

# En svensk nollvision för växthusgasutsläpp

**Vägval energi**

KUNGL. INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN (IVA)  
är en fristående akademi med uppgift att främja tekniska  
och ekonomiska vetenskaper samt näringslivets utveckling.  
I samarbete med näringsliv och högskola initierar och föreslår  
IVA åtgärder som stärker Sveriges industriella kompetens och  
konkurrenskraft. För mer information om IVA och IVAs projekt,  
se IVAs webbplats: [www.iva.se](http://www.iva.se)

Utgivare: Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA), 2008  
Box 5073, SE-102 42 Stockholm  
Tfn: 08-791 29 00

IVA-M 401  
ISSN: 1102-8254  
ISBN: 978-91-7082-791-4

Textredigering: Henrik Lundström, frilans  
Layout: Pelle Isaksson, IVA

Denna rapport finns att ladda ned som pdf-fil  
via IVAs hemsida [www.iva.se](http://www.iva.se)

# Innehåll

Sammanfattning .....	4
Summary .....	6
<b>1. Bakgrund och syfte .....</b>	<b>9</b>
En svensk nollvision är nödvändig .....	9
Projektets syfte och ambition.....	9
Projektets avgränsningar .....	10
Definitioner och förklaringar.....	10
<b>2. Nuläge .....</b>	<b>11</b>
Nettopptag och utsläpp utanför Kyotoprotokollet .....	11
Beskrivning av varje sektors bidrag till utsläppen .....	12
<b>3. Delmål 2030.....</b>	<b>15</b>
Hur vi når delmål 2030 – sektor för sektor .....	16
<b>4. Nollvision 2043 – Tre nödvändiga prioriteringar .....</b>	<b>19</b>
Utveckla elsamhället.....	19
Skogen och jordbruket – ett värdefullt biologiskt system .....	22
Avskiljning och lagring av koldioxid .....	24
Avslutande kommentarer.....	24
<b>5. Bilaga.....</b>	<b>25</b>
Om projektet .....	25
Referenser.....	25

# Sammanfattning

De flesta klimatforskare i världen är ense om att vi redan idag, på nivån 385 ppm, har en så stor mängd växthusgaser i atmosfären att alla tillskott måste anses som oacceptabla. Enligt IPCC, FNs klimatpanel, ökar jordens medeltemperatur med två grader vid 450 ppm. Att överstiga den nivån bedöms ge radikala försämringar för mänskligt liv på jorden. Tillskottet ligger idag på två ppm per år vilket innebär att utsläppen måste komma ner till noll inom trettiofem år för att inte överstiga två graders temperaturökning.

Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien har med IPCCs slutsatser som utgångspunkt tagit fram ”En svensk nollvision för växthusgasutsläpp”, för att se hur vi kan minska utsläppen av växthusgaser redan nu och inom trettiofem år komma ner till noll. Vi konstaterar att befintlig teknologi kan ge stora effekter men pekar också på områden där ny utveckling måste ske.

Vår bedömning är att nollutsläpp, det vill säga balans mellan utsläpp och lagring, går att åstadkomma men det kräver en målmedveten handlingsplan. Tre områden är strategiskt viktiga för att komma ifrån användningen av fossil energi och eliminera utsläppen av växthusgaser; att utveckla elsamhället, att utnyttja och sköta skogen och jordbruket mer växthusmart (öka bindning och minska läckage) samt fånga in och lagra koldioxid.

- Förutsättningarna för att **utveckla elsamhället** är att vi har tillgång till el utan växthusgasutsläpp till ett konkurrenskraftigt pris. Med effektiviseringar av nuvarande elanvändning samt ett tillskott från el genererad av vind, sol och vatten kan vi till exempel ställa om hela personbilsparken till eldrift samt minska användningen av fossila bränslen inom en rad andra områden. Vägtransporter står för nära 30 procent av våra nettoutsläpp. Elnät och tariffer behöver utvecklas så att även lokal eltillförsel från till exempel enskilda vindkraftverk stimuleras. På ännu längre sikt kan överföringskapaciteten byggas ut så att till exempel el från stora solcellsparken i Sydeuropa kan komplettera svensk vattenkraft.
- **Jord- och skogsbruket** har stor betydelse för klimatet, både vad gäller utsläpp och upptag av växthusgaser. Med rätt skötsel av Sveriges skog och jord kan dels tillväxten och därmed kolsänkan ökas dels kan utsläppet av koldioxid och metan från naturliga processer i marken reduceras. Dessutom kan skogens och skogsindustrins rest- och biprodukter utnyttjas bättre om de inte enbart används i fjärrvärmeanläggningar och för kraftproduktion, utan också genom utveckling av ny teknik bli råvara för andra generationens biodrivmedel.
- För processindustrin och det stora antalet kolkraftverk i världen torde **avskiljning och lagring av koldioxid** bli en nödvändighet. I Sverige finns 14 utsläppskällor med mer än en miljon ton koldioxid vardera om året motsvarande totalt 23 miljoner ton koldioxid. Det är viktigt att utveckla tekniker för avskiljning och lagring av dessa utsläpp, men här återstår mycket arbete för att säkerställa att avskiljningen fungerar och att lagringen är säker. Sverige bör med sin stora basindustri engagera tillräckliga resurser för att delta i den internationella utvecklingen av denna teknik.

Förutsättningen för att lyckas med en nollvision är ett nytt sätt att tänka och agera i hela samhället. Att hushålla med resurser och eliminera växthusgasutsläpp måste bli en självklarhet. En systematisk information måste ske där allt från dagliga konsumentval till större investeringar görs med full kunskap om vilka utsläpp varje beslut medför.

Förändringen av svensk industri och hela samhället måste ske på sådant sätt att konkurrensen inte snedvrids när globala regelverk förhandlas fram. Med den förändring, drivet av klimatkraven, som hela världen måste genomgå kan svenska företag skapa konkurrensfördelar genom att förädla befintlig teknologi och vara innovativ. Dagens finansiella och industriella kris bör ses som ett förstärkt skäl att flytta fram vårt lands position inom klimatteknik och klimatpolitik. Den dramatiska omstruktureringen av världens bilindustri är en god illustration av vikten att i tid anpassa produktion och produkter till nya krav.

Samtidigt som förändringarna innebär merkostnader på kort sikt har Sverige ett flertal styrkepositioner som kan stärka vår konkurrenskraft. Att inte agera nu medför förlorad framtida konkurrenskraft och, om hela världen fortsätter som nu, stora framtida klimatskador.

Vårt land har stora möjligheter att driva på en radikal minskning av växthusgasutsläppen. Vår industriella kompetens inom sektorerna el, fordon, skog och byggande kan ge oss konkurrensfördelar i en omställning till ett fossilfritt samhälle. Det stärker dessutom vår trovärdighet och globala ställning i internationella förhandlingar om nya klimatmål inom EU och FN.

# Summary

Most climate researchers around the world agree that, with the current level of 385 ppm, we already have such a large amount of greenhouse gases in the atmosphere that all additions must be considered unacceptable. According to IPCC, the UN's Intergovernmental Panel on Climate Change, at a level of 450 ppm the global average temperature will increase by 2 degrees. Experts believe that exceeding that level would radically worsen conditions for human life on earth. Additions today are at 2 ppm/year, which means that emissions must be reduced to zero in thirty-five years to avoid exceeding the 2 degree temperature increase.

The Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, using the IPCC's conclusions as a starting point, has produced a report entitled "A Swedish Zero Vision for Greenhouse Gas Emissions" to explore how we can reduce emissions of greenhouse gases right now and bring them down to zero within a period of thirty-five years. In the report we state that existing technology can have a major impact but we also highlight areas where more development is needed.

It is our opinion that it is possible to achieve zero emissions, i.e. a balance between emissions and storage, but a specific and targeted action plan is needed. Three areas are of strategic importance to move us away from fossil energy and eliminate emissions of greenhouse gases: developing "the electric society," utilising forests and agriculture, and carbon capture and storage.

- In order to develop "**the electric society**" we need an affordable supply of electricity without greenhouse gas emissions. By making our electricity consumption more efficient and adding electricity generated by wind, solar and water, we could, for example, convert our entire fleet of private cars into electric vehicles. The power grid and tariffs need to be developed so that the local electricity supply can also come, for example, from individual wind power stations through so-called smart grids. In the longer term the transmission capacity needs to be expanded so that electricity from sources such as large solar panel parks in Southern Europe can supplement Swedish water power.
- **Agriculture and forestry** are of great significance for the climate, both in terms of emissions and in absorbing greenhouse gases. If Swedish forests and farmland are cared for correctly, growth and thus also the carbon sink could be increased, and emissions of carbon dioxide and methane from natural processes in the ground could be reduced. Also, the residual products and bi-products from the forest and forest industry could be put to better use if they are not only used in district heating and for power production. By developing new technology they could also be used as raw material for a second generation of biofuel.
- In the processing industry and at the numerous coal power plants around the world, **carbon sequestration and storage** should be a requirement. In Sweden there are 14 sources with emissions of more than one million tonnes of carbon dioxide a year, equivalent to a total of 23 million tonnes of carbon dioxide. It is vital to develop technologies for the sequestration and storage of these emissions, but a lot of work still needs to be done to ensure that the sequestration process is effective and that the carbon is stored safely. Sweden, with its large proportion of basic industries, should dedicate sufficient resources to participate in the international development of this technology.

In order to realise the zero vision we need a new way of thinking and acting to permeate our society. Saving resources and eliminating greenhouse gas emissions must become a matter of course. Information should be provided systematically so that everything from daily consumer choices to large investment decisions can be made with the full knowledge of the emissions that will result from every decision we make.

Changes to Swedish industry and in society as a whole must be made in such a way that we are not at a competitive disadvantage when global regulations are negotiated. With the changes, driven by climate requirements, that the whole world must implement, Swedish companies can place themselves in a competitive position by fine-tuning existing technology and being innovators. The current financial and industrial crisis should be seen as another reason to advance our country's position in climate technology and climate policy. The dramatic restructuring of the global auto industry is a good example of the importance of adapting production processes and products in a timely manner to new requirements.

While the changes involve additional costs in the short term, Sweden has a number of strengths that can make our country more competitive. If we fail to act now we will miss out on future competitive advantages, and if the entire world continues on its current path, we will see considerable climate damage in the future.

Our country has a great opportunity to drive a radical reduction in greenhouse gas emissions. Our industrial expertise within the electricity, motor vehicle, forest and construction industries can make us highly competitive in the transition to a fossil-free society. This will also improve our credibility and global position in international negotiations on new climate goals within the EU and the UN.



# I. Bakgrund och syfte

De flesta vetenskapsmän är ense om att vi redan idag har nått en så hög nivå av växthusgaser i atmosfären att alla tillskott måste anses som oacceptabla. Enligt beräkningar ökar växthusgasernas halt med två miljondelar (ppm) per år, från dagens nivå på 385 ppm. Enligt IPCC är 450 ppm en nivå för växthusgaser<sup>1</sup> som motsvarar två graders global temperaturökning. Detta betyder att vi överskrider gränsen om 450 ppm år 2043. Detta innebär att vi har 35 år på oss att finna lösningar och ändra beteendemönster.

Klimatet kan ses som ett ostyrt system med långa ledtider som marknaden inte själv förmår att lösa. Ett exempel är ozonutsläppen vars effekter är långvariga trots att kraftfulla åtgärder vidtagits – bromssträckan för ostyrd system är lång vilket är ett starkt argument för en snabb omställning. Det är bråttom.

## En svensk nollvision är nödvändig

Vår utgångspunkt i detta projekt har varit att Sveriges nettotillförsel av växthusgaser skall vara noll år 2043, det vill säga att det råder balans mellan utsläpp å ena sidan och nettoupptag och lagring å andra sidan. Är då en nollvision realistisk? Eller ens nödvändig? Sveriges påverkan är mycket liten sett i ett globalt perspektiv. Sverige har i jämförelse med många länder låga utsläpp för elproduktion och vi ligger i framkant med våra industriella processer när det gäller energieffektivitet och miljötänkande.

Ändå anser vi att en nollvision är både angelägen och möjlig, av följande tre skäl:

1. Jordens befolkning är idag drygt sex miljarder, som har en större konsumtion per capita än vad 2,5 miljarder människor hade år 1950. Prognosen är att vi år 2050 har nio miljarder människor. Om inte ett utvecklat och välorganiserat land som Sverige med nio miljoner invånare kan beskriva hur vägen till nollutsläpp ser ut, kan vi inte kräva detta av andra. Vi måste ta det ansvaret.
2. Sverige har god internationell trovärdighet. Som industrination kan vi säkra en topposition inom en rad områden, när nya lösningar och innovationer för att bidra till en omställning får allt större globalt genomslag.
3. Att sätta upp nollutsläpp som mål tvingar fram en tydlighet och ett helhetstänkande. Det uppmuntrar att fokus läggs på att lösa rätt problem samt att identifiera områden där det behövs mer kunskap. Liknande nollvisioner har varit framgångsrika i andra sammanhang, exempelvis för att nå kvalitetsmål inom Japans bilindustri, för New Yorks upprepning av brottslighet och för Vägverkets bekämpning av trafikolyckor.

## Projektets syfte och ambition

Denna studie vill visa hur en nollvision kan nås och inom vilka sektorer vi snarast, och kraftigt, bör minska utsläppet av växthusgaser.

- Vi vill belysa hur befintlig teknik kan användas mer effektivt men även peka på områden där innovationer behövs.
- Vi vill betona behovet av en kraftig förändring av beteendemönster vid energianvändning.
- Vi vill visa på vad som faktiskt kan göras – inte bara presentera en prognos.
- Vi vill visa på storleksordningar snarare än exakta lösningar.
- Vi vill utgå ifrån ett helhetsperspektiv. Kyotoprotokollets ramverk brister genom att jord- och skogsbrukets påverkan inte till fullo tas med i respektive nations statistik för växthusgasutsläpp. Dessutom behöver påverkan från import av varor och tjänster förtydligas för att hjälpa konsumenter i deras köpbeslut.

## Projektets avgränsningar

Vår utgångspunkt är att, för att kunna påverka internationellt, fokusera på utvecklingen i Sverige. Ett villkor för att nå trovärdighet på den internationella arenan är att först ha sopat framför egen dörr. Därför är studien avgränsad till Sverige. Ambitionen är att bidra till att höja medvetandnivån. Studien betonar den nödvändiga balansen mellan Sveriges strävan att vara ett föredöme för nollutsläpp och samtidigt värna om en bibehållen konkurrenskraft.

Vägtransportsektorns utsläpp är nära 30 procent och samtidigt den sektor som vi bedömt har möjlighet att minska utsläppen kraftigt redan till år 2030. Därför har vi valt att beskriva denna mer ingående än andra sektorer.

## Definitioner och förklaringar

### BIOBRÄNSLEN, ANDRA OCH TREDJE GENERATIONENS BIOBRÄNSLEN

Biobränslen är förnybara bränslen som är producerade av levande organismer. Andra och tredje generationens biobränslen är drivmedel producerade från främst skogsråvara.

### CCS

Metoden att fånga in och lagra koldioxid vid punktkällor kallas på engelska carbon capture storage, CCS.

### DRIVLINA

Ett samlingsnamn för de delar som driver ett motorfordon framåt. Drivlinan ser olika ut för till exempel bensen-, diesel-, och elbilar.

Verkningsgraden för en elbil är cirka 70 procent, för stegen från eluttag till hjul. Det vill säga laddning/urladdning av batteri, elöverföring till motor, motorförluster, transmissionsförluster. Motsvarande verkningsgrad för en konventionell bensenbil är cirka 15 procent och något högre, cirka 20 procent, för dieselmotorer.<sup>2</sup>

### HYBRIDBIL

En typ av bil som utöver en vanlig förbränningsmotor (vanligen bensen- eller dieseldriven), även har en eller flera elmotorer och batterier som hjälper till att driva bilen.

En laddbar hybridbil (på engelska plug-in hybrid, PHEV), är en hybridbil som även kan laddas från det fasta elnätet och köras helt på el kortare sträckor. Batteriet är betydligt större än i en vanlig hybridbil. Laddhybrider finns ännu inte i serieproduktion, men flera konceptbilar har visats.

### KOLDIOXIDEKVIVALENTER, CO<sub>2</sub>e

Gemensam måttenhet för utsläpp av växthusgas. Används för att beräkna den sammanlagda växthuseffekten av olika växthusgasutsläpp. 1 kilo metan motsvarar 25 kg koldioxid och 1 kg lustgas motsvarar 298 kg koldioxid.

De utsläpp som sker i Sverige uppgick 2005, enligt den metod som definierats av Kyotoprotokollet, till 79 procent koldioxid, 11 procent lustgas, 8 procent metan och en post ”övrigt” på 2 procent.

### KOLSÄNKA

Skog och andra ekosystem som kan åstadkomma ett nettoupptag av kol, vilket leder till lägre koldioxidhalt i atmosfären.

### MTON

1 miljon ton = 1 Megaton = 1 Mton.

### MULLJORDAR

Mulljordar, eller organogena jordar, har från början varit myrmark eller i vissa fall sjöar.

### SMART GRID

Automatisk mätning och styrning för optimering av ett distributionsnät, samt en möjlighet till att ansluta förnybar energiproduktion till elnätet.

## 2. Nuläge

Sveriges växthusgasutsläpp beräknades år 2005 uppgå till 67 miljoner ton koldioxidekvivalenter<sup>3</sup>. Som framgår av tabell 1 står industrin för de största svenska utsläppen. Här används fossila bränslen (främst olja), dels för uppvärmning dels i olika industriprocesser. Betydande utsläpp kommer från processer som baseras på kemiska reaktioner, till exempel vid stål- och cementtillverkning. Utsläppen från vägtransporter är betydande liksom utsläppen från jordbruket. Sverige har en elkraftsproduktion med låga koldioxidutsläpp jämfört med andra länder, eftersom vår elproduktion till största del baseras på vatten- och kärnkraft.

### Nettoupptag och utsläpp utanför Kyotoprotokollet

Redovisningen av koldioxidutsläpp i tabell 1 följer internationellt vedertagna normer i Kyotoprotokollet. Det innebär att endast utsläpp inom Sveriges gränser är inkluderade. När det exempelvis gäller flygtrafikens utsläpp inkluderas endast inrikesflyg. Denna definition är problematisk eftersom ett helhetsperspektiv för utsläppen uteblir. Utsläpp som uppstår i annat land vid tillverkningen av produkter som sedan importeras till Sverige är betydande, liksom utsläppen från utrikes sjöfart som bunkrar i Sverige samt från utrikes flyg. Det framgår av tabell 2. Dessa utsläpp ritar om utsläppskartan betydligt. Att synliggöra gränsöverskridande utsläpp kräver internationell samverkan.

I den officiella utsläppsstatistiken medräknas inte effekterna av organogena jordar och skog. Skogens nettoupptag som kolsänka är ännu osäker – fortsatt forskning är nödvändig. Upptagets storlek och effekt kan påverkas genom skogsvård, i form av exempelvis dikning, gödsling, gallring och avverkning. Att ta med skogen i statistiken och i kommande internationella överenskommelser är både logiskt och rätt ur svensk synpunkt. På global nivå är skogens skötsel en av de avgörande

**Tabell 1. Utsläpp av koldioxid inom Sverige år 2005 uppdelat på samhällssektorer**

	Mton CO <sub>2</sub> e
Industri	25,0
Vägtransporter	18,8
Fjärrvärmeproduktion	4,4
Bostäder/service	3,4
Elproduktion	1,5
Flyg, inrikes	0,7
Sjöfart, inrikes	0,7
Militär	0,3
Jordbruk	10,0
Avfall	2,2
<b>Totalt</b>	<b>67,0</b>

Källa: Svenskt Näringsliv, Möjligheter och kostnader för att reducera växthusgasutsläpp i Sverige (2008)

**Tabell 2. Utsläpp och nettoupptag av koldioxid som inte inkluderas i officiell statistik**

	Mton CO <sub>2</sub> e
Organogena jordar	3,5
Skogens nettoupptag	
bruttoupptag 60 Mton CO <sub>2</sub> e	-6,0
bruttoutsläpp 54 Mton CO <sub>2</sub> e	
Utrikesflyg	2,0
Utrikes sjöfart	7,2
Import av varor och tjänster	35,0–50,0
<b>Totalt</b>	<b>42,0–57,0</b>

Källa: IVL, Naturvårdsverket, Jordbruksverket.

faktorerna för att reducera mängden växthusgas i atmosfären under de närmaste decennierna. Avskogning måste bestraffas och tillväxt belönas.

## Beskrivning av varje sektors bidrag till utsläppen

### INDUSTRIVÄRME & PROCESSER

Växthusgasutsläpp inom industrin kommer dels från förbränning av fossila bränslen, dels från kemiska reaktioner i förädlingsprocesser, till exempel vid reduktion av järnmalm till råjärn där fossila, kolbaserade material används. Utsläppen inom industrin är komplexa eftersom man ofta använder spillvärme från de kemiska processerna till uppvärmning. Skattningen av processutsläpp blir därför osäker. Industrin behöver bränsle med högt energiinnehåll för sina olika processer. Ökad produktion leder som regel till ökade direkta utsläpp. Mellan åren 1990 och 2005 ökade de direkta utsläppen med tio procent, från 22,6 till 25 miljoner ton koldioxidkvivalenter<sup>4</sup>. De 14 största utsläppskällorna står för 23 miljoner ton koldioxidkvivalenter. Samtidigt har de senaste tio årens arbete med energieffektivisering resulterat i ett sparande på 5–6 TWh per år i järn- och stålindustrin<sup>5</sup>.

### VÄGTRANSPORTER

Personbilar står för 10,3 Mton CO<sub>2</sub>e, lastbilar och bussar för 8,6 Mton CO<sub>2</sub>e. En osäkerhetsfaktor är exempelvis utlandsregistrerade lastbilar som tankar utomlands och sedan använder bränslet för transporter i Sverige.

### FJÄRRVÄRMEPRODUKTION

Sverige har ett väl utbyggt fjärrvärmennät. År 2005 tillfördes totalt 58,9 TWh bränsle. De största posterna var:

- |                          |          |
|--------------------------|----------|
| • bibränsle              | 25,3 TWh |
| • fossila bränslen       | 12,9 TWh |
| • avfall                 | 7,8 TWh  |
| • industriell spillvärme | 6,4 TWh  |

Tillförseln av industriell spillvärme ökade med hela 73 procent under perioden 2002–2005. Tillförseln av fossila bränslen minskade under samma period med 24 procent<sup>6</sup>, medan bi-bränslen har legat på en konstant nivå.

### BOSTÄDER/SERVICE

I samband med höjda energipriser har energieffektiva åtgärder inom till exempel isolering och energiåtervinning vunnit mark. Värmepumpar

är ett exempel. Byggnader har en lång livscykel varför åtgärder är viktiga både i befintliga bestånd och vid nybyggnad.

### ELPRODUKTION

Det har skett en kontinuerlig omställning från fossila till förnybara bränslen. I dag står växthusgasneutral elproduktion för 97 procent av all elproduktion i Sverige.

### FLYG

Nuvarande trend är att utsläppen fortsätter att öka, både från inrikes och utrikes flyg.

### SJÖFART

Utsläppen från utrikes sjöfart ökade med femtio procent 2000–2006, från 4,8 till 7,2 Mton CO<sub>2</sub>e år. Användning av bunkerolja som bränsle medför även betydande utsläpp av kväveoxider.<sup>7</sup>

### JORDBRUK

Jordbrukets dominerande utsläpp av växthusgaser utgörs av annat än koldioxid. Utsläppen av lustgas från odlad mark motsvarar 4,8 Mton CO<sub>2</sub>e, det vill säga 48 procent av jordbrukets totala utsläpp, medan metan från idisslande djur står för 28 procent av de totala utsläppen av växthusgaser. Jordbrukssektorn genererar koldioxid genom förbränning av fossila bränslen (i arbetsmaskiner, i spannmålstorkar och vid uppvärmning av stallar). Dessutom sker ett betydande utsläpp av växthusgaser vid hantering och lagring av naturgödsel, motsvarande 1 Mton CO<sub>2</sub>e.

Det svenska jordbrukets utsläpp av växthusgaser är dessutom större än vad som framgår av Naturvårdsverkets statistik, främst till följd av att koldioxidutsläppet från mulljordar ej inkluderats. Dessa uppskattas till 3,5 Mton CO<sub>2</sub>e, men osäkerheten kring utsläppens sammanlagda storlek är betydande.

### AVFALL

Avfallssektorn har minskat utsläppen av växthusgaser med 34 procent under åren 1990–2006, från 3,1 till 2,2 Mton CO<sub>2</sub>e<sup>8</sup>. Omkring 10 procent av hushållsavfallet behandlas biologiskt, vilket ger ett energitillskott i form av biogas på cirka 1,2 TWh.

Enligt branschorganisationen för avfallshandling och återvinning Avfall Sverige har stora förändringar skett i avfallshandlingen de senaste tio åren.<sup>9</sup> Från 1998 till 2007 ökade mängden hushållsavfall med 23,8 procent till 4,7 Mton. Också materialåtervinning, inklusive biologisk behandling, samt avfallsförbränning med energiutvinning har ökat. Men det är mängden avfall som läggs på deponi som har förändrats mest. 1998 deponerades en miljon ton hushållsavfall. Förra året var den siffran 200 000 ton, en minskning med över åttio procent.

#### SKOGENS NETTOUPPTAG

Skogens nettoupptag ligger också utanför länders nuvarande åtaganden enligt Kyotoprotokollet. Jordbrukssektorns bidrag är inkluderat (bortsett från mulljordarna som bedöms bidra med ett betydande nettoutsläpp av växthusgas). Det är dock viktigt att komma ihåg att siffrorna är osäkra, eftersom det fortfarande råder en stor osäkerhet om utsläppen från markanvändning inom både jord- och skogsbruket.



# 3. Delmål 2030

**Tabell 3. Delmål 2030 – potentiell reduktion av utsläpp av växthusgaser till år 2030 fördelade på samhällets sektorer**

	Fossila utsläpp (Mton CO <sub>2</sub> e)		Biologiska system (Mton CO <sub>2</sub> e)	
	Nuläge	Delmål 2030	Nuläge	Delmål
Industri värme & processer	25,0	15,0		
Vägtransporter varav	18,8	2,0		
– personbilar	10,3	0,0		
– lastbil och buss	8,5	2,0		
Fjärrvärmeproduktion	4,4	2,2		
Bostäder/service	3,4	0,0		
Elproduktion	1,5	0,5		
Flyg, inrikes	0,7	0,4		
Sjöfart, inrikes	0,7	0,4		
Militära	0,3	0,2		
Avfall	2,2	1,1		
Jordbruk			8,6	7,1
– markanvändning (lustgas)			4,8	4,1
– matsmältning (metan)			2,8	2,5
– jordbruksmaskiner (koldioxid)	1,4	0,0		
– gödselhantering (lustgas, metan)			1,0	0,5
<b>Totalt växthusgasutsläpp</b>	<b>58,4</b>	<b>21,8</b>	<b>8,6</b>	<b>7,1</b>

Notera: Jordbrukets utsläpp räknas in under biologiska system (förutom fossila utsläpp från maskiner). Användning av biobränslen kommer att öka inom alla sektorer men har inte preciserats i ovanstående tabell under biologiska system.

Vår bedömning är att Sverige kan minska sina utsläpp av fossila växthusgaser med 62 procent fram till år 2030. Till stor del kan befintlig teknik användas för att nå detta mål. Men det förutsätter en fortsatt växthusgasneutral elproduktion. Möjliga utsläppsminskningar, fördelade på olika samhällssektorer, redovisas i tabell 3. Vår utgångspunkt är att en minskning av fossila bränslen skall stå i fokus. Vår redovisning, liksom tabell 3, delas upp i utsläpp från fossila bränslen respektive det biologiska systemet.

- Vägtransportsektorn tillsammans med skogsbruket står för den största minskningspotentialen under tiden till år 2030. Personbilar, lastbilar och bussar bör till största del drivas med koldioxidneutral el som kompletteras med biodrivmedel för långväga vägtransporter. Användning av järnväg, lokal buss och spårtransporter bör öka.
- Produktionen i jordbruket av biologiska råvaror för mat kommer att medföra betydande växthusgasutsläpp även år 2030. Korna rapar metangas och åk-

**Tabell 4. Utsläpp och nettoupptag av koldioxid som inte inkluderas i officiell utsläppsstatistik**

	<b>Nuläge (Mton CO<sub>2</sub>e)</b>	<b>Delmål 2030 (Mton CO<sub>2</sub>e)</b>
Organogena jordar	3,5	3,5
Skogens nettoupptag	-6,0	-10,0 -30,0
Utrikesflyg	2,0	Kraftiga minskningar genom internationell samverkan
Utrikes sjöfart	7,2	Kraftiga minskningar genom internationell samverkan
Import av varor och tjänster	35,0-50,0	Kraftiga minskningar genom internationell samverkan

rarna andas lustgas när de brukas men mycket kan göras för att effektivisera processen och minimera utsläppen.

- Scenariot utgår ifrån att någon form av avskiljning och lagring av koldioxid används år 2030, för några stora koncentrerade utsläppskällor – dagens utsläpp från tung processindustri är koncentrerade till ett begränsat antal platser. CCS-teknik skulle därför kunna användas för att tillsammans med energieffektivisering kraftigt minska utsläppen av växthusgaser.
- Skärpta utsläppsregler på EU-nivå kommer att medföra att hälften av flygplansflottan använder klimatneutrala bränslen år 2030. Internationella överenskommelser behövs också för att sjöfarten skall gå över från bunkerolja till biobränslen. Efterfrågan av klimatneutrala drivmedel kommer troligen att öka successivt från både flyget och sjöfarten. Andra generationens biobränslen blir en viktig tillgång för hela transportsektorn, i de fall el inte kan användas som energibärare, exempelvis för långväga vägtransporter.
- Skogens nettoupptag av koldioxid kan öka fram till år 2030. Skogens nettotillväxt bedöms kunna öka och läckaget från marken minska med modifierade skogsbruksmetoder. Skogens nettoupptag bör därmed kunna bli väsentligt större än dagens sex miljoner ton koldioxid.

## Hur vi når delmål 2030 – sektor för sektor

### INDUSTRI

Vi tror att en minskning av utsläppen med 40 procent till år 2030 är möjlig. Den största delen av minskningen förutsätter att CCS-tekniken är igång år 2030 och minskar några av de större svenska punktutsläppen. Detta kan medföra en reduktion på omkring åtta miljoner ton koldioxidkvalenter. Resten av minskningen, två miljoner ton, bedöms kunna komma från successiv energieffektivisering, det vill säga mer energisnål teknik samt övergång från olja till naturgas, bioenergi eller el. Spelregler för den svenska industrin behöver vara i paritet med vår omvärld för bibehållen konkurrens. Spillvärme från industri och kärnkraftverk bör i större utsträckning än idag tas tillvara och utnyttjas i fjärrvärmenät.

### VÄGTRANSPORTER

Utsläppen bedöms kunna minska med cirka 90 procent fram till år 2030, eftersom vi då har en helt annorlunda bilpark än idag både avseende personbilar och kommersiella fordon. Personbilar kan nå nollutsläpp redan år 2030. Lastbilar och bussar för långväga transporter medför fortfarande utsläpp på omkring två miljoner ton koldioxid. Redan 2010 lanseras elbilar med räckvidd på över 150 kilometer och ladd-hybrider med räckvidd på cirka 40 kilometer med el. Då lanseras även mikro-hybrider med små bränselnåla dieselmotorer – med utsläpp under 90 gram koldioxid per kilometer (att jämföras med dagens genomsnitt för den europeiska fordonsflottan på 155 gram per kilometer). Med en driftskostnad under tre kronor per mil för konsumenten kommer detta att vara den främsta drivkraften för en snabb vidareutveckling av befintlig teknik.

### FJÄRRÄRMEPRODUKTION

Utsläppen kan halveras till 2030. Användningen av fjärrvärme fortsätter visserligen att öka fram till år 2030, men produktionen sker med en betydligt större andel klimatneutrala bränslen. Detta förutsätter att styrmedel utformas som premierar ökad användning av skogsavfall som biobränsle samt kraftigt ökad användning av

spillvärme från industri och kärnkraftverk. Endast avfall som inte medför växthusgasutsläpp bör användas för fjärrvärmeproduktion. Fram till år 2020 är det bostadssektorn som står för nästan hela ökningen i användning av fjärrvärme för uppvärmning.

#### BOSTÄDER/SERVICE

Redan år 2030 kan sektorn nå nollutsläpp – med befintlig teknik. Solceller i egna nät medför elbesparing för fastighetsägare, bland annat för kylning under sommaren, medan värme tillförs i högre grad med solfångare. Geovärme och geokyla kan utvecklas och ge väsentliga minskningar av växthusgaser. Fortsatt implementering av energisnåla system (isolering, energifönster, sensorer, värmepumpar, snålare belysning, fjärrkyla etc.) spar energi. Alla handverktyg, som till exempel gräsklippare, blir eldrivna. Valet av byggmaterial och teknik har stor betydelse för utsläppen av växthusgaser. Som en del i investeringsbesluten måste varje nybyggnad analyseras med avseende på växthusgasutsläpp; under tillverkning och transport av byggmaterial, under uppförandet av den färdiga byggnaden samt under det tänkta driftsskedet. Investeringen i sig medför stora utsläpp eftersom tillverkning av byggmaterial är en stor utsläppskälla. I dag görs i stort sett alla jämförelser av energianvändning utan hänsyn till koldioxidutsläpp. Med tanke på att nya byggnader och anläggningar ofta har en livstid av mer än hundra år är de tidiga besluten av stor framtida betydelse.

#### ELPRODUKTION

En fortsatt satsning på växthusgasneutral elkraftsproduktion medför en minskning av utsläppen fram till år 2030 med omkring 65 procent. Utbyggnad av vindkraft och solceller är angelägen, men kan medföra svårigheter i ett initialt skede. Styrmedel behöver därför utformas som reglerar tillförseln på stamnätet utifrån väderlek. När vind- och solförhållanden ger full effekt i vindsnurror respektive solceller måste vattenkraften reducera driften, antingen genom att ackumulera vatten i magasinerna eller att släppa ut överskottsvatten. Alternativt måste vind- och solkraftverk stängas av. Detta kräver att tariffer och styrmedel harmonierar och att distribution över stora brukarområden kan ske

rationellt för att utjämna variationer i utbud och efterfrågan. En handlingsplan behöver utformas för att värna om dagens befintliga kärnkraftskapacitet.

#### FLYG

Flyget kan minska sina koldioxidutsläpp med drygt 40 procent till år 2030. Det byggs bland annat på att hälften av flygplansflottan kommer att använda andra generationens biobränsle som drivmedel.

#### SJÖFART

En halvering av koldioxidutsläpp bör kunna göras till 2030. Internationella överenskommelser är nödvändiga för att forma gemensamma spelregler som stärker incitament för sjöfarten att gå över till klimatneutrala bränslen och minska energiförbrukningen.

#### AVFALL

Utsläpp bör kunna halveras till år 2030. Dels måste mindre mängd mat slängas, dels måste den mat som slängs tas tillvara för biogasproduktion. Övrigt avfall bör minimeras genom lämpliga styrmedel för att uppmuntra klimatneutrala förbrukningsartiklar och för att öka materialåtervinningen. Växthusgasneutralt avfall som inte kan användas för biogasproduktion förbränns – i den mån förbränningen medför växthusgasutsläpp fångas den in och lagras. Läckande soptippar tas om hand och blir en energiresurs.

#### JORDBRUK

Utsläppen från *markanvändning* bör kunna minskas med femton procent fram till år 2030. Det kan ske genom hantering av myrmarker och mulljordar så att läckaget av växthusgaser minskas, till exempel genom odling av mångåriga växter på läckande marker.

Utsläpp från *djurhållning* bör kunna minskas med tio procent fram till år 2030. Det kan ske genom att foderstaten, födointaget, optimeras för att bättre passa djurens krav på olika specifika födoämnen. Härigenom minskar den mängd foder som varje djur behöver äta vilket i sin tur minskar metanutsläpp från kor.

Nollutsläpp från *jordbruksmaskiner* bör kunna nås redan år 2030. Alla jordbruksmaskiner körs då på egentillverkat bibränsle, på en blandning av el och bibränsle eller, för exempelvis torkar, på enbart el.

Utsläpp från *gödselhantering* kan halveras fram till år 2030. Det kan ske genom att kvävesensorer används för att bestämma behovet av gödning, genom att gödsla i rätt tid och i rätt mängd samt genom att röta naturgödseln, det vill säga producera biogas, innan givan läggs på åkern. Teknik finns tillgänglig redan idag.

#### SKOGENS NETTOUPPTAG

Osäker siffra som även kan vara allt mellan 10 och 30 MtonCO<sub>2</sub>e<sup>9</sup> per år beroende på hur man räknar. Här behövs mer kunskap. Hela skogens och skogsindustrins bidrag beräknas idag till ett nettoupptag på cirka 6 Mton CO<sub>2</sub>. Denna består dels av ett nettoupptag i stående skog (cirka 15 Mton CO<sub>2</sub>) – eftersom tillväxten systematiskt under lång har varit större än avverkningen –

dels av ett nettoläckage av markkol från framförallt dikade, beskogade torvmarker (cirka 9 Mton). På lång sikt, det vill säga 20–30 år, bedöms det finnas en potential att nå ett nettoupptag på cirka 20–30 Mton per år, framförallt tack vare stora möjligheter att öka tillväxten i svensk skog samtidigt som nettoläckaget från vissa marker och från öppna avverkade ytor kan minskas kraftigt genom skötsel- och avverkningsplanering. Ovanstående stycke bygger på uppgifter från IVL<sup>10</sup> samt Anders Lindroth, professor i naturgeografi vid Lunds universitet<sup>11</sup>.

# 4. Nollvision 2043

## – Tre nödvändiga prioriteringar

Att Sveriges växthusgasutsläpp kan minska betydligt till år 2030, till stor del med befintlig teknik, har visats i föregående avsnitt. Men för att nå en acceptabel nivå av växthusgaser i atmosfären, det vill säga att jordens medeltemperatur inte stiger mer än två grader jämfört med idag, krävs nollutsläpp 2043. Det förutsätter en målmedveten handlingsplan och en diskussion om vägen dit och vilka strategiska prioriteringar som måste börja göras redan nu.

Vi bedömer att nedanstående tre tekniska områden är särskilt viktiga för att Sverige ska nå nollutsläpp 2043:

- **Utveckla elsamhället**

Sverige har redan idag en elkraftsproduktion med låga koldioxidutsläpp eftersom vår elproduktion till största del baseras på vattenkraft och kärnkraft. Detta utgör en unik plattform för att utveckla elsamhället där el utöver dagens användningsområden även kommer att vara den främsta energibäraren för spridda utsläppskällor, exempelvis vägtransportsektorn.

- **Skogen och jordbruket**

Med rätt skötsel av Sveriges skog och jord kan tillväxten och därmed kolsänkan ökas och utsläppet av koldioxid och metan från naturliga processer i marken reduceras. Dessutom kan skogens och skogsindustrins rest- och biprodukter utnyttjas i mycket högre grad än idag. Genom utveckling av ny teknik kan dessa användas som råvara för andra generationens biodrivmedel – en nödvändig del för att klimatanpassa exempelvis flyg och sjöfart.

- **Avskiljning och lagring av koldioxid**

I dag står fjorton punktutsläpp för en väsentlig mängd av de totala svenska utsläppen av växthusgaser. Här finns potential att sänka utsläppen av såväl fossila som biologiska växthusgaser betydligt med hjälp av insamling och lagring av koldioxid. Samtidigt finns betydande osäkerheter kring tekniken, som ännu är oprövad och dessutom kräver stora investeringar.

En nödvändighet för handlingsplanen är att företag som verkar från Sverige bibehåller, och långsiktigt stärker, sin konkurrenskraft. Även människors vilja till en ny mental infrastruktur, där det resurssnåla tänkandet ses som en självklarhet, är en kritisk framgångsfaktor för att nå nollvisionen.

### Utveckla elsamhället

#### Produktion av el

2043 års elsamhälle förutsätter fortsatt växthusgasneutral elkraftsproduktion. I synnerhet måste produktion och användning av energi som ger växthusgaser reduceras. Energi från förnyelsebara källor kan i stället användas utan andra restriktioner än kostnaderna. Sverige genererar idag cirka 150 TWh el, varav kärnkraften svarar för 65 TWh. Projekterad svensk vindkraft på 30 TWh kan medföra en betydande utmaning för stabiliteten i elnätet beroende på när och var vindkraften genererar energi. Idag är det nordiska elnätet välbalanserat där exempelvis Norge kan förse Danmark med elkraft då vindkraftverken står still. Genom att även Tyskland byggt ut vindkraft i vid omfattning räknar norra Europa med den svenska vattenkraften som regulator.

När framtidens mix av energikällor för elproduktion (vindkraft, solkraft, vågkraft, kärnkraft, stor och småskalig vattenkraft och kraftvärme) planeras, är det nödvändigt att genomföra systemstudier utifrån ett ekonomiskt perspektiv där koldioxidutsläpp måste få en riktig internationell prisättning. Här måste den europeiska elmarknaden beaktas och de svenska satsningarna utgå ifrån andra länders strategiska val. Kanske ska Sverige satsa på energikällor som kompletterar exempelvis Tysklands vind- och solkraftssatsning? De geografiska avstånden i Sverige är stora. Transmission av el från vattenkraften i Norrland till södra Sverige har länge fungerat väl. På samma avstånd når vi södra Europa. På sikt kan överföringskapaciteten byggas ut så att el från stora solcellsparker i Syd-



europa kan komplettera svensk vattenkraft. Framtida export av el handlar snarare om juridiska och politiska utmaningar än om tekniska hinder.

Att värna om vår installerade kärnkraftskapacitet och att underhålla och modernisera reaktorerna är nödvändigt för att åstadkomma en snabb övergång till ett fungerande elsamhälle. Nybyggnation av finska kärnkraftverk beräknas ha en ledtid, från projektering till drift, på 15–20 år. Parallell projektering för att tillvarata spillvärmen från kärnkraftverken i fjärrvärmenät skulle innebära en avsevärt högre systemverkningsgrad med en potential på åtminstone 100 TWh värme vid produktion av 65 TWh el.<sup>12</sup> Detta kan frigöra biomassa för användning i andra förädlingsprocesser och kan leda till att Sverige blir en nettoexportör av klimatneutral el som hjälper till att stänga kol-kraftverk i Nordeuropa.

Den främsta drivkraften för el som energibärande är elpriset i förhållande till priset för fossila bränslen. Därför är ett konkurrenskraftigt elpris en nödvändig förutsättning för omställning till elsamhället. Samtidigt bör styrmedel utformas som främjar energieffektivisering och hushållning med energi. Potentialen för energieffektivisering i Sverige är åtminstone 20 TWh från dagens 403 TWh utifrån beräkningar år 2008<sup>13</sup>. Prognoser pekar på att priset på solkraftsel till år 2020 faller till en krona per kilowattimme, tack vare mogen teknik och stora produktionsvolymerna. Det blir då lönsamt för hushåll att bli självförsörjande från solceller vid tillräcklig solinstrålning och använda batterierna i elbilen som lagring. Billigare solceller tillsammans med en kommande elbilsflotta utgör en intressant kombination. Det blir på detta sätt möjligt att ha decentraliserad lagring av energi i varje hem genom att nyttja bilbatterierna. Man kan även tänka sig att det sker en motsatt kraftöverföring från lokala öar in på elnätet, på ett sätt som liknar hur internet fungerar. En sådan utveckling skulle öppna för fri konkurrens där nya aktörer kommer in med andra affärsmodeller. Teknik och mätmetoder som möjliggör att nätet används även för lokal tillförsel av el måste utvecklas. Utvecklingen av så kallade smart grids i Sverige måste prioriteras mer än hittills.

### Använd mer el som energibärande

För vägtransportsektorn kommer en stor del av omställningen för nollutsläpp ske tidigare än till 2043. Strikta EU-lagar leder till en helt ny syn på bränsleförbrukning och koldioxidutsläpp. Den nya

synen beror dels på genomslag för ny teknik, och dels på att miljömedvetna kunder kommer att välja mindre bilar. Vi står inför ett systemskifte som redan 2015–2020 innebär att förbränningsmotorn ersätts av elmaskiner som bas i drivlinorna. Någon typ av förbränningsmotor används i hybridbilar för att förlänga körsträckan.

Dagens fyra miljoner personbilar kan redan år 2030 komma att utgöras av följande:

- En miljon små elbilar med räckvidd på cirka 150 km, praktiska i storstadsregioner för jobbpendling och närtransporter – vilket idag utgör ungefär tre fjärdedelar av den totala biltransportsträckan. Dessa småbilar kommer att ha en genomsnittlig elförbrukning på cirka 15 kWh per hundra kilometer och nollutsläpp av koldioxid.
- En miljon medelstora elbilar, som dels används på samma sätt som småbilarna men dels också som taxi och kommunala arbetsfordon. Snittförbrukning är cirka 20 kWh per hundra kilometer med nollutsläpp av koldioxid.
- Resterande två miljoner fordon är huvudsakligen seriehybrider med en räckvidd med eldrift på cirka 50 kilometer, innan en förbränningsmotor tar över. Snittförbrukning på el ligger på cirka 20 kWh per hundra kilometer. Mer än hälften av körsträckan går bilen på el. Resterande körsträcka, totalt cirka femton miljarder kilometer, körs på andra och tredje generationens biobränsle. Energiåtgång för denna del blir motsvarande cirka 5 TWh biobränsle.

Mer än åttio procent av elenergin överförs i anslutning till längre parkering och vid hemmet med långsam laddning i det normala elnätet. En mindre del av elenergin tankas år 2030 genom dynamisk snabbladdning som medför stora förluster. Laddhybrider och elbilar har blivit en naturlig del av vår infrastruktur och ingen villa eller sommarstuga behöver riskera elavbrott så länge någon av familjens elbilar är inkopplade för laddning. Detta gör att de 45 miljarder km vi kör på el förbrukar enbart cirka 8 TWh el.

För stadsbussar och lokala lastbilstransporter har vi redan år 2030 en huvuddel i form av seriehybrider med flexibilitet att köra som personbilar med cirka tio kilometer elkörsträcka och därefter på andra och tredje generationens biobränsle. De större städerna matar in i inre stadskärnan bussarna via elledningar – trådbussar. I ytterområden med

högfrekvent trafik finns induktiv laddning på hållplatser och försök pågår med dynamisk laddning via markslingor. I dessa försök deltar även kommunala bilflottor och taxi.

De långdistanstransporter som sker med tunga lastbilar och bussar använder laddhybrider med en elräckvidd på cirka tio kilometer. Genom optimering av körcykler och frekvent laddning undviks tomgångskörning med förbränningsmotor. Totalförbrukningen har sänkts med cirka 25 procent jämfört med 2008. Sammantaget innebär detta att fossila utsläpp reducerats till mindre än två miljoner ton koldioxid och att resterande energi utslutande kommer från biobränslen av andra och tredje generationens biobränsle. Med en potential på 15 TWh biodrivmedel skulle denna räcka för att vägtransporterna i princip kommer ner till nollutsläpp redan år 2030.

Byggnader med tillhörande service är ett annat område med stor potential att nå nollutsläpp redan år 2030. Det kan ske genom fortsatt energieffektivisering (isolering, energieffektiva fönster, ventilation med värmeåtervinning och reglering av fastighetens driftssystem som pumpar, belysning och värme) i kombination med användning av ny teknik inom uppvärmning, belysning, ventilation samt eldrivna arbetsmaskiner och handverktyg.

## Skogen och jordbruket – ett värdefullt biologiskt system

Jord- och skogsbruket har en betydande inverkan på klimatutvecklingen. Påverkan är dubbel med tanke på å ena sidan de utsläpp som genereras, och å andra sidan jord- och skogsbrukets möjlighet att binda kol i olika biologiska system, så kallade kolsänkor. Det är på åkern och i skogen som livsmedelsråvaror och förnybara energi- och industriråvaror kan produceras. Utsläppen av växthusgaser från biologiska system vid produktionen av biomassa och livsmedel kan inte elimineras, men de måste minimeras med resurseffektiva åtgärder. För biosystemet är tidsperspektivet när det gäller ackumulering av växthusgaser en viktig parameter för ökad förståelse – utsläppen sker momentant men inlagringen i växande träd sker successivt under en tidsrymd upp till hundra år.

Styrmedel bör utformas som främjar tillväxt i skogen och att denna brukas kontinuerligt. Även en målbeskrivning över utvecklingen av skogen

som kolsänka liknande den som upprättats kring biodiversitet bör införas i de nationella miljömålen.

**Skogen som högvärdig resurs och som kolsänka**  
Redan idag står skogens produkter i form av biobränslen för trettio procent av Sveriges totala energianvändning. Skogen är en unik resurs för Sverige och mycket talar för att en markant ökad tillväxt är möjlig. Statistiken visar att tillväxten i de svenska skogarna utvecklats på ett imponerande sätt under 1900-talet. Från en tillväxt på cirka 100 miljoner skogskubikmeter per år under senare delen av 1900-talet har den stigit till 110 miljoner skogskubikmeter per år i början av 2000-talet<sup>14</sup>. På lång sikt (2030 till 2040) bedöms möjligheterna vara stora att öka tillväxten i svensk skog med mer än 25 procent. I skogen är 70 procent av kolet inbundet i marken, 30 procent i trädet. Det är viktigt att återplantera när avverkning sker.

Redan idag är potentialen för ökat trädbränsleuttag cirka 60 TWh<sup>15</sup>, utöver det som redan tas tillvara. Ett välskött skogsbruk där tillväxten är högre än avverkningen medför även att skogen fungerar som en koldioxidsänka. Idag anses skogen stå för ett nettoupptag av koldioxid på sex miljoner ton per år. Mycket talar för att denna sänka kan bli mycket större, men mer forskning behövs inom området.

### Skogens värdekedja

Skogens resurser bör användas så att avkastningen maximeras för hela systemet, att man når så hög systemverkningsgrad som möjligt. Det gäller inte minst frågan om hur biobränsle ska produceras och användas. Mest effektivt är att använda biobränsle i industrins processer och kraftvärmeverk, och därvid producera både el och värme. Därutöver kan exempelvis massabruk byggas ut till bioraffinaderier och omvandla ytterligare volymer biobränslen till flytande drivmedel för långväga vägtransporter där energitätheten i elbatterierna inte räcker till, och som bränsle till flyg och sjöfart. Att utgå från systemverkningsgrad ger bättre möjlighet till välgrundade beslut.

### Prioritering av användning av bioresurser

Ökad global efterfrågan för klimatneutrala drivmedel från transportsektorn (personbilar, lastbilar, bussar, flyg och sjöfart) innebär möjligheter för skogsindustrin. Flyget kommer att kunna nå nollutsläpp för hela flygplansflottan år 2043 tack

vare en ny generation flygmotorer som använder klimatneutralt bränsle. För sjöfarten finns idag vaga incitament att reducera utsläppen men knappast några tekniska hinder. Lägsta pris gäller och branschen är internationell. Bränslet är ofta bunkerolja. Samtidigt finns det ofta gott om plats på fartyget för både solkraft och andra förnyelsebara energikällor. Styrmedel bör utformas som sätter gemensamma spelregler för rederierna. Bunkerolja gör idag transporterna för billiga i relation till deras koldioxidutsläpp. En korrigerigering måste uppnås med internationella överenskommelser om utsläppsgränser som på så vis styr omställningen. Kan flyget klara en total omställning inom 35 år borde sjöfarten kunna åstadkomma detta med rätt styrmedel. Drivmedel om totalt cirka 25 TWh för flyg och sjöfart förutsätter att andra generationens biobränslen är tillgängliga.

Behovet av bioenergi samt Sveriges stora skogsresurser innebär möjligheter för den svenska skogsindustrin att erbjuda helt andra typer av produkter – med ett högre marknadsvärde än dagens biobränslen. En strukturovandling kan komma att äga rum – från dagens massa- och pappersfabriker, där biobränslen idag huvudsakligen används för el- och värmeproduktion, till bioraffinaderier som dessutom tar fram förädlade produkter. I dessa bioraffinaderier kan produktionen prioriteras utifrån parametrar som hög systemverkningsgrad, högt pris eller samhällets behov av klimatneutrala drivmedel. Sverige har en ledande position när det gäller andra generationens biobränslen, till exempel svartlutsförgasning där pilotanläggningar redan är igång, och denna utveckling bör främjas.

### Jordbruk och hushåll

Maten står för 20–25 procent av de totala utsläppen av växthusgaser i Sverige.<sup>16</sup> Produktionen av de biologiska råvarorna står för den största delen av växthusgasutsläppen för de flesta livsmedel. Livscykelanalyser har visat att utsläppet av växthusgaser per mängd producerad gröda i det ekologiska jordbruket är något (men inte substantiellt) mindre än vid konventionell odling.<sup>17</sup> Utsläpp av växthusgaser som annars skulle ha skett vid produktion av mineralgödsel blir noll vid ekologisk produktion. Samtidigt är utbytet vid ekologisk odling lägre än vid konventionell.

### Mulljordar

Organogen jordbruksmark eller mulljordar har från början varit myrar eller i vissa fall sjöar. Dessa utgör omkring sju procent av Sveriges åker- och betesmark som idag uppgår till totalt 3,5 miljoner hektar. Mulljorden uppskattas bidra till växthusgasutsläppen med 3–4 miljoner ton koldioxidkvalenter per år (men det är en mycket osäker siffra). Under 1800-talet och början av 1900-talet utökades den svenska jordarealen genom utdikning av myrar och sjöar. Som mest odlades cirka 700 000 hektar myrjord på 1940-talet varav cirka 300 000 hektar fortfarande odlas.

De organogena jordarna ”läcker” växthusgaser även om inget produceras på dem. Utsläppen från dem är 5–10 gånger större per ytenhet än för vanlig mineraljord.<sup>18</sup> Jordbearbetning ökar bortodlingshastigheten, det vill säga oxidationen av delvis förmultnade växtdelar, av den organogena jorden ytterligare. Detta leder främst till stora utsläpp av koldioxid. Överföring av de organogena jordarna till exempelvis långliggande vall (vall som inte plöjs under lång tid) eller andra grödor som inte kräver årlig jordbearbetning, minskar avsevärt utsläppet av växthusgaser från dessa jordar.<sup>19</sup>

### Betesmarker som kolsänkor

Globalt sett är naturbetesmark och andra gräsbärande marker betydelsefulla kolsänkor. Det finns skäl att anta att den markbundna kolinlagringen per ytenhet i välhävdade betesmarker är större än den i skogsmark, även om skogen totalt sett svarar för en mångdubbelt större inlagring i Sverige. Den årliga inlagringen i betesmarker i Sverige har i ny forskning uppskattats till mellan en och två miljoner ton koldioxidkvalenter.<sup>20</sup> Det förefaller som om inlagringen kan fortgå under flera decennier utan att minska nämnvärt.

### Källsortering för ökad biogasproduktion

Ett resurssnålt samhälle kräver bättre källsortering än idag. Målet är att allt biologiskt avfall används för biogasproduktion. Förbrukningsmaterial i form av förpackningar bör styras till att så långt som möjligt vara tillverkade av råvaror från jord- och skogsbruket. Resten av samhällets avfall sorteras för materialåtervinning eller samlas upp vid utsläppskällan med koldioxidinsamlade teknik. En optimal källsortering innebär troligen en markant större biogaspotential än de 15 TWh som är bedömningen utifrån dagens system med avfall från hushåll och jordbruk.<sup>21</sup>

## Avskiljning och lagring av koldioxid

Carbon Capture Storage, CCS, ägnas för närvarande många studier både internationellt och i Sverige. Till exempel uppför Vattenfall en pilotanläggning i Schwarze Pumpe i Tyskland medan Fortum har utfört tester i Värtaverket och E.ON studerar möjligheterna i en pilotanläggning vid Karlshamnverket.

Fokus för arbeten om CCS har länge varit avskiljning och lagring av CO<sub>2</sub> från fossil förbränning i kraftverk. Just detta är inte det mest intressanta för Sverige men området är väsentligt och CCS kan komma att få betydelse för Sverige på flera sätt:

- Det finns en stor internationell tilltro till CCS som en viktig möjlighet i bland annat EUs program och IEAs studier.
- Ett genomslag för CCS i Europa påverkar de europeiska energimarknaderna, speciellt elmarknaderna och utsläppshandeln och får därmed betydelse för Sverige.
- Möjligheterna för CCS är av intresse för svensk energijintensiv industri.

En kartläggning av industrins punktutsläpp av koldioxid visar att Sverige år 2006 hade fjorton svenska utsläppskällor som vardera släpper ut över en miljon ton koldioxid per år – deras sammanlagda utsläpp uppgick till totalt 23 miljoner ton koldioxidekvivalenter.<sup>22</sup> Av dessa kommer de största från Sveriges två stålverk. Övriga punktutsläpp härrör från cementindustrin, raffinaderiindustrin, energisektorn samt nio punktutsläpp från den svenska massaindustrin

Bedömningarna idag är att större anläggningar i stora kolkraftverk dock inte blir ekonomiskt bärkraftiga förrän kostnaderna är i paritet med priset för utsläppsrätter, vilka om 10–15 år bedöms ligga i intervallet 30–50 euro/ton koldioxid. Först i en fas efter detta bedöms industriella anläggningar i Sverige kunna bli kommersiellt aktuella för CCS. Anledningen är att dessa ofta är mindre än hälften så stora som kontinentens stora punktutsläpp och dessutom skulle kräva långa transporter av koldioxiden. Närmast till hands är då några kluster i södra och västra Sverige, som eventuellt skulle kunna ”koppla på” potentiella lagringsplatser i

Skåne eller Danmark. En annan möjlighet är att möjliga lagringsplatser sydost om Gotland studeras vidare och att infrastruktur som byggs kring dessa skulle kunna utnyttjas av flera länder i Östersjöregionen.

Merparten av koldioxiden från de stora svenska punktutsläppen är av biologiskt ursprung. Det skiljer Sverige från de flesta andra länder med bindande klimatåtaganden. För att möjliggöra metodens fulla potential i Sverige krävs därför ett regelverk som ger likartade ekonomiska förutsättningar för avskiljning och lagring av koldioxid, oavsett om utsläppen är av biologiskt eller fossilt ursprung.

## Avslutande kommentarer

- För kraftigt minskade växthusgasutsläpp krävs att varje människa i vårt samhälle börjar tänka och handla resurssnålt. Redan nu måste arbete påbörjas med målsättningen att varje svensk slänger mindre mat, väljer klimatneutrala transportsätt och produkter. Flygresorna behöver minska, likaså energiförbrukningen i bostäder och på arbetsplatser. Informationen skall vara utformad så att det blir enkelt för svenska hushåll att bli medvetna om sin klimatpåverkan. Mer kunskap behövs om vilka åtgärder som medför mest utsläppsnytta.
- Sverige bör snarast ta initiativ till att på internationell nivå arbeta för att få en heltäckande överenskommelse så att alla växthusgasutsläpp ingår i den internationella statistiken; skogen måste ingå, likaså gränsöverskridande transporter. Den påverkan som import och export av varor och tjänster har behöver förtydligas.
- Sveriges strävan att vara föredöme för nollutsläpp måste ske med bibehållen konkurrenskraft.

Ambitionen för arbetsgruppen har varit att peka på strategiskt viktiga områden där vidare studier och analyser behövs för att omsättas till konkreta förslag till åtgärder. Vi går inte in på ansvarsroller utan har utgått ifrån hela samhället. Den globala finansiella oro som nu präglar världen medför att investeringsbeslut kan komma att förskjutas ett par år för ny teknik, men även att det i och med detta finns utrymme för diskussion och dialog som gagnar välunderbyggda beslut som gör Sverige än mer rustat i utvecklingen till ett hållbart samhälle i balans med naturen.

# 5. Bilaga

## Om projektet

### PROJEKTETS ARBETSGRUPP

*Per Westlund* (ordf), IVA avd III Samhällsbyggnad  
*Hans Folkesson*, IVA avd I Maskinteknik  
*Harry Frank*, IVA avd II Elektroteknik  
*Bengt ”Nippe” Hylander*, IVA avd VIII Skogsnäringens teknik  
*Svante Svensson*, IVA avd X Bioteknik  
*Johan Schuber*, projektledare IVA

### KONTAKTER MED PERSONER

*Per Croner*, Wallenius Marine AB  
*Bengt-Olof Elfström*, Volvo Aero  
*Per Grünewald*, Pegroco AB  
*Lars Hansson*, Jernkontoret  
*Lars G Larsson*, SIPconsulting AB  
*Bo Normark*, ABB  
*Ulf Olsson*, IVA avd I Maskinteknik

## Referenser

- <sup>1</sup> IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.
- <sup>2</sup> L. Guzzella och A. Sciarretta Vehicle Propulsion Systems.
- <sup>3</sup> Svenskt näringsliv, Möjligheter och kostnader för att reducera växthusgasutsläpp i Sverige (2008).
- <sup>4</sup> Svenskt näringsliv, Möjligheter och kostnader för att reducera växthusgasutsläpp i Sverige (2008).
- <sup>5</sup> Samtal med Lars Hansson, Jernkontoret.
- <sup>6</sup> Svensk Fjärrvärme AB, Statistik år 2005.
- <sup>7</sup> Naturvårdsverket, se <http://www.naturvardsverket.se/sv/Klimat-i-forandring/Utslappsstatistik-och-klimatdata/Utslappsstatistik/Utslapp-fran-utrikes-transporter/>.
- <sup>8</sup> Avfall Sverige, rapporten svensk avfallshantering 2008.
- <sup>9</sup> Bedömning efter samtal med Anders Lindroth, Lunds universitet samt utifrån IVL, Svenska skogsindustrins emissioner och upptag av växthusgaser, rapport B1774 (2008).
- <sup>10</sup> IVL, Svenska skogsindustrins emissioner och upptag av växthusgaser, rapport B1774 (2008).
- <sup>11</sup> Anders Lindroth, Skogens roll i klimatsystemet, föreläsning KVA, september 2008.
- <sup>12</sup> Samtal med Lars G Larsson, SIPConsulting AB.
- <sup>13</sup> Energimyndigheten och Naturvårdsverket, underlagsrapport 1 - Prognoser för utsläpp och upptag av växthusgaser: Delrapport 1 förunderlag till Kontrollstation 2008.
- <sup>14</sup> Skogsstyrelsen, utredningen SKA 99, Skoglig konsekvensanalys, år 2000.
- <sup>15</sup> Avfall Sverige, Svenska Biogasföreningen, Svenska Gasföreningen och svenskt vatten: rapporten ”Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter”, 2008.
- <sup>16</sup> Samtal med Thomas Angervall, SIK - Institutet för livsmedel och bioteknik, 2008.

- <sup>17</sup> Johan Wahlander, Jordbruksverket Rapport 2008:11 Minska jordbrukets klimatpåverkan, 2008.
- <sup>18</sup> Jan Eksvärd; LRF, LRFs hemsida "Fakta om mulljordar" <http://www.lrf.se/Vi-arbetar-med-/Klimat/fakta-om-mulljordar/>, 2008.
- <sup>19</sup> Johan Wahlander; Jordbruksverket Rapport 2008:11 Minska jordbrukets klimatpåverkan, 2008.
- <sup>20</sup> Samtal med Christel Cederberg, SIK - Institutet för livsmedel och bioteknik, 2008. Även refererat i tidskriften Land lantbruk Nr 36, 29 augusti 2008.
- <sup>21</sup> Avfall Sverige, Svenska Biogasföreningen, Svenska Gasföreningen och svenskt vatten: rapporten "Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter", 2008.
- <sup>22</sup> Stefan Grönkvist mfl., CO<sub>2</sub>-avskiljning i Sverige, Ångpanneföreningens Forskningsstiftelse och Naturvårdsverket (2008).



# EN SVENSK NOLLVISION FÖR VÄXTHUSGASUTSLÄPP

Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien har med IPCCs slutsatser som utgångspunkt tagit fram "En svensk nollvision för växthusgasutsläpp", för att se hur vi kan minska utsläppen av växthusgaser redan nu och inom trettiofem år komma ner till noll. Vi konstaterar att befintlig teknologi kan ge stora effekter men pekar också på områden där ny utveckling måste ske.

Vår bedömning är att nollutsläpp, det vill säga balans mellan utsläpp och lagring, går att åstadkomma men det kräver en målmedveten handlingsplan. Tre områden är strategiskt viktiga för att komma ifrån användningen av fossil energi och eliminera utsläppen av växthusgaser; att utveckla elsamhället, att utnyttja och sköta skogen och jordbruket mer växthusmart (öka bindning och minska läckage) samt fånga in och lagra koldioxid.



KUNGL. INGENJÖRSVETENSKAPSÅKADEMIEN

*Vägval energi finansieras av*



Forskningsrådet för miljö, areella näringar  
och samhällsbyggande, Formas

ÅNGPANNEFÖRENINGENS  
FORSKNINGSSTIFTELSE

