveriges gränser nämns inte i visionen.

Regeringens beskrivning av förutsättningar för att nå nettonollutsläpp bygger alltså på en mer översiktlig genomgång av några centrala åtgärder som bedöms som möjliga att genomföra för att uppnå visionen. Denna vision behöver vidareutvecklas.

5.1 Flera olika sätt att nå nettonollutsläpp

I det nu aktuella regeringsuppdraget efterfrågas en mer utvecklad analys av hur visionen om inga nettoutsläpp skulle kunna åstadkommas. Analysen ska utgå från *”de senaste vetenskapliga bedömningarna av hur de långsiktiga globala målen för minskade utsläpp ska kunna nås”*. I kap 3 redogörs för hur dessa bedömningar ser ut i nuläget.

Underlaget till färdplan ska vidare utgå från visionen att Sverige inte har några nettoutsläpp av växthusgaser år 2050 utifrån antagandena att Sverige *”antingen genomför hela utsläppsminskningen inom landet eller fullt ut utnyttjar internationella marknader för koldioxidhandel för att nå målet”*. Visionen ska åstadkommas på ett kostnadseffektivt sätt via sektorövergripande insatser och insatser inom olika samhällssektorer. Markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF) *”ska beaktas med utgångspunkt från klimatkonventionens regelverk för rapportering och konsekvenser av olika bokföringsalternativ”*.

Sammantaget ställer uppdraget krav på en rad analyser av olika alternativa sätt att uppnå nettonollvisionen till 2050. Det finns enligt uppdraget två huvudalternativ för att nå nettonollvisionen 1) utan utnyttjande av en internationell växthusgasmarknad och 2) med utnyttjande av en internationell växthusgasmarknad. Under de två huvudalternativen finns det två underalternativ, i vilka sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (”skogs- och markanvändningssektorn”) antingen ger bidrag till utsläppsminskningar eller så gör den inte det.

För att få underlag till analysen av de olika nettonollalternativen kommer vi inom uppdraget att studera förutsättningarna, inklusive aktuella kostnadsbedömningar, för att komma nära nollutsläpp i alla samhällssektorer. Vi kommer även att studera förutsättningarna för en framväxande växthusgasmarknad och diskutera vad krediter på en sådan marknad kan komma att kosta i en framtid till 2050 vid olika omvärldsutvecklingar. Vi kommer vidare att analysera olika scenarier för hur kolsänkan kan fortsätta att utvecklas under detta århundrade och redovisa och resonera kring konsekvenser av olika bokföringsalternativ.

5.1.1 Nettonollvision i landet – utan internationell växthusgasmarknad

NETTONOLLVISION I LANDET – UTAN BIDRAG FRÅN KOLSÄNKAN

Alternativet där nettonollvisionen nås utan att bidrag från kolsänkan förutsätter att nuvarande sänka fortsätter att bevaras på ett hållbart sätt inom ramen för dagens politik.

Nettonollutsläpp behöver alltså i detta analysfall nås i resterande sektorer inom landet¹⁸. I kapitel 6 redogörs översiktligt för hur förutsättningarna bedöms se ut för att nå utsläpp närmare noll i olika sektorer baserat på resultat från några olika scenarier. Det bedöms som särskilt svårt att minska utsläppen från livsmedelsproduktion till nära nollnivåer men det kan även, utifrån den kunskap vi har idag, vara svårt att nå noll i utsläppsnivå även i andra sektorer, t.ex. inom alla branscher i industrin och för vissa transportslag i transportsektorn. För att det ska vara möjligt att nå ett nettonollutsläpp i Sverige (exklusive kolsänkan) behöver några sektorer/verksamheter därför till och med kunna bidra med negativa utsläpp. Det skulle i princip kunna vara möjligt genom att koldioxidavskiljning och lagring (CCS) utvecklas och kan tillämpas på anläggningar som använder biomassa, exempelvis massa- och pappersindustri och biobaserade kraftvärmeverk (sk. Bio Energy CCS – BECCS). De närmare förutsättningarna och de bedömda kostnaderna, inklusive kostnaderna för transport- och lagring av koldioxid, för en sådan lösning behöver dock studeras närmare.

I analysfallet ”nettonollutsläpp i landet utan bidrag från kolsänkan” blir alltså uppgiften att sektor för sektor studera möjligheterna att åstadkomma utsläpp nära noll eller t.o.m. negativa utsläpp på fyrtio års sikt. Åtgärdsalternativ och kostnadsbedömningar från kommissionens färdplansanalys och från motsvarande analyser av IEA, utgör utgångspunkter för analysen tillsammans med de koldioxidpriser och energipriser som faller ut som resultat av kommissionens modellering av olika utsläppsbanor inom EU för perioden 2010–2050.

NETTONOLLVISION I LANDET – KOLSÄNKAN ANTAS GE BIDRAG

I ett av våra analysfall antas även kolsänkan ge bidrag som räknas som utsläppsminskning.

De banor (se kap 3) som tagits fram för att illustrera hur mycket och hur snabbt utsläppen behöver minska globalt för att en temperaturökning över två grader ska kunna undvikas har som utgångspunkt att nettoupp-

18 EU:s handelssystem förutsätts finnas kvar och ha samma omfattning i den kommande tredje handelsperioden 2013–2020. Vår analys omfattar alla sektorer i Sverige, både i och utanför handelssystemet. Taksänkningstakten förutsätts kunna skärpas jämfört med tidigare beslut.

taget i växande skog ligger kvar på den nivå den hade 1990 och fram till nu.

Länder som likt Sverige har ett nettoupptag i växande skog förutsätts alltså agera så att denna nivå på upptaget bevaras, utan att räkna sig hela detta nettoupptag tillgodo som en utsläppsminskning.

Om kolsänkan främjas så att nettoupptaget ökar, är det däremot en åtgärd som kan räknas som utsläppsminskning. Bokföringsregler för skogs- och markanvändningssektorn syftar till att ge incitament till att både bevara och öka nettoupptaget i sektorn. Det är dock inte någon enkel uppgift att konstruera den här typen av regler så att incitamenten och bokföringen blir tillräckligt ”träffsäker” bl.a. eftersom det är svårt att särskilja en utveckling av nettoupptaget som beror av mänsklig påverkan från den naturliga utvecklingen.

Det pågår ett arbete inom kommissionen (ett meddelande kommer att publiceras 2012) för att analysera formerna för och konsekvenserna av att inkludera utsläpp och upptag inom skogs- och markanvändningssektorn i EU:s klimatmål¹⁹.

Kommissionen menar att skogs- och markanvändningssektorn har en potential att bidra med utsläppsminskningar men att omfattningen är svår att bedöma. Kommissionen konstaterar samtidigt att preliminära prognoser över hur det samlade nettoupptaget i sektorn kan komma att utvecklas inom EU mellan 2005 och 2030 indikerar att sänkan kan komma att minska i omfattning, alternativt ligga kvar på liknande nivåer som i dag (Europeiska kommissionen 2010). Potentialerna för att öka nettoupptaget bedöms som mycket osäkra och kommissionen konstaterar även att det kan ta tid innan genomförda åtgärder ger effekt.

I klimatförhandlingarna i Durban togs beslut om bokföringsregler för skogs- och markanvändningssektorn för Kyotoprotokollets andra åtgändeperiod. Det finns dock en risk att det kan ske förändringar av dessa regler inom ramen för det globala allomfattande avtal som ska förhandlas fram till 2015 och som ska gälla från 2020.

De nya bokföringsreglerna gäller både vilka aktiviteter²⁰ som ska inkluderas och på vilket sätt de ska bokföras. Framförallt är det bokföring av aktiviteten skogsbruk som ska ändras, så att den räknas relativt en referensnivå.

19 2020 men reglerna kan ev. även påverka på längre sikt.

20 Bokföring sker fortsatt aktivitetsvis d.v.s. avskogning, återbeskogning, nybeskogning, skogsbruk, jordbruk, betesdrift, återigenväxning samt dikning och restaurering av våtmarker bokförs med separata regler.

För skogrika länder, som Sverige, spelar utformningen av bokföringsreglerna särskilt stor roll då kolflödena från skogsbruk är stora och kan dominera den nationella kolbalansen. Utmärkande för skogs- och markanvändningssektorn är också att det finns mycket stora mätosäkerheter. För Sverige uppskattas de till flera miljoner ton koldioxidkvivalenter (CO₂e) per år. Storleken på upptag och utsläpp kan också variera mycket år från år, bland annat som följd av naturliga variationer och extrema väderhändelser som stormar och skogsbränder²¹.

De nya bokföringsreglerna för aktiviteten skogsbruk bygger på att Annex 1 länderna själva föreslår en referensnivå mot vilken det faktiska nettoupptaget eller nettoutsläppet i sektorn ska jämföras.

Referensnivån kan antingen vara en prognos för den framtida utvecklingen med befintliga styrmedel (vilket är vanligast) eller en jämförelse med upptaget eller utsläppet för 1990²². Om referensnivån sätts till en prognos med befintliga styrmedel (dvs. business as usual) blir utfallet noll om utvecklingen av utsläppen och upptaget i sektorn följer prognosen. Om nettoupptaget blir större än referensnivån bokförs ett upptag och om nettoupptaget blir lägre än referensnivån bokförs ett utsläpp.

Under andra åtagandeperioden kommer det även att finnas en begränsningsregel för hur mycket länderna kan tillgodoräkna sig i form av ett ökat upptag från aktiviteten skogsbruk. Begränsningen är satt till 3,5 % av landets basårsutsläpp år 1990, exklusive LULUCF²³.

Att bestämma en referensnivå är en mycket komplicerad uppgift. Att som uppgiften är i färdplansuppdraget sträcka ut referensbanan i tiden ända till 2050 gör det ännu mer komplicerat.

Inom ramen för regeringsuppdraget planerar vi ändå att, utgående från några befintliga skogsscenarier, genomföra beräkningar av utfallet för aktiviteten skogsbruk under olika bokföringsalternativ. Beräkningarna kommer att omfatta en modellering av utvecklingen under hela århundradet och omfatta följande bokföringsalternativ: (i) en jämförelse med en prognostiserad referensbana (i enlighet med vad som kommer gälla för andra åtagandeperioden), med begränsningsregel, (ii) en jämförelse med nettoupptaget år 1990 som referensnivå, med begränsningsregel, (iii)

21 Enligt det nu beslutade bokföringssystemet införs en möjlighet att undanta utsläpp på grund av extrema händelser som bränder, stora stormar och insektsattacker. Men allt virke som tas ut ur skogen vid sådana händelser måste bokföras.

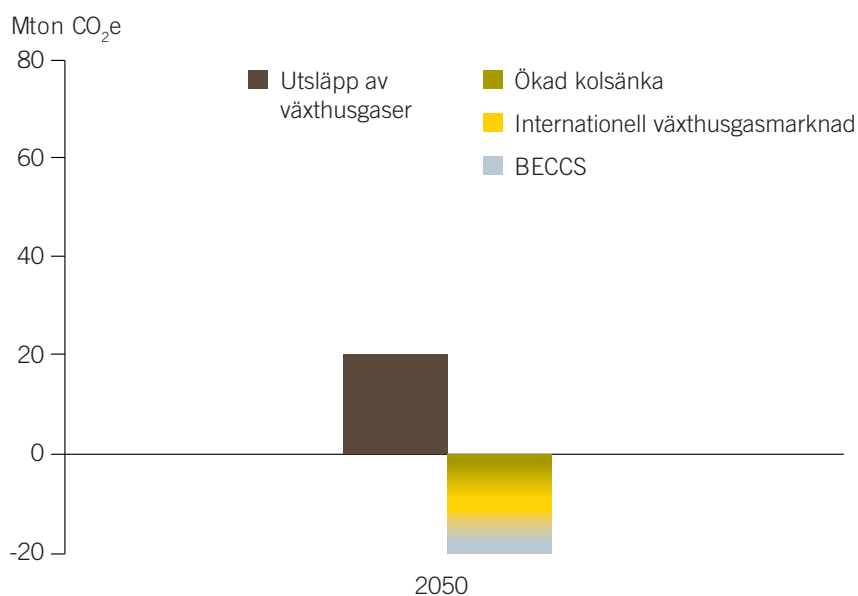
22 En av parterna (Japan) har fått sätta landets referensnivå till noll.

23 För Sverige innebär begränsningsregeln att landet maximalt får tillgodoräkna sig knappt 2,6 miljoner ton/år i form av ett ökat nettoupptag. Det finns däremot ingen begränsningsregel för hur stora nettoutsläpp jämfört med referensnivån som ska inkluderas i bokföringen

bokföring motsvarande 15% av det årliga upptaget²⁴, samt (iv) bokföring i enlighet med den som sker under Kyotoprotokollets första åtagandeperiod²⁵, dvs. med en absolut taknivå. Vi kommer också att genomföra beräkningar av hur övriga aktiviteter, avskogning, nybeskogning och återbeskogning m.fl. kommer att utvecklas under århundradet. Vi kommer också att diskutera vilka incitament de olika reglerna ger till att bevara och öka nettoupptaget i sektorn.

5.1.2 Nettonollvision inklusive åtgärder i andra länder

När analysen av en nettonollvision för Sverige även omfattar möjliga åtgärder i andra länder behöver vi resonera kring i vilken utsträckning och takt det kan komma att (vidare)utvecklas en internationell växthusgasmarknad till 2050. Resonemangen kommer att utgå från de omvärldsutvecklingar som kommissionen antagit för sin färdplansanalys (globalt eller fragmenterat agerande). Men vi behöver också diskutera en möjlig omvärldsutveckling som ligger någonstans mellan de två fallen.



Figur 9 Figuren visar alternativet att nå inga nettoutsläpp där alla elementen kan ingå (utsläpp, ökad kolsänka, internationell växthusgasmarknad och CCS på biobaserade energianläggningar (BECCS)).

24 Vid ett nettoupptag på 40 miljoner ton/år motsvarar denna bokföringsregel 6 miljoner ton/år

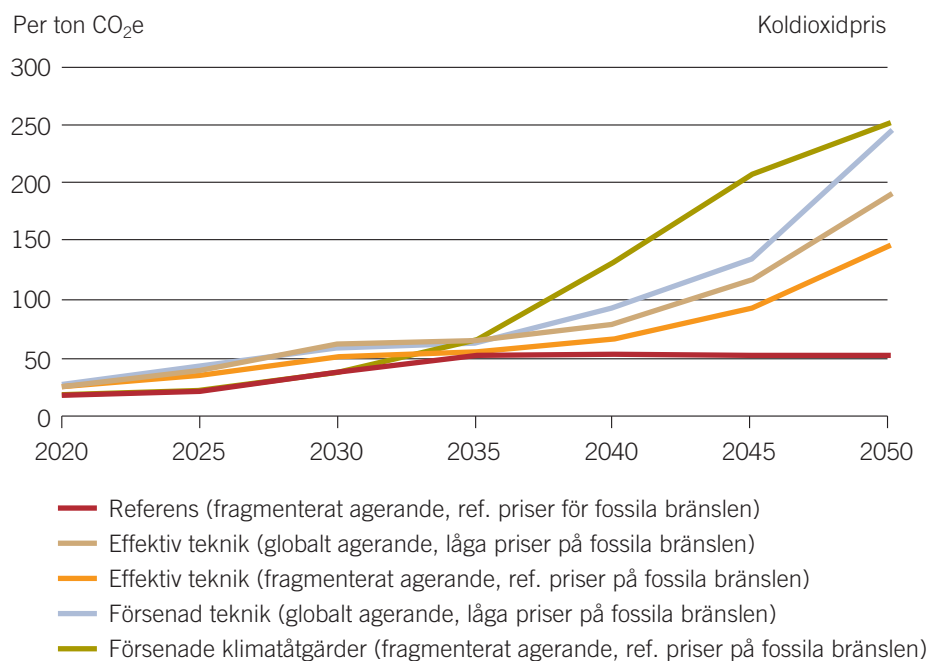
25 Sverige får tillgodoräkna sig max 2,13 miljoner ton/år under den första Kyoto-perioden vid ett nettoupptag i skogs- och maranvändningssektorn (art 3.3 och 3.4).

Fullt utvecklade internationella marknader för koldioxidhandel kan enligt vår bedömning i första hand uppstå i fallet globalt agerande. Men även vid ett fragmenterat (EU) agerande kan det fortsätta att utvecklas mekanismer för utsläppsminskningar utanför EU.

I scenarier framtagna med globala optimeringsmodeller (där ett uppsatt mål ska nås till lägsta globala kostnad) är ett av modellresultaten ett ökande globalt koldioxidpris på en global växthusgasmarknad. Kommissionen antar att denna marknad utvecklas successivt. I kommissionens färdplansmodellering hamnar det resulterande koldioxidpriset (marginalkostnaden i modellen, inklusive transaktionskostnader, för de åtgärder som antas behöva vidtas) på olika nivåer i olika scenarioalternativ år 2050 (Figur 10). Det är det koldioxidpris som länder genom att utnyttja internationella utsläppsmarknader antas få betala vid denna tid.

Det modellerade koldioxidpriset blir högst i en värld där alla regioner agerar för att sänka utsläppen. Det beror på att en sådan politik världen över sänker efterfrågan på fossila bränslen och priset blir lägre. Det incitament som priset i sig ger till omställningen blir därmed lägre och övrig styrning behöver därmed hamna på en högre nivå.

Ett koldioxidpris på knappt 200 euro per ton CO₂e uppstår år 2050 vid fallet med effektiv teknikutveckling och globalt agerande (se Figur 10). Vid motsvarande scenario fast med ett fragmenterat agerande hamnar koldioxidpriset istället på knappt 150 euro per ton samma år.



Figur 10 Exempel på utvecklingen av de modellerade koldioxidpriserna i kommissionens färdplansmodellering, referensbanan, effektiv teknik, försenad teknik, försenat agerande osv. (Europeiska kommissionen 2011a)

Andra modelleringar resulterar i något lägre men också betydligt högre nivåer på marginalkostnaderna till 2050 vilket illustrerar de mycket stora osäkerheter som den här typen av analyser är förknippade med²⁶ (Hoel et al 2009, den Elzen 2008, Kuik, Brander & Tol 2009).

För analysen behöver vi också bilda oss en uppfattning om vilka åtgärder som kan ske världen över till ungefär de marginalkostnader som modellerats fram av kommissionen och andra. Kan samma typ av åtgärder genomföras även i svenska sektorer till 2050 och finns det anledning att tro att kostnaderna för motsvarande åtgärder i Sverige vid denna tid skulle skilja sig åt jämfört med andra regioner?

26 Skillnaderna i resultat mellan olika modeller beror av en rad faktorer bland annat vilka antaganden som görs om energiprisutvecklingen, hur referensbanan vid dagens politik utvecklas, hur ”teknikrik” modellen är samt hur kostnaderna för ny teknik antas utvecklas med tiden.



6 Sammanställning av studier om hur olika sektorer kan bidra till inga nettoutsläpp

6.1 Färden mot en ekonomi utan nettoutsläpp av växthusgaser kräver stora teknikomställningar

Den europeiska kommissionens och IEA:s (International Energy Agency) modelleringar visar att tvågradersmålet kräver stora teknikomställningar. Om idag kända och demonstrerade tekniker kommersialiseras fullt ut beräknas ett sådant mål kunna nås med ökade investeringskostnader motsvarande några procent av BNP per år. Investeringar som senare kommer att resultera i sänkta energikostnader (Europeiska kommissionen 2011a). Skulle det visa sig att några av teknikerna inte kan kommersialiseras, alternativt har lägre teknisk potential än beräknat, kan dock kostnaderna öka väsentligt.

Det är få sektorsövergripande scenarier som också väger in möjliga förändringar av människors beteenden i en framtid. Bland de svenska scenarierna gör KTH (Naturvårdsverket/KTH 2007) och LETS 2050 det. Från dessa kan slutsatsen dras att ändrade konsumtionsmönster minskar resursåtgången och potentiella målkonflikter i samhället samtidigt som sårbarheten reduceras om teknikutvecklingen inte skulle bli fullt så framgångsrik. Betydelsen av ändrade konsumtionsvanor för utvecklingen inom framförallt jordbrukssektorn lyfts även fram i kommissionens färdplansmeddelande.

Enligt de svenska studierna har Sverige potential att redan före 2050 fasa ut användningen av fossila bränslen i el- och fjärrvärmeproduktion samt för uppvärmning av bostäder och lokaler. Med el- och elhybridteknik eller liknande för fordon och arbetsmaskiner från 2030 och resurseffektiv biodrivmedelsproduktion kan även transporterna komma nära fossilfrihet till 2050. Denna utveckling är dock mycket beroende av teknikgenombrott. Vissa transportscenarier väger även in möjligheterna att genom transportsnål samhällsplanering och förändrade beteenden kunna bryta trenden med ökande transportarbete i framtiden. En sådan utveckling förbättrar förutsättningarna för att komma långt i utsläppsminskningar.

Stora minskningar av utsläppen från industrin är helt beroende av teknikgenombrott (forskning, utveckling och demonstration) samt att det därefter finns möjlighet till snabb spridning av ny teknik.

En omfattande reduktion av utsläppen från jordbruket bedöms vara svårare att åstadkomma. Jordbrukets metan- och lustgasutsläpp härrör från biologiska processer och kan inte undvikas om livsmedel ska produceras med dagens system för mjölk-, djur- och vegetabilieproduktion. Tekniska lösningar förekommer inte på samma sätt som i andra sektorer.

Enligt de publicerade scenarieanalyserna med 2050 perspektiv (EU:s färdplan 2050, IEA, svenska studier i Tabell 3) kan det finnas framtida åtgärdspotentialer så att de sammanlagda utsläppen i Sverige kan sänkas med 70–90 procent. Scenarieanalyser av Skogsstyrelsen och SLU visar att skogs- och markanvändningssektorn (LULUCF) kan bidra med en ökad kolsänka. I vilken omfattning LULUCF sektorn kan bidra ska vi analysera parallellt med de nya scenarioanalyser i övriga sektorer som vi ska genomföra i det fortsatta arbetet.

Tabell 2 Tabellen visar på bredden av resultat över åtgärdspotentialer i de scenariestudier vi tagit del av.

Sektorer	Reduktionspotential till 2050 rel 1990
Totala utsläpp	Minus 70–90 %
Energittillförsel	Minus 85–100 %
Industri (förbränning och process)	Minus 50–90 %
Transport	Minus 70–100 %
Bostäder och lokaler	Minus 80–100%
Jordbruk	Minus 30–45 %

6.1.1 Vår genomgång baseras på publicerade scenarieanalyser

I detta kapitel försöker vi översiktligt belysa hur olika sektorer i Sverige kan tänkas bidra till att uppnå visionen om att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären år 2050. Vår genomgång baseras främst på den europeiska kommissionens meddelande om hur sektorerna inom EU totalt kan ställa om till en konkurrenskraftig ekonomi år 2050 med låga växthusgasutsläpp (Europeiska kommissionen 2011a). Vi har också översiktligt gått igenom några scenarier från IEA (IEA 2010a, 2010b).

Vi har därutöver studerat sju svenska klimat- och energiscenarier (IVA 2008, Naturvårdsverket/KTH 2007, IVL 2010, IVL/WWF 2011, Profu 2010b, KVA 2010, LETS 2011) samt tre transportsценarier (KNEG/Trafikverket/Chalmers 2011, Profu 2010b, Elforsk 2010). Flera av dem är snarare energiscenarier än utsläppsscenarioer. Scenarierna är en mix av studier baserade på beräkningar av sektorsvisa åtgärdspotentialer, av normativa (måluppfyllande) framåtblickande scenarier och av back-casting studier baserade på en förutbestämd målbild av hur energisystemet kan se ut i en utsläppssnål ekonomi år 2050. Antagandena varierar kraftigt mellan studierna. Några (IVA, Profu, KVA) utgår ifrån reinvesteringar i svensk kärnkraft, andra (IVL/WWF, KTH) från att kärnkraften ersätts med andra energislag.

I detta kapitel belyser vi alltså enbart åtgärder hämtade från andras scenarier (Tabell 3). Kapitlet redovisar vad som bedömts som tekniskt möjligt men inte kostnaderna för åtgärderna då åtgärds-kostnader ofta saknas i dessa studier. Det görs heller inga sektorsövergripande bedömningar, I det fortsatta arbetet med uppdraget kommer vi att arbeta med egna scenarier, analyser av åtgärder, styrmedel och sektorsövergripande analyser relaterade till kostnader för hur Sverige på olika sätt skulle kunna minska utsläppen till nettonollnivåer år 2050. Vi återkommer med det i vår slutrapport.

Tabell 3 Tabellen redovisar de svenska studier som använts som är underlag för summeringen av åtgärder, åtgärdspotentialer och hur olika sektorer kan bidra till att nå visionen om att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären år 2050.

Studie	Typ av scenario	Avgränsning	Mål år 2050
IVA, Vägval energi	Kvalitativt till 2050	Alla utsläpp samt upptag	Nollvision
KTH, Tvågradersmålet i sikte (för NV)	Back-casting (5 scenarier)	Energi, transporter (inkl. utrikes), industriprocesser	-85 %
IVL, Low carbon scenario	Beräkning	Energi, transporter (exkl. utrikes), industriprocesser	-79 % CO ₂
IVL/WWF, Energy Scenario for Sweden 2050	Måluppfyllande scenario	Energi, transporter (exkl. utrikes)	Enbart förnybar energi
PROFU, Scenarier för el- och energisystem (för Svensk energi)	Energisystemmodell MARKAL	Stationär energi	-80 % CO ₂

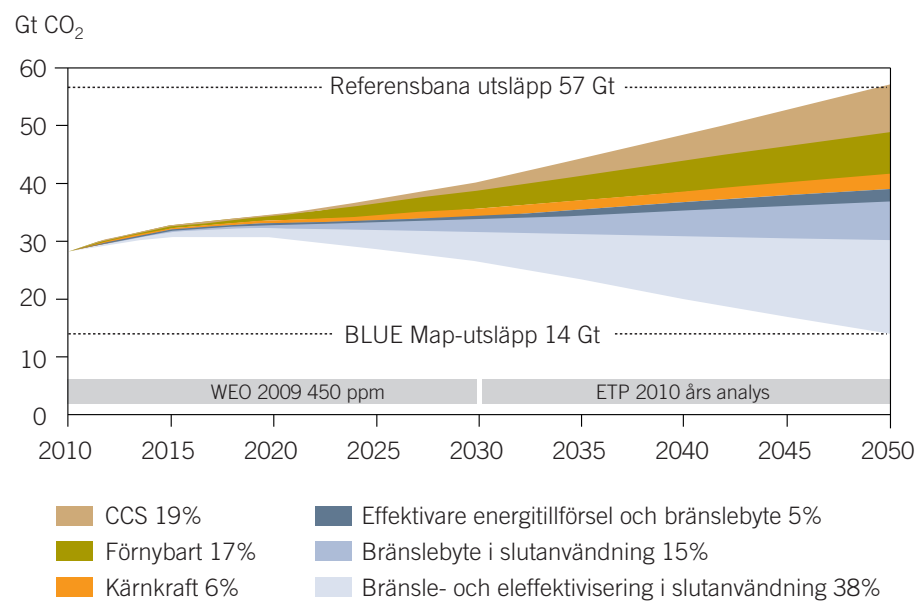
Studie	Typ av scenario	Avgränsning	Mål år 2050
KVA, Sveriges energikarta	Beräkning av energimix	Energi, transporter	Minska fossil bränsleanvändning till 43 TWh (-77 %)
Lunds Tekniska Högskola (LETS 2050), Att styra mot ett klimatneutralt samhälle	Beräkning	Energi, transporter (exkl. utrikes)	Nära noll (energirelaterade utsläpp)
Elforsk, Ett fossiloberoende transportsystem år 2030 (2010)	Beräkning	Transporter (exkl. utrikes)	-75 % CO ₂ 2030 i transportsektorn. Klimatneutrala transporter 2050.
PROFU, Fossiloberoende transportsektor 2030 – hur långt når fordonstekniken? Etapp 1 (2011)	Beräkning	Transporter lätta fordon (exkl. utrikes)	-100 % 2030 men analysen omfattar enbart lätta fordon
KNEG/Trafikverket/Chalmers, Vägen till klimatneutrala gods-transporter (2011)	Beräkning	Inrikes godstransporter på väg.	-75 % till 2030 för godstransporter
Trafikverket, trafikslagsövergripande planeringsunderlag för begränsad klimatpåverkan	Beräkning	Transporter	-80 % till 2030 för transporter

6.1.2 Energieffektivisering en central åtgärd i scenarier med mycket låga växthusgasutsläpp år 2050

Ur ett globalt perspektiv är elsektorn den sektor som idag bidrar mest till koldioxidutsläppen (drygt 40 %). På andra plats kommer transportsektorn följt av industri- och bostadssektorn. I scenarier med mycket låga utsläpp av växthusgaser sker en markant reduktion av utsläppen från el- och värmeproduktion. Transport- och jordbrukssektorerna blir de sektorer som relativt sett släpper ut mest på längre sikt.

Kommissionens modellering av utsläppsutvecklingen inom EU från 2005 till 2050 omfattar utsläpp av växthusgaser från samtliga samhällssektorer. Endast internationell sjöfart saknas. Utsläppsnivån -80 procent år 2050 för EU jämfört med 1990 är resultatet av modellering med en global kostnadsoptimerande energisystemmodell där de globala utsläppen kulminerar under det närmaste decenniet och halveras till 2050 (se kap 4).

IEA:s analys hanterar hela världens utsläpp men är begränsad till koldioxidutsläpp (exklusive markanvändning). En energiomställning med bred spridning av utsläppssnåla tekniker anser IEA vara nödvändigt för att tackla klimatförändringarna men också för att stärka energisäkerheten och bidra till ekonomisk utveckling. Det är en portfölj med en mängd olika åtgärder och nya tekniker bortom år 2030 som krävs för att nå nödvändiga utsläppsreduktioner.



Figur 11 De viktigaste omställningarna av energisystemet som kan bidra till att nå tvågradersmålet enligt IEA:s "blue map" scenario. Mest betydelsefullt är energieffektiviseringar för både bränsleutnyttjande och elanvändning och ökad andel förnybara energislag. (IEA 2010a)

De viktigaste teknikerna för att nå en koldioxidsnål ekonomi är likartade i IEA:s och kommissionens scenarioanalyser. Det sker en omfattande energieffektivisering i kommissionens modellering och användning av primärenergi minskar med 30 procent till 2050 jämfört med 2005. Elens andel av energiförsörjningen ökar eftersom elbilar och värmepumpsteknik introduceras i relativt stor omfattning. Utsläppen minskar i en successivt ökande takt men minskningen är olika stor i olika sektorer. Tabell 4 sammanfattar nyckeltekniker och åtgärder till en koldioxidsnål ekonomi 2050.

Tabell 4 Sektorsvisa nyckelåtgärder i globala modellscenarier för att nå tvågradersmålet.

Sektor	Åtgärder
Elsektorn	Energieffektivisering Förnybar energi Utökad kärnkraft CCS inom kol- och gaskraftdriven produktion Dämpning av tillväxten i efterfrågan på el
Transportsektorn	Effektivare förbränningsmotorer El- och elhybridfordon främst efter 2030 Biobränslen inom tung trafik samt inom flyg efter 2030 Bränsleceller främst efter 2030
Industrin	Energieffektivisering CCS främst inom energiintensiv industri
Bostads- och service-sektorn	Energieffektivisering delvis via åtgärderna i elsektorn Värmepumpar, solenergi och biobränslen Minskad efterfrågan på energi genom förbättrat klimatskal på byggnader
Jordbrukssektorn	Effektiviseringar Bioenergiproduktion inkluderat biogasproduktion från stallgödsel. Förändrad fodermix. Minskad och effektivare hantering av gödsel

6.1.3 Skillnader och likheter mellan de svenska scenarierna och kommissionens färdplan

Sverige har goda förutsättningar att basera energitillförseln på förnybar energi, t.ex. bioenergi och vindkraft. Redan idag har Sverige ett bättre utgångsläge med lägre per capita utsläpp för el- och värmeproduktion samt för enskild uppvärmning av bostäder och lokaler jämfört med många andra länder. Det kan ändå vara intressant att jämföra svenska scenarier med kommissionens färdplan för att se var EU-gemensam (och global) teknikutveckling kan bidra till lösningar i Sverige.

De svenska scenariestudierna illustrerar i huvudsak förändringar genom att beskriva vilken teknik man bedömer kan utvecklas och kommersialiseras fram till 2050.

Fri från utsläpp blir *elsektorn* i både kommissionens färdplan och svenska scenarier, vilket innebär att CCS (eller utfasning) av den svenska naturgaskraften blir aktuell på samma sätt som i EU.

Utsläppsreduktionerna i *transportsektorn* bedöms kunna åstadkommas genom framförallt elektrifiering (elbilar eller bränslecellsfordon), bio-drivmedel och successivt effektivare förbränningsmotordrift. De svenska scenarierna når i det närmaste nollutsläpp år 2050, vilket kan förklaras av att man dels inkluderar möjligheterna med transportsnål samhällsplanering, överföring mellan transportslag och förändrade beteenden, dels att antalet åtgärder som inkluderats är betydligt större jämfört med Kommissionens och IEA:s scenarier.

Industrins utsläpp halveras i de svenska scenarierna, givet att CCS-teknik har kommersialiserats. Detta är en mindre reduktion än kommissionens modellering där även energieffektivisering och en omfattande CCS potential ingår. I svenska scenarier kvarstår fossila bränslen främst som reduktionsmedel i stålindustrins processer.

För att nå minskade utsläpp i *bostadssektorn* pekar kommissionens färdplan på att högre fossilbränslepriser ger incitament till energieffektivare bostäder med tilläggsisolering. Kol och olja fasas ut och naturgasen minskar samtidigt som effektiviseringar sker samt mer el och biobränsle används för värme och kyla. De svenska scenarierna betonar alla betydelsen av energieffektivisering vilket innebär att förnybara energiresurser och koldioxidsnål el kan användas i andra sektorer.

I kommissionens färdplan spelar en förstärkning av elnätet och överföringskapacitet en stor roll. Detta nämns också i svenska scenarierna men poängteras inte som en nyckelfaktor på samma sätt. Orsaken till skillnaden framgår inte explicit, men smarta elnäts möjligheter till effektminskning på användarsidan lyfts fram i kommissionens scenarier och vindkraftens andel av total elproduktion är mindre i svenska scenarier.

6.2 Sverige har redan idag låga per capita utsläpp

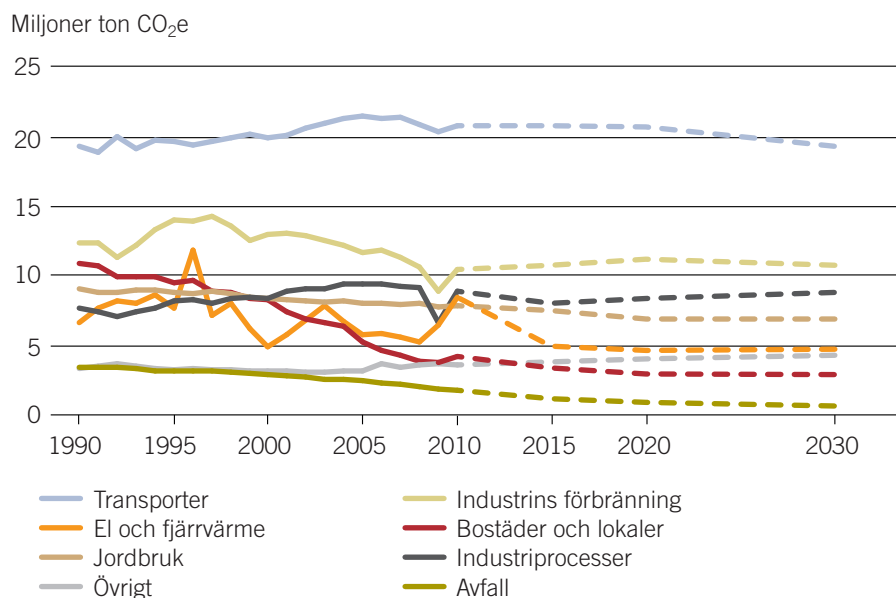
6.2.1 Utsläpp, trender och prognoser

Utsläppen av växthusgaser i Sverige kommer till 75 procent från förbränning av fossila bränslen för transporter, el- och värmeproduktion, industrins energianvändning samt till viss liten del också från uppvärmning av bostäder och lokaler. I övrigt kommer drygt 10 procent av växthusgasutsläppen från metan- och lustgasutsläpp från jordbruket, 10 procent från industriprocesser och en mindre del i form av metanavgång från avfallshantering.

Utsläppen varierade under 1990-talet med konjunktursvängningar, tillgång till vatten- och kärnkraft samt vädervariationer. Sedan slutet av 1990-talet har utsläppen minskat successivt med en särskilt kraftig minskning år 2009 när det var ekonomisk nedgång. År 2010 ökade utsläppen

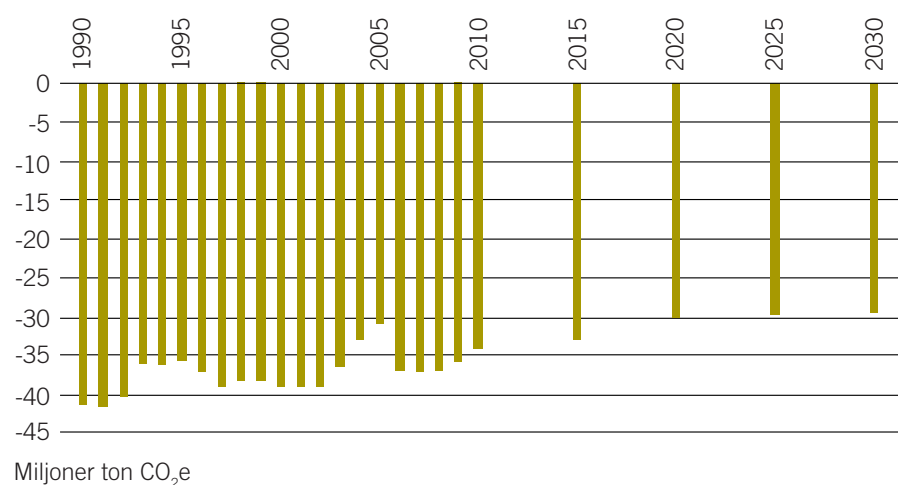
igen med ekonomisk återhämtning. Några kalla vintermånader med låg kärnkraftstillgång bidrog också. Utsläppen har minskat från 72 miljoner ton CO₂e år 1990 till ca 65 miljoner ton (årligt genomsnitt i perioden 2005–2010) dvs. en minskning med 10 procent. En stor del av utsläppsminskningen förklaras med att oljeuppvärmningen av bostäder och lokaler har ersatts med fjärrvärme, värmepumpar och till viss del pelletspannor (Naturvårdsverket 2011b). Investeringar i fjärrvärmeproduktion och distribution sedan 1960-talet i Sverige, för att förbättra luftkvaliteten, har skapat förutsättningar för att höjningar av energi- och koldioxidskatterna de senaste 15–20 åren resulterat i en omfattande övergång från fossil- till bio- och avfallsbaserad värmeproduktion. Utsläppen per capita har minskat från 8,4 ton CO₂e (6,6 ton CO₂) 1990 till ca 7 ton CO₂e (ca 5,5 CO₂) i perioden 2005–2010.

I den senaste prognosen från 2011 fortsätter utsläppen att minska till 2030. Men minskningstakten avtar. Det är utsläppen från bostäder och lokaler, jordbruk och avfall som fortsätter att minska något i prognosen men också utsläppen från el- och fjärrvärme och transporter beräknas minska (Figur 12). Transporternas utsläpp minskar något efter 2015 pga. av reglerna om CO₂ utsläpp från nya bilar och ökad användning av biodrivmedel (Naturvårdsverket 2011c).



Figur 12 Historiska utsläpp i Sverige och prognos till 2030 för olika samhällssektorer. I diagrammet har utsläpp som härrör från restgaser från järn och ståltillverkning förts till processer och från koksverk till industrins förbränning. (Naturvårdsverket 2011c)

Upptag och utsläpp från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF) har sedan 1990 uppskattats resultera i ett netto-upptag, dvs. en kolsänka, mellan 34 och 46 miljoner ton årligen. Sedan 2003 har nettoupptaget minskat något beroende på ökad skogsavverkning och på en omfattande stormfällning 2005. Beräkningarna är ännu osäkra för de allra senaste åren. Växande skog dominerar det sammanlagda upp- taget av koldioxid från atmosfären medan odlad mark (särskilt på torv- jordar) och bebyggd mark genererar utsläpp. Nuvarande prognos till år 2030 är att nettoupptaget av koldioxid minskar från drygt 40 miljoner ton år 1990 till ca 30 miljoner ton år 2030 med dagens politik.



Figur 13 Historiska och uppskattade framtida nettoupptag av koldioxid från LULUCF. (Naturvårdsverket 2011c)

Tabell 5 Utsläpp av växthusgaser från 1990 och prognos till 2030 med beslutade styrmedel (Naturvårdsverket 2011c)

	1990 (Mton) CO ₂ e	Snitt 2005–2010	Prognos 2030
El- och fjärrvärme	6,7	-5 %	-27 %
Bostäder o lokaler (inkl. energianvändning i areella näringar)	10,8	-60 %	-73 %
Transporter	19,0	+10 %	+1 %
Industrins förbränning	12,6	-12 %	-14 %
Industriprocesser	7,5	+13 %	+17 %
Jordbruk	9,2	-10 %	-25 %

	1990 (Mton) CO ₂ e	Snitt 2005–2010	Prognos 2030
Avfall	3,4	-37 %	-78 %
Övrigt	3,3	+7 %	+31 %
Totalt	72,5	-10 %	-19 %

6.2.2 Kommissionens färdplansmodellering översatt till svenska utsläpp

För att ge ytterligare en bild av vad EU:s färdplan skulle kunna betyda för klimatåtgärder i Sverige, har vi gjort en hypotetisk beräkning som visar hur snabbt de svenska utsläppen skulle behöva minska om vi år 2050 – istället för nettonollutsläpp – når de utsläppsnivåer som genomsnittet i EU når enligt färdplanen för 2050. Vi har här mycket förenklat utgått från att de svenska sektorernas per capita utsläpp år 2050 skulle ligga på samma nivå som genomsnittet inom EU för samma sektorer. *Det här är alltså inte att betrakta som ett scenario som tar hänsyn till nationella förutsättningar utan endast en enkel kalkyl.*

Tabell 6 Sektorsvisa per capita-utsläpp 2005 och 2050 i EU i genomsnitt enligt kommissionens färdplan samt motsvarande per capita utsläpp i Sverige 2005 samt beräknade reduktioner för Sverige till 2050 jämfört med 1990 vid konvergens till samma per capita utsläpp som EU-genomsnittet.

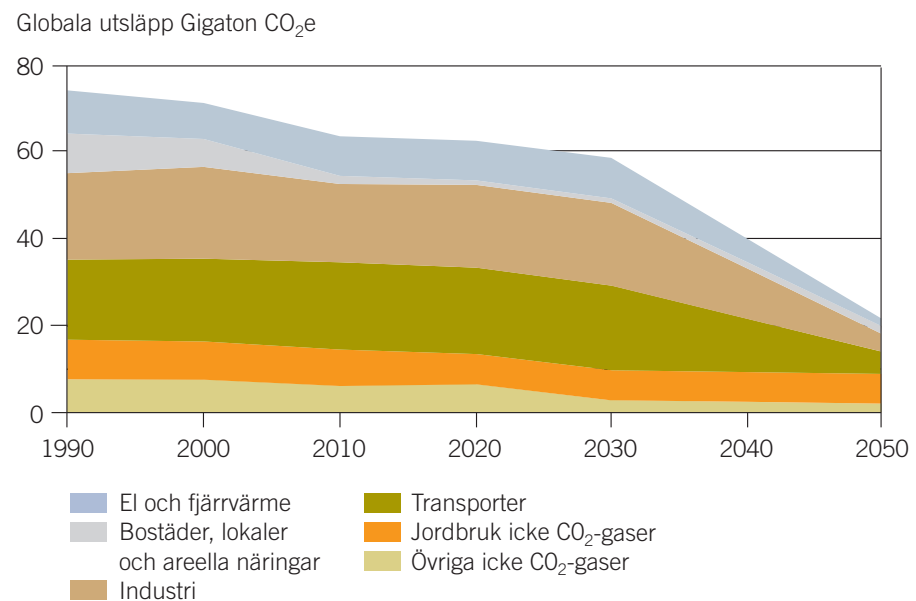
Sektorer	Utsläpp 2005		Förändring 2050		
	EU27 2005, ton per capita	Sverige 2005, ton per capita	EU 27 Färdplan-scenarie år 2050 rel 2005 (ton per capita)	Sverige 2050 rel. 2005 om konvergerande ton per capita utsläpp (ton per capita)	Sverige 2050 rel. 1990
Totala utsläpp	10,3	7,5	-80 % (2,0)	-69 % (2,0)	-71%
Energittillförsel	3,2	1,2	-96 % (0,13)	-89 % (0,13)	-84 %
Industri (förbränning och process)*	2,1	2,3	-78 % (0,38)	-83 % (0,38)	-79 %
Transport**	1,9	2,6	-78 % (0,47)	-76 % (0,47)	-72 %
Bostäder och lokaler	1,4	0,4	-89 % (0,14)	-49 % (0,14)	-81%
Jordbruk	1,0	1,0	-22 % (0,63)	-22 % (0,63)	-29 %
Övriga icke CO ₂ växthusgaser	0,7	0,5	-63 % (0,25)	-56 % (0,25)	-66 %

*exklusive raffinaderier.

** exklusive internationellt flyg och sjöfart.

I Figur 14 antas utsläppsminskningarna i Sverige fram till 2030 följa den senaste prognosen som bygger på dagens klimatpolitik och dagens klimatstyrmedel, och att utsläppen först från år 2030 antas minska så att de till år 2050 når samma sektorsvisa per capita-utsläpp som för EU-27 i EU:s färdplan 2050 (Tabell 6). I denna kalkyl står transporter och jordbruk år 2050 för ca 30 procent av utsläppen vardera och industrin för knappt 20 procent.

Värt att notera är att om utsläppen skulle följa prognosen till 2030 så behöver minskningstakten i Sverige öka betydligt därefter om per capita utsläppen 2050 i Sverige inte ska överstiga vad som beräknas i genomsnitt för EU i kommissionens färdplan.



Figur 14 Svenska utsläpp enligt statistik och prognos till år 2030 och beräkningar till 2050 om svenska utsläpp skulle ha samma per capita utsläpp som genomsnittet för EU-27 i EU:s färdplan.

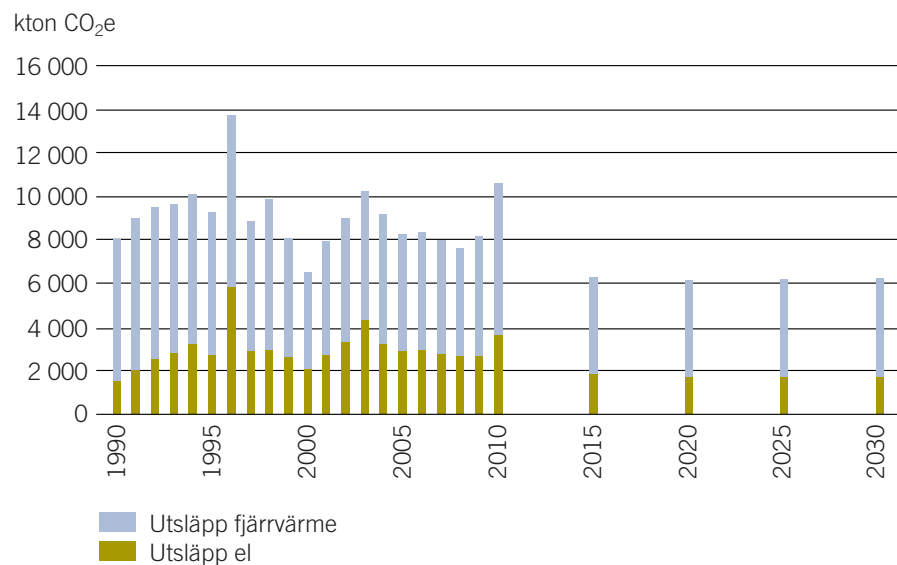
6.3 El och fjärrvärme helt koldioxidfri

Publicerade svenska scenariostudier och kommissionens färdplan visar bl.a. att:

- Svensk el och fjärrvärme kan bli helt koldioxidfri 2050 på samma sätt som den europeiska elsektorn minskar utsläppen med praktiskt taget 100 procent i kommissionens färdplan.
- Nollutsläpp kan uppnås genom fortsatt utbyggnad av främst vindkraften och konvertering av de små mängder olja och torv som idag finns i fjärrvärmeverken till bioenergi och spillvärme.
- Den naturgas som används i sektorn kan minskas i samma takt som i EU och som ett resultat av den europeiska klimatpolitiken.
- Den utmaning elektrifieringen av transportsektorn innebär kan tacklas med mer förnybar el, energieffektivisering och en dämpning av efterfrågan på el från hushållen.

Svensk el och fjärrvärme är betydligt mindre koldioxidintensiv än i andra länder. Samtidigt är åtgärderna för att minska de svenska utsläppen liknande de internationella, även om omfattningen är annorlunda.

Utsläppen av växthusgaser från el- och fjärrvärmeproduktion är strax under 10 procent av utsläppen i Sverige. Användningen av fjärrvärme har ökat mycket, men inte utsläppen, så koldioxidintensiteten har minskat kraftigt sedan 1990. Temperaturen och nederbörden, som varierar mellan åren, har en effekt på vattenkraftsproduktion och uppvärmningsbehov och leder därmed till en kraftig variation i utsläpp mellan åren. Prognoser, som utgår från dagens politik, pekar på drygt 20 procent lägre utsläpp till år 2030 jämfört med idag.



Figur 15 Utsläpp av växthusgaser från elproduktion resp fjärrvärme i Sverige med prognos till 2030. Utsläpp som härrör från användning av järn- och stålindustrins restgaser ingår och utgör ca en fjärdedel av utsläppen de senaste åren (restgaserna behandlas fortsättningsvis i industrisektorn).

I kommissionens färdplan minskar elsektorns utsläpp av växthusgaser med minst 95 procent. Detta sker med en kombination av förnybar energi (vilken föranleder investeringar i elnäten), kärnkraft samt koldioxidavskiljning och lagring (CCS) för viss kol- och naturgaseldad elproduktion. Sammanlagt leder de tre teknikerna till nästan 80 procents minskning av utsläppen redan till 2030 och nära 100 procent till 2050. I kommissionens energifärdplan från december 2011 redovisas ytterligare scenariefall där användningen av de olika teknikerna varierar ytterligare²⁷.

Resultaten illustrerar osäkerheter när det gäller den takt med vilka de nya teknikerna införs. Om införandet av CCS fördröjs tvingas andra sektorer bära en större andel av utsläppsminskningarna. Kommissionens modellering innehåller en känslighetsanalys som visar att en fördröjning av CCS resulterar i väsentligt högre koldioxidpriser. Forskning och utveckling som leder till lägre kostnader för olika tekniker skulle kunna ses som en försäkring mot ett sådant scenario.

²⁷ I färdplanen presenteras fem olika scenarier: ett baseras främst på energieffektiviseringar, ett på en mix av olika teknologier, ett på förnybar energi, ett på kärnkraft och ett på kol och gas med koldioxidavskiljning och lagring, CCS.

En stor utmaning inom den europeiska elsektorn är att reducera utsläppen från sektorn och samtidigt möta en stigande efterfrågan från elektrifiering främst inom transportsektorn. Det kräver både en förändrad energimix, energieffektivisering och dämpad tillväxt i efterfrågan på el från andra sektorer.

IEA:s scenarier innehåller samma åtgärder som kommissionens färdplan, t.ex. står förnybar energi för nästan hälften och kärnkraft för en knapp fjärdedel av den 90-procentiga reduktionen i kolintensitet (IEA 2010a).

6.3.1 Förnybar energi och effektivisering är en del av lösningen

I Sverige är det främst naturgaseldade kraftvärmeverk, några få kolkraftverk och viss olje- och torvanvändning i fjärrvärmeverk som fortfarande orsakar koldioxidutsläpp. Dessa bränslen behöver fasas ut. Dessutom finns ett fossilt innehåll i avfallsförbränningen. För att åstadkomma nollutsläpp i sektorn i Sverige till 2050 är vindkraft, biobränsle samt förstärkta och utbyggda elnät nyckelfaktorer.

Vindkraft är viktigt i alla svenska scenarier och medför förhållandevis få konflikter med andra miljömål (i huvudsak buller och estetiska problem). I ett scenario står vindkraften för hela 45 TWh (WWF 2011). En hög andel vindkraft i elproduktionen ställer krav på kraftiga investeringar i elnät för att klara stabiliteten i eldistributionen.

All användning av fossilbränsle upphör i fjärrvärmeverken i de svenska scenarierna till 2050 och ersätts med biobränslen och spillvärme.

Sverige blir nettoexportör av el i ett flertal svenska scenarier. Möjligheterna till utbyggnad av vindkraft är stora och om reinvestering sker i kärnkraften i kombination med fortsatt effektivisering så bedöms exportmöjligheterna, om överföringskapaciteten byggs ut, kunna bli upp till 60 TWh/år runt år 2030 i ett av scenarierna (Profu 2010).

Koldioxidavskiljning på biokraftvärmeverk ingår bland de möjliga åtgärderna i några av scenarierna, och detta skulle kunna innebära att el- och fjärrvärmesektorn hamnar under nollutsläpp.

Förutom de utsläppsminskningmöjligheter som vi hittills tagit upp och som är gemensamma för både internationella och svenska scenarier, så pekar några av de svenska scenarierna även på mer specifika lösningar/kombinationer av tekniker, som också skulle kunna bidra till att ge nollutsläpp från energiförsörjningen i Sverige. Dessa åtgärder och deras samband med andra sektorer är:

- att använda spillvärme (IVA 2008) från kärnkraft kan frigöra bioenergiressurser till andra ändamål än bostadsuppvärmning,

- decentraliserad lagring (IVA 2008) av el i hemmet via bilbatterier kan komplettera vindkraft i det svenska elsystemet
- biodrivmedel kan produceras i energikombinat (IVL 2010), som ger överskottsvärme till fjärrvärmeverk
- effektivare elanvändning, mindre uppvärmning med el och mer vindkraft, skulle sammantaget kunna ge elöverskott för vätgasframställning (LETS 2011) som kan användas i transportsektorn
- utbyggnad av vattenkraft på 3 TWh eller i en studie på 5–10 TWh (KVA 2011), erbjuder ytterligare möjligheter till reglering i elsystemet.

Olika antaganden om kärnkraften och eventuell reinvestering i den finns i de svenska scenarierna. Utan kärnkraft genererar ett scenario (Profu 2010) antingen en expansion för norsk gaskraft²⁸ med CCS eller om stödet för förnybar elproduktion förlängs – nordisk vindkraft. Ett annat scenario (Naturvårdsverket/KTH 2010) innehåller istället mer kraftfull eleffektivisering, värmepumpar och biobränslebaserad processvärme i industrin för att möta avsaknaden av kärnkraft.

Eftersom kraftteknik har lång livslängd så behöver de investeringar som görs redan nu, utgå ifrån att sektorn ska nå nollutsläpp år 2050.

Förutsättningarna för CCS på förbränning av bioenergi och på befintliga naturgaskraftverk behöver studeras närmare och i det fortsatta arbetet kommer konsistenta scenarier att tas fram över energitillförsel och energi-användning där lägsta möjliga sammanlagda åtgärds kostnad uppnås för Sverige.

28 Givet ett utsläppspris på 100 Euro/ton CO₂.

6.4 Bostads- och servicesektorn effektiviseras

Publicerade svenska scenariostudier och kommissionens färdplan visar bl.a. att

- Bostads- och servicesektorn kan vara fossilfri långt före år 2050.
- Vid nybyggnation är passivhus en viktig åtgärd i EU:s färdplan.

De direkta utsläppen från bostads- och servicesektorn i Sverige är internationellt sett låga redan idag, men vår energianvändning per bostadshus är högre än medelanvändningen i Europa²⁹, även om man justerar för att vi har ett kallare klimat och därmed större uppvärmningsbehov³⁰. Utsläppen minskar till nivåer nära noll redan 2020 enligt den senaste prognosen, som utgår från dagens politik.

Användningen av energi i sektorn motsvarar 40 procent av Sveriges totala slutliga energianvändning (Energimyndigheten 2011). Mer än hälften går till uppvärmning och mindre än hälften till hushållsel i bostäder och driftel i lokaler. Areella näringar utgör en liten men fossilberoende del av energianvändningen. Hushållselen har det senaste decenniet kännetecknats å ena sidan av teknikeffektivisering men å andra sidan av ett ökat antal apparater, två trender som tagit ut varandra. Elanvändningen i servicesektorn har ökat kraftigt.

Förbättrad värmeisolering i existerande byggnader lyfts fram i kommissionens färdplan tillsammans med en gradvis övergång till passivhus. Dessutom handlar det om energieffektivisering och konvertering från fossila bränslen till värmepumpar och biobränslen. I modelleringen av en kostnadsminimerande utsläppsbanan innebär dessa åtgärder minskade utsläpp inom sektorn med ca 90 procent till 2050 jämfört 1990. Energibehovet för uppvärmning och kylning i hushåll beräknas minska med ungefär 20 procent. Vid försenad teknikutveckling för CCS i elsektorn så krävs mer åtgärder i hushållen.

IEA (2010b) ser även möjligheter till en minskad energiefterfrågan i bostadssektorn. Förutom förbättrad energieffektivitet får även solenergi och biomassa en roll men den är olika stor beroende på geografiskt område.

29 <http://www.odyssee-indicators.org/reports/household/household8.pdf>

30 Det kan bero antingen på större boyta per hushåll, sämre energieffektivitet eller högre inomhustemperatur.

Byggnaders långa livslängd medför att de flesta energibesparingar måste ske genom ny teknik framförallt vid renoveringar av befintliga byggnader (IEA 2010b). Åtskilliga utmaningar målas upp, det handlar om relativt stora investeringskostnader, split incentives dvs. att den som bygger bostaden eller beslutar om renovering inte är samma person som ska betala för driften, och bristande kunskap bland konsumenter om olika tekniker. Dessa förhållanden gäller också i Sverige.

6.4.1 Att utnyttja renoveringstillfällena i befintliga byggnader

De svenska scenarierna indikerar att inga fossila bränslen används i sektorn bostäder och service år 2050 eller åtminstone att utsläppen är nära noll. Scenarierna analyserar också möjligheterna till energieffektiviseringsåtgärder. Åtgärdernas effekter under olika antaganden om styrmedel på energitillförsel- och användning kommer vi till i vår slutrapport.

Energieffektivisering är en viktig del av EU:s strategi för att minska utsläppen av växthusgaser. Effektiviseringar av elanvändningen i bostadssektorn påverkar inte utsläppen direkt i Sverige på kort sikt men förbättrar möjligheten att nå klimatmål på längre sikt till lägre kostnader (Energimyndigheten/Naturvårdsverket 2007). Energieffektiviseringsåtgärder beräknas i många fall ha relativt låga kostnader (IPCC 2007b, McKinsey 2008³¹). I alla svenska energi- och klimat-scenarier ingår energieffektivisering i bostäder och service.

Bland åtgärder som nämns för att nå energieffektivisering och nollutsläpp i Sverige finns fortsatt implementering av energisnåla system med bl.a. isolering, energieffektiva fönster, snålare belysning och solceller i egna nät hos fastighetsägarna. Passivhus kan användas vid nybyggnation och passivhusprinciper kan också appliceras på renovering av befintliga byggnader.

I ett klimatscenario (Naturvårdsverket/KTH 2007) som analyserar åtgärder har den genomsnittliga boendeytan ökat med 5 procent per person och totalt med 20 procent år 2050 jämfört med år 2005. Eftersom tillgången på biobränsle samtidigt antas vara begränsad, och elpriserna höga, så genomförs mycket stora energieffektiviseringar i bostadsbeståndet. Detta innebär att merparten av den befintliga bebyggelsen genomgått åtgärder, t.ex. tilläggsisolering, byte av fönster mm, vilket har minskat energibehovet med 30–40 procent. I måluppfyllande scenarier med högre tillgång på biobränsle behövs mindre grad av energieffektivisering. En vik-

31 Energimyndigheten/Naturvårdsverket (2007) pekar på detsamma.

tig åtgärd, enligt scenariostudien, är effektivisering av energianvändningen i samband med renovering och ombyggnad av befintlig bebyggelse.

I en annan studie (IVL/WWF), som fasar ut användningen av fossila bränslen i Sverige, ingår för bebyggelsens del att energianvändningen för uppvärmning och varmvatten antas minska med 50 procent per kvadratmeter³² i likhet med miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö. Därutöver kan förbättrad energieffektivitet hos värmepumpar bidra. Samtidigt innebär ett varmare klimat ett minskat uppvärmningsbehov. Ett ökat kylbehov i lokaler kan hanteras med frikyla och absorptionskyla via fjärrvärme och sol istället för med elektriska kylmaskiner som är vanligt förekommande idag. Sammantaget kan dessa åtgärder leda till ungefär en tredjedel lägre slutlig energianvändning i bostäder och service.

I studierna förekommer också skifte från direktverkande elvärme mot fjärrvärme, vilket skulle ge ett ur energisynpunkt effektivare energisystem totalt i Sverige (LETS 2011) eller att nyttiggöra överskottsvärmen från kärnkraftverken (IVA 2008). Solvärme skulle kunna ingå i energimixen och ökar till 12 TWh i ett scenario (IVA 2008).

Tillverkning och transport av byggmaterial behöver också analyseras så att hela livscykeln genererar så lite utsläpp av växthusgaser som möjligt. Med tanke på att nya byggnader ofta har en livstid på mer än hundra år är besluten vid nybyggnation av stor betydelse.

Den effektivare energianvändningen i bostäder och lokaler leder i de svenska scenarierna till ökad resurseffektivitet, åtminstone i form av mindre naturresurser och markresurser när behovet av utbyggnad av förnybar energi reduceras³³. Det innebär mindre miljöpåverkan, t.ex. påverkan på biologisk mångfald, och att förnybara resurser kan användas för andra ändamål, t.ex. transporter (IVA 2008, NV/KTH 2007, IVL 2010).

32 Scenariostudien namnger inte exakt vilka åtgärder som ingår utan bygger på andra studier.

33 Scenariostudierna analyserar inte hur efterfrågan på olika material påverkas av effektivare energianvändning. I princip kan effekten gå åt båda hållen, dvs ökat eller minskat behov av material. Beteendeåtgärder, som att släcka lampor, kräver inte material medan tekniska åtgärder som isolering, värmepumpar mm kräver mer material vilket i sin tur behöver vägas emot behovet av material för nya kraftverk som undviks.

6.5 Transporter – samhällsplanering, överflyttning, energieffektivisering och biodrivmedel

Publicerade svenska scenariostudier och kommissionens färdplan visar bl.a.att:

- Transportsektorn kan till 2050 nå i det närmaste nollutsläpp.
- Utsläppen bestäms av länkarna i en kedja där åtgärder kan ske i samtliga länkar oberoende av varandra, nämligen:
 - ◆ transportbehoven kan minskas;
 - ◆ transporter kan överflyttas till energieffektivare trafikslag och från bil till en utbyggd kollektivtrafik;
 - ◆ alla trafikslag kan energieffektiviseras;
 - ◆ resterande energibehov kan täckas i huvudsak med el eller biodrivmedel.
- Antalet möjliga åtgärder är stort. Av särskilt stor betydelse är energieffektivisering, dels genom effektivare fordon, fartyg och flygplan, dels genom effektivare användning av transportsystemet.
- Betydelsen av forskning och innovation för snabbare utveckling av energieffektiva motorer och fordon och för att nå lägre kostnader för batterier är stor.
- En betydande potential ligger i att planeringen av samhället och infrastrukturen inriktas för ett mer transportsnålt samhälle. Detta bör ske så snart som möjligt för att undvika inlåsnings effekter.

I Sverige står inrikes transporter för ca 35 procent av utsläppen av växthusgaser. Utsläppsnivån har ökat svagt det senaste decenniet för inrikes transporter medan de ökat kraftigare för internationell sjöfart och flygresande. Både internationella och svenska scenarier visar att utan en aktiv klimatpolitik kommer transportsektorns utsläpp att öka, särskilt från flygresandet.

Det internationella flyget kommer troligen att vara det område som är svårast att åstadkomma utsläppsminskningar i. Bl.a. beror det på att de tekniska möjligheterna är mer begränsade än för andra trafikslag och att ökningstakten i vårt flygande är hög.

EU:s vitbok för transporter kompletterar kommissionens färdplan mot en koldioxid snål ekonomi och innehåller en stor uppsättning åtgärder som sammantaget kan ge kraftiga utsläppsminskningar. Först i tiden av

teknikförändringarna kommer snålare förbränningsmotorer, en viss andel biobränslen, och så småningom kommer el- och hybridfordon samt bränsle-celler.

Enligt kommissionens modellering är utsläppsnivåerna fortsatt höga fram till 2030 för att därefter minska när den nya tekniken slår igenom mer brett, för att 2050 ha minskat med ca 60 procent jämfört med 1990. Transportvolymerna ökar i kommissionens färdplan under hela perioden men inte i de svenska scenarierna. Kommissionen har endast med ett urval av teknikförändringar, eftersom andra förändringar är svåra att modellera.

De svenska scenarierna visar bibehållen eller svagt minskande transportvolym. Utsläppen minskar snabbt även i början av perioden och har en större total minskningspotential till 2050.

Flera scenarier betonar att planering av samhällen och infrastruktur snarast bör inriktas mot hållbara lösningar för att undvika inlåsnings effekter. Tekniska åtgärder kompletteras med förändringar mot ett transportsnålt samhälle. Behovet av transporter påverkas av hur vi planerar och bygger våra samhällen, av hur företagen bygger upp produktionsstruktur och logistiska system; av att transporter kan ersättas med IT (ICT)-lösningar; av förändringar av hushållens transportvanor och transportbehov. Den samlade bilden som ges är att det kan vara möjligt att nå nära nollutsläpp år 2050, om tekniska åtgärder kompletteras med andra typer av åtgärder.

Flera av de svenska studierna är gjorda med 2030 som målfår, där motivet har varit att hitta vägar för att så långt det går nå regeringens mål ”en fossiloberoende fordonsflotta 2030”. Målet anges vara motiverat av klimatet och behovet att minska sårbarheten för framtida snabbt ökande råoljepriser. Målet kan tolkas på flera olika sätt. Trafikverket m.fl. har i sina arbeten använt en tolkning som innebär att utsläppen kan minska med 80 procent till 2030.

De svenska scenarierna visar att de totala utsläppen från transportsektorn bestäms av ett antal led i en kedja. Antalet möjliga åtgärder är stort, och avgörande är att många åtgärder kan genomföras samtidigt och oberoende av varandra, särskilt när de verkar i olika led i kedjan. Dessa möjligheter har inte alltid varit inkluderade i tidigare bedömningar av minskningspotentialen i transportsektorn. Utsläppen kan genom vissa typer av åtgärder minskas omedelbart, genom vissa andra först på några årtiondens sikt. Leden i kedjan är:

1. Samhällsplanering, infrastrukturplanering och val av logistiksystem påverkar efterfrågan eller behovet av transporter.

2. Överflyttning till energieffektivare trafikslag (t ex från lastbil till järnväg och från bil till en utbyggd kollektivtrafik).
3. Potentialen för effektivare framdrivningsteknik är stor för alla trafikslag, mellan ca 30 och 70 procent där den högre siffran kan gälla vägtransporternas effektivare förbränningsmotorer och så småningom eldrift.
4. Slutligen, där elektrifiering inte är möjlig och det fortfarande behövs drivmedel, kan dessa oftast bytas ut mot förnybara hållbara drivmedel, som t ex DME.

Att de svenska scenarierna når avsevärt längre vad gäller utsläppsreduktioner än kommissionens modellberäkning, och att minskningarna i princip kan nå ned till nollutsläpp 2050, kan delvis förklaras av att man inkluderar även åtgärder i det första ledet i kedjan ovan och att antalet åtgärder som inkluderats i scenarierna är avsevärt mycket större i de svenska scenarierna. En viktig faktor som i scenarierna avgör hur snabbt samhället ställer om till mindre användning av fossila bränslen är antaganden om oljepriset. Arbetsmaskiner är ett område som flertalet scenarier inte berör alls. Dessa kommer vi att analysera i det fortsatta arbetet för redovisning i slutrapporten.

6.5.1 Transportsnålare samhälle, överflyttning, energieffektivisering och biodrivmedel

En utveckling mot ett mer transportsnålt samhälle bidrar till många fler mål än ”begränsad klimatpåverkan” och ”minskad sårbarhet för minskade oljetillgångar”. Hit hör bland annat en förbättrad tillgänglighet genom minskad trängsel av personbilar och i stället ökad framkomlighet för gång, cykel, kollektivtrafik och distributionsfordon. Mindre trafik ger mindre utsläpp av luftföroreningar och mindre bulleremissioner, mindre intrång i naturområden och ianspråktagande av jordbruksmark, en förbättrad närmiljö, högre trafiksäkerhet, etc. vilket ökar den samhällsekonomiska nyttan jämfört med tekniska åtgärder.

Överflyttning av resande från bil till kollektivtrafik, gång och cykel samt framförallt av gods från lastbil till båt och järnväg har relativt stora potentialer (Naturvårdsverket/KTH 2007).

Energieffektivisering av fordon, flygplan och fartyg är centralt för utsläppsminskningarna i alla scenarierna. För vägtrafiken sker energieffektiviseringen i början av perioden främst genom effektivare förbränningsmotorer för att gradvis övergå till en större användning av mer effektiva el- och hybridfordon efter 2030. Marknadsspridningen av el- och hybridfordon är starkt beroende av utvecklingen av förbättrad batteriteknik.

Samtliga studier betonar vikten av forskning, utveckling och innovation för att minska kostnaderna för energieffektiva tekniker.

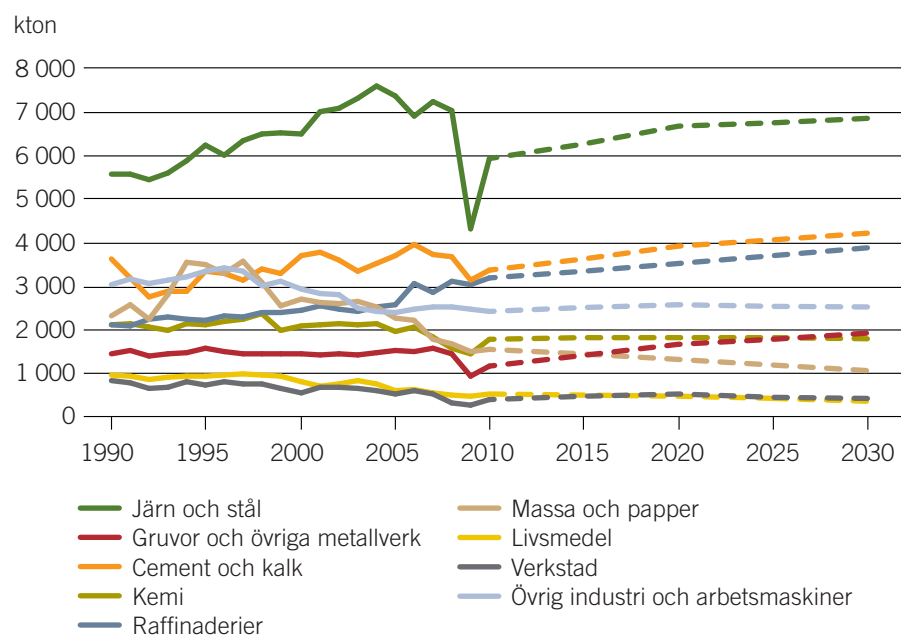
Användningen av biobränslen skiljer sig mycket mellan olika scenarier. I kommissionens färdplan ökar den främst för bussar och lastbilar och mest i andel fram till 2020 tack vare EU:s direktiv om förnybar energi. Biobränslen blir enligt vissa bedömningar även avgörande efter 2030 inom flygtransporter där elektrifiering är utesluten. I de svenska scenarierna varierar biodrivmedelsanvändningen från mycket stor användning av biodrivmedel, i ett scenario av DME (IVL/WWF 2011) inom både vägtrafiken, flyget och sjöfarten till andra med en bredare palett av olika biodrivmedel och att biodrivmedel i vissa scenarier har en mer begränsad betydelse. Några scenarier med målfår 2030 anger att det finns en osäkerhet att tekniken för produktion av andra generationens biodrivmedel hinna utvecklas tillräckligt snabbt.

6.6 Industrin – möjligheter till utsläpp nära noll

- Industrin utgör en central del av den svenska ekonomin och är en mycket betydelsefull faktor om Sverige ska kunna nå nettonollvisionen.
- De flesta industribranscher i Sverige står för relativt små utsläpp per producerad enhet.
- Flera industribranscher har genom sin produktutveckling möjlighet att bidra till en kolsnål utveckling även utanför Sveriges gränser.
- För att utsläppen från industrin ska kunna minska betydligt krävs både teknikgenombrott och att det skapas förutsättningar för att relativt snabbt införa ny teknik.
- Det är nästan enbart koldioxidavskiljning och lagring (CCS) på industrins punktutsläpp som sänker utsläppen enligt de scenarier som tagits fram.
- CCS-tekniken skulle teoretiskt även kunna tillämpas på anläggningar som använder bioenergi och därmed t.o.m. ge negativa utsläpp.
- Industrins utsläpp utgör knappt 30 procent av utsläppen i Sverige

De flesta industribranscher har låga specifika växthusgasutsläpp (utsläpp per producerad enhet) redan i dagsläget i Sverige. Många branscher har dessutom goda förutsättningar att genom sin produktutveckling bidra till

att visionen om nettonollutsläpp uppnås (se nedan). Industrins utsläpp, främst från punktkällor, utgör knappt 30 procent av utsläppen i Sverige. I den energiintensiva industrin inom EU kommer nära två tredjedelar av utsläppen från förbränning och den resterande tredjedelen från tillverkningsprocesser. I Sverige är andelen utsläpp från industriell förbränning respektive industriprocesser hälften var. Järn- och stålindustrin står för omkring en tredjedel av industrins utsläpp i Sverige.



Figur 16 Utsläpp och prognos för utsläpp i Sverige från industrins förbränning och processer, inkl. raffinaderier och restgaser till el- och värmeförbrukning.

6.6.1 Teknikgenombrott, timing och incitament kan ge förutsättningar för kraftfulla utsläppsminskningar

Med dagens europeiska klimatpolitik (Europeiska kommissionen 2011a) beräknas industrins utsläpp minska med drygt 30 procent till 2050 jämfört med 1990. Men i de scenarier i kommissionens färdplan där effektiva tekniker kommer till användning minskar utsläppen istället med mellan 85 till 90 procent, alltså till nära noll år 2050.

I kommissionens referensscenario leder en framskrivning av nuvarande trender för industrins strukturutveckling och energieffektivisering till att utsläppen minskar något. De ytterligare åtgärderna inom industrin som

finns i kommissionens färdplan handlar nästan uteslutande om fortsatt energieffektivisering (minskad energiintensitet), byte av energibärare samt införandet av koldioxidavskiljning och lagring (CCS). CCS kommer in i slutet av perioden.

Incitamenten för dessa åtgärder är det högre koldioxidpris, som systemet för handel med utsläppsrätter antas ge. Dessutom behövs riktade satsningar på teknikutveckling och demonstration. Kommissionen konstaterar dock att särskild hänsyn behöver tas till konkurrensutsatt industri ifall inte motsvarande nivå på styrningen införs i andra regioner i världen. I en sådan situation behöver särskilda åtgärder vidtas.

Även IEA för fram CCS som den viktigaste åtgärden för att minska utsläppen i energiintensiv industri. På vägen mot teknikgenombrott är det enligt IEA även viktigt att bästa tillgängliga teknik alltid tillämpas när nya investeringar görs i industriproduktion. Även andra globala modeller kommer till liknande resultat³⁴.

Alternativa genombrotstekniker som ger ökad användning av förnybara energislag eller avkarboniserad el, värme eller vätgas (LETS 2011) förefaller dåligt undersökta eller bedöms ligga för långt från marknadsintroduktion. De ingår inte heller som alternativ i de modeller som använts.

De svenska energi- och utsläppsscenarierna till 2050 behandlar utsläppen från industrin relativt översiktligt men antar även de att det i huvudsak är CCS-teknik som ska bidra till att utsläppen kan minska. De svenska scenarierna är dock mer försiktiga när det gäller omfattningen av CCS i framtiden jämfört med kommissionens och IEA:s resultat. Ett scenario (IVL 2010) utgår från bedömningen McKinsey gjorde 2008 av åtgärdspotentialen för CCS inom industrin. Hänsyn togs dock inte till att McKinseys potentialbedömning bara sträckte sig 15 år fram i tiden utan samma siffror används till 2050. Ett annat scenario har också en relativt låg användning av CCS (Profu 2010). Resultatet beror på att utsläppsrättspriserna till 2050 inte bedömdes bli tillräckligt höga för att ge incitament till en introduktion i större omfattning av CCS i Sverige.

Att tillämpa CCS på anläggningar som använder bioenergi (BECCS) får inte något större genomslag i kommissionens modellering men finns med i IEA:s modelleringar. BECCS skulle potentiellt kunna innebära en intäktsmöjlighet (via EU ETS) för massa- och pappersindustrin i Sverige samtidigt som åtgärden t.o.m. skulle kunna bidra till negativa utsläpp från industrin i vårt land (LETS 2011).

34 Edenhofer et al 2010 (ADAM)

Den energiintensiva basindustrin är kapitalintensiv. Anläggningarna och den processutrustning som används har ofta långa livslängder. En omställning i denna sektor tar därför lång tid. I befintliga anläggningar kan återinvesteringar bland annat begränsas av brist på utrymme, obenägenhet att ta risker med ny teknik och höga krav på tillgänglighet (LETS 2011). Nya investeringar kan också prioriteras i anläggningar som ligger närmare marknader med högre tillväxt framför reinvesteringar i anläggningar i Europa.

Om CCS-teknik eller andra potentiella genombrotts tekniker ska hinna införas till 2050 utan större merkostnader orsakade av att befintliga system behöver avvecklas i förtid är det därför mycket bråttom.

Hur förutsättningarna egentligen ser ut för en sådan utveckling av CCS/BECCS och även för att andra kolsnåla tekniker skulle kunna utvecklas och tillämpas behöver studeras närmare i det fortsatta arbetet med färdplansuppdraget.

Takten i de forsknings- och utvecklingsinsatser som görs förefaller behöva öka väsentligt. Även detta behöver studeras närmare under fortsättningen av uppdraget.

6.6.2 Teknik för ett samhälle med mycket låga växthusgasutsläpp kan även bidra till utsläppsminskningar över sektors- och landsgränser

Utvecklingen mot en ekonomi med mycket låga utsläpp av växthusgaser i Sverige och i andra länder förutsätter omfattande strukturella investeringar och teknikutveckling av stora mått. Den här utvecklingen drivs också framåt av att priserna på energi och andra råvaror blivit högre och bedöms bli ännu högre i framtiden. I denna rapport talar vi om behov av stora investeringar i t.ex. energiproduktionsanläggningar, i smarta elnät, i teknik för distribuerad elproduktion (solceller, vindkraft, vågkraft, etc.), effektiva värme- och kylsystem, energieffektiva apparater, passivhus och de tekniklösningar det kan innebära i form av t.ex. isolermaterial, energisnåla fönster, energieffektiva förbränningsmotordrivna fordon, el- och bränslecellsfordon, spårinfrastruktur, ICT-lösningar, effektiva biodrivmedelstekniker, hållbar samhällsbyggnad, teknik för omfattande energieffektivisering inom industrin, CCS-teknik och andra tekniklösningar för extremt låga utsläpp från industriprocesser, användning av biomassa som råvara inom exempelvis plasttillverkning, klimatsmart mat m.m. Många näringsgrenar i Sverige berörs på olika sätt av den här utvecklingen. Vilken teknik eller vilka systemlösningar som blir vinnare inom olika områden vet vi inte idag men här finns stora möjligheter att konkurrera om andelar på en växande marknad.

6.7 Jord- och skogsbruk – kan bidra med bioenergi och ökad kolsänka

Våra huvudpunkter från granskning av publicerade scenariostudier och kommissionens färdplan är att:

- Jordbrukets metan – och lustgasutsläpp som kommer från biologiska processer kan inte undvikas om livsmedel ska produceras.
- Utsläppsminskningar i produktionen kan främst ske genom effektivare stallgödselhantering, investeringar i biogasanläggningar, förändrad fodermix och optimerad växnäringstillförsel.
- Ett trendbrott i vårt matval till minskad köttkonsumtion skulle minska utsläppen.
- Jordbruket också kan bidra som bioenergileverantör, med ökad kolsänka och med skogsplantering.

Ökad skogstillväxt skulle öka potentialen för substitution av fossila bränslen och för ökat nettoupptag av koldioxid. Hur stort utfallet skulle bli för nettoupptag är främst beroende av utvecklingen av avverkningsnivån. Ökad skogsavsättning kan i ett perspektiv på flera decennier ha potential för ökat nettoupptag men minskar samtidigt substitutionspotentialen på sikt.

Utsläppen av växthusgaser från jordbruksproduktion består både av koldioxid-, metan, och lustgasutsläpp. Koldioxid kommer från användning av fossila bränslen till traktorer och andra maskiner för produktionen samt avgång från mark när jorden brukas. Metanutsläppen kommer från djurhållningen, främst idisslande djurs matsmältning, i andra hand stallgödsel. Lustgasutsläppen härrör från kvävetillförsel och kväveomvandling i mark.

I Sveriges rapportering av växthusgasutsläpp är det enbart metan och lustgasutsläppen från djurhållning och kvävetillförsel som redovisas under jordbrukssektorn. Växthusgasutsläpp från fossila bränslen till maskiner redovisas under sektorn bostäder och service och utsläpp och upptag av koldioxid från jordbruksmark redovisas under LULUCF.

Jordbrukets metan- och lustgasutsläpp kommer från biologiska processer och kan inte undvikas om vi ska producera livsmedel. Vad, var och hur livsmedel produceras har dock en påverkan på storleken av utsläppen.

Från skogsbruket härrör utsläpp av koldioxid från bränsle för maskin-användning och utsläpp och upptag av koldioxid från skogsbiomassa och mark.

I detta kapitel avgränsar vi oss till att beröra jordbrukets metan- och lustgasutsläpp samt utsläpp och upptag av koldioxid från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF).

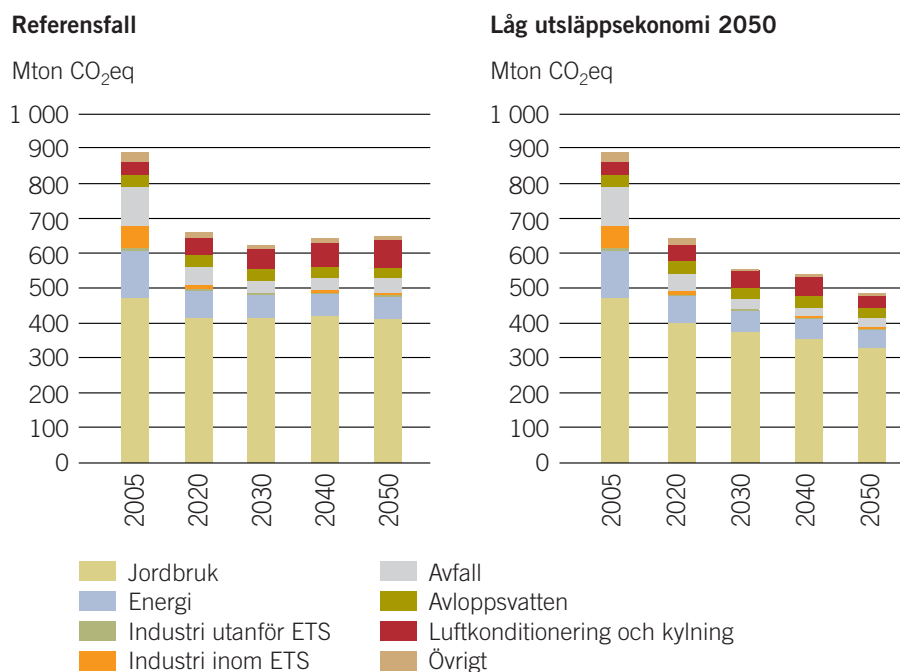
6.7.1 Ska vi producera mat i Sverige är jordbrukets bidrag till låga utsläpp år 2050 begränsat

Cirka 10 procent av EU:s totala växthusgasutsläpp är metan och lustgasutsläpp från jordbruket. Från 1990 till idag har utsläppen i EU minskat 20 procent till följd av en modernisering av jordbruket, minskat djuran-tal, minskad odlingsareal och minskad kvävegödning per odlad areal. Revideringar av den gemensamma jordbrukspolitiken (CAP) från produktionstöd till stöd frikopplat från produktionen samt implementeringen av nitratdirektivet har bidragit till utsläppsminskningen (EEA 2011).

I kommissionens referensscenario sker en reduktion av utsläppen med ca 30 procent till år 2050 jämfört med 1990. Med gällande politik fortsätter EU:s samlade jordbruksproduktion att minska till år 2020. Men med global befolkningsökning och ökad efterfrågan på livsmedel bedöms produktionen efter år 2030 komma att vända till en ökning. Med ökat välstånd antas också trenden med en ökad andel kött i livsmedelskonsumtionen fortsätta, vilket försvårar utsläppsminskningar av metan (Europeiska kommissionen 2011a).

Ytterligare utsläppsminskningar i jordbruket kan enligt kommissionens färdplan främst ske genom effektivare stallgödselhantering, investeringar i anläggningar för biogasproduktion från stallgödsel, förändrad fodermix och optimerad växtnäringstillförsel. Jordbruket kan enligt kommissionen nå 45 procent utsläppsminskning till 2050 jämfört med 1990. Då står jordbruket för ungefär en tredjedel av de totala utsläppen av växthusgaser i Europa.

Spridningseffekter i ekonomin i form av utsläpp i andra länder av ökad livsmedelsimport och påverkan på användning av insatsvaror har kommissionen inte analyserat. Förändrade konsumentbeteenden som minskad andel kött av livsmedelskonsumtionen och minskat livsmedelssvinn, som kan minska utsläppen ytterligare, redovisas inte heller. Men, det nämns att en vändning i konsumtionstrenden med ökad köttkonsumtion och livsmedelssvinn vore önskvärd.



Figur 17 Staplarna visar utsläpp av metan, lustgas och fluorerade gaser i EU i referensfallet (dagens politik) och i höger diagram effekterna av att styra mot en kolsnål ekonomi 2050. Metan- och lustgasutsläpp från jordbruket minskar i mindre omfattning än från övriga sektorer. (Europeiska kommissionen 2011a)

Kommissionen påpekar att politiken till 2050 borde fokusera på att öka jordbrukets bidrag som bioenergileverantör, att öka kolsänkan (underhålla gräsmarker, restaurera våtmarker och torvmarker samt minska markbearbetningen) och öppna för skogsplantering. Bioenergitillförseln från energigrödor bidrar med nästan 40 procent av den totala bioenergiproduktionen i kommissionens färdplan.

Den brittiska Klimatkommittén har analyserat fyra scenarier för det brittiska jordbruket. Klimatkommittén uppskattar att jordbrukets utsläpp av metan och lustgas i Storbritannien till år 2050 kommer att nå ca 25 procent minskning jämfört med 1990. Ytterligare minskning med bibehållen livsmedelsproduktion bedöms problematiskt för jordbrukets metan- och lustgasutsläpp eftersom tekniska lösningar inte förekommer på samma sätt som i andra sektorer (UK 2010). Ett scenario med särskild satsning på teknikutveckling, effektiviseringar och rådgivning för lägre växthusgasutsläpp kompletterat med ökad bioenergiproduktion, kolupptag och skogsplantering uppskattades kunna sänka metan- och lustgasutsläppen till 40 procent under 1990 års nivå.

Scenarier för jordbruket utgår alltså från traditionell kött- och vegetabilieproduktion, men producerad med ökad effektivitet, mindre mängd insatsvaror, mer högavkastande grödor och med ökad produktivitet i mjölk- och nötköttproduktionen.

Några scenarioanalyser över jordbrukets utveckling och växthusgasutsläpp i Sverige till 2050 har vi inte funnit. Hela den effektivitetsvinst i produktionen som beräknas kunna åstadkommas i medeljordbruket i EU förväntas dock inte vara möjlig att uppnå i Sverige. Svensk jordbruksproduktion står redan på en hög effektivitetsnivå³⁵.

Antar vi att Sverige vidmakthåller dagens nivå på livsmedelsproduktion bedömer vi det inte troligt utifrån dagens kunskap om åtgärdsalternativ att metan- och lustgasutsläppen från jordbruket i Sverige kan bidra med mer än maximalt 40-45 procent utsläppsreduktion till år 2050 jämfört med 1990. D.v.s. till ca 5 miljoner ton CO₂e eller 0,5 ton per capita. Denna bedömning gäller om inget trendbrott inträffar för vårt val av mat.

6.7.2 Skogen har betydande potential att motverka klimatförändringar

Såväl virkesförråden som den årliga skogstillväxten har ökat med ca 30 procent under den senaste 50-årsperioden (SOU 2006). En ytterligare ökning av tillväxten med 20–30 procent bedöms fullt realistisk om åtgärder för att förstärka virkesbalansen genomförs (Skogforsk 2004).

Resultat från Skogsstyrelsen och SLU (Skogsstyrelsen 2008) visar på olika åtgärder som kan öka den totala inbindningen av kol i skogsbiomassa. Skogsstyrelsen och SLU har genomfört ett antal alternativa scenarioanalyser över framtida skogsbruk och virkestillgång. Analyserna har inte haft som mål att beräkna den långsiktiga utvecklingen för nettoupptaget i skog och mark utan primärt beskriva möjlig utveckling vad gäller skogsvolymtillväxt och avverkningsbar volym.

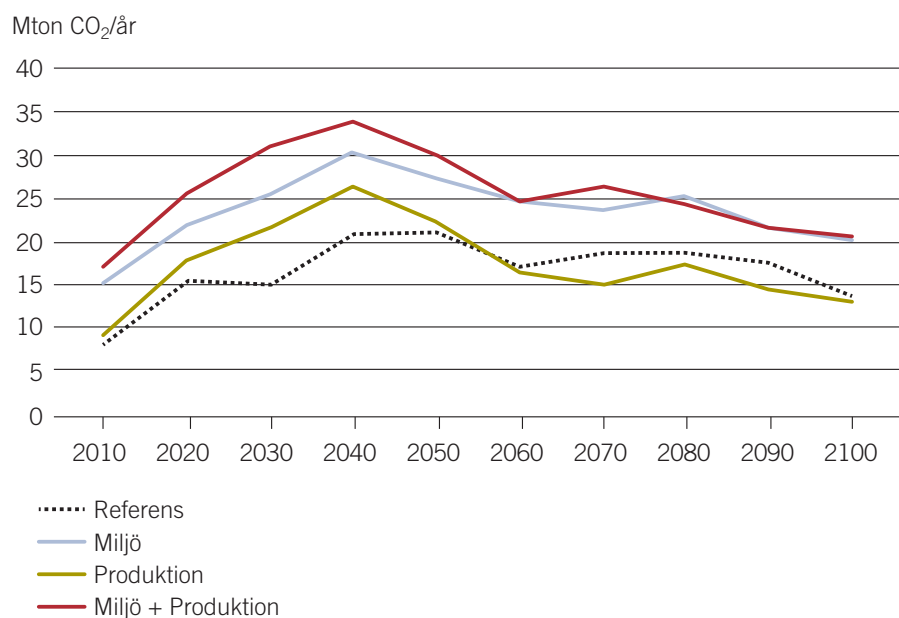
För LULUCF-sektorn måste vi ha i åtanke att tillväxtfrämjande åtgärder kan bidra till en ökad kolsänka (nettoupptag av koldioxid) till 2050 och/eller nyttjas för ökad avverkning vilken kan användas för material- och fossilbränslesubstitution. Om en kontinuerlig lagerökning sker kommer skogens kollager så småningom att nå en jämviktsnivå där upptag och utsläpp tar ut varandra. Skogen kommer dock i en sådan jämviktsnivå kunna bidra med en betydande bioenergiressurs.

Reservatsavsättningar kan öka kollagret i ett perspektiv på flera decennier, men minskar samtidigt potentialen för att ersätta fossila bränslen (substitution) på längre sikt. Tillväxtfrämjande åtgärder kan ha en betydande

35 Muntlig kommunikation med Torben Söderberg, Jordbruksverket.

effekt på kolsänkan under detta århundrade, enligt SLU. De har modellerat effekter av åtgärder, t.ex. trädförädling, ökade reservatsavsättningar, behovsanpassad gödsling, omställning av åkermark till skogsmark, intensivodling på marker som saknar höga naturvärden (SLU 2009). Dessa åtgärder innebär bl.a. en ökad kolsänka på kortare eller längre tidsperiod.

Figur 18 illustrerar skillnader i nettoupptag av koldioxid mellan fyra scenarier för skogens utveckling i ett 100-års perspektiv som modellerats av Skogsstyrelsen och SLU (Skogsstyrelsen 2008). Referensbanan representerar ett skogsbruk med den inriktning som kunnat observeras i början av 2000-talet. I miljöscenariet ingår ökad areal skyddad skog för att nå miljömålet Levande skogar. I produktionsscenarioet belyses effekter av högre investeringar för en ökad virkesproduktion. Det fjärde scenariet innebär en sammanslagning av förutsättningarna för Miljö- och Produktionsscenarioerna. I scenarierna styrs avverkningsnivåerna till stor del av tillväxtens storlek. Det innebär att nettoupptaget påverkas till följd av ökade arealer skyddad skog medan effekter på nettoupptaget av koldioxid av tillväxthöjande åtgärder avtar i scenarierna av den ökande avverkningsnivån. Skillnaderna mellan scenarierna är upp till 10 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år.



Figur 18 Årlig kollagerökning i Sverige i skogsbiomassa för fyra olika scenarier. Scenarierna som innefattar produktionsåtgärder är exklusive lagerökning på beskogad åkermark. Dessa scenarier är från SKA-08 (2008) varför referensbanan i denna figur skiljer sig från senaste prognosen som redovisas i figur 13. (Skogsstyrelsen 2008)

Dessa åtgärdsberäkningar tar dock inte hänsyn till ökade risker för negativa effekter på skogens nettoupptag i form av framtida skogsskador som kan följa av ett ändrat klimat. Det kan t.ex. handla om kraftigare stormar, ökad omfattning av skogsbränder och ökade insektsangrepp (Smith 2007, Seidl 2011).

Skogsstyrelsens beräkningar (Figur 18) tydliggör avverkningsnivåernas betydelse för nettoupptag. Varken i Skogsstyrelsens beräkningar eller i SLU:s utredning om tillväxthöjande åtgärder ingår någon egentlig prognos för utvecklingen av avverkningarnas storlek. Resultaten skall betraktas som skattningar över hur kolinbindningen i biomassa varierar för scenarier men de absoluta nivåerna på nettoupptaget bör tolkas med försiktighet. Avverkningens storlek styrs av konjunkturen och statens påverkansmöjlighet är liten.

En ytterligare åtgärd som diskuteras är att en viss andel av arealen brukas med hyggesfria metoder. Om det blir verklighet, exempelvis på vissa fuktigare marker, kan också kollagrets storlek liksom substitutionsnyttan påverkas. För att ta reda på hur mycket och i vilken riktning påverkan sker krävs dock fortsatt forskning och analys.

Det är uppenbart från Skogsstyrelsens och SLU:s scenariomodelleringar att åtgärder för att öka skogstillväxten har betydande potential för ökad kolinbindning som kan komma att bli till ett ökat nettoupptag och/eller utnyttjas för ökad skörd av trädbiomassa. Det är samtidigt viktigt att åtgärder för att öka skogstillväxten och skogsbränsleuttaget görs på ett uthålligt sätt, d.v.s. utan att medföra risker för andra miljömål som Levande skogar, Bara naturlig försurning, Ingen övergödning och Giffri miljö (de Jong m fl 2012).

7 Utvecklingen internationellt

7.1 Utvecklingen inom EU

Kommissionen har under 2011 antagit flera färdplaner, sk. roadmaps, som alla tar sikte på EU:s utveckling till 2050. Initiativen motiveras alla med att de efterfrågas under ett av de s.k. flaggskeppsinitiativen, ”Ett resurseffektivt Europa” under EU:s tillväxtstrategi från 2010, Europe 2020.

Först kom meddelandet med en färdplan mot en konkurrenskraftig och koldioxidsnål ekonomi 2050, från mars 2011. Delar av innehållet, främst den tillhörande scenariomodelleringen av utsläppsbanor i olika sektorer i EU fram till 2050 presenteras relativt utförligt i denna rapport. Meddelandet behandlades i Rådet under våren 2011. Vid miljöministermötet i juni ställde sig 26 medlemsländer bakom slutsatserna från det dåvarande ordförandelandet, Ungern³⁶. Det gick däremot inte att enas om några gemensamma rådslutsatser om färdplanen, främst pga. de implikationer planen skulle kunna ha på EU:s utsläppsnivå 2020 (–25 % jämfört med EU:s nuvarande mål om –20 % utsläppsminskning jämfört med 1990). Det finns alltså ännu inte EU-gemensamma slutsatser om en färdplan för en koldioxidsnål ekonomi i EU 2050.

I slutet av mars antog kommissionen dessutom en s.k. vitbok för transporter ”Roadmap to a single European Transport Area”³⁷.

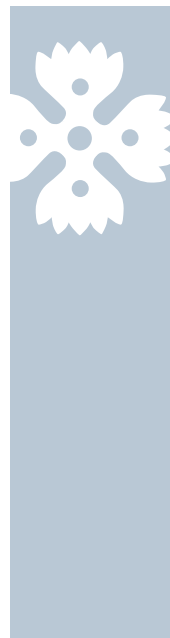
I september 2011 antog kommissionen färdplanen mot ett resurseffektivt Europa³⁸. Denna färdplan syftar till att åstadkomma ett första steg mot en sammanhållen ram för politiken och åtgärderna på området, för att bidra till en resurseffektiv ekonomi. Det betyder att den omfattar en rad politikområden, hela samhället, och i stort sett alla miljö- och resursfrågor på ett samlat sätt. Meddelandet kompletterar de andra förslagen under ”flaggskeppsinitiativet resurseffektivitet”, t.ex. den ovan nämnda färdplanen mot en koldioxidsnål ekonomi men också förslag om ytterligare åtgärder för att nå EU:s energieffektiviseringsmål till 2020 samt vitboken för transporter.

Målen i färdplanen för resurseffektivitet är inte så konkret formulerade. Utvecklingen mot en ökad resurseffektivitet ska följas genom indikatorer.

36 3103rd Environment council.

37 COM(2011) 144 28 mars.

38 Roadmap to a Resource Efficient Europe COM(2011)571final.



Som huvudindikator föreslås den totala inhemska resursanvändningen i EU per BNP-enhet användas. Huvudindikatorn ska dock utvecklas så den även omfattar resursåtgången globalt för EU:s länder. Dessutom ska indikatorer tas fram som avspeglar utvecklingen inom områden där resursanvändningen orsakar särskilt stora problem, t.ex. på utvecklingen av den biologiska mångfalden. För att stimulera en utveckling mot hållbar produktion och konsumtion framhålls en vidareutveckling av livscykelanalyser som ett särskilt viktigt utvecklingsområde.

Rådsslutsatser om meddelandet antogs i december 2011³⁹. I dessa stödde ministrarna bland annat kommissionens förslag till en vision för resurseffektivisering till 2050 men med tillägget att:

”EU:s klimatmål till 2050 ... att minska utsläppen med 80–95 procent 2050 jämfört med 1990 års nivå ska nås, *samtidigt* som den biologiska mångfalden och de ekosystemtjänster som klimatmålet är till för att understödja skyddas, värderas och återställs på lämpligt sätt”. En av de tydligaste kopplingarna mellan resurseffektiviseringsstrategin och en strategi för mycket låga växthusgasutsläpp som vi funnit så här långt.

Den 15 december 2011 antog kommissionen även en energifärdplan till 2050⁴⁰. Denna färdplan ska utveckla de utmaningar som ligger i att både uppnå EU:s klimatmål till 2050 samtidigt som mål om konkurrenshänsyn och säker energitillförsel också ska nås. Färdplanen visar några olika energisystemscenarier för EU fram till 2050. Scenarierna⁴¹ bygger vidare på det tidigare arbetet med färdplanen för en koldioxidsnål ekonomi. Scenarierna visar att investeringskostnaderna för olika energisystemlösningar hamnar på ungefär samma nivå. Det gäller även kostnaderna för ett referensscenariario med dagens politik som leder till ett energisystem där användningen av fossila bränslen delvis blir kvar 2050. EU-länderna står inför omfattande reinvesteringar i energisystemet oavsett mål om en kolsnål utveckling till 2050 eller inte. Om de nya investeringarna går till lösningar som innebär en fortsatt användning av fossila bränslen kvarstår unionens relativt omfattande beroende av import av fossila bränslen och bränslekostnaderna riskerar bli höga. Färdplanen betonar i hög grad de val som betraktas som framgångsrika (sk. *no regrets strategies*) oavsett omvärldsutveckling när det gäller framtida klimatåtaganden i världen. Färdplanen lyfter också fram behovet av att det nu tas fram mål till 2030 inom EU.

39 3139th Environment council.

40 Energy Roadmap COM(2011)885/2

41 I färdplanen presenteras fem olika scenarier: ett baseras främst på energieffektiviseringar, ett på en mix av olika teknologier, ett på förnybar energi, ett på kärnkraft och ett på kol och gas med koldioxidavskiljning och lagring, CCS.

Under 2012 planerar kommissionen (Energidirektoratet) att följa upp meddelandet med en förnybarhetsstrategi och ett meddelande om genomförande av demonstrationsprojekt med CCS-teknik. Klimatdirektoratet planerar å sin sida att presentera meddelanden rörande sjöfart under unionens klimatmål, LULUCF under unionens klimatmål samt förslag till utveckling av EU:s F-gas förordning och koldioxidregler för bilar till 2020. Rådsslutsatser om klimatfärdplanen står på nytt på dagordningen för miljørådet under våren 2012.

7.2 Klimatförhandlingarna

Under klimatförhandlingarna, COP17 i Durban, december 2011, gjordes vissa framsteg mot ett nytt globalt avtal för en begränsning av växthusgasutsläpp. EU tillsammans med ett fåtal andra parter beslutade att ingå i en andra åtagandeperiod under Kyotoprotokollet för perioden 2013 till 2017 alternativt till 2020.⁴² Vidare beslutades en färdplan för en ny överenskommelse samt en ny arbetsgrupp för denna arbetsprocess, den s.k. ”Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for enhanced action”. Färdplanen innebär att en ny överenskommelse i form av ett protokoll eller rättsligt instrument ska förhandlas fram som ska gälla samtliga parter under Konventionen. Instrumentet/protokollet ska beslutas senast 2015 och det nya avtalet träda i kraft år 2020.⁴³

Ett flertal svåra frågor om ändringar i Kyotoprotokollet för dess andra åtagandeperiod sköts på framtiden, men parterna tog beslut om bokföringsreglerna för skogs- och markanvändningssektorn för de länder som kommer att ha åtagande att reducera sina utsläpp⁴⁴.

Andra områden där förhandlingarna gick framåt var bl.a. inom anpassning, finansiering, tekniköverföring och frågan om nya marknadsbaserade mekanismer.

Avseende anpassning beslutades i Durban bl.a. att operationalisera en anpassningskommitté med syftet att främja och samordna anpassningsåtgärder under konventionen och att ge råd till COP i anpassningsfrågor⁴⁵. Framsteg gjordes också när det gäller att etablera en process

42 Beslut -/CMP.7 Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol at its sixteenth session.

43 Beslut -/CP.17 Establishment of an Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action.

44 Beslut -/CMP.7 Land use, land-use change and forestry.

45 Beslut -/CP.17 Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention, paragraf 92–119.

för att stödja de minst utvecklade länderna i anpassningsplanering och genomförande av åtgärder⁴⁶.

I Köpenhamnsackordet 2009 beslutades att etablera en grön klimatfond för att finansiera projekt som syftar till utsläppsminskningar och anpassning till ett förändrat klimat i utvecklingsländer⁴⁷. I Durban togs viktiga beslut som innebär att fonden nu kan operationaliseras⁴⁸. Det fattades även beslut om att skapa ett arbetsprogram för den långsiktiga finansiering som beslutades i Köpenhamn 2009 om 100 miljarder dollar per år från och med 2020 till klimatrelaterade åtgärder i utvecklingsländer⁴⁹. Arbetsprogrammet ska bidra till att mobilisera medel och undersöka olika möjligheter till hur de 100 miljarderna kan mobiliseras.⁵⁰

Tekniköverföring är viktigt för att ge utvecklingsländerna tillgång till ny, energieffektiv och miljövänlig teknik. I Durban fattades en rad beslut angående en teknikkommitté⁵¹ och ett klimatteknikcenter⁵² som möjliggör en operationalisering av den teknikmekanism som etablerades i Cancún 2010⁵³.

Vidare togs i Durban beslut om att en ny marknadsbaserad mekanism ska definieras och ett arbetsprogram ska tas fram för att utveckla detaljer för en sådan mekanism. Målet är att ta ett beslut om den nya mekanismen under COP18 i december 2012.⁵⁴

KYOTO-PROTOKOLLET FÖRLÄNGS MED EN ANDRA ÅTAGANDEPERIOD
Flertalet parter till Kyotoprotokollet, däribland EU, kom i Durban överens om att gå in i en andra åtagandeperiod för Kyotoprotokollet med start 2013 och slut 2017 eller 2020. Fastställandet av hur parternas åtaganden ska definieras, periodens längd, samt hur eventuella överskott av tilldelad utsläppsmängd från föregående period bör hanteras ska ske vid nästa partsmöte i december 2012. Först därefter kan det reviderade protokollet

46 Beslut -/CP.17 National adaptation plans.

47 Beslut 2/CP.15 Copenhagen Accord, paragraf 7.

48 Beslut -/CP.17 Green Climate Fund – Report of the Transitional Committee.

49 Beslut 2/CP.15 Copenhagen Accord, paragraf 8.

50 Beslut -/CP.17 Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention, paragraf 126–132.

51 Beslut -/CP.17 Technology Executive Committee- modalities and procedures

52 Beslut -/CP.17 of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention, paragraf 133–143.

53 Beslut 1/CP.16 The Cancún Agreements: Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention, paragraf 117.

54 Beslut -/CP.17 Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention, paragraf 83–86.

bedömas vara i bokförings- samt ratificeringsbart skick. Om det ska ratificeras eller ej bedöms dock vara beroende av resultatet av arbetet om ett nytt avtal för alla parter. Kanada, Japan och Ryssland avser inte att ingå i en andra åtagande period, utan har endast kommunicerat sina utsläppsreduktionsmål under konventionen. Kazakstan har lagt in ett åtagande om 15 % för den andra åtagandeperioden, statusen på om detta är beslutat är dock något oklart.⁵⁵ Vidare beslutades om regler som ger parterna en uppdaterad gemensam beräkningsgrund för sina utsläpp⁵⁶.

FÄRDPLAN MOT EN NY ÖVERENSKOMMELSE

Samtliga parter under klimatkonventionen har beslutat att en process för att utveckla en ny överenskommelse med rättslig verkan ska sättas igång under den första delen av 2012. Överenskommelsen ska omfatta samtliga parter under Konventionen. För detta ändamål har en ny arbetsgrupp bildats, den s.k. ”Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for enhanced action”. Arbetsgruppen ska avsluta sitt arbete senast 2015 så att ett nytt avtal kan träda i kraft från 2020.

Parterna har även belyst det gap som finns mellan redovisade mål för utsläppsbegränsningar och de ambitioner som krävs för att hålla temperaturen under 2 eller 1,5 grader. Det beslutades att processen ska höja ambitionsnivån och en arbetsplan lanserades för identifiering och utredning av möjligheter för att minska gapet och öka ambitionsnivån.⁵⁷

Processen för att höja ambitionsnivån och komma fram till ett nytt avtal går parallellt med den första periodiska översynen.⁵⁸ Utformningen av denna översyn är dock inte fullt fastställd men utgångspunkten är att använda vetenskaplig och annan information – så som IPCC:s femte utvärderingsrapport och nationella rapporter – för att utvärdera den sammantagna effekten av parternas åtgärder i förhållande till det yttersta syftet med konventionen. Denna översyn och IPCC:s femte utvärderingsrapport bedöms att få stor inverkan på den övergripande förhandlingsprocessen.

55 Beslut -/CMP.7 Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol at its sixteenth session.

56 Beslut -/CMP.7 Greenhouse gases, sectors and source categories, common metrics to calculate the carbon dioxide equivalence of anthropogenic emissions by sources and removals by sinks, and other methodological issues.

57 Beslut -/CP.17 Establishment of an Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action.

58 Beslut 1/CP.16 The Cancun Agreements: Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention, paragraf 138–140.

SKOGS- OCH MARKANVÄNDNINGSSSEKTORN

Skogs- och markanvändningssektorn har en potential att bidra med utsläppsminskningar. I Durban beslutades att bokföring av upptag och utsläpp från skogs- och markanvändningssektorn även i den andra åtagandeperioden ska ske aktivitetsvis. Bokföringsreglerna för skogsbruk, som är den mest betydelsefulla aktiviteten, bygger på att Annex 1-länderna själva föreslår en referensnivå mot vilken det faktiska nettoupptaget eller nettoutsläppen ska jämföras. De i Durban beslutade bokföringsreglerna beskrivs mer detaljerat i avsnittet ”*Nettonollvision i landet – kolsänkan antas ge ett bidrag*”⁵⁹.

MARKNADSBASERADE MEKANISMER

Syftet med marknadsbaserade mekanismer är att öka möjligheterna till kostnadseffektiva utsläppsminskningar. Marknadsbaserade mekanismer kan även komma att spela en roll för att få fram de 100 miljarder dollar/år till klimatrelaterade åtgärder i utvecklingsländerna som utvecklade länder ska mobilisera till 2020. I Durban gjordes framsteg dels vad det gäller nya marknadsbaserade mekanismer⁶⁰ dels i utveckling och förbättring av CDM under Kyotoprotokollet⁶¹.

Det beslutades att en ny marknadsbaserad mekanism ska definieras för att öka kostnadseffektiviteten av och främja åtgärder för utsläppsminskningar. Ett arbetsprogram ska tas fram för att utveckla detaljer för en sådan mekanism med mål att ta ett beslut om den nya mekanismen under COP18 i december 2012. Den nya marknadsbaserade mekanismen ska kunna användas för att möta utsläppsåtaganden under Konventionen.⁶²

BUNKERFRÅGAN

I Durban fattades inget beslut i frågan om utsläpp från internationell sjöfart och flyg, men parterna enades om att fortsätta en dialog om frågan inom ramen för Klimatkonventionen⁶³.

59 Beslut -/CMP.7 Land use, land-use change and forestry.

60 Beslut -/CP.17 Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention, paragraf 83–86.

61 Beslut -/CMP.7 Materiality standard under the clean development mechanism och beslut -/CMP.7 Modalities and procedures for carbon dioxide capture and storage in geological formations as clean development mechanism project activities.

62 Beslut -/CP.17 Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention, paragraf 83–86.

63 Beslut -/CP.17 Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention, paragraf 78.

8 Referenser

- Allen et al (2009), Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillionth tonne, *Nature* Vol 458, sid 1163–1166.
- Baer et al (2008), *The Greenhouse Development Rights Framework*, Heinrich Böll Foundation, Christian Aid, EcoEquity and the Stockholm Environment Institute.
- deFacto 2010 (2011), *Miljömålen – Svensk konsumtion och global miljöpåverkan*, Naturvårdsverket
- Den Elzen. M. och Höhne. N. (2008), Reductions of greenhouse gas emissions in Annex 1 and non-Annex 1 countries for meeting concentration stabilisation targets, *Climatic Change* 91: 249–274.
- de Jong, J., Akselsson, C., Berglund, H., Egnell, G., Gerhardt, K., Lönnberg, L., Olsson, B., von Stedingk, H. (2012). *Konsekvenser av ett ökat uttag av skogsbränsle. En syntes av Energimyndighetens forskningsprogram inom Skogsbränsle och Miljö 2005–2009*. Energimyndigheten.
- den Elzen et al (2010), Postponing emissions reductions from 2020 to 2030 increases climate risks and long-term costs, *Climate Change* 99(1):313–320.
- den Elzen, Lucas & van Vuuren, 2008. Regional abatement action and costs under allocation schemes for emission allowances for achieving low CO₂-equivalent concentrations. *Climatic Change*; Volume 90, Number 3: 243–268.
- EEA (2011), *Greenhouse gas emissions in Europe: a retrospective trend analysis for the period 1990–2008*, EEA Report NO 6/2011.
- EG Science (2008), *2°C Target*.
- EG Science, 2010. *Scientific perspectives after Copenhagen*
- Ekholm T, Lindroos T (2011), A risk hedging strategy for the 2°C target and the Copenhagen Accord, *TemaNord* 2011:543.
- Elforsk (2010), *Ett fossiloberoende transportsystem år 2030*. Elforsk Rapport 10:55, Juni 2010.
- Energimyndigheten/Naturvårdsverket (2007) ET2007:29. *Den svenska klimatstrategins utveckling – En sammanfattning av Energimyndighetens och Naturvårdsverkets underlag till kontrollstation 2008*.
- Energy Modelling Forum 22, <http://emf.stanford.edu/research/emf22/>.
- Energimyndigheten (2011), *Energiläget 2011*.



- Europeiska kommissionen (2010), Analysis of options to move beyond 20%, COM (2010) 86 final.
- Europeiska kommissionen (2011a). A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 (COM(2011) 112 final), Commission staff working document Impact assessment.
- Europeiska kommissionen (2011b), Energy Roadmap COM(2011)885/2.
- Europeiska kommissionen (2011c), White paper, Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system COM(2011) 144 final.
- Finland (2009), Government foresight report on Long-Term Climate and Energy Policy: Towards a Low Carbon Finland
- Friedlingstein P et al, (2010) Update on CO₂ emissions, Nature Geoscience 3, sid 811–812.
- Gohar and Lowe (2009), Summary of the emission mitigation scenarios (AVOID Report), Department of energy and climate change, UK.
- Grahn M, Hansson J (2009) Möjligheter för förnybara drivmedel i Sverige till år 2030. Avdelningen för fysisk resursteori, Chalmers tekniska högskola. Göteborg.
- Hansson H-C et al (2011), Black carbon – possibilities to reduce emissions and potential effects, ITM report 202.
- Hoel, Greaker, Grorud & Rasmussen 2009. Climate Policy: Costs and design. A survey of some recent numerical studies. Nordic Council of Ministers, TemaNord 2009:550.
- Houghton R.A, (2003). Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850–2000. Tellus 55B:378-390.
- IEA (2010a). Energy Technology Perspectives 2010.
- IEA (2010b) World Energy Outlook 2010.
- IPCC AR4 (2007a), The physical science basis.
- IPCC WG3 (2007b), Mitigation of climate change.
- IPCC (2011), Special report on renewable energy sources and climate change mitigation.
- IVA (2008). En svensk nollvision för växthusgasutsläpp – Vägval energi, sid 21
- IVL (2010). Swedish long-term low carbon scenario – Exploratory study on opportunities and barriers.

- IVL/WWF (2011) Energy Scenario for Sweden 2050 – Based on Renewable Energy Technologies and Sources,
- KNEG, Trafikverket och Chalmers (2011), Vägen till klimatneutrala gods-transporter. Hur når vi en fossiloberoende fordonsflotta? Rapport till resultatkonferens 2011.
- KVA (2010). Sveriges energikarta – Scenario om hur energiläget i Sverige kan se ut år 2050 utarbetat av Kungl. Vetenskapsakademins Energiutskott.
- Kuik, Brander & Tol (2009). Marginal Abatement Costs of Carbon-Dioxide Emissions: A Meta-Analysis, *Energy Policy* 37:1395–1403.
- LETS 2050 (2011). Working Paper, Att styra mot ett klimat neutralt samhälle.
- Le Quéré et al (2009), Trends in the sources and sinks of carbon dioxide, *Nature Geoscience* (publicerad online 17 November 2009).
- Lindgren et al in prep (2011),
- McKinsey&Company (2008). Möjligheter och kostnader för att reducera växthusgasutsläpp i Sverige, sid 44–45
- Meinshausen et al (2009), Greenhouse gas emission targets for limiting global warming to 2°C, *Nature* Vol 458, sid 1158–1162.
- Myhre G, et al (2011), Mitigation of short-lived heating components may lead to unwanted long-term consequences, *Atmospheric Environment*, vol. 45, pages 6103–6106.
- Naturvårdsverket/KTH (2007), Tvågradersmålet i sikte? Scenarier för det svenska energi- och transportsystemet till år 2050, Rapport 5754.
- Naturvårdsverket (2011a), Miljömålen på ny grund, Rapport 6433.
- Naturvårdsverket (2011b), National Inventory Report 2011 Sweden.
- Naturvårdsverket (2011c), Report for Sweden om assessment of projected progress in accordance with article 3.2 under Council Decision No 280/2004/EC on a mechanism for monitoring community greenhouse gas emissions and for implementing the Kyoto protocol, March 2011.
- Pan Y. et al (2011), A large and persistent carbon sink in the world's forests, *Science* vol. 333:988–993.
- Profu (2010a). Scenarier för utvecklingen av el- och energisystemet till 2050 – resultat från modellkörningar med energisystemmodellen MARKAL-Nordic.
- Profu (2010b), Fossiloberoende transportsektor 2030 – hur långt når fordonstekniken? Etapp 1. 2011-08-30.

- Ranger N, et al (2010), Mitigating climate change through reductions in greenhouse gas emissions: is it possible to limit global warming to no more than 1,50C. Policy brief August 2010, Centre for Climate Change Economics and Policy and MetOffice.
- Regeringens proposition 2001/02:55 (2002) Sveriges klimatstrategi.
- Regeringens proposition 2008/09:162 (2009), En sammanhållen klimat- och energipolitik.
- Rogelj et al (2010); Copenhagen Accord pledges are paltry; Nature, Vol 464, 1126–1128.
- Rummukainen M et al (2010), Physical climate science since IPCC AR4, TemaNord 2010:549.
- Seidl, R. et al (2011), Modelling natural disturbances in forest ecosystems. Ecological Modelling 222:903-924.
- Skogforsk (2004), Ökad produktion i familjeskogsbruket – analys av tillväxthöjande och skadeförebyggande åtgärder.
- Skogsstyrelsen (2008), Skogliga konsekvensanalyser 2008 SKA-VB 08. Rapport 25/2008.
- SLU (2009), Möjligheter till intensivodling av skog. Slutrapport från regeringsuppdrag Jo 2008/1885.
- SMHI (2011), Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet, Klimatologi Nr 4, 2011.
- Smith, B. et al (2007), Climate-related change in terrestrial and freshwater ecosystems. In: Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. BACC Author Group, Springer Verlag. pp. 221–308.
- SOU (2006) Mervärdesskog, SOU 2006:81.
- SOU (2007), Vetenskapligt underlag för klimatpolitiken, Miljövärdsberedningens rapport 2007:03.
- Syri et al (2008), Global energy and emissions scenarios for effective climate change mitigation – Deterministic and stochastic scenarios with the TIAM model, International journal of greenhouse gas control (2008) 274–285.
- Trafikverket, Trafikslagsövergripande planeringsunderlag för Begränsad klimatpåverkan. Publikation 2010:095.
- UK Climate Change Committee on Climate Change (2009) The UK Low carbon transition plan National strategy for climate and energy, juli 2009.

- UK Climate Change Committee (2010), 2050 Pathways analysis
(July 2010)
- UNEP (2010), The Emissions Gap Report,
- UNEP (2011a), Bridging the emissions gap.
- UNEP (2011b), Integrated assessment of black carbon and tropospheric
ozone
- Winkler et al (2009), Analysis of possible quantified emission reduction
commitments by individual Annex 1 parties, University of Cape Town.
- Winkler et al (2011), Equitable access to sustainable development,
Contribution to the body of scientific knowledge, A paper by experts
from BASIC countries
- WWF (2011). Hållbar energi – 100 % förnybart på naturens villkor.

9 Akronymer och förkortningar

BAU	Business-as-usual
BECCS	Koldioxidavskiljning och lagring tillämpat på bio-baserade förbränningsanläggningar (Bio Energy CCS)
BNP	Bruttonationalprodukt
CCS	Koldioxidavskiljning och lagring (Carbon Capture and Storage)
CDM	Mekanismen för ren utveckling (Clean Development Mechanism)
CO ₂ e	Koldioxidekvivalenter
COP	Klimatkonventionens partskonferens (Conference of the Parties)
EEA	Europeiska miljöbyrån (European Environmental Agency)
EU ETS	Europeiska Unionens system för handel med utsläppsrätter (Emissions Trading System)
F-gas	Fluorerad gas
GDR	Greenhouse Development Right
Gigaton (Gton)	Miljarder ton
ICT	Informations- och kommunikationsteknologi (Information and Communication Technology)
IEA	International Energy Agency
IPCC	FN:s internationella klimatpanel (Intergovernmental Panel on Climate Change)
IVA	Ingenjörsvetenskapsakademin
IVL	Institutet för vatten och luftvård
KTH	Kungliga Tekniska Högskolan
KVA	Kungliga vetenskapsakademin
LETS	Forskningsprogrammet ”Low carbon Energy and Transport Systems
LUC	Förändrad markanvändning (Land Use Change)
LULUCF	Markanvändning, förändrad markanvändning, och skogsbruk (Land Use, Land Use Change and Forestry)
Ppm	Miljondelar (parts per million)

RCI	Responsibility Capacity Index
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
SMHI	Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
TWh	Terawattimmar
UNEP	FN:s miljövarsprogram (United Nations Environmental Programme)
WWF	Världsnaturfonden

Sverige utan klimat- utsläpp år 2050

RAPPORT 6487

NATURVÅRDSVERKET
ISBN 978-91-620-6487-7
ISSN 0282-7298

Sveriges påverkan på jordens klimat ska minska kraftigt. Att minska utsläppen i den takt och i den omfattning som krävs för att bromsa den pågående ökningen av jordens medeltemperatur till högst två grader är en stor och global utmaning.

Regeringen gav i juli 2011 Naturvårdsverket i uppdrag att lämna ett underlag till en svensk färdplan för att uppnå visionen om att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser 2050.

Den här delrapporten presenterar en sammanställning av svenska och internationella scenariostudier inom klimat- och energiområdet. Europeiska Kommissionens modellering av en europeisk utveckling mot låga utsläpp år 2050 är ett av flera kunskapsunderlag. Studierna belyser åtgärder i olika sektorer som kan bidra till framtida låga utsläpp och fokuserar främst på potential genom teknisk utveckling. Delrapportens beskrivning av åtgärdspotential inom olika sektorer baseras uteslutande på dessa studiers slutsatser.

