

Gunn Persson
Markku Rummukainen

KLIMATOLOGI Nr 2/2010

Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete



KLIMATOLOGI Nr 2/2010

Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete

Gunn Persson

Markku Rummukainen

Innehållsförteckning

1	SAMMANFATTNING.....	1
2	FÖRORD.....	2
3	INLEDNING.....	3
4	DEFINITIONER.....	3
5	DE SVENSKA MILJÖMÅLEN.....	4
6	KLIMATFRÅGAN OCH KLIMATETS UTVECKLING.....	4
7	MILJÖMÅLEN OCH EFFEKTER AV KLIMATFÖRÄNDRINGARNA.....	6
8	DISKUSSION.....	40
9	SLUTORD.....	42
BILAGA 1	ANALYSER.....	43
BILAGA 2	REGIONALA KLIMATSCENARIER FÖR SVERIGE.....	44
BILAGA 3	UNDERLAG FÖR SAMTAL MED DE MILJÖMÅLSANSVARIGA.....	49
	LITTERATUR.....	50

1 Sammanfattning

De mål som det svenska miljömålsarbetet ska nå sattes för 15-20 år sedan och har delvis preciserats sedan dess, samtidigt som åtgärder har genomförts. Många miljömål bedömdes så sent som 2009 vara svåra att uppnå inom den utsatta tiden, det vill säga till 2020. Klimatförändringarnas effekter, som idag uppmärksammas alltmer, är en faktor som komplicerar och kan förlänga det tidsperspektiv vi har för miljö kvalitetsmålen. Många av de viktiga klimateffekter som har lyfts fram i miljömålsarbetet är inte alltid möjliga att kvantifiera med dagens kunskap. Preliminärt verkar det ändå vara så att fram till 2020 har klimatförändringarna liten eller ganska liten betydelse. Vartefter kommer dock klimateffekter att påverka möjligheten att nå miljömålen mer och mer. Hur snabbt effekterna uppstår och hur omfattande de blir beror förstås på i vilken omfattning *Begränsad klimatpåverkan* uppnås. De miljömål som påverkas mest av klimatförändringarna antingen via direkta effekter eller indirekt handlar om luft, övergödning och biologisk mångfald. Indirekta effekter berör till exempel användning av mark och vatten för utökad förnybar energiproduktion.

2 Föroord

Dagens kunskapsläge om klimatpåverkan, klimatförändringar och deras effekter understryker behovet av att beakta klimatets påverkan i olika verksamheter inklusive miljömålsarbetet. I den fördjupade utvärderingen av miljömålsarbetet i Sverige 2008 lyftes detta behov fram¹. Utvärderingen stöddes av ett flertal underlagsrapporter². I flera av dessa kommenterades klimatförändringarnas betydelse³. Ändå saknas det samlad kunskap om hur klimatförändringarnas effekter påverkar möjligheten att nå miljömålen. Detta framgick också i den belysning av climateffekter på naturmiljön och miljömålen som ingick i Klimat- och sårbarhetsutredningen 2007⁴.

För att kunna ta hänsyn till klimatets påverkan på miljömålsarbetet och därmed möjligheterna att nå målen behövs ett gemensamt klimatunderlag. För att bedöma behovet av ytterligare åtgärder och hantera målkonflikter mellan klimatanpassning, åtgärder för utsläppsminskningar och andra strävanden behövs en gemensam analys för det fortsatta arbetet.

Denna rapport handlar om klimatförändringarnas effekter på möjligheten att uppnå miljömålen. Målsättningen är att ge en bild av frågeställningarna för respektive miljömål. Projektet drevs i samverkan med de målsansvariga myndigheterna. Utöver litteraturstudier bygger rapporten på intervjuer med de miljömålsansvariga. Ämnesexperter på SMHI har granskat delar av rapporten. De miljömålsansvariga och Miljömålsrådets kansli har lämnat synpunkter. Miljömålsrådets beredningsgrupp för miljömålsuppföljning, BMU, gavs möjlighet att lämna synpunkter på ett utkast av rapporten i november 2009.

Rapporten omfattar en genomgång av befintligt underlag, men det har inte ingått i uppdraget att göra någon heltäckande kartläggning av utredningar och forskningsresultat. Inte heller beskrivs alla tänkbara effekter som kan uppstå. Kunskap förändras med tiden eftersom forskning bidrar med ny kunskap, gammal kunskap kan visa sig felaktig och bedömningar kan förändras. I den mån som lämpligt underlag funnits, har eventuella konflikter och synergier inom miljömålsarbetet med koppling till klimatpåverkan belysts.

Det underlag som finns idag är främst indirekt relevant för miljömålsarbetet. Underlaget berör frågeställningarna, men handlar inte om olika åtgärders effekt. Med utgångspunkt från dagens kunskapsläge om climateffekter och olika systems sårbarhet kan denna rapport endast bidra med att ge en mycket övergripande bild över hur klimatförändringarna kan påverka miljön och miljömålsarbetet.

3 Inledning

Vårt klimat håller på att förändras. En global uppvärmning kan observeras med termometrar, men också genom smältande glaciärer och minskande havsistäcke på Arktis, ökad värmelagring i världshavet, förlängd vegetationsperiod och så vidare. Även om klimatet alltid har varierat och det har inträffat dramatiska klimathändelser förut, är de nu pågående förändringarnas omfattning, snabbhet och storlek och deras förväntade effekter unika. Det handlar också om att vårt eget agerande är orsaken. Utsläpp av växthusgaser och förändrad markanvändning är mycket sannolikt orsaken till de pågående klimatförändringarna. Klimatet påverkas, som det alltid gjort, även av naturliga faktorer, vilket leder till tillfälliga variationer i hur snabbt de antropogena förändringarna ger sig till känna.

Klimatförändringarna påverkar naturliga system världen över, vilket också har observerats. De flesta observationerna är från Europa. Det betyder inte att effekterna i Europa skulle vara de värsta utan återspeglar tillgången till långa mätserier om naturliga system.

Det är mycket troligt att de globala klimatförändringarna kommer att tillta under 2000-talet. Även om globala åtgärder för att minska utsläppen är att förvänta, kommer det att ta tid att vända utvecklingen. Vi kommer, åtminstone under de närmaste årtiondena, att gå mot fortsatta klimatförändringar. Utvecklingen längre fram är beroende på vilka beslut som tas på kort och medellång sikt.

Det globala klimatets förändringar innebär förstås även regionala klimatförändringar. Osäkerheterna om dessa är större än om förändringarna av jordens klimat i stort. Att uppvärmningen blir större över land än över de flesta havsområdena samt att uppvärmningen kan bli störst på Arktis är ändå tydliga resultat. För Norden och Sverige innebär det troligen större temperaturförändringar än det globala genomsnittet. Även flera andra klimataspekter utöver temperaturen kommer att förändras, till exempel nederbörden och snöförhållandena. Dessutom påverkar en ökande koldioxidhalt växtligheten och genom försurningen även livet i havet.

Landskapet, såsom det ter sig idag, har en historia där klimatet har varit en av de grundläggande förutsättningarna. Detsamma gäller urbana verksamheter. På samma sätt kan klimatförändringarnas effekter påverka allt runtomkring oss. Det finns ändå en betydande osäkerhet om vilka effekterna blir, och dessutom om hur motståndskraftiga såväl människans som de naturliga systemen är.

I Sverige är miljöarbetet organiserat i miljömål. Det övergripande målet är att till nästa generation ha löst de stora miljöproblemen. Klimatförändringarnas effekter på möjligheterna att nå miljö kvalitetsmålen utgör ett nytt inslag i miljömålsarbetet. Därmed finns ett väsentligt kunskapsbehov i miljömålsarbetet. Utöver klimatförändringarnas direkta påverkan på miljön, kan deras effekter visa sig som stressmultiplikatorer, det vill säga de samspelar med annan påverkan på miljön.

4 Definitioner

I denna rapport används begreppen "miljö kvalitetsmål" och "miljömål" synonymt.

Med "analyser" avses underlag från aktörer i det svenska miljömålsarbetet, från internationella organisationer eller material publicerat i den vetenskapliga litteraturen.

För det mesta hänvisas till miljömålen med deras fulla namn, men detta varierar med hänvisningar till "klimatmålet", "luftmålet" och så vidare.

5 De svenska miljömålen

De svenska miljömålen är beslutade av riksdagen år 1991 och 2005. Delmål samt riktlinjer för hur dessa delmål ska nås beslutades år 2001, med några justeringar 2005 och 2009⁵.



De 16 svenska miljömålen är: **1. Begränsad klimatpåverkan** **2. Frisk luft** **3. Bara naturlig försurning** **4. Giftfri miljö** **5. Skyddande ozonskikt** **6. Säker strålmiljö** **7. Ingen övergödning** **8. Levande sjöar och vattendrag** **9. Grundvatten av god kvalitet** **10. Hav i balans samt levande kust och skärgård** **11. Myllrande våtmarker** **12. Levande skogar** **13. Ett rikt odlingslandskap** **14. Storslagen fjällmiljö** **15. God bebyggd miljö** **16. Ett rikt växt- och djurliv**

Miljömålen beskriver den kvalitet och det tillstånd för Sveriges miljö, natur- och kulturresurser som är miljömässigt hållbara på lång sikt. Miljömålen syftar till att främja människors hälsa, värna den biologiska mångfalden och naturmiljön, ta till vara kulturmiljön och de kulturhistoriska värdena, bevara ekosystemens långsiktiga produktionsförmåga och trygga en god hushållning med naturresurserna. Ett övergripande mål för miljömålsarbetet är att till nästa generation ha löst de stora miljöproblemen. Miljömålen ska vara uppnådda till år 2020, med klimatmålet som ett undantag.

Åtgärderna ska leda till hållbar utveckling och ett hållbart nyttjande av naturresurserna.

Tre åtgärdsstrategier kompletterar miljömålen. Dessa beaktar synergier mellan miljömålsarbetet och åtgärder på andra områden som påverkar möjligheterna att bedriva miljömålsarbetet och att uppnå miljömålen:

1. En strategi för effektivare energianvändning och transporter – för främst att minska utsläppen från energi- och transportsektorerna.
2. En strategi för giftfria och resurssnåla kretslopp – för att minska användningen av naturresurser, minska de diffusa utsläppen av miljögifter och för att skapa energi- och materialsnåla kretslopp.
3. En strategi för hushållning med mark, vatten och bebyggd miljö – för att bevara den biologiska mångfalden och värdefulla kulturmiljöer, skydda människors hälsa, samt för miljöanpassad fysisk planering och hållbar bebyggelsestruktur.

I Miljömålsrådets senaste årliga uppföljning, de Facto 2009⁶, bedömdes att man har kommit olika långt i arbetet med de olika miljömålen. Bedömningen är att även med stora insatser kommer långtifrån alla mål att uppnås inom den utsatta tiden.

6 Klimatfrågan och klimatets utveckling

Den observerade globala uppvärmningen är otvetydig. FN:s klimatpanel IPCC har vidare konstaterat att merparten av den observerade temperaturökningen sedan mitten av 1900-talet mycket sannolikt beror på människans utsläpp av växthusgaser⁷. Ett annat centralt resultat är att de senaste tre årtiondenas klimatförändringar redan gett genomslag i naturliga system världen över^{8,9,10}. En tydlig slutsats är också att det krävs stora åtgärder för att uppnå det svenska klimatmålet, men att detta inte är omöjligt vare sig ekonomiskt eller tekniskt^{11,12}. Hur man skall nå ett specifikt klimatmål genom särskilda åtgärder är osäkert. Till exempel uppskattas sannolikheten för att den globala uppvärmningen inte överstiger 2 grader vara 50% om de antropogena växthusgasernas atmosfärshalter stabiliseras vid 450 miljondelar koldioxidekvivalenter. En lägre stabiliseringsnivå ökar denna sannolikhet, medan en högre minskar den. Vidare, eftersom klimatet och kolets kretslopp är kopplade, finns det inte heller någon helt entydig utsläppsminskning som utan osäkerhet leder till en bestämd stabilisering av växthusgashalterna i atmosfären.

Enligt olika sammanställningar sedan IPCCs senaste stora genomgång bekräftar forskningen i stort dessa slutsatser^{13,14,15,16,17}. De har tagits fram på olika sätt, men tillsammans understryker de att senaste forskningsrönen pekar mot något kraftigare effekter av klimatförändringarna framöver än det tidigare framlagda kunskapsläget. Nästa mer grundläggande sammanställning som IPCC arbetar fram, ska vara färdig till 2013-2014.

6.1 Tidsperspektiv på klimatets förändring

I ett långt tidsperspektiv (10 000-100 000tals år) sker storskaliga processer som påverkar klimatet och leder till omväxlande kalla och varma perioder. Sådana förlopp ligger bortom det svenska miljömålsarbetet med undantag av miljömålet *Säker strålmiljö* eftersom använt kärnbränsle skall lagras i ett perspektiv på 100 000 år.

Den klimatförändring vi idag upplever är en antropogent driven uppvärmning. Den sker på grund av de utsläpp av växthusgaser som orsakas via användning av fossila bränslen och förändringar i markanvändningen. Klimatet förändras som en respons på utsläppen, men det sker med en viss fördröjning. Världshavet och inlandsisarna reagerar nämligen förhållandevis långsamt på påverkan. Det innebär att även efter att utsläppen har begränsats markant, fortsätter klimatförändringarna, om än i avtagande takt. Inte heller finns det någon omedelbar återhämtning att hoppas på. En väsentlig andel av dagens utsläpp kommer att hänga kvar i atmosfären även i ett 1000-årsperspektiv.

Sett ur de biologiska systemens synvinkel är de förväntade klimatförändringarna stora och de sker snabbt. Hastigheten i förändringen är en viktig faktor utöver förändringarnas storlek. Naturen har en viss förmåga till anpassning och återhämtning om den får tid på sig. Naturens anpassning kan ändå innebära att dess tillstånd förändras.

6.2 Klimatförändringarna och andra drivkrafter

Förutom de naturgivna förutsättningarna formas miljön av människans olika aktiviteter, det vill säga den antropogena påverkan. Klimatets förändring gör att de naturgivna förutsättningarna ändras. I det generationsperspektiv som miljömålen satt upp för, har dock människans andra aktiviteter, till exempel markanvändningen, större påverkan än climateffekterna. Med tiden ökar dock climateffekterna och deras eventuella betydelse för det som miljömålsarbetet ska uppnå. Som det påpekades i inledningen, kan inte klimatförändringarnas effekter eller miljöeffekter av klimatåtgärder hanteras skilt från annan påverkan. Snarare är det fråga om ett komplicerat samspel. I princip kan climateffekterna utöver sin direkta påverkan förstärka eller kanske också motverka andra stressfaktorer (ett exempel på förstärkning är hur kylvattenutsläppens miljöeffekter kan förstärkas av en samtidig klimatberoende höjning av vattentemperaturerna¹⁸), eller effekten av åtgärder i miljömålsarbetet.

Det verkar rimligt att de olika miljömålen skiljer sig åt i denna aspekt. Biologisk mångfald som ingår som en aspekt i många av miljömålen är ett exempel där direkta climateffekter är uppenbara.

7 Miljömålen och effekter av klimatiförändringarna

För vart och ett av Sveriges 16 miljö kvalitetsmål beskrivs här dess relation till klimatet och hur klimatiförändringarna kan påverka möjligheterna att uppnå målet. Beskrivningen är på intet sett heltäckande men avser att lyfta fram de mest väsentliga aspekterna. Möjliga konflikter och synergier med andra samhällsområden belyses i miljömålsarbetet inom ramen av de tre åtgärdsstrategierna. De behov av underlag, för bedömning av klimateffekter, som framkommit vid intervjuerna med de målsansvariga myndigheterna beskrivs. I bilaga 3 finns den information som sändes till de miljömålsansvariga inför de samtal som också ligger till grund för sammanställningen.

Beskrivningarna innehåller en kort **inledande kommentar** inklusive Miljömålsrådets senaste bedömning om utvecklingen. Detta följs av ett stycke om **klimatiförändringarnas relevanta effekter** och deras **tidshorisont**, det vill säga hur dessa kan vara viktiga i ett kortare perspektiv (ca 2020), på lite längre sikt (ca 2050) och på lång sikt (ca 2100). En viss utveckling av regionala klimatscenarier finns i bilaga 2. I den mån sådana finns, diskuteras identifierbara **synergier och konflikter** mellan åtgärder som i första hand avser miljömålet i fråga och andra miljömål. Exempel på tillgängligt **underlag**: utredningar, rapporter och projekt berörs under "Analyser" (se vidare bilaga 1). Ibland hänvisas i den löpande texten till specifika forskningsartiklar som ska tas som exempel på relevanta studier. I en del fall kan en angiven referens vara relevant för flera miljömål än det som referensen anges för. I allmänhet går till exempel eutrofieringsfrågor och havsmiljöfrågor in i varandra. Biodiversitetsfrågor är i sin tur närvarande i flera av miljömålen, samtidigt som de förstås återfinns under *Ett rikt växt- och djurliv*. Beskrivningarna rundas av med en kommentar om **väsentliga klimatparametrar**.



7.1 Begränsad klimatpåverkan

Halten av växthusgaser i atmosfären skall i enlighet med FN:s ramkonvention för klimatiförändringar stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig. Målet skall uppnås på ett sådant sätt och i en sådan takt att den biologiska mångfalden bevaras, livsmedelsproduktionen säkerställs och andra mål för hållbar utveckling inte äventyras. Sverige har tillsammans med andra länder ett ansvar för att det globala målet kan uppnås.

Miljömålsrådet bedömer att målet *Begränsad klimatpåverkan* är mycket svårt att nå.

Miljömålet *Begränsad klimatpåverkan* ("Klimatmålet") skiljer sig från övriga mål genom dess tidshorisont som handlar om en långsiktig stabilisering av antropogena klimatiförändringar. Av alla miljömål är Klimatmålet det som är mest beroende av internationella åtgärder.

Sannolikheten för att *Begränsad klimatpåverkan* uppnås ger ramarna för hur snabba klimateffekterna kan bli, vilket även påverkar det övriga svenska miljömålsarbetet. Det svenska målet ligger i linje med EUs klimatmål att den globala medeltemperaturens ökning ska bli högst 2 grader jämfört med förindustriell temperaturnivå¹⁹.

Den hittills observerade globala temperaturhöjningen sedan före industrialismen uppgår till 0,7 grader. Klimatets förhållandevis långsamma respons på utsläppen innebär att en viss ytterligare uppvärmning är oundviklig. Den har uppskattats till cirka 0,5 grader^{7,13}. Varje tioårsperiod med fortsatta globala utsläpp ökar den globala uppvärmningen med ytterligare 0,1-0,3 grader. Därför kan det för det svenska miljömålsarbetet vara relevant att även studera klimatpåverkan som överstiger det så kallade 2-gradersmålet. En ytterligare anledning till detta är att klimateffekter på upptag av koldioxid i haven och på land (avmattning av kolsänkor) kan påverka behovet av utsläppsminskningar.

Problematiken kring *Begränsad klimatpåverkan* har en vidare dimension. Det är inte självklart vad "farlig mänsklig klimatpåverkan" innebär²⁰. Oavsett detta, leder inte ens 2-gradersmålet till att

klimat effekter uteblir, utan snarare att vi kan undvika än större effekter²¹. Vetenskapen att klimatförändringarna fortsätter efter 2050 är likaså väletablerad, vilket spär på klimatteffekters betydelse i miljöarbetet även på längre sikt.

Klimatförändringarna och Begränsad klimatpåverkan

Målets uppfyllande är till avgörande del beroende av internationellt samarbete och insatser i alla länder. *Begränsad klimatpåverkan* ramar in frågan om klimatteffekter på de övriga miljömålen. Det finns dock inneboende återkopplingar mellan klimatförändringarna och klimatpåverkan²² som inte minst handlar om hur naturliga kolsänkor påverkas av klimatet. Dessa finns på land och i havet. Sänkornas kapacitet och stabilitet beror dock på klimatförhållandena. I terrestra system handlar det dels om balansen mellan fotosyntes och respiration, men även om eventuella förändringar i hela ekosystem²³. I havet är det fråga om vattentemperatur, cirkulation och havsisen. Dessutom påverkar vindförhållandena koldioxidflödena mellan luften och vattnet. Därtill kan förändringar i marinbiologin påverka kolsänkorna i havet.

Tidsperspektivet

Begränsad klimatpåverkan skall uppnås till år 2050. Det är högst osäkert om detta i praktiken är möjligt eftersom klimatförändringarna kommer att pågå en lång tid efter att utsläppsminskningar stabiliserat atmosfärshalterna. Däremot kan det vid 2050 vara möjligt att göra bra bedömningar av om klimatmålet kommer att uppnås på sikt.

- På kort sikt (ca 2020) är det osäkert om hur mycket bättre bedömningar som kan göras över sannolikheten att nå klimatmålet.
- På medellång sikt (ca 2050) ökar möjligheterna till att bättre bedöma måluppfyllelsen, eftersom kunskapsläget har förbättrats kring klimatsystemets känslighet, pågående förändringar och klimatpåverkans utveckling.
- På lång sikt (ca 2100) är det tämligen troligt att klimatet inte till fullo hunnit stabilisera sig även ens om mycket snabba och stora utsläppsminskningar uppnås de närmaste årtiondena. Eftersom klimatsystemet är komplext, är det också omöjligt att helt avskriva möjligheten till oväntade ytterligare klimatförändringar, så kallade *tipping points*²⁴.

Målkonflikter och synergier

En del åtgärder för att begränsa klimatpåverkan kan ha återverkningar på möjligheterna att uppnå andra miljömål. Det handlar inte minst om mark- och vattenanvändning för förnybar energiproduktion. Det finns dock inskrivet i *Begränsad klimatpåverkan* att hållbar utveckling inte får äventyras.

Åtgärder för att nå *Begränsad klimatpåverkan* berör till stora delar energiomställningen i samhället. Att ersätta fossila bränslen med energi från till exempel biomassa inverkar givetvis positivt på klimatmålet på lång sikt. Här kan det finnas synergieffekter med andra mål, men åtgärderna kan också komma i konflikt med andra miljömål. Energimyndigheten har sammanfattat miljöproblem och miljömål i energisektorn enligt tabellen nedan²⁵.

Särskilt utpekade energi som en nyckelfaktor för *Begränsad klimatpåverkan*, *Frisk luft*, *Bara naturlig försurning* och *God bebyggd miljö*^a. Även om mer förnybar energiproduktion innebär potentiella konflikter med några av miljömålen, bedömer Energimyndigheten att användning av fossila bränslen är den mest angelägna aspekten i energisektorns miljöarbete. De konflikter som kan uppstå går att minimera med bra brukningsätt och uttagsnivåer när det gäller biobränslen och med avseende på vindkraften med väl planerad och vald lokalisering.

^a Vid tiden för Energimyndighetens sammanfattning som hänvisas till var dessa fyra miljömål utpekade i myndighetens regleringsbrev. Sedan dess har *Levande sjöar och vattendrag* och *Storslagen fjällmiljö* tillkommit, vilket på sitt sätt konkretiserar hur konflikter och synergier i det svenska arbetet blivit alltmer uppmärksammade. Även *Levande skogar* torde vara viktigt i sammanhanget.

Tabell 1. Miljöproblem och miljömål i energisektorn. Fet stil markerar de miljömål som är särskilt utpekade för energisektorn.

Grundläggande värde	Problem	Miljömål	Orsak	Substans/ material
Den biologiska mångfalden och naturmiljön, Kulturmiljön och de kulturhistoriska värdena, Ekosystemens långsiktiga produktionsförmåga	Klimatförändring	Begränsad klimatpåverkan	Utsläpp av växthusgaser från förbränning av fossila bränslen	CO ₂ , CH ₄ , NO _x , O ₃ , freoner
Människors hälsa	Allergier, sjuklighet i luftvägar, cancer mm	Frisk luft	Luftföroreningar från förbränning av fossila bränslen och biobränslen	CO, CH ₄ , NO _x , O ₃ , VOC, SO ₂ , partiklar
Den biologiska mångfalden och naturmiljön, Kulturmiljön och de kulturhistoriska värdena,	Ändrat pH i mark och vatten, inklusive nederbörd	Bara naturlig försurning	Luftföroreningar från förbränning av fossila bränslen, produktion av biobränslen	NO _x , SO ₂
Människors hälsa, Den biologiska mångfalden och naturmiljön, Ekosystemens långsiktiga produktionsförmåga	Förgiftning	Giftfri miljö	Användning av fossila bränslen	Olja, kol
Människors hälsa, Den biologiska mångfalden och naturmiljön	Ökad näringstillgång i mark och vatten	Ingen övergödning	Luftföroreningar från förbränning av fossila bränslen och biobränslen	NO _x
En god hushållning med naturresurser	Minskade möjligheter för kommande generationer	God bebyggd miljö	Användning av ändliga resurser (fossila bränslen och uran)	Olja, kol, uran

Ett ökat uttag av biomassa från jord och skog för att ersätta fossila bränslen medför ökad risk att påverka mångfalden negativt (*Ett rikt växt- och djurliv, Myllrande våtmarker, Levande skogar och ett rikt odlingslandskap*). Odling av energigrödor kan dock också påverka den biologiska mångfalden och kulturmiljön positivt²⁶. Likaså kan införande av vindkraft ha betydelse (*Levande hav och skärgård, Storslagen fjällmiljö*). Vid uttag av grenar och toppar i skog ökar även risken för försurning (*Bara naturlig försurning, Levande sjöar och vattendrag*) om inte uttaget kompenseras, till exempel genom askåterföring. Effekterna beror till stor del på hur åtgärderna görs och vilken omfattning de får. Här behöver värderingar sammanvägas så att väsentliga värden inom våra landskap bibehålls och så att miljömålen fortsatt kan nås. *Levande sjöar och vattendrag* kan påverkas om vattenkraften byggs ut. *Ingen övergödning* kan påverkas om kvävegödsling ökar i ett eventuellt intensivare skogsbruk. *Säker strålmiljö* skulle kunna påverkas om mer kärnkraft introduceras. Eventuella målkonflikter beror på hur arbetet med ökad andel och mängd av förnybara energislag genomförs.

Skyddande ozonskikt kan, om än i mycket liten omfattning, paradoxalt nog påverkas negativt. Detta diskuteras vidare i samband med det miljömålet.

En självklar synergi med de andra miljömålen är att vid uppnått klimatmål minskar climateffekterna på allt övrigt miljömålsarbete. Begränsning av klimatpåverkande utsläpp har vidare positiva återkopplingar med åtgärdsarbete inom *Frisk luft* och *Skyddande ozonskikt* tillsammans med *Säker strålmiljö*. Eftersom koldioxidutsläpp ger upphov till havsförsurning, finns synergier också med *Bara naturlig försurning* och *Hav i balans samt levande kust och skärgård*.

Analyser

Internationellt finns mycket forskning och ett stort antal analyser som har relevans för *Begränsad klimatpåverkan*¹¹. Det finns också ett stort antal analyser som kommer något närmare det svenska arbetet^{12,27,28,29}.

Betydelsen av de samlade utsläppen över tiden har påpekats i vetenskapliga studier^{30,31}, vilket betonar behovet av mål inte bara på kort sikt utan också på medellång och lång sikt.

Energimyndigheten har tagit fram rapporter om sitt arbete med särskilt sektorsansvar för miljömålsarbetet till Miljömålsrådet³².

Behov av klimatunderlag

Det behövs kontinuerlig global och regional klimatövervakning samt utsläppsstatistik för att övervaka utvecklingen. De aspekter av klimatet som behöver följas upp är mycket omfattande, men med den nuvarande formuleringen av klimatmålet handlar det i första hand om den globala temperaturen. I den mån som en koppling görs med någon växthusgasnivå, behövs även löpande information om växthusgasers atmosfärshalter.

Om betraktelserna vidgas till klimatförändringarnas ("farliga") effekter, behövs förstå information om hur klimatförändringarna påverkar den biologiska mångfalden, livsmedelsproduktionen och andra mål för hållbar utveckling. Härvidlag återstår utvecklingsarbete för att ta fram relevanta indikatorer som konkretiserar climateffekterna.



7.2

Frisk luft

Luften skall vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas. Inriktningen är att miljö kvalitetsmålet skall nås inom en generation.

Miljömålsrådet bedömer att målet *Frisk luft* är mycket svårt eller inte möjligt att nå till 2020 även om fler åtgärder sätts in. Det går inte att se någon tydlig utvecklingsriktning för tillståndet i miljön.

Klimatförändringarna och Frisk luft

Klimatet har inverkan på luftkvaliteten i Sverige. Viktiga källor för luftföroreningar i Sverige är vägtrafiken, den småskaliga uppvärmningen av bostäder och långdistanstransporterade föroreningar inte minst från Europa. I synnerhet för marknära ozon, spelar även den hemisfäriska bakgrundshalten roll. Sveriges geografiska läge i Europa gör att vi nås av föroreningsutsläpp som skett utanför landets gränser med episoder av höga halter av olika föroreningar. Meteorologiska förhållanden som markinversion och stabil atmosfärisk skiktning kan skapa höga föroreningshalter där lokala utsläppskällor finns, till exempel vid vedeldning.

Luftkvalitet är starkt länkat med meteorologin och därmed klimatet. Spridningsmönster för luftföroreningar beror på vind-, temperatur- och nederbördsförhållanden. Klimatförändringarna kan ge nya spridningsmönster och därmed förändra långdistanstransporten. Förändringar i nederbörden kan påverka depositionen, medan temperaturförändringar kan ge visst genomslag i atmosfärskemin och omvandlingen av föroreningar i luften.

Naturliga emissioner av gaser och partiklar från vegetation kan förändras med klimatförändringarna eftersom de ofta är en funktion av temperatur och fuktighet. Luftföroreningars miljöeffekter kan också förändras i den mån de samspelar med climateffekterna på grödor och hälsa.

Förekomsten av haka kan förväntas minska i södra Sverige medan den kan öka i mellersta och norra Sverige. Detta återverkar på luftkvaliteten via användningen av dubbdäck.

Tidsperspektivet

- På kort sikt (ca 2020) borde climateffekterna vara små på *Frisk luft* och inte utgöra någon avgörande faktor för möjligheterna att uppnå detta miljömål.
- På medellång sikt (ca 2050) får climateffekterna större betydelse.
- På lång sikt (ca 2100) liknar situationen den på medellång sikt. Eventuella climateffekter på luftkvaliteten blir rimligen än tydligare.

Målkonflikter och synergier

Åtgärder för att uppnå *Begränsad klimatpåverkan* kan i det korta perspektivet vara i viss konflikt med *Frisk luft*. I arbetet med det sistnämnda eftersträvas bland annat mindre svavelutsläpp. Dessa höjer atmosfärens partikelhalt och förekomsten av dessa partiklar dämpar den globala uppvärmningen. Även förekomsten av sot påverkar strålningspådrivningen och värmer upp atmosfären. Samtidigt sker en viss direkt avkylning vid jordytan eftersom solstrålning absorberas högre upp i luften. Förändringar i jordytans och luftlagrens temperatur kan ha effekter på molnbildning och cirkulation, och i sin tur ytterligare climateffekter.

En ökad användning av biobränslen och speciellt småskalig vedeldning i tätbebyggda områden skulle kunna påverka *Frisk luft*, men hur stor denna påverkan blir beror även på styrmedel och vilken teknik som används vid eldningen. Minskade utsläpp från trafiken (kväveoxider och kolväten) kan minska halten av marknära ozon och bidra till möjligheterna att uppnå både *Frisk luft* och *Begränsad klimatpåverkan*.

Verksamheter som ger upphov till utsläpp av växthusgaser och luftföroreningar är delvis desamma, vilket betyder att åtgärder inom det ena området påverkar det andra. I det stora hela finns det en hel del som pekar på fördelar med att bedriva sammanhållna luftmiljö- och klimatåtgärder³³.

Analyser

I ett nytt forskningsprogram som finansieras av Naturvårdsverket: Forskning om interaktion mellan klimatiförändring, miljömål och åtgärder ("Climate Change and Environmental Objectives", CLEO)³⁴ ska undersökas hur ett förändrat klimat påverkar möjligheten att nå de miljömål som berörs av långväga transport av luftföroreningar: *Frisk luft*, *Bara naturlig försurning*, *Giftfri miljö* och *Ingen övergödning*.

Analyser visar att om en stringent EU-klimatpolitik förs för att nå EUs temperaturmål, som det svenska miljömålet *Begränsad klimatpåverkan* sammanfaller med, leder det till bättre luftkvalitet, bättre hälsa och ekonomiska fördelar^{35,36,37}. I det avslutade svenska forskningsprogrammet ASTA studerades problematiken kring gränsövergridande luftföroreningar³⁸. Även klimatarbetet berördes³⁹.

SMHI har gjort studier av luftföroreningar i ett framtida Europa⁴⁰ och det finns en rad internationella rapporter som behandlar luftkvalitet och klimatiförändringar. Modellstudier visar att ändringar i Europas klimat ger förändringar av halter och deposition av många luftföroreningar. För Sveriges del syns små ändringar i de modellerade ozonhalterna. De sekundära oorganiska partiklarna uppvisar måttlig ökning, särskilt vår och sommar i södra delarna av landet medan de nordliga delarna visar minskande halter. Dessa partiklar kan ses som en markör för svavelutsläpp, vilka ofta indikerar hälsoskadliga utsläpp av partiklar.

Behov av klimatunderlag

Intressanta klimataspekter för miljömålet är förändrad meteorologi och lokala nederbördsmonster. För bedömningar av synergier och konflikter mellan *Begränsad klimatpåverkan* och *Frisk luft* vore det fördelaktigt att scenarierna för viktiga utsläpp på respektive miljöområde överensstämmer.

Viktiga parametrar

- Atmosfärens regionala och hemisfäriska transportmönster (cirkulation)
- Lokala nederbördsmonster

- Lufttemperatur



7.3

Bara naturlig försurning

De försurande effekterna av nedfall och markanvändning skall underskrida gränsen för vad mark och vatten tål. Nedfallet av försurande ämnen skall heller inte öka korrosionshastigheten i tekniska material eller kulturföremål och byggnader.

Miljömålsrådet bedömer att målet *Bara naturlig försurning* är mycket svårt eller inte möjligt att nå till år 2020 även om fler åtgärder sätts in. Utvecklingsriktningen för tillståndet i miljön är positiv.

De ämnen som har störst betydelse för försurningen är svaveldioxid, kväveoxider och ammoniak. Skogsmarken kan även försuras genom processer inom själva skogsbruket, såsom exempelvis avverkning^b. Försurningen har effekter på växter och djur, främst i sjöar och vattendrag. Också människans hälsa kan påverkas, till exempel av dricksvatten från försurade brunnar. Kulturhistoriskt värdefulla föremål, som statyer och utsmyckningar på byggnader, skadas av vittring orsakad av försurande ämnen i luft och vatten. I mark påverkas rörledningar och fornlämningar.

Klimatförändringarna och Bara naturlig försurning

Källorna till försurningen är främst utsläpp från transporter, energianläggningar, industri och jordbruk. Den största delen av de ämnen som försurar mark och vatten förs hit med vindarna från andra länder. Internationella avtal har bidragit till att minska utsläppen. I norra Sverige är försurningsproblemen relativt små och för södra Sverige har försurningspåverkan minskat påtagligt och en ytterligare minskning väntas ske de närmsta 50 åren.

Den samlade effekten av ett ändrat klimat är svårtydd. För sydvästra Sverige kan den ökande temperaturen leda till ökat nitratläckage, eftersom marken innehåller mycket kväve på grund av deposition. Som regel leder högre avrinning till att mark och vatten blir surare, men för starkt försurade områden kan ökat flöde istället bidra till återhämtning. En ytterligare aspekt på klimatförändringars effekter är att ett högre grundvatten också bidrar till att halten organiskt material i avrinnande vatten ökar.

En högre skogstillväxt till följd av ett varmare klimat väntas i hela landet. Ökad kväveminalisering kan förväntas gynna skogstillväxten och behöver därför inte öka kväveläckaget.

På senare tid har försurningen av haven lyfts upp i forskningen. En del av koldioxidutsläppen tas upp i haven, vilket leder till lägre pH. Mätningar tyder på att en viss havsförsurning redan pågår och den kan förväntas fortsätta vid fortsatta utsläpp. Detta gäller både för världshaven och för regionala hav. Enligt SMHI har minskningar mellan 1993 och 2007 noterats i flera av våra närområden, med upp till 0,44 enheter. De största förändringarna har noterats i Bottenhavets ytvatten. I de andra delarna av Östersjön och Västerhavet är minskningarna måttligare och uppgår till ett par tiondels enheter eller mindre.

Tidsperspektivet

Några av delmålen är redan uppnådda men på längre sikt kan klimatförändringarna ändra på situationen. Ökande nederbörd skulle till exempel kunna leda till en ökad urtvättning och därmed ökad försurning även om utsläpp av de sura ämnena i atmosfären avtar. Idag minskar svavelutsläpp men kväveoxiderna ökar exempelvis från sjöfarten. Hur utvecklingen blir framöver beror mycket på de energisystem och bränslen som väljs samt förstås trafikvolymerna.

^c I växande skogar frisläpps syror från rötterna samtidigt som basiska ämnen tas upp. Om skogen tas bort vid avverkning så sker ingen återföring av de basiska ämnena från träden vilket gör att marken successivt kan försuras.

- På kort sikt (ca 2020) förväntas klimateffekterna ha en begränsad inverkan. Havsförsurningen kan dock förväntas öka eftersom koldioxidutsläppen fortsätter.
- På medellång sikt (ca 2050) får klimateffekterna större betydelse speciellt för havsförsurningen och beroende på balansen mellan förändrat nitratläckage och kväveminalisering, även i sötvattenssystem.
- På lång sikt (ca 2100) är klimateffekterna på havsförsurningen det kanske mest betydelsefulla orostecknet på området *Bara naturlig försurning*.

Målkonflikter och synergier

Miljömålsarbetet om klimat, luft och försurning präglas delvis av åtgärder som handlar om samma utsläpp. Det finns alltså olika synergier mellan åtgärder, vilket redan har diskuterats i samband med *Frisk luft*.

Konflikter kan dock även ses mellan *Bara naturlig försurning* och *Begränsad klimatpåverkan*. Beroende på teknik kan ökad användning av dieslbilar minska koldioxidutsläppen men öka utsläppen av kväveoxider. Ökad användning av skogsbiobränslen kan i sin tur påverka *Bara naturlig försurning*. Om grot (grenar och toppar) skördas vid avverkningen av skogen och ingen återföring av baskatjoner som skulle motverka försurningsprocessen görs^c (aska) finns det risk att marken långsamt försuras. Hur pass stor påverkan blir beror bland annat på hur stora uttag som görs, vilka fraktioner av träden som skördas samt om de ytor som grot skördas på är försurningskänsliga.

Analys

Studier hittills tyder inte på större effekter av ett varmare klimat på surhet i mark och vatten. Havsförsurningens effekter är än så länge mycket dåligt förstådda, men antalet rapporter och artiklar ökar^{41,42,43,44}. Naturvårdsverket finansierar ett nytt projekt som syftar till bättre övervakning av våra regionala havs försurning⁴⁵. En del bakgrund, trender, scenarier för Östersjöns del visavis havsförsurningen och dess effekter har beskrivits⁴⁶, tillsammans med rekommendationer för övervakning och forskning.

Studier av hydrologins betydelse för försurningen finns, men de är sällan direkt kopplade till klimatförändringen. Forskningsprogrammet CLEO³⁴, se *Frisk luft*, ska bland annat belysa kopplingen mellan försurning och klimat.

Behov av klimatinformation

Nederbördsutvecklingen är viktigast och hur det påverkar flödesmönstren i vattendragen. Snösmältningsförloppet på våren är också intressanta ur försurningssynpunkt, även om betydelsen av ”surstötar” har minskat.

Viktiga parametrar

- Nederbördsmonster, snösmältningen och vattenföringen
- Koldioxidhalten i luften och dess utbyte med havet



7.4

Giftfri miljö

Miljön skall vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden.

^c Mängden baskatjoner i marken beror på markens förmåga att binda katjoner (partiklarnas negativa laddningar) samt på processer som tillför och bortför baskatjoner. Långsiktigt sker tillförsel genom vittring och deposition från atmosfär eller genom mänsklig aktivitet (till exempel gödsling). Förlusterna utgörs av utlakning och upptag och skörd av vegetation. Om aska återförs minskar den förlust av baskatjoner som sker vid skörd. I det svenska blöta klimatet lakas salter ur marken och basmättnadsgraden och pH sjunker. De naturliga försurningsprocesserna påverkas alltså av åtgärder i skogsbruket.

Miljömålsrådet bedömer att målet är mycket svårt eller inte möjligt att nå till år 2020 även om fler åtgärder sätts in. Det går inte att se någon tydlig utvecklingsriktning för tillståndet i miljön.

Klimatförändringarna och Giffri miljö

Det finns en möjlig direkt koppling mellan klimat och omsättning och nedbrytning av gifter i miljön men kunskapen är liten om hur klimatförändringarna påverkar de kemiska ämnenas omsättning i miljön. Varmare klimat kan ge snabbare nedbrytning. Ett varmare klimat gör att skogsmark oftare är ofrusen vintertid vilket kan leda till ökade markskador som i sin tur kan ge kvicksilverläckage i samband med skogsbruk.

Indirekt kan klimatet påverka behov av bekämpningsmedel inom jordbruket. Ett varmare klimat ökar produktionskapaciteten för odling vilket i sig skulle kunna vara en möjlighet till minskad kemikalieanvändning. Samtidigt kan det bli fråga om en intensivare odling och ökat kemikaliebehov. Läget blir vidare svårbedömt eftersom klimatförändringarna kan göra det möjligt att introducera nya arter och eftersom nya skadegörare kan bli aktuella för Sverige. Detta gäller framförallt jordbruket men berör även trädgårdar och skogen. Även behoven av biocider för skydd mot röta kan förväntas öka med ett fuktigare klimat.

Vid översvämningar av förorenade områden friläggs föroreningar och deras spridning ökar vilket även kan bli fallet vid ändrade grundvattenfluktuationer eller förhöjd havsnivå. Skred, ras och erosion som förväntas öka i vissa områden kan också öka spridningen av miljögifter. Förorenade områden som ligger vid kusten eller intill sjöar och älvar kan komma att drabbas av ökat läckage eller skred.

Tidsperspektivet

Klimatförändringarnas effekter kommer med tiden att alltmer påverka förekomsten av gifter i miljön.

- På kort sikt (ca 2020) lär klimatförändringarnas effekter inte märkbart påverka förekomsten av gifter i miljön.
- På medellång sikt (ca 2050) får klimateffekterna större betydelse, dock beroende på hur skogs- och jordbruket reagerar på klimatförändringarnas direkta och indirekta effekter. I takt med att förorenade områden åtgärdas, minskar risken för klimateffekter som beror på förändringar av vattenföring, havsnivå och markförhållanden.
- På lång sikt (ca 2100), som ovan.

Målkonflikter och synergier

Om *Begränsad klimatpåverkan* åtföljs av en energipolitik som leder till minskad omsättning av energi och material, är det givetvis positivt för *Giftfri miljö*⁴⁷. Dessutom kan omställningen av energiteknik utnyttjas för att införa hållbar kemikalieanvändning. Med införande av ny teknik inom energisektorn kan dock även teknikkonflikter uppstå. Lågenergilampor innehåller kvicksilver⁴⁸, men det är förstas hela kedjan från produktion till avfall som avgör belastningen. Minskat energibehov kan på vissa håll ge minskad kolförbränning och därmed minskade utsläpp av kvicksilver. En minskad användning av fossila bränslen, främst kol, leder till lägre utsläpp även av bly och kadmium. Systemperspektivet är generellt mycket viktigt. Dagens havsbaserade vindkraft är i viss konflikt med *Giftfri miljö* eftersom blymantlad kabel används. Ett ökat användande av solceller kan i sin tur stå i konflikt med *Giftfri miljö* beroende på vilka ämnen som används och hur avfallet hanteras.

För att utnyttja den möjlighet till produktionsökningar och introduktion av nya grödor som ges av ett varmare klimat kan användningen av bekämpningsmedel öka.

Ökande angrepp av mögel, röta och insekter på kulturbyggnader vid ett mildare och fuktigare klimat skulle kunna leda till ökad användning av kemikalier i bevarandet av kulturmiljön. En annan konflikt är bruket av blymönja som rostskydd av järn i byggnadsminnen. Bly används även för strålskydd och

kan på så sätt sägas vara en potentiell konflikt mellan målen för *Giftfri miljö* och *Säker strålmiljö*, dock ej introducerad av klimatförändringarna.

Analys

Det finns ännu ingen grundlig analys om klimatförändringarnas effekter på *Giftfri miljö*, men arbete pågår inom olika fora för att försöka beskriva olika utvecklingsscenarier. Kemikalieinspektionen har till exempel gett SLU i uppdrag att formulera en analys av klimatförändringarnas inverkan på den framtida användningen av växtskyddsmedel. Kommande forskning inom det tidigare nämnda programmet CLEO³⁴ ska beröra frågeställningar för *Giftfri miljö*, särskilt kring kvicksilver och klimateffekter.

Behov av klimatinformation

Viktiga frågor rör odlingens behov av växt- och rötskydd. För att bedöma detta behöver man kunskap om hur odlingsförutsättningarna påverkas av klimatförändringarna. För nedbrytning av miljögifter är temperatur i vatten och jord intressanta aspekter.

Viktiga parametrar

- Temperatur i vatten och jord
- Klimatindex som beskriver förutsättningarna för skogs- och jordbruket inklusive produktion, val av grödor och skadeeffekter



7.5

Skyddande ozonskikt

Ozonskiktet skall utvecklas så att det långsiktigt ger skydd mot skadlig UV-strålning.

Miljömålsrådet bedömer att det är möjligt att nå målet *Skyddande ozonskikt* till år 2020. Utvecklingsriktningen för tillståndet i miljön är positiv.

Målet är nära kopplat till mängden UV-strålning vid jordytan. Båda diskuteras här nedan.

Den minskning av ozonskiktet som har pågått i över 30 år orsakas av människans utsläpp av ozonnedbrytande ämnen. Det har inneburit att den ultraviolette strålning som når jordens yta har ökat. Över Europa har ozonskiktet minskat med 5-10% och UV-strålningen har ökat i motsvarande grad.

Avvecklingen av de ozonförstörande ämnena har nått långt men den förväntade återhämtningen av ozonskiktet sker långsamt. Läget har dock inte förvärrats ytterligare de senaste åren eftersom halterna av klorfluorkarboner (CFC, ~freoner) i atmosfären har börjat minska. Klorfluorkolväten (HCFC) ökar fortfarande, men deras inverkan är mindre än CFC-gasernas. Modellberäkningar visar att en återhämtning av ozonskiktet kommer att inledas nu. Återhämtningen sker dock olika snabbt på olika ställen. Under tiden kommer ozonskiktet att ge ett reducerat skydd och därmed förväntas en något förhöjd UV-strålning.

Klimatförändringarna och Skyddande ozonskikt

Förekomsten av ozon och ozonförstörande ämnen i stratosfären påverkas av temperaturen och cirkulationen. Den sistnämnda transporterar både ozon som bildas naturligt i stratosfären samt de ozonnedbrytande ämnena. Tillsammans med strålningen påverkar temperaturen de kemiska processer i vilka ozon bildas och förstörs. Sambanden är ofta komplexa, vilket komplicerar kunskapen kring klimatförändringarna och ozonskiktets återhämtning⁴⁹.

En direkt koppling är att när växthuseffekten förstärks blir temperaturen lägre i stratosfären. Hastigheten för den naturliga nedbrytningen av ozon minskar och ozonhalterna kan öka. Men vid polerna kan samtidigt bildningen av de så kallade PSC-molnen (högt belägna polarmoln) öka, vilket

gynnar den ozonförstörande effekten av klor och brom. Studier tyder på att klimatförändringarna kan leda till några års fördröjning av den förväntade återhämtningen.

UV-strålningens mängd vid jordytan påverkas av hur ozonskiktet utvecklas, men även av förändringar i molnighet, snötäcke och atmosfärens partikelinnehåll. För molnigheten i vår region visar klimatmodellerna inte några entydiga trender. Klimatförändringarna för med sig minskande snötäcken och efterhand kan vintrarna bli upp till ett par månader kortare. Därmed bör potentialen för extrem exponering för UV-strålning under våren minska.

Tidsperspektivet

Den viktigaste faktorn för ozonskiktets återhämtning är avvecklingen av de ozonförstörande ämnena och där har arbetet nått långt. Eftersom de ozonförstörande ämnena har lång livslängd så har klimatets utveckling ändå betydelse under lång tid framöver. När halterna av ozonförstörande ämnen minskar kommer de klimatberoende faktorerna att få ökad betydelse. I och med att de värsta ozonnedbrytande ämnena nu fasas ut blir lustgas (dikväveoxid) ett större hot⁵⁰. Fortsatta lustgasutsläpp bedöms kunna fördröja återhämtningen av ozonskiktet under århundradet.

För UV-strålningen vid jordytan är även molnigheten en viktig faktor. Klimatförändringarna och för svenska förhållanden speciellt årstidsförskjutningarna kan i sig leda till ändrat beteende och ändrad exponering för UV-strålning. Medvetenhet hos allmänheten och åtgärder i den fysiska planeringen kan i detta sammanhang ha betydelse. Ett exempel är tillgång till skugga speciellt på öppna platser som torg, lekplatser och skolgårdar.

- På kort sikt (ca 2020) är klimatförändringarnas effekt troligen liten.
- På medellång sikt (ca 2050) får klimateffekterna större betydelse. Ozonskiktet kommer troligen att ha repat sig ordentligt. Eventuella förändringar i molnigheten och förväntade förändringar i snöklimate har i sin tur blivit mer markanta.
- På lång sikt (ca 2100) kan eventuella förändringar i molnigheten vara de viktigaste, samtidigt som ozonskiktet med dagens kunskapsläge ska ha återhämtat sig till fullo.

Målkonflikter och synergier

Åtgärder för att skydda ozonskiktet genom att fasa ut de ozonförstörande gaserna, har varit positivt i klimathänseende eftersom freonerna och halonerna är potenta växthusgaser. Detsamma gäller halogenerade ersättningsgaserna. Eftersom lustgas är en växthusgas, och som berörs ovan också leder till viss förtunning av ozonskiktet, gynnar minskningar av denna gas både strävandena efter att uppnå klimatmålet och *Skyddande ozonskikt*. Ett tunnare ozonskikt motverkar visserligen, om än tämligen ringa, den globala uppvärmningen. Det torde dock inte utgöra någon riktig konflikt mellan dessa miljömål.

Den UV-strålning som når marken påverkas av mängden aerosoler (partiklar) i atmosfären. Om åtgärder för att uppnå andra miljömål, till exempel *Frisk luft* och *Begränsad klimatpåverkan*, leder till minskat partikelinnehåll i atmosfären, kan det ge ökad UV-strålning vid jordytan. Även analyser om klimatförändringarnas påverkan på hudcancer finns gjorda⁵¹.

Analys

UNEP (United Nations Environment Programme)⁵² och IPCC⁵³ har publikationer som berör förhållandet mellan ozonskiktet och klimatförändringarna.

Behov av klimatinformation

Den allmänna klimatutvecklingen är intressant, särskilt i den mån människors beteende förändras avseende exponering för UV-strålning⁵⁴. Överdriven oskyddad vistelse i solen är negativt. Index som "antal soltimmar då solen står högt på himlen" och UV-index är intressanta. De klimataspekter som påverkar ozonskiktet är temperatur och cirkulation i stratosfären. Förändringar i UV-strålningen kan påverkas av ozonskiktets återhämtning, eventuella förändringar i molnigheten och även av

förändringar i snöklimate. För Sveriges del är i första hand förhållandena på våren och sommaren viktiga eftersom UV-strålningen starkt beror av solhöjden. Under främst våren har även snötäcket stor betydelse då det bidrar till ökade UV-doser.

Viktiga parametrar

- Återhämtningen av ozonskiktet
- Molnighet, speciellt på sommaren
- Snötäcket på våren
- Soltimmar
- Klimatindex som "antal soltimmar då solen står högt på himmelen"
- UV-index



7.6

Säker strålmiljö

Människors hälsa och den biologiska mångfalden skall skyddas mot skadliga effekter av strålning i den yttre miljön.

Miljömålsrådet bedömer att det är möjligt att nå målet *Säker strålmiljö* till år 2020 om fler åtgärder sätts in. Det går inte att se någon tydlig utvecklingsriktning för tillståndet i miljön.

Målet gäller radioaktiva ämnen, ultraviolett strålning och elektromagnetiska fält. Det sistnämnda berörs inte här eftersom inga klimatkopplingar har hittats. UV-strålningen behandlas i denna rapport under *Skyddande ozonskikt*.

Klimatförändringarna och Säker strålmiljö

Förvaringen av radioaktivt avfall kan påverkas av klimatförändringar. En större havsnivåhöjning (flera meter), hydrologiska förändringar samt, förstås, nästa glacialperiod kan påverka säkerheten för olika slutförvar och mellanlager av kärnavfall. Markförvar vid kärnkraftverk friklassas dock efter 30 års deponering, vilket talar emot att de kommer att påverkas av klimatförändringarnas effekter på längre sikt. Detsamma gäller förstås inte för slutförvaret för använt kärnbränsle i Forsmark. Slutförvaret för låg- och medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken har den planerade infartstunneln nära dagens havsnivå. En havsnivåhöjning kan därför störa driften av anläggningen. Även det centrala lagret för använt kärnbränsle kan påverkas av ett sådant scenario. De eventuella utsläppen av radioaktiva ämnen beror dock på vilka åtgärder som vidtas vid en ökande havsnivå.

Tidsperspektivet

Enligt Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter ska scenarier för framtida klimatförändringar ingå i de säkerhetsanalyser som kärnkraftsindustrin är ålagda att presentera.

Svensk Kärnbränslehantering (SKB) har gjort säkerhetsanalyser för låg- och medelaktivt driftavfall. Analyserna handlar om tänkbara scenarier tiotusentals år i framtiden. De bygger på antaganden om landhöjning och klimatutvecklingar. Såväl ett antropogent påverkat klimat med förhöjd växthuseffekt som ett klimat med permafrostförhållanden har studerats. Ur säkerhetssynpunkt anses ett kallare klimat ha större konsekvenser för slutförvarets säkerhet.

SKB har även tagit fram en säkerhetsanalys för slutförvar av använt kärnbränsle. I detta fall är tidsperspektivet 100 000 år. I denna analys anses det antropogent påverkade klimatet leda till fördröjda radiologiska konsekvenser eftersom det senarelägger glaciationen.

- På kort sikt (ca 2020) är inte klimatförändringarnas effekter av någon uppenbar betydelse.

- På medellång sikt (ca 2050) är inte klimatförändringarnas effekter av någon uppenbar betydelse, bortsett från om aktiva markförvar fortfarande är i drift. I så fall skulle regionala havsnivåförändringar påverka säkerhetsmarginalerna för översvämningar till exempel vid stormar.
- På lång sikt (ca 2100) är bedömningen ganska lik den på medellång sikt. Klimatförändringarna på ännu längre sikt kommer dock att finnas med i bilden. Utöver de verkligt långsiktiga klimatförändringarna, kan möjligen havsytan höjas flera meter om kontinentalisar smälter i större omfattning.

Målkonflikter och synergier

En minskad användning av fossila bränslen (*Begränsad klimatpåverkan*) kan ge upphov till mer kärnkraft, vilket skulle kunna påverka hur markförvar och slutförvaret hanteras över tiden. Brytning av uran i Sverige och säkerheten kring en sådan produktions olika faser och avfallshantering påverkar *Säker strålmiljö*. SSM förväntas dock reglera dessa verksamheter så att möjligheten att uppnå *Säker strålmiljö* inte ska påverkas. En ökad användning av biobränslen kan, om de tas från områden drabbade av Tjernobylnedfallet, öka risken för spridning av radioaktivt cesium via askan. Hanteringen av aska som är kontaminerad av cesium-137 är dock reglerad genom SSMs föreskrifter.

Kunskapsbrister kring den joniserande strålningens effekter på växter och djur har lyfts fram⁵⁵.

Analys

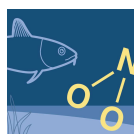
I de säkerhetsanalyser för slutförvar av kärnbränsle som gjorts ingår scenarier över framtida klimatförändringar^{56,57,58,59,60}. Bedömningen är att ett mycket kallt klimat ger större negativa konsekvenser än ett varmt klimat. Förhöjda grundvattenflöden och förändrad grundvattenkemi och läckande bränslekapslar är möjliga konsekvenser av en framtida glaciation. Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) bedriver också forskning om hur de långsiktiga klimatförändringarna påverkar de radiologiska effekterna av ett slutförvar av radioaktivt avfall.

Behov av klimatunderlag

För hanteringen av använt kärnbränsle och annat radioaktivt avfall är havsnivåförändringarna den viktigaste faktorn under 2000-talet och de följande århundradena. De kan även påverka funktionen och säkerheten hos markförvar vid de kärntekniska anläggningarna. Stora klimatförändringar som permafrost och glaciation är av betydelse på mycket längre sikt (10-100 tusentals år).

Viktiga parametrar

- Havsnivå inklusive extremer



7.7

Ingen övergödning

Halterna av gödande ämnen i mark och vatten ska inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten. Målet avser att begränsa utsläppen av de gödande ämnena kväve och fosfor.

Miljömålsrådet bedömer att målet *Ingen övergödning* är mycket svårt eller inte möjligt att nå till 2020 även om fler åtgärder sätts in. Det går inte att se någon tydlig utvecklingsriktning för tillståndet i miljön.

Den rådande övergödningen är kraftig och påverkade system präglas av långa återhämtningstider. Utsläppskällorna är ofta diffusa (framförallt jordbruket) och problematiken påverkas då transporter i vatten och luft inte bara sker från Sverige. Det råder också brist på kunskap om åtgärder och deras effekter. Den internationellt betingade påverkan kan inte åtgärdas i Sverige.

Klimatförändringarna och Ingen övergödning

Temperatur, nederbörd och vindförhållanden påverkar utsläpp av fosfor och kväve till vatten, kväve och ammoniak till luften samt nedfall och transport i mark, till hav och i hav. Klimatet har störst betydelse för läckage och avrinning, men mindre betydelse för utsläpp och atmosfärisk transport. Klimatförändringarna påverkar var nedfallet sker och den kemiska omvandlingen.

Det finns mycket stora förråd av näringsämnen lagrade i marken. Ökad markfuktighet och temperatur ökar nedbrytningen av dessa. Även en liten ökning av nedbrytningshastigheten kan få stora effekter på närsaltflödet. Processerna vid humusläckage är inte helt kända men läckaget ökar med högre avrinning. Förändrad förekomst av översvämningar påverkar övergödningen i vattendrag och sjöar samt också riskerna med erosion (till exempel Torneälv, Göta älv). Även om ökad avrinning på grund av ett blötare klimat kan leda till en ökad belastning av fosfor och kväve på vattendrag, sjöar och hav, är det ändå oklart hur halterna av övergödande ämnen ändras i vattnet på grund av detta. En ökad belastning kompenseras till viss del av ökad naturlig reduktion i vattendrag och sjöar. Effekten av dessa två faktorer beror till stor del på var jordbruksmarken är placerad i förhållande till sjöarna. Varje avrinningsområde påverkas individuellt. Därmed blir belastningen på havet också svårtydd. Innanhavet Östersjön är i det stora hela ett svårbedömt och omdiskuterat ekosystem. Klimatförändringen förbättrar i alla fall inte situationen som råder idag.

Förändrade vattenstånd kan ge utlakningseffekter av fosfor från blottlagda sediment. En höjd havsnivå motverkar effekterna av landhöjningen längs de nordligare kusterna och därmed minskar riskerna för blottlagda sediment. En höjning av havsnivån leder dock till ökad erosion av kustnära områden vilket ökar eutrofieringen i havet.

Längre vegetationsperiod och bättre förutsättningar för höstsådda grödor kan leda till kortare perioder med obevuxen mark vilket minskar risken för läckage. Januaristormen 2005 gav stort utslag av hyggeseffekter, det vill säga ökad utlakning av näringsämnen till vattendragen. Det är idag tämligen oklart huruvida stormarna blir fler eller starkare i framtiden. Deras effekt på skogen kan ändå befaras tillta vid blötare och mildare vintrar.

Algblomningar i Östersjön och insjöar har koppling till temperatur, vind och strömmar. Högre sommartemperaturer gynnar cyanobakteriers tillväxt och vindstilla förhållanden verkar också ge en ökad blomning. En ökad tillväxt av alger leder till ökad nedbrytning av organisk substans i vatten och sediment, vilket kräver syre som ger syrebrist och leder till frisläppning av fosfor. En temperaturökning ändrar dessutom sammansättningen mellan olika alger, vilket påverkar hela näringskedjan och koncentrationerna av närsalter. Enskilda sjöar och havsområden ger därför olika respons på förändringar i klimatet.

Tidsperspektivet

Klimatet är redan idag en viktig aspekt för *Ingen övergödning*. Klimatförändringarna kommer att få allt större betydelse i framtiden, samtidigt som hanteringen av källorna till övergödande ämnen förstås är avgörande.

- På kort sikt (ca 2020) borde klimatförändringarnas effekter vara förhållandevis begränsade. I första hand kan det som tidigare varit mer ovanligt bli vanligare, till exempel ändrad vattenföring, varmare vatten och något blötare klimat
- På medellång sikt (ca 2050) får klimateffekterna större betydelse samtidigt som eventuella återkopplingar via olika effekter på systemens olika komponenter kan ha ändrat på responsen.
- På lång sikt (ca 2100) kan klimateffekterna ha stabiliserat sig, beroende på det globala klimatarbetet, dock så att vintrarna har blivit bestående mildare och blötare, marken varmare och också blötare mellan höst och vår (somrarna kan bli något torrare). Havsnivån kommer att fortsätta stiga även bortom 2100.

Målkonflikter och synergier

Kvävegödsling av skog ger upphov till ökad tillväxt vilket är positivt för *Begränsad klimatpåverkan* men kan leda till mer övergödning. Å andra sidan kan introduktion av biogrödor för att minska koldioxidutsläppen leda till minskad kväveutlakning, vilket kan bli en synergieffekt. Effekten beror på vilken gröda som används.

Våtmarker kan, beroende på naturförutsättningar, minska belastningen av fosfor och kväve. De bidrar även till målen *Biologisk mångfald* och *Myllrande våtmarker*. Anläggning av våtmarker kan i sin tur påverka växthusgasflöden (*Begränsad klimatpåverkan*).

En minskad användning av bekämpningsmedel (*Giftfri miljö*) kan leda till behov av ökad mekanisk markberedning och högre kväve- och koldioxidutsläpp inom jordbruket. Högre temperaturer gör att processerna i reningsverken får bättre effekt. Högre flöden, det vill säga mer vatten att hantera, ger dock ökat behov av fällningskemikalier och ökar elförbrukningen. Det resonemanget förutsätter dock att reningsverken tar emot dagvatten i kombination med avloppsvatten, vilket ofta är fallet idag.

Analys

I det fördjupade underlag som togs fram till Klimat- och sårbarhetsutredningen 2007 ingick resultat från ett seminarium om climateffekter på Östersjön⁶¹. Bland andra frågor är klimatförändringarnas effekter i Östersjön en fråga för HELCOM⁶². Klimatrelaterade förändringar av närsalttransporter till Östersjön diskuteras i BACCs Assessment of Climate Change for the Baltic Basin⁶³.

I Norge har klimatförändringarnas effekter på kväveflöden från delvis naturliga ekosystem till sötvattenssystem studerats i CLUE-programmet⁶⁴, med hänsyn taget till bland annat förändringar i snöförhållandena, marktemperatur och avrinning. I det avslutade svenska forskningsprogrammet VASTRA⁶⁵ utvecklades modeller för närsaltsflöden från avrinningsområden och analyser av effekten av åtgärder för att motverka övergödning.

Ingen övergödning kommer också att beröras av det nya forskningsprogrammet CLEO³⁴ som redan nämnts i samband med *Frisk luft*, *Bara naturlig försurning* och *Giftfri miljö*.

Effekten av anlagda våtmarker för att förhindra övergödning behandlas i en ny rapport⁶⁶. Analysen omfattar de drygt 1500 våtmarker i södra Sverige som anlagts mellan 1996 och 2006. Resultaten pekar på att våtmarkerna minskat utsläppen till havet med omkring en halv procent. Framförallt ger studien ökad kunskap om hur våtmarker kan bli mer effektiva och vad som krävs för en god uppföljning av resultaten.

Behov av klimatunderlag

Förändringar av temperatur i mark och i vatten, samt nederbörd under olika årstider är de viktigaste aspekterna. Faktorer som mildare vintrar och vegetationsperiodens längd i kombination med förändringar i avrinningen påverkar läckaget. Sommartemperaturen och vindförhållanden spelar roll för cyanobakterier. Års-, månads-, maxnederbörd och förekomst av skurar är viktiga faktorer för erosionsprocesser och fosforläckage. De hydrologiska förloppen, karakteristika för årstiderna och speciellt avrinningen är intressanta.

Viktiga parametrar

- Vattenföring, nederbörd, snöklimatet
- Marktemperatur och markens fuktighet
- Stormar
- Vattentemperaturen i insjöar, vattendrag och Östersjön
- Havsnivån



7.8

Levande sjöar och vattendrag

Sjöar och vattendrag skall vara ekologiskt hållbara och deras variationsrika livsmiljöer skall bevaras. Naturlig produktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljövärden samt landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion skall bevaras, samtidigt som förutsättningar för friluftsliv värnas.

Miljömålsrådet bedömer att det är möjligt att nå målet *Levande sjöar och vattendrag* till år 2020 om fler åtgärder sätts in. Utvecklingsriktningen för tillståndet i miljön är positiv.

Sjöar och vattendrag är viktiga för de växt- och djurarter som lever där men också för människans aktiviteter. Dricksvatten och vattenkraft tas ur sjöar och vattendrag. Många fritidsintressen är förlagda till vatten. De olika intressenternas behov är ibland i konflikt med varandra; till exempel vattenkraft, skogs- och jordbruk, kulturmiljöer, strandnära boende och biologisk mångfald. Målet berör skydd av värdefulla natur- och kulturmiljöer, restaurering av vattendrag, vattenförsörjningsplaner för ytvattentäkter, säker utsättning av djur och växter för biologisk mångfald samt åtgärdsprogram för hotade arter och fiskstammar.

Klimatförändringarna och Levande sjöar och vattendrag

Klimatet är en grundförutsättning för de hydrologiska förhållandena och påverkar de biologiska organismerna. Förändringar i klimatet förändrar förutsättningarna för flora och fauna. Hur stor påverkan blir beror på hur stor förändringen är, vilka åtgärder som görs till skydd för natur- och kulturmiljöer, hur marken nyttjas och vilka andra miljöförändringar som sker i naturen.

Miljöförändringar kan vara antropogena (människans aktiviteter) eller orsakade av klimatförändringar.

Klimatförändringar innebär att temperaturer, nederbörd och så vidare förändras. Av betydelse för vattenmiljön är även påverkan på hydrologi och marktäcke, förurning, övergödning och utbredning av invasiva arter i ett komplicerat samspel. En faktor, som på lång sikt kan vara viktig, är arters möjligheter att hitta lämpliga livsmiljöer i de fall de ursprungliga försvunnit till följd av miljöförändringar. Vattenlevande arter har svårare att finna nya livsmiljöer än många landlevande och kan därför komma att drabbas hårdare av ett ändrat klimat. Det är viktigt att möjliggöra för vattenlevande organismer att kunna förflytta sig till nya miljöer, bland annat genom borttagande av vandringshinder.

Vattenkvaliteten i ett vattendrag eller sjö påverkas av avrinningsområdets geologiska, morfologiska, biologiska, hydrologiska och kemiska egenskaper men också av nederbörd, mark- och vattenanvändning. De förväntade förändringarna i flödena är olika för olika delar av landet. En allt tidigare islossning i södra Sverige, orsakad av ökande temperaturer, har redan lett till förändringar i sjöars kemiska status. Ökande skillnader i kemi mellan sjöar i södra och norra Sverige är att förvänta, eftersom tidpunkten för islossning troligen förändras mer i södra än i norra Sverige. De ökande halterna av humus i vattendrag och sjöar kan bero på förändringar i klimat eller markanvändning eller en kombination av faktorena.

Perioder med extremt höga flöden kan leda till ökad utlakning av näringsämnen och giftiga ämnen från översvämmande landområden. Redan idag är näringsläckaget från jordbruksmark ett problem och intensifierad jordbruksproduktion tenderar att öka problemen. Ett för grödor gynnsammare klimat kan leda till intensivare markanvändning och att mer jordbruksmark tas i drift. Det skulle i sin tur kunna innebära intensivare vattenuttag under växtperioden med torrare vattendrag och lägre nivåer i sjöar som följd, särskilt för södra Sverige.

Högre temperaturer gynnar respektive missgynnar olika arter. Högre temperaturer kan förändra utbredningsområden och nya arter eller kombinationer av arter kan uppträda på nya platser. Även de lägre organismerna, växtplankton, påverkas men det finns dåligt med kunskap om hur. Det finns mer

kunskap om de högre arterna även om mekanismerna är dåligt kända. En viss produktionsökning kan förekomma.

Röding och lake trivs i kalla vatten och får mindre utrymme och mer konkurrens i varmare klimat. Abborre, mört och mal är arter som gynnas av varmare förhållanden och ökar därför troligen. Främmande arter kan förekomma i ekosystem men har svårt att etablera sig om inte den inhemska stammen försvagas. Klimatförändringar kan vara den faktor som gynnar en snabb ökning och stadigvarande etablering av främmande arter. Svartmunnad smörbult, från Kaspiska havet, sprids nu längs Östersjökusten och kan troligen etablera sig i Sveriges kustmynnande sötvatten. Amerikansk bäckröding är exempel på en främmande art som kan konkurrera ut inhemska arter.

De förändrade flödesmönstren i vattendragen har betydelse. Det finns till exempel farhågor om förändringar i fiskbestånd beroende på tidigare islossning och att planktontoppen, som innebär en avgörande födoresurs för ynglen, missas. En ökad förekomst av sjukdomar och epidemier som drabbar både djur och människor kan förväntas.

Vattnets kvalitet och kvantitet i sjöar och vattendrag påverkas av klimatförändringen. Ett varmare klimat torde leda till mer varierande vattenkvalité. För södra Sverige leder torrare somrar till mindre tillgängliga kvantiteter vilket också påverkar kvalitén. Det får inverkan på råvatten från ytvattentäkter. Problemen med humushalter, som uppmärksammats på senare år, kan förväntas öka men mekanismerna är ofullständigt kända. Andra problem för ytvattentäkter är ökad risk för metallutlakning och alggifter.

Tidsperspektivet

Naturens förmåga att stå emot yttre förändringar (resiliens) är ett område med många osäkerheter, vilket försvårar analyser av klimateffekter på bland annat *Levande sjöar och vattendrag*. Det behövs mer kunskap om de hydrologiska och biologiska effekterna av restaurering av vattenmiljöer och våtmarker.

- På kort sikt (ca 2020) torde andra drivkrafter betyda mer än klimatförändringarna. Samtidigt kan snabba effekter på artsammansättningen uppstå vid extrema händelser som kan bli vanligare, eller när invasiva arter får fotfäste.
- På medellång sikt (ca 2050) får klimateffekterna större betydelse.
- På lång sikt (ca 2100) har klimateffekterna blivit än mer uppenbara.

Målkonflikter och synergier

Restaurering och skydd av sjöar och vattendrag bidrar till att uppnå andra miljömål som handlar om vattenkvalitet och biologisk mångfald, till exempel *Hav i balans*. Det kan finnas enstaka intressekonflikter mellan friluftsliv och naturvården, till exempel kanotintressen kontra restaurering av vattendrag, eller båtsport kontra miljöhänsyn.

De största vattenverken, cirka 200 stycken, producerar dricksvatten från ytvattentäkter. Det innebär också att de tre storstadsområdena i Sverige är alla i huvudsak beroende av ytvattentäkter och dricksvattenperspektivet väger mycket tungt mot alla andra intressen även när det gäller ytvattnet⁶⁷.

Vattenkraften är redan idag i en konfliktsituation med målet *Levande sjöar och vattendrag*. Restriktivitet med småskalig vattenkraft behövs liksom krav på att mer vatten släpps förbi kraftverken. Om energiomställning för *Begränsad klimatpåverkan* innebär anspråk på mer vattenkraft kan målkonflikter uppstå.

Invallningar och regleringar, som åtgärd för att minska riskerna för översvämning till följd av klimatförändringen, leder normalt till förändrade biologiska värden, förändrade flöden och eventuellt risker för mer oväntade översvämningar nedströms. Återskapande av ett mer ursprungligt vattenlandskap kan emellertid öka den vattenbuffrande förmågan i avrinningsområdena och sannolikt,

åtminstone i mindre vattensystem, minska flödestopparna och översvämningsriskerna efter korta intensiva nederbördsperioder. Dock behövs mer kunskap och hydrologiska analyser av hur naturvårdsåtgärder, som igenläggning av diken, återskapande av våtmarker och restaurering av vattendrag, kan bidra i arbetet med anpassning till klimatförändringar.

Det finns inom miljömålsarbetet en uppfattning att den limniska naturvården i och med skapande av våtmarker kan minska översvämningsriskerna. Det är inte självklart att våtmarker är en bra lösning. Stora vattenvolymer behöver lagras och därmed krävs det stora arealer för att nå avsedd effekt. Sådana ingrepp bör föregås av noggranna hydrologiska analyser där påverkan kvantifieras både för dagsläget och för framtiden. Vattendirektivet och dess implementering kan underlätta planeringen eftersom avrinningsområdet är utgångspunkten.

Analys

En beskrivning av klimatförändringens påverkan på dricksvattenproduktionen finns i Klimat- och sårbarhetsutredningens dricksvattendel⁶⁸. Där påpekas även att förändringar i tillrinning från skogsmarker kan leda till ökat humusläckage samtidigt som kemiska och mikrobiologiska föroreningar och blågrönalger kan bli mer förekommande. Det påpekas vidare att ökande vattentemperaturer kan leda till mer sommartida syrebrist i sjöar via starkare skiktning.

Klimatförändringarnas effekter på fiskars fysiologi, tillväxt och överlevnad i sötvatten och havet beskrivs av Fiskeriverket i en underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen⁶⁹.

Klimatrelaterade förändringar i sötvattensystem i Östersjöområdet diskuteras av BACC⁶³.

Behov av klimatinformation

Viktiga klimataspekter för miljömålet *Levande sjöar och vattendrag* är vattenflöden, vattentemperaturer, tidpunkter för isläggning och islossning och isutbredning. Det behövs även scenarier över framtida mark- och vattenanvändning och påverkan på flöden.

Viktiga parametrar

- vattenflöden
- vattentemperaturer
- tidpunkter för isläggning och islossning
- isutbredning



7.9

Grundvatten av god kvalitet

Grundvattnet skall ge en säker och hållbar dricksvattenförsörjning samt bidra till en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag.

Miljömålsrådet bedömer att det är möjligt att nå målet *Grundvatten av god kvalitet* till år 2020 om fler åtgärder sätts in. Det går inte att se någon tydlig utvecklingsriktning för tillståndet i miljön.

Grundvatten finns överallt men det räcker inte alltid till där det behövs. I områden med fritidsbebyggelse vid kusten och i tätorter kan det råda brist på naturligt grundvatten.

Klimatförändringarna och Grundvatten av god kvalitet

Grundvatten är en del av det hydrologiska kretsloppet som är direkt kopplat till klimatet. Ändrat nederbördsmonster och ökande temperaturer påverkar grundvattentillgångarna kvantitativt och kvalitativt. Det är särskilt havsnivåhöjningen och den ökade risken för översvämnningar som påverkar grundvattnet.

I områden med dålig vattentillgång, särskilt i sydöstra Sverige, beräknas grundvattentillgången ytterligare försämrats i takt med det förändrade klimatet. Problem med salt grundvatten i kustområden kan förväntas öka med stigande havsnivåer.

Klimatförändringen väntas innebära ett ökat intresse för grundvattenuttag framför ytvattentäkter på grund av kvalitetsförsämringar i ytvattnet. Ett större internationellt intresse för uttag av svenskt grundvatten kan också ses, delvis som en effekt av klimatförändringar.

Ett förändrat klimat gör det ännu viktigare med vattenskyddsområden avgränsade utifrån hydrogeologiska aspekter, så att de även ger ett bra skydd vid extrema situationer som översvämningar och långvarig torka.

Tidsperspektivet

Klimatförändringarna förstärker problemen kring grundvattenbaserad vattenförsörjning. För en långsiktigt bibehållen god miljö krävs att klimataspekterna förs med i vattenplaneringen. Den enskilda vattenförsörjningen är särskilt utsatt för de förändringar som kan förutses såsom torka, översvämning och havsnivåhöjning vilket innebär att klimatförändringar bör uppmärksammas i det föreslagna delmålet för Enskild vattenförsörjning. Förebyggande åtgärder behövs på olika nivåer och i olika sektorer såsom kommun, län, transport- och jordbrukssektor.

- På kort sikt (ca 2020) hinner klimatförändringarna bli något mer uppenbara. Utöver de successiva förändringarna i årsnederbörden och vattenbalansen, kan risken för torra och varma somrar samt kraftigare skyfall öka.
- På medellång sikt (ca 2050) får klimateffekterna större betydelse både i medeltal och som kraftigare extremer. Vinternederbörden men också avrinningen torde ha ökat. Havsnivån kan ha ökat med några decimeter.
- På lång sikt (ca 2100) är utvecklingen snarlik den på medellång sikt, dock med tilltagande effekter.

Målkonflikter och synergier

Inga direkta målkonflikter kan ses men det råder oklarheter runt effekter av åtgärder som gäller markanvändning. Plöjningsfritt jordbruk, för att minska N-utlakning, kräver till exempel mer bekämpningsmedel vilket försämrar grundvattenkvaliteten. Den ökade användningen av geoenergi bedöms ha ringa påverkan på grundvattnet om anläggningarna utförs korrekt. Frågan behöver dock bevakas så att inte nya system införs som kan ge grundvattenproblem avseende kvalitet eller kvantitet.

För att uppnå *Grundvatten av god kvalitet* krävs en god vattenplanering som förhindrar överuttag och kvalitetsförsämringar. Dricksvatten bör ingå i den fysiska planeringen.

Analyser

En underlagsrapport togs fram 2007⁷⁰ och ett projekt finansierat av Miljömålsrådet pågår, där en utvärdering görs av vattenförsörjningens känslighet för klimatförändringar. Områden som är känsliga för grundvattenförändringar har identifierats⁷¹.

I samband med Klimat- och sårbarhetsutredningen togs underlag fram om klimatförändringarnas effekter på dricksvattenförsörjningen⁷² där det påpekades att förändringar i tillrinning från skogsmarker kan leda till ökat humusläckage samtidigt som kemiska och mikrobiologiska föroreningar kan bli mer förekommande.

Behov av klimatunderlag

Förändringar i flöden och grundvattenbildning är viktigaste faktorer. För grundvatten i kustområden och på öar är havsnivåförändringar betydelsefulla. För kvalitetsaspekter är marktemperaturer och översvämningssrisker viktiga.

Viktiga parametrar:

- förändringar i flöden och grundvattenbildning
- havsnivåförändringar
- marktemperaturer
- översvåmningsrisker



7.10

Hav i balans samt levande kust och skärgård

Västerhavet och Östersjön skall ha en långsiktigt hållbar produktionsförmåga och den biologiska mångfalden skall bevaras. Kust och skärgård skall ha en hög grad av biologisk mångfald, upplevelsevärden samt natur- och kulturvärden. Näringar, rekreation och annat nyttjande av hav, kust och skärgård skall bedrivas så att en hållbar utveckling främjas. Särskilt värdefulla områden skall skyddas mot ingrepp och andra störningar.

Miljömålsrådet bedömer att målet *Hav i balans samt levande kust och skärgård* är mycket svårt eller inte möjligt att nå till 2020 även om fler åtgärder sätts in. Det går inte att se någon tydlig utvecklingsriktning för tillståndet i miljön.

Målet berör biologisk mångfald i kust- och havsområden och kulturhistoriskt värdefulla kustmiljöer. Störningar i kust- och havsområden är övergödning, miljögifter, överfiske, främmande arter och buller.

Klimatförändringarna och Hav i balans samt levande kust och skärgård

Haven är en del av klimatet och förhållandena i haven (vattenstånd, salthalt, havsis, syre) påverkas då atmosfären värms upp. Ett varmare klimat ger varmare hav med mindre utbredd is och högre havsnivå. Minskad isutbredning i Östersjön gör det svårare för sydliga populationer av vikaresäl att klara sig. Havsnivåförändringar påverkar kuststräckorna och ekosystem längs exploaterade sträckor trängs samman mellan hav och bebyggelse. En höjd havsnivå kan också påverka kustens och skärgårdens kulturarv.

Till följd av ökad nederbörd och därmed större tillrinning sjunker salthalten, samtidigt som humushalten i vattnet ökar vilket medför försämrat siktdjup. Salthalten i Östersjön har minskat med nästan 1 PSU i Östersjön sedan 80-talet. Koncentrationen av fosfor har i Bottniska viken minskat med 50%. Det minskade siktdjupet och den lägre fosforhalten har medfört minskad växtplanktonproduktion. Under samma period minskade antalet bottenlevande organismer (*Monoporeia affinis*) eftersom de lever på sedimenterande växtplankton. Det är sannolikt att det även kommer att medföra minskad produktionen av fisk i Bottniska viken. Andra väntade förändringar är förändrade strömmar, sämre syrehalt med temperaturökningen, och invandring av nya arter.

Klimatförändringarna kommer att påverka arter i haven. Minskningar av salthalten i Östersjön⁷³ försämrar möjligheterna för saltvattenarternas existens där. Detta kan leda till "kaskadeffekter" där det som händer för en art har vidare konsekvenser för andra arter, av vilket det finns exempel på för Östersjöns del⁷⁴. Varmare miljöer leder troligen till kortare livslängd för kallblodiga organismer. Den vilda laxen missgynnas av varmare klimat. Varmvattenarter som abborre, gös och mörtfiskar kan öka i antal men torsk och tånglake blir mindre vanliga i Östersjön. För ålen medför hinder i vattendrag svårigheter att förflytta sig norrut med klimatförändringen.

Samtidigt som vissa av de befintliga arterna kan få sämre förutsättningar, följer med klimatförändringarna större risk för etablering av invasiva främmande arter. Dessa kan tränga undan inhemska arter och sprida sjukdomar och parasiter. Främmande arter kan introduceras avsiktligt, till exempel genom utsättning av fisk, eller oavsiktligt, till exempel med barlastvatten som töms i Östersjön. Knappt 10% av de främmande arter som introduceras i Sverige bedöms vara invasiva. Som

ett led i arbetet med att försöka förhindra spridning av invasiva främmande arter presenterade år 2008 flera myndigheter på uppdrag av regeringen en gemensam "Nationell strategi och handlingsplan för främmande arter och genotyper"⁷⁵. Uppdraget är relevant även för miljömålen som handlar om skog, jordbruk och sötvattensystem.

Tidsperspektivet

Olika internationella överenskommelser (EUs marina direktiv, Östersjöstrategin och Helsingforskommissionens (HELCOM) Baltic Sea Action Plan⁷⁶) bidrar till målet en god havsmiljö. Dess främsta delmål handlar om övergödning, miljöfarliga ämnen, biodiversitet och maritima aktiviteter. Klimatförändringarna torde komma att få en allt större betydelse.

- På kort sikt (ca 2020) kvarstår havsmiljöfrågor som omdiskuterade. Forskningen kommer efterhand att leda till mer kunskap. Klimateffekter överskuggas av andra problem och speciellt övergödning.
- På medellång sikt (ca 2050) leder klimateffekterna till påtagliga förändringar i Östersjöns fysikaliska, kemiska och biologiska status inklusive fiskarter.
- På lång sikt (ca 2100) gäller förändrade fysikaliska förhållanden (temperatur, skiktning, havsnivå, vintertida istäcke, salthalt) och förändringar i artsammansättning.

Målkonflikter och synergier

För skärgårdens kulturarv och odlingslandskap kan anläggningar för våg- och vindkraft vara störande inslag i miljön, vilket skulle vara en konflikt med *Begränsad klimatpåverkan*. En möjlig konflikt inom själva *Hav i balans samt levande kust och skärgård* är att minskat uttag av fisk minskar sysselsättningen inom yrkesfisket och påverkar därmed möjligheterna till levande skärgård och därtill hörande upplevelsevärden.

Framgångar med *Ingen övergödning*, *Bara naturlig försurning* och självklart *Begränsad klimatpåverkan* utgör väl de främsta synergier med *Hav i balans samt levande kust och skärgård*. Ett rikt odlingslandskap har likaså en viss koppling.

Analys

Naturvårdsverket bidrog med underlag om klimateffekter på Östersjön⁶¹ till Klimat- och sårbarhetsutredningen.

Många relevanta forskningsprogram om Östersjön pågår bland annat inom Bonus-programmet⁷⁷ finansierat av Formas, Naturvårdsverket och EU. SMHI driver projektet "Marin försurning - tillståndet i Östersjön och Västerhavet"⁴⁵ tillsammans med Göteborgs universitet, på uppdrag av Naturvårdsverket.

Kunskap om klimatrelaterade förändringar i Östersjöns marina ekosystem, tillrinning och närsalttransporter har sammanställts i BACCs Assessment of Climate Change for the Baltic Basin från 2008⁶³. BACCs analyser var underlag till HELCOM⁶² som för övrigt arbetar med miljörelaterade frågor om Östersjön⁷⁸.

Senaste resultaten från den nationella miljöövervakningen i de svenska havsområdena, relevant forskning och andra undersökningar finns i rapporten Havet 2009⁷⁹.

Elforsks rapport om miljöeffekter av stora kylvattenutsläpp¹⁸ innehåller en genomgång av underlag om temperatureffekter på organismer i marina områden. Detta är förstås inte helt jämförbart med klimatförändringarnas effekter som blir geografiskt mycket mer omfattande och dessutom åtföljs av havsförsurning.

Klimatförändringarnas effekter på fiskars fysiologi, tillväxt och överlevnad i sötvatten och havet beskrivs av Fiskeriverket i en underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen⁶⁹.

Behov av klimatunderlag

Generellt sett behövs beskrivningar av havsklimatet; temperaturvariationer över året, isförhållanden, värmeinnehåll i havet och salthalter. Förändringar i tillflöden av färskvatten, utflöde av humus, syreförhållanden och havsnivåändringar är andra viktiga förhållanden.

Viktiga parametrar

- Vattentemperaturer och skiktning
- Isförhållanden
- Salthalt
- Tillrinning
- Närsaltflöden och humus
- Syreförhållanden (inklusive utbyte av djupvatten med Nordsjön)
- Havsnivåer



7.11 Myllrande våtmarker

Våtmarkernas ekologiska och vattenhushållande funktion i landskapet skall bibehållas och värdefulla våtmarker bevaras för framtiden.

Miljömålsrådet bedömer att målet *Myllrande våtmarker* är möjligt att nå till år 2020 om fler åtgärder sätts in. Utvecklingsriktningen för tillståndet i miljön är positiv.

Målet behandlar skydd och skötsel av våtmarker och anläggning eller återställning av våtmarker.

Klimatförändringarna och Myllrande våtmarker

Myrmarker bildas av klimatkrafter i kombination med geologiska krafter. Å andra sidan avger och binder våtmarker växthusgaser vilket påverkar klimatet. Processerna är komplexa och varierar med markens näringsinnehåll, temperatur och nederbörd och eventuella markåtgärder. Öppna torvmarker tar upp mer kol än vad de avger på grund av vegetationens tillväxt, samtidigt som metan avges vilket ger ett nettoutsläpp av växthusgaser. Dikad torvmark har höga utsläpp av koldioxid och lustgas på grund av nedbrytning av det organiska materialet. Om diken läggs igen höjs grundvattennivån och koldioxid binds i torven men metan bildas till följd av de anaeroba förhållandena. Erfarenheter av återvätning av torvtäcker tyder på att näringsfattiga myrar på sikt kan bli sänkor för växthusgaser. Näringsrika myrar tenderar dock att stärka växthuseffekten efter återvätning på grund av kraftig metanavgång.

Våtmarkers sårbarhet för klimatförändringar beror främst på hydrologiska förändringar. Klimatförändringen kan ge torrare förhållanden sommartid i södra Sverige vilket missgynnar våtmarkerna. Ett torrare klimat leder troligen till igenväxning av våtmarker. Torrare sommarförhållanden minskar dessutom troligen den karakteristiska artrikedomen på våtmarkerna. I norra Sverige väntas blötare förhållanden vilket kan gynna torvmarksutbredningen. Den viktigaste faktorn för torvmarksbildning i alpin miljö är att nedbrytningen är liten vilket orsakas av låga temperaturer. Dessa våtmarker är alltså känsliga för högre temperaturer. Studier visar att palsmyrar i permafrostområden tinar och kan komma att försvinna inom 50 år⁸⁰.

Havsnivåhöjningarna kan ge förlust av våtmarker vid kuststränder, särskilt i exploaterade områden.

Vid ett blötare klimat ökar behovet av god planläggning av bland annat skogsbilvägar. Ett mer intensivt skogsbruk kan öka risken för skador på våtmarker genom mer frekvent körning. Anläggning av skogsbilvägar kan påverka denna situation såväl positivt som negativt. Om en skogsbilväg anläggs på olämplig plats och på fel sätt ökar risken för körsador. Att anlägga en välplanerad skogsbilväg kan

samtidigt bidra till att minska mängden körskador, jämfört med uttransport av virke utan anläggning av en sådan. Mindre förekomst av tjäle ökar också risken för körskador i kantzoner vid våtmarker.

Tidsperspektivet

- På kort sikt (ca 2020) har klimatförändringarna ingen större betydelse för *Myllrande våtmarker*.
- På medellång sikt (ca 2050) får klimateffekterna större betydelse med förändrad nederbörd, havsnivåhöjningar för kustnära våtmarkers del och upptining av palsmyrar i norr.
- På lång sikt (ca 2100) torde klimateffekterna ha hunnit få bestående genomslag i våtmarkerna.

Målkonflikter och synergier

Utöver att vara ett miljömål i sig, är anläggning av våtmarker ett medel för att uppnå andra miljömål. Anläggning av våtmarker i jordbrukslandskapet kan gynna biologisk mångfald och näringsretention. Det kan ibland dock påverka kulturmiljövärden negativt. Våtmarkerna lagrar mycket kol som annars skulle spä på klimatförändringarna. De jordar som är lämpliga för återskapande av våtmarker är organogena och läcker idag koldioxid. Återskapande av våtmarker på dessa jordar gynnar alltså även *Begränsad klimatpåverkan* avseende koldioxidutsläpp. Anläggning av våtmarker ökar dock troligen utsläppen av lustgas och metan och det är avgörande att kunna beräkna nettoeffekten av olika åtgärder.

Våtmarker kan ibland fungera utjämnande på flödestoppar och därmed eventuellt bidra till minskade översvämningsrisker. Försättningsarna behöver utredas för varje område och kan också skilja över tid, mellan torra och blöta perioder. Hydrologiska studier visar att det behövs stora sammanhållna våtmarksytor för att kunna dämpa höga flöden.

Ett intensivare skogsbruk kan inverka negativt om våtmarker används för virkesproduktion, direkt genom skogsbruksåtgärder, eller indirekt genom körning. Även dikesrensning för att öka skogs-/jordbruksproduktionen kan inverka negativt om våtmarker berörs och risken ökar om ingreppen sker på ett olämpligt sätt. Dålig kunskap om vattenflödena kan leda till att fel område avvattnas eller att en rensning blir en utdikning vid alltför kraftfulla ingrepp. Ökad produktion i skogen leder till ökad mängd skogsbruksåtgärder, vilket i kombination med sämre tjälade marker kan ge ökade körskadeproblem. Ökad mängd torvtäkter är potentiella hot mot våtmarker. Intensivare skogsbruk kan även leda till önskemål om nydikning av våtmarker. I dagsläget är dock skyddet av våtmarker starkt i miljöbalken.

Invallningar till skydd för översvämningsrisker kan vara i konflikt med *Myllrande våtmarker* om vattnet leds bort.

Analyser

Ämnet berörs av Naturvårdsverket⁸¹. Det finns behov av mer kunskap om hur klimatförändringarna påverkar våtmarkernas utbredning och hur restaurering och återskapande av våtmarker påverkar växthusgasbalanser, samt hur effektiva de är för att buffra vattenflöden.

Behov av klimatunderlag

Viktiga klimataspekter är tjäl- och snöförhållanden, nederbörden sommartid och vegetationsperiodens längd. En ytterligare viktig aspekt är klimateffekter på deposition av näringsämnen.

Viktiga parametrar

- tjäl- och snöförhållanden
- nederbörden sommartid
- vegetationsperiodens längd



7. 12

Levande skogar

Skogens och skogsmarkens värde för biologisk produktion skall skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden bevaras samt kulturmiljövärden och sociala värden värnas.

Miljömålsrådet bedömer att målet *Levande skogar* är mycket svårt eller inte möjligt att nå till 2020 även om fler åtgärder sätts in. Det går inte att se någon tydlig utvecklingsriktning för tillståndet i miljön.

Ett flertal faktorer påverkar skogen. En stor betydande påverkan är skogsbrukets metoder, inklusive hur värdefulla natur, kultur och sociala värden hanteras. Produktionen av biomassa och den biologiska mångfalden i skogen påverkas också av klimatförändringar samt i viss mån av luftföroreningar samt försurande och gödande ämnen.

Klimatförändringarna och Levande skogar

Klimatet är av avgörande betydelse för naturlig vegetation och även för förutsättningarna för skogsbruk via vegetationsperiodens längd, tillgång till vatten, risker för abiotiska skador men indirekt även biotiska effekter, markförhållanden i skogen och så vidare. Ett varmare klimat ger sannolikt en ökad tillväxt. Den avverkningsbara tillväxten bedöms öka med 20-25% under seklet. Samtidigt förväntas riskerna öka för skador av svamp- och insektsangrepp, vårfrost och stormfällning.

Ett intensivare skogsbruk ger tillsammans med klimatförändringarna ökad risk för skador på mark och vatten, till exempel via ökad körning på marker med mindre bärighet på grund av minskad tjäle. Uttag av grot och stubbar kan leda till behov av näringskompensation till skogsmarken via askåterföring eller gödsling. Klimatförändringen medför dock också ökad mineralisering av näringsämnen i marken på grund av förhöjd temperatur, vilket träden kan tillgodogöra sig och öka tillväxten.

Flera lövträdslag kan självföryngra sig norrut, men samtidigt leder milda vintrar troligen till ökat bete av klövvilt. Här är viltvården sannolikt avgörande för effekterna. Älgen kan förväntas leta sig norrut. Alla trädarter kan drabbas av skador och skadegörare som inte tidigare varit något större problem, särskilt i södra Sverige. En ökad riskspridning i skogsbruket, med blandskog, hyggesfritt skogsbruk och variation i olika provinensval kan behövas för att mildra klimateffekterna och detta torde även gynna den biologiska mångfalden.

Klimatförändringarna påverkar också förutsättningarna för många andra arter i skogen. Förekomsten av och balansen mellan olika arter och miljöer kan förändras. Ett tätare kronskikt på grund av ökad tillväxt, leder till exempel till mindre växtlighet på marken. Vid klimatförändringar kan vissa arter gynnas, medan andra missgynnas. Nya arter sprids in. En befintlig art kan antingen anpassa sig till förändringar, flytta eller dö ut. Anpassningsprocessen försvåras av att klimatförändringen går snabbt. Flyttningar i sin tur försvåras av den fragmentering av miljöer som råder i skogen. Med ökad tillväxt kan skötselbehovet öka av hagmarksmiljöer med hamlade träd och gläntor. Klimatförändringarna förstärker generellt hoten mot naturens ekosystemtjänster och balansen i ekosystem och näringskedjor i den mån som systemens olika delar påverkas olika. Därmed ökar behovet av ett nätverk av livsmiljöer av lämplig storlek, kvalitet och inom lämpligt avstånd som ger arterna möjlighet att flytta på sig, sprida sig och bilda livskraftiga stammar.

En ökad produktion torde vara gynnsam men inte helt utan undantag. Ökad mängd skadeinsekter⁸² och även parasiter för människan, till exempel bandmask, kan förväntas liksom ökat antal fästingar. Körskador på vandringsstigar kan bli vanligare. Ett alltmer gynnsamt klimat i relation till Sydeuropa kan ge Sverige mer turism, även inhemsk. Förväntningar på skogen som rekreativsmål ökar därmed men också den ekonomiska basen för turismanpassat brukande av skogen. Rennäringen kan komma att påverkas negativt om skogarna förtätas och trädgränsen flyttar norrut och uppåt fjällen.

Skogsbruket orsakar skador på forn- och kulturmiljöer i skogen. Idag bedöms att omkring hälften av de kända lämningarna på områden som föryngringsavverkas skadas och att de grövsta skadorna uppkommer vid markberedning. Ett varmare klimat möjliggör ökad produktion vilket kan innebära att marker brukas intensivare och därmed ökar skaderisken. En ökad tillväxt kan i sig innebära att rötter växer in i fornminnen. Detta kan i viss mån hanteras av anpassade skötselåtgärder.

Den viktigaste faktorn för hur klimatförändringarna påverkar miljömålet är ändå hur skogsbruket utformas, i samband med, och med anledning av klimatförändringen samt vilka åtgärder som vidtas till skydd och bevarande av skogens natur, kultur och sociala värden.

Tidsperspektivet

- På kort sikt (ca 2020) kan vissa effekter uppstå vid sådana extrema väderhändelser (till exempel stormar i samband med milda vintrar) eller ovanliga klimatskeenden (sena vintrar) som blir vanligare med klimatförändringarna. Däremot torde genomsnittsförhållandena utvecklas långsammare. Nya arter kan ändå tränga in och arter från trädgårdar kan få fotfäste i sina omgivningar.
- På medellång sikt (ca 2050) får klimateffekterna större betydelse även i de genomsnittliga förhållandena samtidigt som det är tänkbart att viss anpassning hunnit ske i skogsbruket och eventuellt i miljövården som respons till klimatförändringarna och samhällets klimatarbete.
- På lång sikt (ca 2100) är förändringarna än mer långtgående, samtidigt som klimateffekternas eventuella förändringshastighet beror på utsläppsbegränsningarna tidigare under 2000-talet och eventuella anpassningsåtgärder i skogsbruket har kunnat ändra sårbarheten.

Målkonflikter och synergier

Miljömålet *Levande skogar* står inte i konflikt med de andra miljömålen men inhemska åtgärder för att uppnå *Begränsad klimatpåverkan* kan göra det svårare att uppnå miljömålet.

Skogen är en leverantör av många produkter; fibrer till sågade trävaror, papper och energi, upplevelsevärden såsom rekreation, jakt och turism. Skogen fungerar också som mark- och luftförbättrare och motverkar klimatets negativa effekter genom inbindning av koldioxid. Strävan att uppnå *Klimatmålet* kommer att öka efterfrågan på biobränslen och ökar därmed kravet på skogen som leverantör av fiberråvara. En hög biomassaproduktion i skogen kan bidra med att ge förutsättningar för minskad användning av fossila bränslen. Att låta mer skog växa upp för att binda koldioxid, det vill säga att vara kolsänka, bidrar till att motverka klimatförändringar. När träden växt till sig tas dock vanligen inte så mycket kol upp längre. Samtidigt finns en risk att kol med tiden frigörs vid bränder och stormar. Produktion av biomassa som skördas och används som ersättning till fossila bränslen torde totalt sett och på lång sikt ge störst positiv effekt för *Begränsad klimatpåverkan*.

Omställning till biobränslen leder förstås till ökat tryck på uttag av skog och ett ökat biomassaottag ökar risken för förurning. Ett intensivare skogsbruk kräver också mer näringstillförsel vilket kan leda till konflikt med målet *Ingen övergödning*. Att utnyttja luckor i skogen för ökad produktion kan motverka mål om kulturmiljön om luckorna består av värdefulla kulturmiljöer. Andra mål som kan missgynnas av intensivare skogsbruk är *Levande sjöar och vattendrag*, *Myllrande våtmarker* och *Ett rikt växt- och djurliv*.

Analys

Kungliga skogs- och lantbruksakademien har tagit fram en litteraturoversikt om klimatförändringar och skogar (i Sverige)⁸³. Det finns rapporter och meddelanden från Skogsstyrelsen som belyser klimatförändringen och olika delar av miljömålet *Levande skogar*⁸⁴. Skogsstyrelsen och SLU bidrog med underlagsrapporter till Klimat- och sårbarhetsutredningen^{85,86}. Jordbruksverket har presenterat en konsekvensstudie av tallvedsnematod⁸⁷ och en rapport om framtida skogsbränder⁸⁸.

Energimyndigheten har ett temaprogram "Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle"⁸⁹, omfattande tre områden (Lantbruk, Skogsbruk och Bränsleförädling). Ett tvärgående område Strategisk kunskap

ingår likaså. Programmets olika projekt behandlar bland annat uttag av biomassa (inklusive grot och stubbar) från skogen och dess miljöpåverkan.

”Framtidens skog”⁹⁰ är ett nyligen startat forskningsprogram om klimatförändringarnas, globaliseringens och marknadsutvecklingens påverkan på skogsförvaltning och skogslandskap i ett långsiktigt perspektiv (50-100 år).

Behov av klimatunderlag

Den framtida utvecklingen för vegetationsperiodens längd, nederbörd sommartid och tjälförhållanden är för skogens tillväxt och skogsbruk intressanta aspekter. Stormar, vattenbalans och kvävedeposition är andra viktiga faktorer.

Viktiga parametrar

- vegetationsperiodens längd
- nederbörd sommartid
- tjälförhållanden
- stormar
- vattenbalans
- kvävedeposition



7. 13 Ett rikt odlingslandskap

Odlingslandskapets och jordbruksmarkens värde för biologisk produktion och livsmedelsproduktion skall skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden och kulturmiljövärdena bevaras och stärks.

Miljömålsrådet bedömer att målet *Ett rikt odlingslandskap* är möjligt att nå till år 2020 om fler åtgärder sätts in. Utvecklingsriktningen för tillståndet i miljön är positiv.

Dagens odlingslandskap är format av människans jordbruk under lång tid. En stor del av vår flora och fauna finns i jordbrukslandskapet. Arterna finns främst i slåtter- och betesmarker men också i åker- och vägrenar, åkerholmar och våtmarker. Det finns även kulturhistoriska värden i dessa miljöer liksom i gamla byggnader. De natur- och kulturvärden som finns i odlingslandskapet påverkas av förändrade jordbruksförhållanden som bland annat klimatförändringarna påverkar.

Klimatförändringarna och Ett rikt odlingslandskap

Klimatet är en mycket viktig faktor för förutsättningar för odling och brukningsmetoder och även för biologisk mångfald i bland annat odlingslandskapet.

Det finns både direkta och indirekta effekter. Arters förekomst och utbredning, naturtyper och ekologin påverkas direkt. Indirekt fås effekter genom att brukandet anpassas till klimatförändringarna; till exempel fler skördar per säsong, energigrödor odlas mer och nya grödor introduceras eller ökar i omfattning. Det påverkar mångfalden i odlingslandskapet. Idag kan vi se att majsodlingen ökar i södra Sverige, vilket skulle kunna vara helt behovsanpassat, men möjligen har odlingsförutsättningarna ändrats.

Nya skadegörare är att vänta i och med klimatförändringarna vilket leder till mer behov av växtskyddsmedel. Exempel på nya skadegörare som spridit sig norrut är svidknott som ger blåtungor.

För kulturmiljön påverkas byggnadernas tillstånd. Ändrad markanvändning som en följd av klimatförändringarna förändrar landskapsbilden.

Jordbruket har under de senaste 50 åren genomgått mycket stora förändringar beroende på produktionsförbättringar. Det är en viktig faktor även framåt i tiden liksom förändringar på världsmarknaden. I internationellt perspektiv får Sverige bättre odlingsförhållanden klimatologiskt sett till skillnad från många andra länder, vilket kan öka intresset för jordbruksproduktion i Sverige, men också påverka valet av grödor.

Tidsperspektivet

- På kort sikt (ca 2020) kommer klimatförändringarna knappast att ge något större genomslag. Episoder av skadeeffekter kan förekomma och troligen görs försök att introducera nya grödor.
- På medellång sikt (ca 2050) får klimateffekterna större betydelse i och med att förutsättningarna har mer bestående förändrats. Hur detta tas tillvara är förstås avgörande för effekterna på hur miljömålet kan levas upp till.
- På lång sikt (ca 2100) är förstås klimatförändringarna än mer uppenbara, men det gäller också för politiska och tekniska förändringar, vilket gör bedömningar av klimatförändringars effekter mycket svåra.

Målkonflikter och synergier

För att minska utsläppen av växthusgaser (*Begränsad klimatpåverkan*) finns olika åtgärder som berör odlingslandskapet och som kan innebära målkonflikter utöver synergier med klimatmålet. Ett exempel är beskogning av åkermark för att öka produktionen av biomassa för energiändamål. De minst avkastande markerna står för den biologiska mångfalden. Det skulle kunna öka trycket på att ta delar av de mer produktiva markerna, det vill säga åkermark, i bruk för energigrödor. Åkermark som är lämplig för livsmedelsproduktion kommer dock knappast att användas för beskogning⁹¹. Energiskog som gröda kan förstås i sin tur ge variation och värden för biologisk mångfald. Det beror på var energiskogsodlingen sker och i vilken omfattning. Slättbygder med intensiv spannmålsodling kan tillföras värden men inte skogsbygd.

Minskad djurhållning minskar utsläppen av metan men minskar samtidigt möjligheterna till att hålla betesmarkerna öppna. Det påverkar målen för hävdad betesmark och kulturbärande landskapselement. Utsläppen av metan kan i betydande omfattning kompenseras av inlagring av kol i betesmarker. Hårdare krav på gödselhantering, för att minska utsläppen av lustgas, kan innebära att köttproducenter och mjölkbönder med små besättningar (cirka 30 djur) slås ut. Restriktioner kring blåtunga, som kan öka med klimatförändringarna, gör att man inte kan flytta djuren och då kan de inte beta på alla marker, vilket i sin tur påverkar möjligheterna att få EUs miljöersättningar.

Anpassningsåtgärder till klimatförändringen kan också påverka miljömålet. Det är främst en motsättning i slättbygden mellan intensivare, klimateffektivare brukning kontra bevarande av småbiotoper och biologisk mångfald genom extensiv produktion. Ett intensivare odlande kräver också mer uttag av vatten. Generellt ökar klimatförändringen konkurrensen om vattenresurserna i södra Sverige och påverkar därmed andra system.

Analyser

Jordbruksverket har tagit fram rapporter som behandlar klimatförändringen och jordbruket, dels hur jordbruket påverkas av klimatförändringarna och dels jordbrukets klimatpåverkan⁹². Jordbruksverket arbetar för närvarande med ett handlingsprogram för att minska jordbrukets klimatpåverkan. Tre miljömålsprojekt om klimat bedrivs också: Klimatförändringens effekter på biologisk mångfald i odlingslandskapet, Inlagring av kol i betesmarker och Användningen av organiska jordar.

En underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen berör klimatförändringarnas effekter på växtproduktion inom jordbruket⁹³.

Behov av klimatunderlag

Alla klimataspekter är intressanta men speciellt intressant är växtsäsongens längd, sommartorka, nederbördsmonster, solstrålning (molnighet) och temperatur vintertid. Upptorkningen av marken på

våren är en viktig faktor eftersom den styr starttidpunkten för sådd. Invintringstider för träd och buskar är också intressant. Koldioxidhöjningen påverkar också produktionen direkt genom fotosyntesen men olika växter påverkas olika.

Viktiga parametrar

- Vegetationsperiodens längd
- Sommartorka
- Nederbörd
- Solstrålning och molnighet
- Vintertemperatur
- Markfuktighet på våren
- Koldioxidhalten i luften



7. 14 Storslagen fjällmiljö

Fjällen skall ha en hög grad av ursprunglighet vad gäller biologisk mångfald, upplevelsevärden samt natur- och kulturvärden. Verksamheter i fjällen skall bedrivas med hänsyn till dessa värden och så att en hållbar utveckling främjas. Särskilt värdefulla områden skall skyddas mot ingrepp och andra störningar.

Miljömålsrådet bedömer att målet *Storslagen fjällmiljö* är möjligt att nå till år 2020 om fler åtgärder sätts in. Utvecklingsriktningen för tillståndet i miljön är positiv.

För fjällmiljön anses de politiska ställningstagandena för energi ha stor påverkan för miljömålets genomförande. Det gäller uranbrytning, vindkraftexploatering och vattenkraftproduktion. Det är framförallt landskapsbilden som påverkas i fjällmiljön av dessa verksamheter.

Klimatförändringarna och Storslagen fjällmiljö

Fjällandskapet är beroende av klimatet som är en av de faktorer som format landskapets utseende. Klimatförändringen påverkar de naturliga förutsättningarna för vegetationens sammansättning och utbredning. Förbuskning och minskad andel kalvfjäll speciellt i södra fjällkedjan är väntade förändringar. Klimatförändringarna leder sannolikt till att fjällarter riskerar att dö ut. Möjligheten att en förflyttning sker till högre belägna platser eller norrut är i vissa fall omöjlig.

Lokalt innebär klimatförändringen att lavar och mossor konkurreras ut till förmån för gräs och örter. Ett utökat renbete i utsatta områden skulle kunna hålla tillbaka trädgränsen.

Renbetet är viktig för landskapsbilden och för den biologiska mångfalden i fjällen⁹⁴. Möjligheterna för renbete påverkas av klimatfaktorer. Speciellt är det förändrade förhållanden under perioden vårsommar-höst som kan försvåra betet. Ogynnsamma förhållanden är regn och töväder som följs av is- och skarbildning. Blöta vintrar gör det svårt för renarna att nå laven under snön på grund av isbildning. Eftersom rennäringen bedrivs extensivt över stora arealer har den lokala mosaiken med varierande terrängformer och lokalklimat betydelse för anpassningen. Kunskapen om renbetets betydelse för fjällekosystemet är bristfällig, liksom hur olika former av slitage påverkar områdena i fjällen.

Att bevara fjällandskapet är en viktig del av miljömålet. Landskapet är präglad av bete och därför är renskötseln viktig för att bevara fjällandskapet. Näringsidkarna är oroliga för klimatförändringens effekter men det finns också andra hot såsom skogsbruket, vindkraftsanläggningar, turism och rovdjur^{95,96}. Fler renar kan vara en anpassningsåtgärd för att bevara fjällandskapet, men det innebär ett behov av utfodring vintertid.

Tidsperspektivet

Klimatförändringen kommer att ha en allt större påverkan med tiden vilket leder till att en större omställning av renskötseln krävs. Idag finns ingen organiserad lokal planering med hänsyn till klimatförändring. Högst troligt kommer miljömålsarbetet att behövas även efter år 2020. Klimatfrågorna kommer att få allt större betydelse med tiden.

- På kort sikt (ca 2020) kan effekter av mildare vintrar bli allt vanligare, vilket kan påverka vintersporter och renskötsel.
- På medellång sikt (ca 2050) får climateffekterna större betydelse. Utöver effekter som kan vara aktuella redan på kort sikt, kan trädgränsen komma att förflyttas. En grads höjning i medeltemperaturen motsvarar en 100-150 meters höjdskillnad visavis temperaturfördelningen vilket i alla fall delvis skulle kunna leda till motsvarande rörelse av trädgränsen.
- På lång sikt (ca 2100) kan en förbuskning av de flesta av dagens kallfjällsområden förväntas, liksom ett par månader kortare vintrar med effekter för vintersporter.

Målkonflikter och synergier

Vad gäller omställningen av energi, kopplat till *Begränsad klimatpåverkan*, kan flera målkonflikter finnas. En ökad kärnkraftsanvändning leder till prospekteringar av uran vilket direkt påverkar landskapsbilden. Även naturreservaten är föremål för prospekteringar. Vindkraftutbyggnad i fjällmiljön påverkar landskapsbilden och ger troligen ökat buller. En vattenkraftutbyggnad påverkar upplevelse-, natur- och kulturvärden.

Några egentliga synergier har inte identifierats.

Analyser

Förutsättningarna för rennärningen vid klimatförändringarna beskrivs i en underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen⁹⁷.

Behov av klimatunderlag

De klimatfaktorer som är intressanta för utvecklingen i fjällvärlden är nederbörd, lufttemperatur, snömängder och -utbredning, vinterns varaktighet, tjälförekomst, isläggning på sjöar, förekomst av regn under vintern, växtsäsongens längd och vindförändringar.

För renskötseln är det speciellt vinterförhållandena som är intressanta. Varmare och blötare vintrar är negativa faktorer. För vegetationsförändringar är det särskilt vegetationsperiodens längd som är intressant.

Viktiga parametrar

- nederbörd
- temperatur
- snömängder och -utbredning
- vinterns varaktighet
- tjälförekomst
- isläggning på sjöar
- regn under vintern
- vegetationsperiodens längd
- vindförändringar



7. 15 God bebyggd miljö

Städer, tätorter och annan bebyggd miljö skall utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en god regional och global miljö. Natur- och kulturvärden skall tas till vara och utvecklas. Byggnader och anläggningar skall lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktigt god hushållning med mark, vatten och andra resurser främjas.

Miljömålsrådet bedömer att målet *God bebyggd miljö* är mycket svårt eller inte möjligt att nå till 2020 även om fler åtgärder sätts in. Det går inte att se någon tydlig utvecklingsriktning för tillståndet i miljön.

Målet innefattar en mängd olika aspekter på människans livsmiljöer i tätort och annan bebyggd miljö; behov av energi, vatten, boende, transporter, natur, kultur och estetik men också det avfall som produceras.

Klimatförändringarna och God bebyggd miljö

Klimatet är en av de faktorer som styr hur vi bygger och bor. Klimatförändringarna påverkar både utomhus- och inomhusklimatet och dagvattensystemen. De aspekter på klimatförändring som påverkar naturmiljöer, vattenkvalitet och luftmiljö (och som nämns i samband med andra miljömål) är även giltiga för målet *God bebyggd miljö*. Här nämns ytterligare några aspekter specifika för tätorter.

Målet för *God bebyggd miljö* föreskriver lokalisering på miljöanpassat sätt. Det borde betyda att bygga nära stränder undviks. Idag är inriktningen den motsatta. Det strandnära byggandet ökar generellt sett riskerna förknippade med översvämningar längs hav och vattendrag.

Ett varmare klimat ökar behoven av kylning sommartid. Samtidigt minskar uppvärmningsbehoven. Nettoeffekten beräknas vara minskad energiåtgång, men förändringarna i uppvärmnings- respektive avkylningsbehov kan i sig ha påverkan. Nederbörden förväntas öka vilket belastar dagvattensystemen. Speciellt intensivare skurar ökar riskerna för överbelastning som leder till översvämningar i tätorter. Mer ihållande nederbörd kan leda till större problem med fukt och mögel i hus.

Tidsperspektivet

Klimataspekterna behöver vävas in i den fysiska planeringen och samhällsbyggandet med hänsyn till dagens förhållanden, men också med hänsyn till de förväntade förhållandena under anläggningarnas hela livslängd.

- På kort sikt (ca 2020) är förväntningarna om klimatförändringarna framöver väsentliga eftersom den bebyggda miljön planeras långsiktigt. En knepigare fråga är eventuell anpassning av befintliga byggnader, infrastruktur och anläggningar för att ta hänsyn till redan pågående förändringar i genomsnitt och förändrade risker för extrema väder- och klimatförhållanden, till exempel extrema regn eller eventuella torrare somrar.
- På medellång sikt (ca 2050) kvarstår förväntningarna om klimatförändringarna framöver som väsentliga av samma anledning som ovan. Samtidigt har klimatförändringarna hunnit tillta jämfört med dagsläget och en del av den bebyggda miljön hunnit omsättas eller byggts om. Eventuellt har i det arbetet tagits hänsyn till klimatförändringarnas effekter.
- På lång sikt (ca 2100) gäller detsamma som ovan, samtidigt som det borde råda klarhet över hur klimatförändringarna bromsar in.

Målkonflikter och synergier

En miljöanpassad bebyggd miljö, med minskad energianvändning och minskat transportbehov, medför minskade utsläpp av växthusgaser och är därmed i linje med *Begränsad klimatpåverkan*. Det finns dock potentiella konflikter vad gäller åtgärder för genomförandet.

Åtgärder för att minska växthusgasutsläppen kan vara att minska energiåtgången eller att elda med förnybara bränslen. Genom att husen görs tätare kan energi sparas, men om det inte görs på ett bra sätt kan det leda till sämre inomhusmiljö. En annan aspekt på energieffektiva hus är att de endast behöver lite energitillskott för uppvärmningsändamål och då är det svårare att få fjärrvärmesystem att bli ett ekonomiskt bärkraftigt alternativ. Vedeldning (förnybart bränsle) i tätbebyggda områden kan ge sämre luft.

En förtätad stadsmiljö minskar avstånden och därmed transportbehoven vilket är energibesparande. Samtidigt försvinner grönområden som är positiva för rekreation och hälsa. Det blir svårare att hantera dagvatten och lokalklimatet försämras (värmeö-effekten förstärks). Det kan också vara svårare att få plats för ny spårbunden trafik i tät stadsmiljö. Bullerproblem kan förstärkas vid förtätning i stadsmiljö.

Kulturmiljövärden kan påverkas negativt både av förtätad stadsmiljö och energibesparande åtgärder som tätning av hus.

Anpassningsåtgärder för att minska översvämningsrisker, som till exempel vallar, kan vara i konflikt med naturmiljön. Anläggning av våtmarker, som skydd för översvämnningar, är positivt för biologisk mångfald, men kan vara negativt för hälsomål (myggspridning) och därmed negativa för *God bebyggd miljö*. Det kan finnas negativa estetiska aspekter på anpassningsåtgärder som behovet att bygga högre och att ha garage i bottenplanet på husen. Det senare kan också bidra till ökad otrygghet.

Analys

Boverket producerade maj-juni 2009 ett antal rapporter som behandlar anpassning av planering och byggande med avseende på klimatfaktorn⁹⁸. SKL har gett ut en broschyr med exempel på klimatanpassning där man trycker på hanteringen av vattenfrågorna⁹⁹.

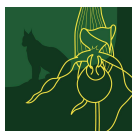
Se vidare under Övergripande miljöfrågor / Analyser.

Behov av klimatunderlag

En rad olika klimatvariabler har betydelse för hur byggnader lokaliseras, utformas och förvaltas. För detta är nederbördsintensitet och intensitet intressanta, liksom torra och fuktiga perioder, snölast, snödjup och snötäckt period. Vindar uttryckt som medel- och maximal hastighet har betydelse för byggnader liksom temperaturfaktorer (medel, max, min). Vid projektering och utformning av byggnader och andra anläggningar kan tjälförekomst och tidpunkt för tjällossning vara väsentliga faktorer. Översvämningsrisker, havsnivåhöjning och grundvattenförändringar är andra intressanta klimataspekter.

Viktiga parametrar

- nederbörd
- snö
- vind
- temperaturer
- tjälförekomst
- översvämningsrisker, havsnivåhöjning och grundvattenförändringar



7. 16

Ett rikt växt- och djurliv

Den biologiska mångfalden skall bevaras och nyttjas på ett hållbart sätt, för nuvarande och framtida generationer. Arternas livsmiljöer och ekosystemen samt deras funktioner och processer skall värnas. Arter skall kunna fortleva i långsiktigt livskraftiga bestånd med tillräcklig genetisk variation. Människor skall ha tillgång till en god natur- och kulturmiljö med rik biologisk mångfald, som grund för hälsa, livskvalitet och välfärd.

Miljömålsrådet bedömer att målet *Ett rikt växt- och djurliv* är mycket svårt eller inte möjligt att nå till 2020 även om fler åtgärder sätts in. Det går inte att se någon tydlig utvecklingsriktning för tillståndet i miljön.

Biologisk mångfald betyder mångfald inom arter, mellan arter och av ekosystem. Sveriges biologiska mångfald idag är resultatet av klimat, geologiska förutsättningar och människans olika verksamheter. Många växter och djur är på olika sätt gynnade eller beroende av att landskapet hävdas (slåtter eller bete på ängs- och betesmarker). För biologisk mångfald krävs en blandning av naturtyper och livsmiljöer i landskapet – odlad mark, vattendrag och sjöar liksom våtmarker och skogar. Målet handlar om att hejda förlusten av biologisk mångfald, att förbättra statusen av hotade arter och att nyttja biologiska resurser på ett hållbart sätt.

Klimatförändringarna och Ett rikt växt- och djurliv

Klimatet är för växt- och djurliv en naturgiven förutsättning som ger möjligheter och sätter gränser för arters förekomst och utbredning. Klimatförändringarna påverkar växter och djur.

Genomsnittsförändringar till varmare, torrare eller blötare förhållanden förändrar de givna grundförutsättningarna. Även extremer kan påverka populationer väldigt mycket. Under ett extremt torrår kan till exempel arter som under ett normalt år är vanligt förekommande i landskapet uppvisa ett väldigt begränsat utbredningsområde. Klimatförändringarna kan bidra till att konkurrensförhållandena mellan arter förändras, vilket kan leda till att vissa arter breder ut sig och andra försvinner. Eventuellt kan nya arter tillkomma.

Klimatförändringarna påverkar arters förekomst och utbredning direkt genom förändrade förutsättningar, men även indirekta effekter finns¹⁰⁰. Dessa effekter uppstår när åtgärder genomförs för att till exempel minska användningen av fossila bränslen och minska utsläppen av koldioxid. Dessa åtgärder skapar nya typer av markanvändning. Förändrad markanvändning och skötsel har också stor påverkan på den biologiska mångfalden i sig, men spelar även roll när det gäller att uppnå hållbart nyttjande.

En effekt av att årstidernas växlingar förskjuts är att fenologin för olika arter påverkas. Beroenden mellan arter kan komma ur fas. Ett exempel är flyttfåglar som anländer efter att tillgången på föda minskat och därmed får problem med uppfödning av sina ungar. Många vadare är beroende av grunda kustområden för vila eller övervintring. Dessa kustområden i södra Sverige förändras på grund av den stigande havsnivån, eftersom landhöjningen där är obefintlig.

Många arter har idag en relativt fragmenterad utbredning i landskapet. I många fall beror det på intensiv markanvändning och exploatering som i sig delat upp arternas naturliga habitat. Detta försvårar möjligheterna till spridning och därmed påverkas även överlevnaden. Det gäller främst för arter med liten förmåga att sprida sig, däribland en del hotade arter. I Sverige är det framförallt fjällarterna som hotas direkt av klimatförändringen. Övriga arter påverkas också, men blir i större utsträckning påverkade av indirekta effekter som förändrad markanvändning.

Invasiva arter förorsakar mer eller mindre skador på land, i vatten och bland människor och djur. Uppskattningar av kostnader för 13 invasiva arter i Sverige bedöms ligga i samma storleksordning som åtgärdsplanen mot övergödning av Östersjön. Med klimatförändringen kommer främmande arter

att kunna etablera sig och invasiva arter sprida sig norrut. Mer frekventa eller starkare extrema väderhändelser kan göra systemen känsligare för invasioner. Främmande arter hotar biologisk mångfald på flera sätt. De kan konkurrera ut arter och bär också med sig nya sjukdomar och parasiter. De påverkar också den genetiska variationen. Ett förslag på övervakningsprogram för invasiva arter finns rapporterat som redan omnämnts under miljösmål *Hav i balans samt levande kust och skärgård*.

Det är mycket svårt att förutsäga utvecklingen vad gäller nya arter men de kan snabbt breda ut sig och få konsekvenser inte bara för den biologiska mångfalden utan även för friluftsliv och turism. Ett exempel är den för människan dödliga dvärgbandmasken, en inälvsparasit som har delar av sin livscykel i rävar, hundar och katter. Om denna parasit kommer till Sverige innebär det en risk för människor att smittas via bär och svamp. Det leder till begränsningar för allemansrätten avseende bär- och svampplockning. Idag finns dvärgbandmask i Danmark.

Tidsperspektivet

Förutsättningarna förändras hela tiden i och med klimatförändringarna. Deras genomslag ökar med tiden. Markanvändningen har också stor påverkan.

- På kort sikt (ca 2020) kan förekomsten av idag mer eller mindre ovanliga arter öka antingen med helt nya arter i landet eller att befintliga arter sprider sig till nya områden eller visar sig under nya årstider. Detta kan också ske genom att odlade arter (till exempel från trädgårdar) sprider sig till omgivningarna.
- På medellång sikt (ca 2050) får klimateffekterna större betydelse. Risken för tröskeffekter ökar, till exempel då delar av olika näringskedjor inte hänger med i förändringarna.
- På lång sikt (ca 2100) är bestående förändringar en överhängande risk, inte minst för endemiska arter i Östersjön och på kalfjället.

Målkonflikter och synergier

En ökad efterfrågan av bioenergi skapar förändrad markanvändning och det kan påverka förekomst och utbredning av växter och djur. *Begränsad klimatpåverkan* kan därmed komma i konflikt med miljömålet *Ett rikt växt- och djurliv*. Åtgärder som att plantera skog och anlägga våtmarker kan gynna både *Begränsad klimatpåverkan* och andra miljömål. Om hamling av träd införs, till exempel för energiändamål, så är det ett positivt inslag för mångfalden.

De fysiska anpassningsåtgärder som behövs för att minska effekterna av klimatförändringen sker till stor del på hårdgjord mark som redan är påverkad, men hanteringen av ändrade översvämningsrisker kan både gynna och försvåra strävandena inom *Myllrande våtmarker* och *Levande sjöar och vattendrag*.

Analyser

Centrum för biologisk mångfald skrev underlag om biologisk mångfald och klimatförändringar till Klimat- och sårbarhetsutredningen¹⁰¹. Lunds universitets underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen berör kopplingar mellan klimatförändringarna och vegetationsförskjutningar¹⁰². Studier finns även från andra länder, till exempel från Norge¹⁰³.

Det finns vetenskapliga studier som belyser möjligheten att nya klimatregimer uppstår och att en del befintliga klimatregimer kan gå förlorade^{104,105}. Det har också påpekats att utmaningarna för arter att hänga med i klimatförändringarna varierar med region¹⁰⁶, vilket påverkar behoven av skyddade områdens storlek för att minimera förluster av biologisk mångfald. Det är även viktigt att samtidigt studera flera relaterade arter¹⁰⁷.

Behov av klimatunderlag

Vilka klimataspekter som är viktiga varierar mellan arterna i fråga. Generellt sett så är lufttemperatur, nederbörd och solstrålning viktiga faktorer. Vegetationsperiodens starttidpunkt på våren och de då rådande förhållandena är också viktiga faktorer. Det går kanske att hitta någon kritisk klimatkfaktor för

vissa arter eller kluster av arter till exempel brandarter^d, men inte på landskapsbasis. För djur i ide är troligen temperaturen den viktigaste faktorn för uppvaknandetidpunkt.

Viktiga parametrar

- temperatur
- nederbörd
- solstrålning
- vegetationsperioden

Övergripande miljömålsfrågor

Det finns tre olika områden som går över gränserna för miljömålen. Det är *Kulturmiljön, Hälsofrågor och Fysisk planering och hushållning med mark, vatten samt byggnader*. De miljömålsansvariga myndigheterna och de myndigheter som har ett övergripande ansvar ska tillsammans verka för att de berörda målen nås. Flera aspekter som gäller dessa övergripande miljömålsfrågor berörs under miljömålen.



Kulturmiljön

Den fysiska miljöns tillstånd och utveckling har viss direkt påverkan på miljöns kulturvärden. De mål som har störst direkt betydelse för miljöns kulturvärden är de som berör olika typer av landskap, hav, sjöar och vattendrag, bebyggelsemiljöer samt luft och förorening.

Klimat är en av de faktorer som skapat vår kulturmiljö till exempel byggnader, både avseende utseendet och placering i landskapet. Ett exempel är lidbyar som ligger längs älven eftersom frosten kommer senare där. Utseendet på byggnader styrs ofta av vind- och temperaturförhållanden. Klimatfaktorer märks även i namn på platser.

Klimatförändringarna kan också förväntas påverka landskap, bebyggelse, fornlämningar och föremål. Kulturarvet påverkas av klimatrelaterade effekter som mögel, rötskador, stormar, erosion och översvämningar. Även träbäck sprider sig nu norrut i landet. Havsnivåhöjning och därmed saltvatteninträngning liksom vindökning och erosion är negativa faktorer för delar av kulturmiljön.

Energieffektivisering för att minska utsläpp av växthusgaser kan leda till problem med fukt och röta, även om det förstås beror på hur effektiviseringen utförs. Landskapet förändras i sin tur när både energi och mat ska produceras. Intensivare skogs- och jordbruk är andra faktorer som påverkar kulturmiljön. Kunskap, skötselåtgärder och hänsynstagande är avgörande för utfallet.



Hälsofrågor

Klimatförändringarna innebär i genomsnitt mildare och varmare klimat men också ändrad risk för olika typer av extrema väderhändelser. I ett globalt perspektiv påverkar bägge dessa aspekter grunderna för god hälsa: luft, vatten, mat, skydd och frånvaro av sjukdom. Hälsoriskerna är förhållandevis små i Sverige (även förhållandevis måttliga värmeböljor kan dock ha märkbara hälsoeffekter) men några aspekter är viktiga att beakta. Byggnadsbeståndet är anpassat till visst klimat och förändringar i temperatur och fuktighet påverkar inomhusmiljön. Klimatförändringen påverkar såväl kvalitet som kvantitet i dricksvattentäkter. Klimatförändringarna kan öka pollenallergierna. Både antalet och mängder allergener påverkas av klimatets förändring. Nya vektorer (smittobärande insekter) är att vänta och förekomsten av algblooming och bakterier ökar troligen.

^d Arter, växter och insekter, som är beroende av eller gynnas av bränder.

De för människans hälsa viktigaste miljömålen är *Frisk luft*, *Giftfri miljö*, *Säker strålmiljö*, *Grundvatten av god kvalitet* och *God bebyggd miljö*.

Det finns en potentiell konflikt med målet att anlägga våtmarker eftersom dessa ger ökande mängd insekter, dels vektorer och dels stickande insekter. Vad gäller energibesparande åtgärder för att uppnå *Klimatmålet* i form av de så kallade passivhusen kan det ge sämre inomhusmiljö. Vedeldning i tättbebyggda områden kan påverka *Frisk luft*, men kan rimligen hanteras med lokala förordningar.

Om vi får intensivare odling, som indirekt effekt av klimatets förändring, är mer användning av bekämpningsmedel tänkbart, vilket är negativt för hälsan. Hur användningen utförs är dock avgörande för resultatet.



Fysisk planering och hushållning med mark och vatten samt byggnader

Fysisk planering kan definieras som hur mark och vatten används för olika aktiviteter ur samhällsekonomiska, ekologiska, estetiska och sociala aspekter. Förutom det kommunala perspektivet finns också ett nationellt perspektiv. Ett tydligt exempel som berör miljömålen är etablering av vindkraft. Fysisk planering är således ett viktigt instrument för att skapa ett långsiktigt hållbart samhälle. Fysisk planering kan användas för att koppla ett eller flera miljömål till en plats och på så sätt tydliggöra möjliga synergier och konflikter. Fysisk planering kan bidra till att nå alla miljö kvalitetsmålen utom *Skyddande ozonskikt*.

Att klimatanpassa byggande och planering är en viktig förutsättning för att nå en hållbar bebyggd miljö. Plan- och bygglagstiftningen (PBL) kan vara ett effektivt redskap för klimatanpassning av ny bebyggelse på oexploaterad mark.

För kommunerna är den fysiska planeringen ett av de viktigaste redskapen för att nå miljö kvalitetsmålen. Kommunerna har flera mycket viktiga styrmedel för miljömålsarbetet: tillsyn, utbildning, offentliga upphandling, kommunens egen verksamhet och så vidare. Man behöver alltmer ta hänsyn till klimatets förändring i olika planeringsarbeten. I översikts- och detaljplaner görs bedömningar av lokaliseringar och i dessa bör klimataspekter vägas in. Hanteringen av vatten är mycket viktig för god miljö kvalitet och för ett väl fungerande samhälle. Byggnader och infrastruktur (inklusive vatten- och avloppssystem) har lång livslängd, ofta 100 år eller mer. Därför är det en god strategi att planera för förändrade risker avseende översvämningar, ras, skred och erosion. Samma sak gäller för vattenförsörjning, både avseende kvantitet och kvalitet.

Det finns behov av kunskapsunderlag om klimatförändringar för planering och byggande. Regelverk behöver också uppdateras med klimatförändringsaspekten i hela kedjan exempelvis från översiktsplan till detaljplan men även i byggskedet och vid förvaltningen av byggnader.

Analyser

FOI har skrivit en rapport som berör målkonflikter mellan klimatanpassningsarbetet och fysisk planering, turism och friluftsliv samt hälsofrågor¹⁰⁸. En viss teoretisk diskussion om målkonflikter och hur dessa kan hanteras ingår.

Underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen omfattade Boverkets underlagsrapport om klimatförändringarnas effekter på byggnader (inklusive kulturmiljön)¹⁰⁹ samt en rapport om hälsofrågor¹¹⁰. Boverket har för övrigt tagit fram ett flertal skrifter även omnämnda under *God bebyggd miljö*.

Konjunkturinstitutet har tagit fram en rapport om klimatförändringarnas samhällsekonomiska kostnader med avseende på hälsoeffekter¹¹¹, vilket bland annat illustrerar hur ekonomiska verktyg skulle kunna användas i klimatanpassningsarbetet. Hälsofrågor i ett klimatperspektiv behandlas i den för Socialstyrelsen och Karolinska institutet gemensamma miljöhälsorapporten¹¹².

Forskningsöversikter om ras och skred¹¹³ och översvämningar¹¹⁴ finns framtagna.

8 Diskussion

8.1 Klimatförändringarna och de svenska miljökvalitetsmålen

Miljömålsarbetet sker i en föränderlig värld. Omvärldens processer är direkt centrala för några av miljömålen. Via klimatförändringarnas effekter är omvärldens betydelse indirekt relevant för så gott som alla svenska miljömål. Detta för in ytterligare en dimension i miljömålsarbetet med både möjligheter till synergier och risker för konflikter. Samtidigt saknas i de flesta fallen kvantitativa kunskaper om vilka klimateffekter som är väsentliga och vilka som endast har ringa betydelse.

Klimatförändringen sker dessutom inte jämnt över landet och effekter av klimatförändringen varierar både mellan arter och inom arter. Kunskap på beståndsnivå är inte detsamma som på landskapsbasis. Naturen har en viss tröghet vilket kan fördröja effekter men det kan finnas tröskelvärden vars överskridande snabbt leder till stora förändringar. Vi vet mycket lite om detta. Östersjön utmärker sig speciellt som potentiellt sårbar. En överhängande effekt i våra ekosystem är förändrade konkurrensförhållanden samt intrång av främmande arter, vilket kan få ekosystem i obalans.

8.2 Tidsperspektivet

I det kortare tidsperspektivet (2020) har klimatförändringarna liten eller ganska liten betydelse för möjligheten att nå miljömålen. Effekter som uppstår på grund av mildare vintrar och delvis förändrad vattenföring, kan dock förväntas bli vanligare redan i det kortare tidsperspektivet. Klimatförändringarna kommer att öka med tiden och i det mellanlånga och långa tidsperspektivet påverkas möjligheten att nå miljömålen alltmer. Hur snabbt effekter uppstår och hur omfattande de blir beror förstås på i vilken omfattning *Begränsad klimatpåverkan* uppnås. Man ska inte glömma bort att klimatförändringarna i sig även påverkar möjligheten att uppnå *Begränsad klimatpåverkan*, men att det förstås är utsläppsminskningarna i världen som är det primära.

Denna genomgång tyder på att de miljömål som kan komma att påverkas mest av klimatförändringarna handlar om luft, övergödning och biologisk mångfald:

- *Frisk luft* och *Bara naturlig försurning* har kopplingar till begränsningar av klimatpåverkande utsläpp, men kan även påverkas direkt via förändringar i transportmönster eller kemisk omvandling av ämnen.
- *Ingen övergödning*, *Levande sjöar och vattendrag*, *Grundvatten av god kvalitet*, *Hav i balans samt levande kust och skärgård* samt *Myllrande våtmarker* kan påverkas av förändrad markanvändning med syfte att minska växthusgasflöden till atmosfären, men även av ändrad omsättning av ämnen i mark och vatten. Därtill kommer eventuella effekter i artrikedomen.
- *Levande skogar*, *Storslagen fjällmiljö* och *Ett rikt växt- och djurliv* kan också påverkas av sådan mark- och vattenanvändning som har med klimatåtgärder att göra, till exempel förnybar energiproduktion, men förstås direkt via förändrade förutsättningar för befintliga och nya arter och även hela ekosystem.

Miljömålen *Giftfri miljö*, *Skyddande ozonskikt*, *Säker strålmiljö*, *Ett rikt odlingslandskap* samt *God bebyggd miljö* är inte heller okänsliga för klimateffekter. För de första tre, torde klimateffekter ändå vara små. För de sista två är samhällsplanering, relevanta politikområden och marknaderna troligen av överordnad betydelse.

8.3 Målkonflikter och synergier

Möjliga målkonflikter och synergier är många. Det är lätt att göra långa listor. Ofta saknas dock bra kunskap för hur väsentliga de verkligen är. Flera av de möjliga målkonflikterna och synergier är troligen av sekundär betydelse. Det kan ändå behöva belysas så att åtgärdsarbetet inte fastnar inför endast till synes väsentliga aspekter.

De flesta konkreta konflikterna är indirekta och handlar om miljöeffekter av olika åtgärder för *Begränsad klimatpåverkan*, även om flera andra miljömål påverkas av utvecklingen på energisektorn med avseende på användningen av fossila bränslen och förnybar energiproduktion (biobränslen, vatten- och vindkraft) samt eventuellt också kärnkraft. Utvecklingen kan gå tvärs emot miljömål som handlar om skog, odlingslandskap, vattendrag och strålmiljö.

Ett område som kan innebära konflikter med det breda miljömålsarbetet är anpassningen till klimatförändringarna, vilket i Sverige handlar mycket om att hantera översvämningsrisker. Invallningar, ändrad reglering och andra åtgärder för att hantera översvämningsriskerna kan påverka förutsättningarna för miljön.

Viktiga synergier finns i miljömålsarbetet för klimat, luft och försurning. Ett relativt nyligen uppmärksammat exempel handlar om klimatpåverkande koldioxidutsläpp och havsförsurningen i samband med kolupptaget i havsvattnet. Det finns dock också sekundära^e konflikter i och med att minskade svavelutsläpp gör att aerosolers avkylande klimatpåverkan avtar. På samma sätt kan minskade koldioxidutsläpp innebära en något långsammare återhämtning av ozonskiktet än annars skulle ske. När utsläpp av freoner upphör försvinner deras klimatpåverkan efterhand.

Den mest uppenbara synergien finns dock mellan *Begränsad klimatpåverkan* och alla de övriga miljömålen. Om klimatmålet uppnås, begränsas klimatförändringarnas effekter på miljön och deras inverkan på miljömålsarbetet. Emellertid förefaller det osäkert idag om det satta klimatmålet kommer att kunna uppnås. Även om klimatmålet skulle hålla, kommer inte klimatförändringarnas effekter att helt utebli. Formuleringen av *Begränsad klimatpåverkan* är på det sättet problematisk, liksom dess internationella motsvarighet (Klimatkonventionens artikel 2). Detta berör inte minst området biologisk mångfald och är därmed närvarande i flera områden i det svenska miljömålsarbetet, med *Ett rikt växt- och djurliv* i fokus. Vad menas med ”farlig” mänsklig klimatpåverkan? När blir klimatpåverkan på ekosystem och artrikedomen farlig?

Genomgående kan klimatförändringarna ha en drivande effekt speciellt i kombination med andra påverkansfaktorer. Ett exempel är det öppna kulturlandskapet som kräver skötsel. Om skötsel uteblir växer landskapet igen. Klimatförändringen ökar hastigheten i denna process via en längre vegetationsperiod. Förändrade produktionsmöjligheter i jord- och skogsbruket är för övrigt ett annat exempel på hur klimatförändringarna kan förändra inramningen för miljömålsarbetet. Ska man sträva efter att bevara *status quo*, eller bevara en föränderlig artrikedomen, förvalta landskapet och så vidare?

8.4 Analyser

Det finns en uppsjö av olika analyser och specifika vetenskapliga artiklar som berör klimatförändringarnas effekter på miljön på det svenska miljömålsarbetets olika områden. Relevansen av enstaka analyser och artiklar är ofta begränsad, medan synteser är värdefulla (givetvis måste synteser underbyggas med många specifika forskningsartiklar). Nyttan av synteser som tagits fram för andra syften är ändå begränsad med avseende på beslutsstöd. Synteser ska alltså med fördel vara riktade. De inom ramen av Klimat- och sårbarhetsutredningen framtagna analyserna samt underlagsrapporterna till Miljömålsrådets senaste utvärderingar ger en översikt av befintligt kunskapsläge. Den av flera myndigheter gjorda återrapporteringen till regeringen om ”Nationell strategi och handlingsplan för främmande arter och genotyper”⁷⁵ är ett exempel på en analys som är gemensam för flera miljömålsområden, i detta fall skog och jordbruk, Östersjön och sötvattenarter.

^e I meningen att svavelutsläpp knappast är ett bra verktyg för att bekämpa den globala uppvärmningen.

De ansvariga myndigheterna är i en nyckelposition när det gäller att följa upp kunskapsutvecklingen kring klimatförändringarnas effekter på miljömålen, till exempel i samband med kommande underlagsrapporteringar. I samband med denna rapport var dialogen med ansvariga myndigheter givande. En kontinuerlig kunskapsinhämtning om klimatförändringarnas effekter kan rimligen ingå i det löpande miljömålsarbetet. Hur det lyckas är förstås beroende på tillgången till kunskap och därmed på forskning och utveckling. Därför är det likaså motiverat att investera i framtagandet av ny kunskap i fokuserade projekt.

Behovet av mer kunskap är uppenbar för att bedöma behov av nya eller justerade åtgärder som klimatförändringarnas effekter kan ge upphov till. I det nya projektet CLEO³⁴ berörs miljömål som påverkas av långväga transporterade luftföroreningar och är ett intressant initiativ. Detta och liknande projekt i vilka frågeställningarna konkret anknyts till miljömålsarbetet torde efterhand förbättra kunskapsläget.

Några exempel på i sammanhanget relevanta datasamlingar och synteser anges i Bilaga 1.

8.5 Behov av klimatunderlag

Hur klimatförändringarna påverkar miljömålsarbetets olika områden är inte välundersökt. Erfarenheterna¹¹⁵ från samtalen mellan klimatforskare och avnämare under Klimat- och sårbarhetsutredningen betonar nyttan med dialog för att komma underfund med de väsentliga aspekterna. Detta handlar bland annat om hur sådana basvariabler som temperatur och nederbörd behöver omsättas för att utgöra bättre underlag för de olika behoven. ”Klimatindex”¹¹⁶ formuleras från ett användarperspektiv och kan beskriva komplexa relationer som innefattar tröskelvärden eller exponeringstid för olika förhållanden.

9 Slutord

Behovet av mer kunskap och forskningsresultat om klimatförändringarna och deras effekter ökar stadigt. Detta förutsätter både fortsatt grundläggande och fortsatt tillämpad forskning om klimat, climateffekter, relevanta styrmedel, aktörsprocesser och åtgärder. Osäkerheter kring klimatförändringarna och deras effekter kommer ändå inte att helt försvinna, ens på sikt. En utmaning är att kunna tillgodogöra sig både det robusta och det osäkra i klimatunderlaget.

Frågan om climateffekter i miljömålsarbetet är inte helt ny, men den har ändå först nyligen uppmärksammats på ett mer samlat sätt. Detta kan innebära förändringar i hur miljömålsarbete bedrivs i bästa möjliga samklang med klimatarbetet om dels anpassningar¹¹⁷ och dels utsläppsminskningar. Både synergier och målkonflikter finns med i bilden. De förstnämnda är förstås naturligt att ta fasta vid, och de sistnämnda borde inte få bli hinder.

Bilaga 1. Analyser

Utöver de svenska miljömålsansvariga myndigheternas, forskningsutövarnas och andra aktörers hemsidor (samt motsvarande instanser i våra grannländer), finns kunskapsplattformar med successiva sammanställningar som till exempel FNs klimatpanels. Dess femte sammanställning ska utges 2013-2014. Bland ytterligare andra kunskapsplattformar finns:

- “The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB¹¹⁸) study” beskrivs som “a major international initiative to draw attention to the global economic benefits of biodiversity, to highlight the growing costs of biodiversity loss and ecosystem degradation, and to draw together expertise from the fields of science, economics and policy to enable practical actions moving forward.”
- “Secretariat of the Convention on Biological Diversity” har “created a database¹¹⁹ to compile key experiences of ecosystem-based adaptation to climate change impacts at the international level. It is designed for scientists, governments and NGOs who are searching for projects, experts or adaptation options to climate change. In the coming months, this tool will be enhanced to take into account as many views as possible from governments and from all the UN regions. It will also include case studies and lessons learned.”
- Millennium ecosystem assessment¹²⁰ (MEA) “assessed the consequences of ecosystem change for human well-being. From 2001 to 2005, the MA involved the work of more than 1,360 experts worldwide. Their findings provide a state-of-the-art scientific appraisal of the condition and trends in the world’s ecosystems and the services they provide, as well as the scientific basis for action to conserve and use them sustainably.”
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF) är ett internationellt projekt som gör information om jordens arter tillgängliga. De svenska sidorna utgör en portal till olika datasamlingar¹²¹. I dagsläget finns dock inget uppenbart klimatförändringsperspektiv.
- ArtDatabanken¹²² arbetar med att ta fram underlag för uppföljning och utvärdering av flera av miljömålen som *Levande sjöar och Vattendrag*, *Ett rikt odlingslandskap*, *Hav i balans och levande kust och skärgård*, *Storslagen fjällmiljö*, *Myllrande våtmarker*, *God bebyggd miljö*, *Levande skogar* samt *Ett rikt växt- och djurliv*.
- Europeiska miljöbyrån (EEA¹²³) arbetar med underlag på flera relevanta områden för det svenska miljömålsarbetet.

Bilaga 2. Regionala klimatscenarier för Sverige

Här visas några regionala klimatscenarioresultat av beräkningar med den regionala klimatmodellen RCA3 utifrån resultat från sex olika globala klimatmodeller drivna med utsläppsscenario SRES A1B. Det är förändringar av temperatur och nederbörd på årsbasis och för vinter (december-februari) respektive sommar (juni-augusti). Längst upp till vänster visas det beräknade medelvärde för kontrollperioden (1961-1990). Därefter visas förändring för perioden 2071-2100 jämfört med 1961-1990. Kartan till höger om kontrollperioden visar medelvärde för de sex olika beräkningarna. Därefter följer resultat för varje globalmodell.

Modeller och scenarier

Underlaget till Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60) baserades på utsläppsscenarierna SRES A2 och B2 och de två globala modellerna HadAM3H^f och ECHAM4/OPYC3^g nedskalade med SMHI Rossby Centres regionala modeller RCA3^h och RCAOⁱ.

Idag finns en ensemble bestående av närmare 20 regionala klimatsimuleringar att tillgå. Osäkerheter förknippade med framtidsscenarier kan nu delvis beskrivas genom att studera klimatförändringar utifrån denna ensemble. Rossby Centres ensemble består av ett flertal globala klimatmodeller drivna med olika utsläppsscenarier, samtliga nedskalade med RCA3. Dessutom finns en "mini-ensemble" där RCA3 använts för tre nedskalningar av en och samma globalmodell under samma utsläppsscenario. Skillnaden har varit initialtillståndet i den globala modellen och den ger ett exempel på hur naturlig variation i klimatsystemet kan övergående förstärka eller bromsa klimatförändringarnas frammarsch.

Det bör påpekas att ingen av de ovan nämnda studierna utgår från *Begränsad klimatpåverkan*. Snarare är utgångspunkten några olika tänkbara socioekonomiska utvecklingar utan politiska beslut om utsläppsminskningar. Därmed leder det till en större global uppvärmning än 2 grader.

Temperatur och nederbörd är bara två av en mängd klimatvariabler som beräknas av modellerna. I exemplen visas skillnaden mellan perioderna 2071-2100 och 1961-1990. Eftersom beräkningarna görs transient (det vill säga löpande från 1961 till 2100) kan andra perioder också väljas. Enbart statistiskt signifikanta förändringar presenteras i kartorna, övriga områden är vitmarkerade. Temperaturförändringarna är i överlag signifikanta, medan det inte alltid gäller för nederbörden.

Temperatur

Det simulerade framtida klimatet visar den största uppvärmningen i nordost för helåret och speciellt på vintern (Figur 1-2). Det hänger samman med att snö och is till stor del försvinner varvid temperaturen kan bli väsentligt högre. Under sommaren är uppvärmningen mer likartad i hela området (Figur 3). En jämförelse av de sex olika scenarierna i figuren visar på en avsevärd spridning i absolut temperatur även om mönstret är likartat i alla figurerna.

Nederbörd

Nederbörden beräknas öka i samtliga scenarier (Figur 4). På årsbasis för Sverige är ökningen i medeltal 10-20% i A1B-scenariet för perioden 2071-2100 jämfört med kontrollklimatet (1961-1990). I enstaka simuleringar är ökningen betydligt högre. Största delen av ökningen sker vintertid enligt samtliga modeller (Figur 5). Under sommaren är förändringssignalen överlag mindre i modellerna och flera ger ingen signifikant ändring av nederbörden i södra delen av landet (Figur 6).

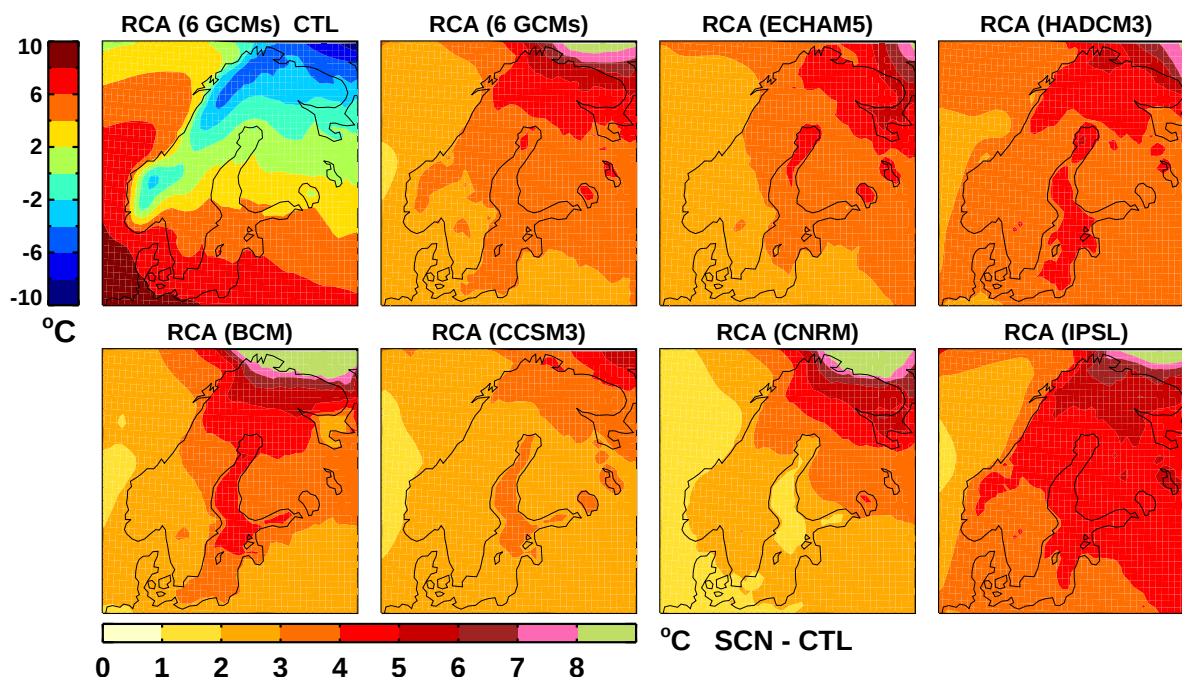
^f Global klimatmodell utvecklad vid Hadley Centre i England.

^g Global klimatmodell framtagen vid Max Planck-Institut für Meteorologie i Tyskland.

^h RCA3 är Rossby Centres regionala atmosfärmodell version 3

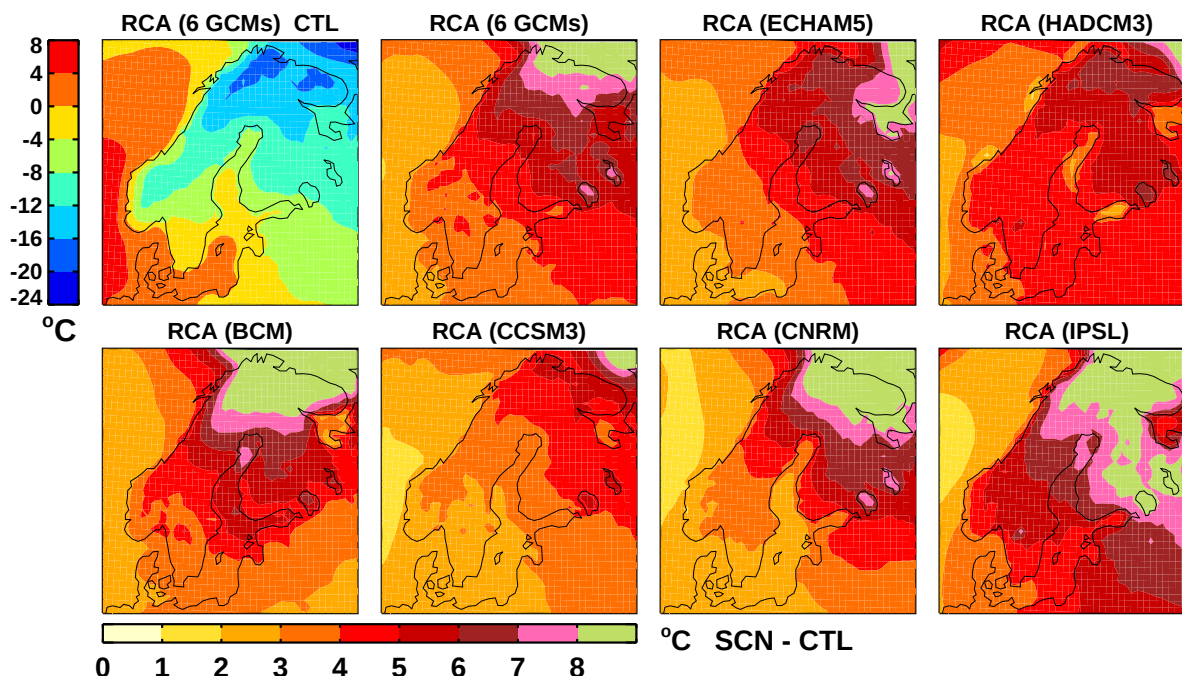
ⁱ Kopplad regional modell bestående av atmosfärmodellen RCA2 och oceanografiska modellen RCO.

Förändring i årstemperatur



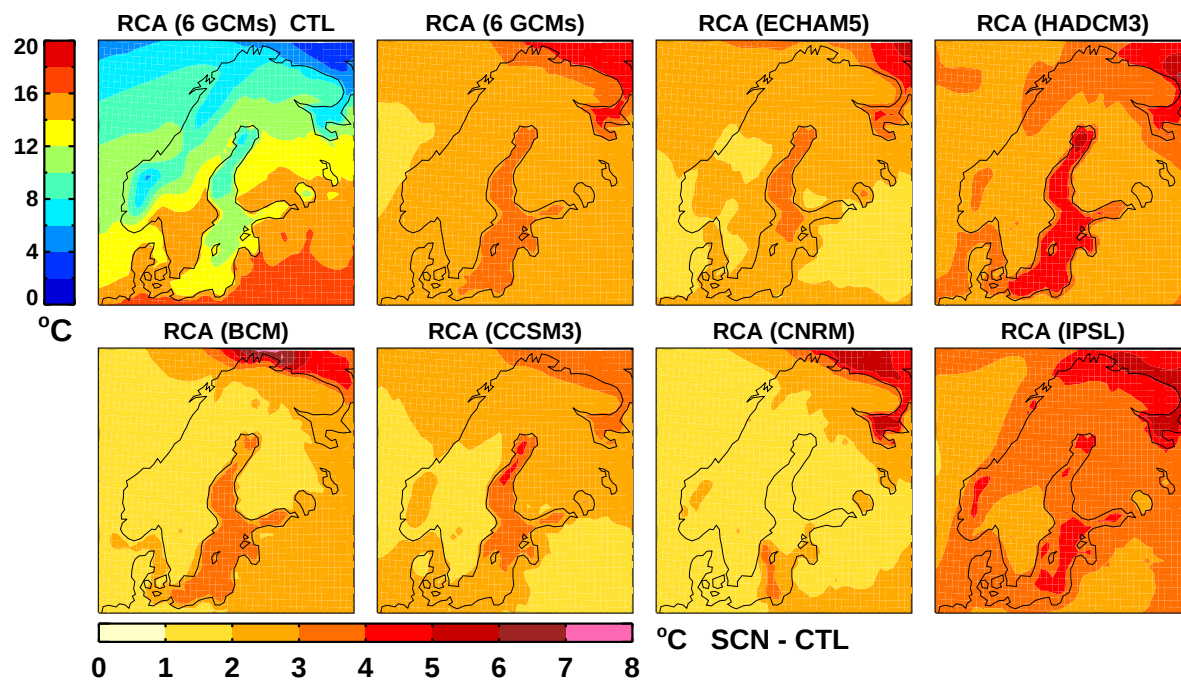
Figur 1. Längst upp till vänster visas den beräknade årsmedeltemperaturen för kontrollperioden (1961-1990). Därefter visas förändring i årsmedeltemperatur för perioden 2071-2100 jämfört med 1961-1990 under A1B-scenariet. Kartan till höger om kontrollperioden visar medelvärde för sex olika beräkningarna med globala klimatmodeller. Därefter följer resultat från var och en av modellerna. Alla beräkningar är nedskalade med den regionala klimatmodellen RCA3.

Förändring i vintertemperatur



Figur 2 . Längst upp till vänster visas den beräknade vintermedeltemperaturen för kontrollperioden (1961-1990). Därefter visas förändring i vintermedeltemperatur för perioden 2071-2100 jämfört med 1961-1990 under A1B-scenariet. Kartan till höger om kontrollperioden visar medelvärde för sex olika beräkningarna med globala klimatmodeller. Därefter följer resultat från var och en av modellerna. Alla beräkningar är nedskalade med den regionala klimatmodellen RCA3.

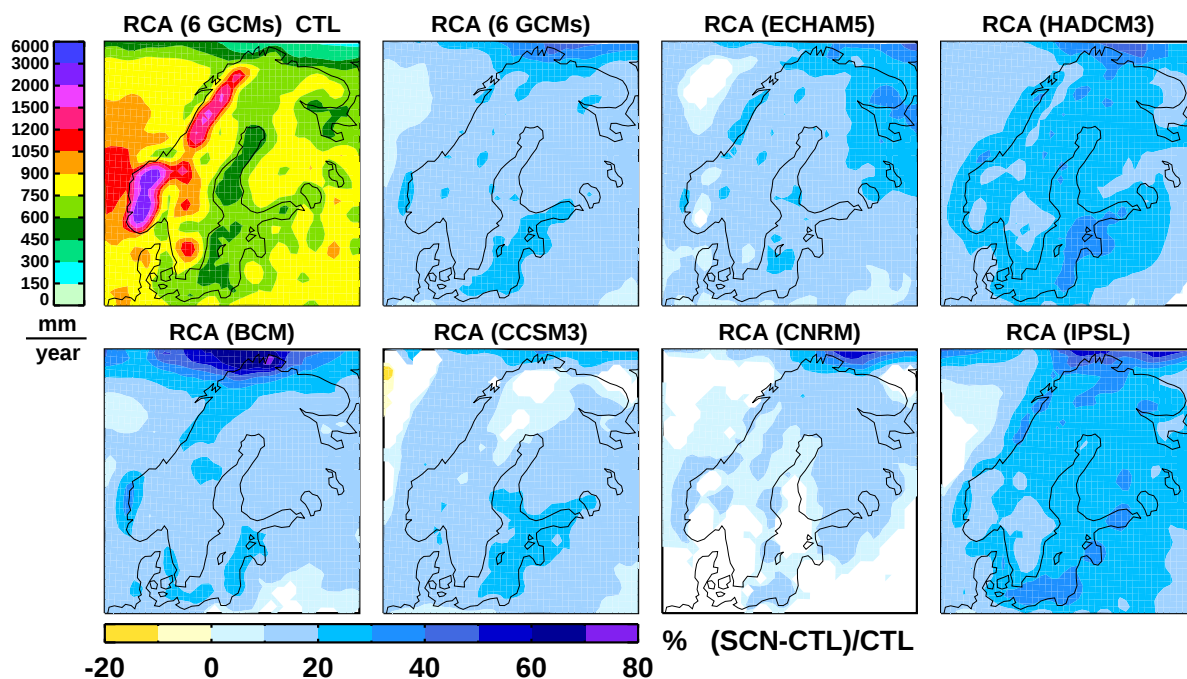
Förändring i sommartemperatur



Figur 3. Längst upp till vänster visas den beräknade sommarmedeltemperaturen för kontrollperioden (1961-1990). Därefter visas förändring i sommarmedeltemperatur för perioden 2071-2100 jämfört med 1961-1990 under A1B-scenariet. Kartan till höger om kontrollperioden visar medelvärde för sex olika beräkningarna med globala klimatmodeller. Därefter följer resultat från var och en av modellerna. Alla beräkningar är nedskalade med den regionala klimatmodellen RCA3.

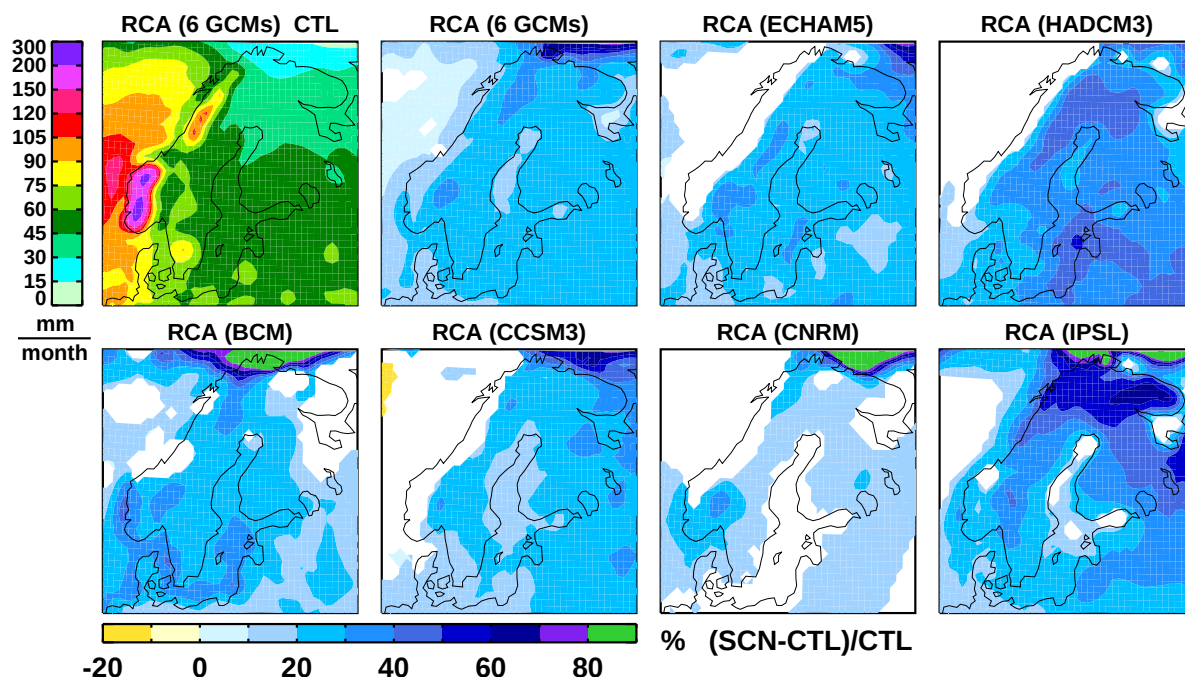
Nederbörd

Förändring i årsnederbörd



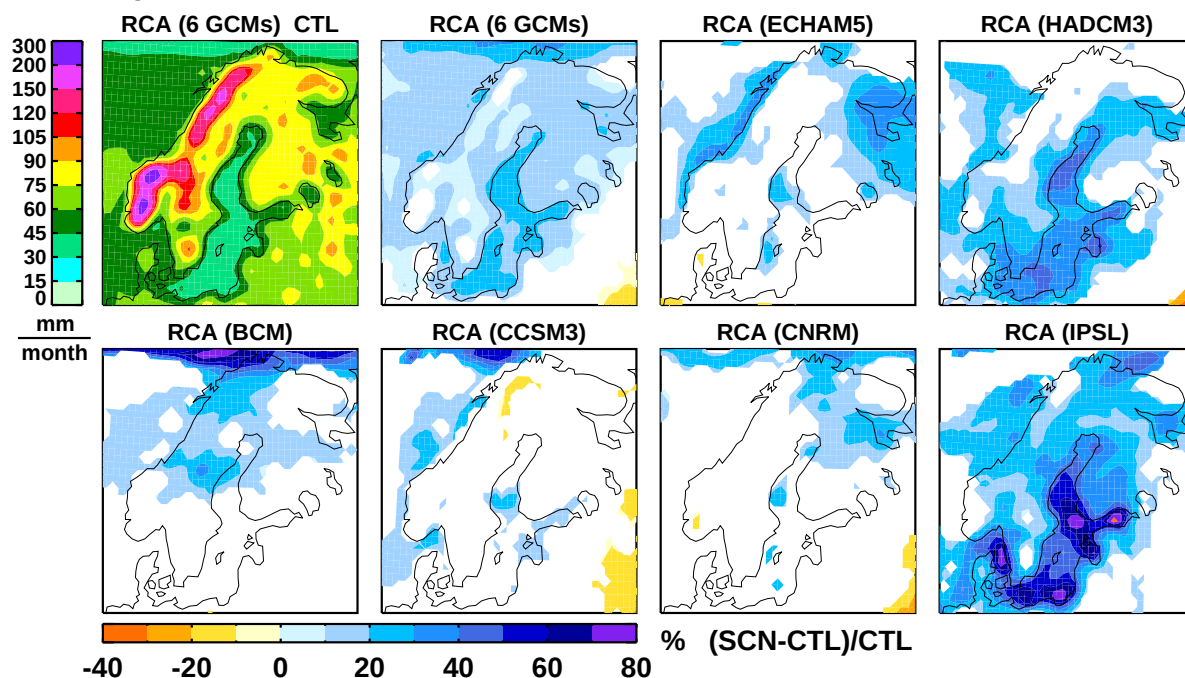
Figur 4. Längst upp till vänster visas den beräknade årsnederbörden för kontrollperioden (1961-1990). Därefter visas förändring i årsnederbörd för perioden 2071-2100 jämfört med 1961-1990 under A1B-scenariet. Kartan till höger om kontrollperioden visar medelvärde för sex olika beräkningarna med globala klimatmodeller. Därefter följer resultat från var och en av modellerna. Alla beräkningar är nedskalade med den regionala klimatmodellen RCA3.

Förändring i vinternederbörd



Figur 5. Längst upp till vänster visas den beräknade vinternederbörden för kontrollperioden (1961-1990). Därefter visas förändring i vinternederbörd för perioden 2071-2100 jämfört med 1961-1990 under A1B-scenariet. Kartan till höger om kontrollperioden visar medelvärden för sex olika beräkningarna med globala klimatmodeller. Därefter följer resultat från var och en av modellerna. Alla beräkningar är nedskalade med den regionala klimatmodellen RCA3.

Förändring i somrnederbörd



Figur 6. Längst upp till vänster visas den beräknade somrnederbörden för kontrollperioden (1961-1990). Därefter visas förändring i somrnederbörd för perioden 2071-2100 jämfört med 1961-1990 under A1B-scenariet. Kartan till höger om kontrollperioden visar medelvärden för sex olika beräkningarna med globala klimatmodeller. Därefter följer resultat från var och en av modellerna. Alla beräkningar är nedskalade med den regionala klimatmodellen RCA3.

Klimatindex

I samband med Klimat- och sårbarhetsutredningen tog Rossby Centre fram ett stort antal klimatindex¹¹⁵. Exempel på sådana index är ”sista vårfrostdatum” och ”vegetationsperiodens längd”^j.

I tabellen nedan visas den genomsnittliga vegetationsperiodens längd för fem områden i Sverige som exempel på tillgänglig information. I Götaland beräknas vegetationsperiodens längd öka med omkring 90 dagar till seklets slut och i norra Norrland med ca 40 dagar under samma period.

Tabell1. Beräknad ökning av vegetationsperiodens medellängd för de fyra tidsperioderna. Siffrorna baseras på medeltal för regionala värden och utsläppsscenarierna SRES A2 och B2. Beräkningarna är gjorda med regionala klimatmodellen RCA3 driven med data från den globala klimatmodellen ECHAM4/OPYC3.

Område	1961-1990 (dagar)	Scenario	2011-2040 (diff. dagar)	2041-2070 (diff. dagar)	2071-2100 (diff. dagar)
Norra Norrland	134	A2	17	27	49
		B2	18	26	35
Södra Norrland	152	A2	23	34	69
		B2	23	34	45
Svealand	185	A2	38	57	108
		B2	36	60	78
Götaland	243	A2	56	76	97
		B2	49	68	88

Osäkerheter i klimatscenarier

Att se in i framtiden innebär att hantera information behäftad med stora osäkerheter. Det går dock att studera de olika osäkerhetsfaktorerna. Dessa kan relateras till följande frågeställningar:

- Hur kommer klimatsystemets yttre påverkande faktorer att förändras i framtiden?
- Hur påverkas klimatet av förändringarna i de yttre faktorerna?
- I vilken utsträckning förstärks eller maskeras klimatförändringen av klimatsystemets naturliga variationer?

Utifrån flera klimatsimuleringar kan osäkerheter i scenarierna studeras. Generellt kan sägas att ju närmare i tiden (några decennier) och ju extremare situationer en fråga berör desto större är behovet av ett stort underlag av olika kombinationer av modeller och starttillstånd. Om frågan berör ett längre tidsperspektiv (sekel) så ökar betydelsen av utsläppsscenarioet.

Spridningen mellan de olika klimatscenarierna kan betraktas som ett mått på nuvarande osäkerhet i hur klimatsystemet fungerar och hur det beskrivs i modellerna.

Utöver antropogen påverkan på klimatet har klimatsystemet en egen naturlig variation. Dessa naturliga svängningar från år till år, eller från ett årtionde till ett annat, försvårar analysen av beräknade klimatscenarier. Det gäller speciellt förändringarna i klimatet på kortare tidsskalor. Klimatets naturliga variation kan med dagens kunskap inte förutsägas. Dess storlek blir dock mer underordnad vid tilltagande klimatförändringar.

^j Antalet dagar mellan slutet på den första sammanhängande 4-dygnsperioden med dygnsmedelvärde över 5°C och början på den sista sammanhängande 4-dygnsperioden med dygnsmedelvärde över 5°C.

Bilaga 3. Underlag för samtal med de miljömålsansvariga

Kunskapsbehov om climateffekter på svenskt miljömålsarbete

- Projektet avser en genomgång av forskningsresultat och gängse uppfattningar om hur klimatförändringar kan påverka det svenska miljömålsarbetet.
- Projektet drivs i samverkan med målsansvariga myndigheter.
- Projektet ska föra en dialog, med målsansvariga myndigheter, om behov av nya klimatindex utifrån regionala klimatscenarier. Dessa index ska sedan kunna användas för att bedöma klimatpåverkan på olika mål, och effekter av olika åtgärder.

Det samtal som jag bitt er om avser att:

- (i) ta fram de insikter som de målsansvariga har.
- (ii) lokalisera relevant litteratur.
- (iii) belysa vilka aspekter i klimatet som är väsentliga för arbetet med miljömålen, och därmed också belysa de behov av klimatindex och scenarier som finns.

Som underlag för punkt (iii) kan ni titta på klimatinformation på SMHIs hemsidor. I samband med Klimat- och sårbarhetsutredningen producerades mycket material från SMHI som underlag för de sektorsvisa bedömningarna. En stor del av materialet, utökat med nytt, finns på www.smhi.se under knappen Klimat (övre spalten) och därefter Klimatscenarier i vänstra spalten. Om du/ni inte känner till dessa sidor sedan tidigare kan det kanske vara lite snårigt. Jag rekommenderar er då att först titta på dessa länkar:

Sveriges klimat i framtiden: <http://www.smhi.se/sgn0106/leveranser/sverigeanalysen/>

Sveriges läns framtida klimat: <http://polopoly.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=11804&l=sv>

Information om olika klimatindex : <http://www.smhi.se/sgn0106/leveranser/klimatvariabler.htm>

En annan källa till information är den Klimatanpassningsportal som Naturvårdsverket, Boverket, SMHI, MSB och SGI producerat: <http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=9315&l=sv>

Jag bifogar även ett antal frågeställningar som jag vill att vi talar kring under vårt möte. Frågorna är en utgångspunkt för vårt samtal. Syftet är alltså de tre ovan nämnda punkterna. Jag vill få fram så mycket information som möjligt för att kunna sammanställa kunskapsläget för de olika miljömålen avseende climateffekter.

1. Anser du/ni att klimatet påverkar miljömålet ?
Om ja, vilka delar av miljömålet berörs och på vilket sätt?
2. Anser du/ni att klimatförändringen påverkar miljömålet?
Om ja, beskriv på vilket sätt.
3. De flesta delmål ligger mycket nära i tiden (2010), generationsmålet är satt till 2020 (undantaget *Klimatmålet* 2050) men klimatförändringen kommer att pågå under lång tid framöver. Hur ser du/ni på detta avseende miljömålen?
4. Ser du/ni några målkonflikter vad gäller:
 - åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser
 - anpassningsåtgärder för att minska effekterna av klimatförändringen
 - miljömålen (även miljömål som berör andra myndigheter avses)
5. Har den miljömålsansvariga myndigheten gjort några analyser av hur klimatförändringen påverkar miljömålen?
6. Har myndigheten några nu pågående uppdrag eller egna studier avseende climateffekter och miljömålen?
7. Vilka studier/uppdrag/analyser/synteser känner du/ni till avseende climateffekter och miljömålen?
8. Vilka klimataspekter anser du/ni är viktigast för bedömningen av era miljömåls påverkan av ett förändrat klimat?
9. Vilka klimatindex och klimatscenarier anser du/ni är viktigast? (Med scenarier avses både utsläppsscenarier, tidsaspekter och rumslig skala)

Litteratur

¹ Miljömålsrådet 2008. *Miljömålen – nu är det bråttom!* Miljömålsrådets utvärdering av Sveriges miljömål 2008. 356 s. <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-1264-9.pdf>

² <http://www.miljomal.nu/Undre-meny/Publikationer-och-bilder/Rapporter/Miljomalsradet/Miljomalen--nu-ar-det-brattom/Underlagsrapporter-fran-miljomalsmyndigheter-/>

³

- Belyazid, S. 2007. Potentiella effekter av klimatförändringar på skogsekosystem. Bara naturlig försurning. Bilaga 10. Underlagsrapport från IVL Svenska Miljöinstitutet AB. 10 s. http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/bil-10-klimatforandringar-och-forsurning.pdf
- Boverket 2007. God bebyggd miljö. Fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet 2007. 210 s. Boverket oktober 2007. http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2008/God_bebyggd_miljo_fordjupad_2007.pdf
- Energimyndigheten och Naturvårdsverket 2007. Den svenska klimatstrategins utveckling. En sammanfattning av Energimyndighetens och Naturvårdsverkets underlag till kontrollstation 2008. 112 s. http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/kontrollstation_2008.pdf
- Hellsten, C., Akselsson, C. och Belyazid, S. 2007. Målkonflikt klimatmål och skogsmarkförsurning. Bara naturlig försurning Bilaga 10. Underlagsrapport från IVL Svenska Miljöinstitutet AB. 11 s. http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/bil-9-malkonflikt.pdf
- Jordbruksverket 2007. Ett rikt odlingslandskap – underlag för fördjupad utvärdering 2008. Jordbruksverket Rapport 2007:15. Oktober 2007. 163 s. http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/underlagsrapport-fu08-ett-rikt-odlingslandskap.pdf
- Kemikalieinspektionen 2008. Underlag till den andra fördjupade utvärderingen av miljö kvalitetsmålet Giftfri miljö. Kemikalieinspektionen mars 2008. 224 s. http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/underlagsrapport-fu08-giftfri-miljo.pdf
- NV 2007. Frisk luft. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. NV Rapport 5765. December 2007. 160 s. <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5765-7.pdf>
- NV 2007. Frisk luft. Bilagor till underlagsrapport fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. NV Rapport 5781. December 2007. 211 s. Bilaga 1-4 kan laddas ned från webben:
 - o http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/Bilaga_2_regionalt_miljomalsarbete.pdf
 - o http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/Bilaga_1_U2014.pdf
 - o http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/bilaga-3-konsekvensanalys-vedeldning.pdf
 - o http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/emis-simair-rapp.pdf
- NV 2007. Bara naturlig försurning. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. NV Rapport 5766. December 2007. 118 s. <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5766-4.pdf>
- NV 2007. Konsekvensanalys Giftfri miljö delmål 6 och 7. Analys av nytt delmål samt föreslagna styrmedel för efterbehandling av förorenade områden. NV september 2007. 26 s. http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/bilaga-2-konsekvensanalys-delmal-6-7.pdf
- NV 2007. Skyddande ozonskikt. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. NV Rapport 5767. December 2007. 75 s. <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5767-1.pdf>
- NV 2007. Ingen övergödning. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. NV Rapport 5768. December 2007. 121 s. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Nedre-meny/Webbokhandeln/ISBN/5800/978-91-620-5840-1>

-
- NV 2007. Konsekvensanalys delmål 1 och 2 Ingen Övergödning, preliminär rapport. Bilaga 1 till Underlagsrapport. NV. http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/konsekvensanalys-preliminar.pdf
 - NV 2007. Levande sjöar och vattendrag. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. NV Rapport 5769. December 2007. 125 s. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Nedre-meny/Webbokhandeln/ISBN/5700/978-91-620-5769-5>
 - NV 2007. Hav i balans. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. NV Rapport 5770. December 2007. 140 s. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Nedre-meny/Webbokhandeln/ISBN/5700/978-91-620-5770-1>
 - NV 2007. Myllrande våtmarker. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. NV Rapport 5771. December 2007. 132 s. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Nedre-meny/Webbokhandeln/ISBN/5700/978-91-620-5771-8>
 - NV 2007. Storslagen fjällmiljö. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. NV Rapport 5772. December 2007. 50s. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Nedre-meny/Webbokhandeln/ISBN/5700/978-91-620-5772-5>
 - NV 2007. Ett rikt växt- och djurliv. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. NV Rapport 5773. 95 s. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Nedre-meny/Webbokhandeln/ISBN/5700/978-91-620-5773-2>
 - Riksantikvarieämbetet, 2007. Fördjupad utvärdering. Kulturmiljö och kulturhistoriska värden. Rapport från Riksantikvarieämbetet 2007:6. 39 s. http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/underlagsrapport-fu08-kulturmiljon.pdf
 - SGU 2008. Bra grundvatten idag och i framtiden. Fördjupad utvärdering av miljö kvalitetsmålet Grundvatten av god kvalitet. Underlagsrapport till Miljömålsrådet 2007. SGU Rapporter och meddelanden 129. 68 s. http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/underlagsrapport-fu08-grundvatten.pdf
 - Skogsstyrelsen 2007. Fördjupad utvärdering av levande skogar. Skogsstyrelsen Meddelande 4-2007. Oktober 2007. 157 s. http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/underlagsrapport-fu08-levande-skogar.pdf
 - Socialstyrelsen, 2007. Hälsofrågor, en självklar del av miljöarbetet. Området hälsa i den fördjupade utvärderingen av de svenska miljömålen 2007. Socialstyrelsen november 2007. Artikelnr 2007-103-8. 98 s. http://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/miljomalsradet/fu-08/underlagsrapporter-malansvariga/2007-103-8.pdf
- ⁴ SOU 2007. Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60, 719 s. + bilagor. <http://www.regeringen.se/sb/d/8704/a/89334>
- ⁵ <http://www.miljomal.nu>
- ⁶ Miljömålsrådet 2009. *Miljömålen - i halvtid, de Facto 2009*. Miljömålsrådets årliga uppföljning av miljömålen. 80 s. <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-1272-4.pdf>
- ⁷ IPCC 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. <http://www.ipcc.ch>
- ⁸ Rosenzweig, C. et al. 2009. Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature* 453, 353-357. Doi:10.1038/nature06937.
- ⁹ Nordic Council of Ministers 2009. Signs of climate change in Nordic nature. TemaNord 2009:551. 48 pp.
- ¹⁰ IPCC 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden and C. E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp. <http://www.ipcc.ch>
- ¹¹ IPCC 2007. *Climate Change 2007: Mitigation*. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 851 pp. <http://www.ipcc.ch>
- ¹² Vetenskapliga rådet för klimatfrågor 2007. Vetenskapligt underlag för klimatpolitiken. Rapport från Vetenskapliga rådet för klimatfrågor. Miljövårdsberedningens rapport 2007:03. 184 s. <http://www.sou.gov.se/mvb>

- ¹³ Rummukainen, M. och Källén, E. 2009. *Ny klimatvetenskap 2006-2009*. Kommissionen för hållbar utveckling, Regeringskansliet, 66 s.
- ¹⁴ AMAP 2009. *AMAP 2009 Update on selected climate issues of concern*. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo. v+15 pp. <http://www.amap.no>
- ¹⁵ Netherlands Environmental Assessment Agency, 2009. News in climate science and exploring boundaries. A policy brief on developments since the IPCC AR4 report in 2007. PBL Publication No 500114013. 51 pp. <http://www.pbl.nl/en>
- ¹⁶ University of Copenhagen 2009. International Scientific Congress Climate Change: Global risks, challenges & decisions. *Synthesis Report*. 39 pp.
- ¹⁷ The Copenhagen Diagnosis 2009. *Updating the world on the latest climate science*. Allison, I. et al. The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC), Sydney, Australia, 60 pp.
- ¹⁸ Ehlin, U. M fl. 2009. Miljöeffekter av stora kylvattenutsläpp. Erfarenheter från de svenska kärnkraftverken. *Elforsk rapport nr 09:79*, 249 s.
- ¹⁹ Se till exempel EU Climate Change Expert Group 'EG Science' 2008. The 2°C target. Information reference document. 55 p. http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/brochure_2c.pdf
- ²⁰ Smith, J. B. et al. 2009. Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) "reasons for concern". *Proc Natl Acad Sci* 106:11, 4133-4137.
- ²¹ Nordiska ministerrådet 2008. Betydningen för Norden av 2 grader global oppvarming. TemaNord 2008:507, 157 pp. http://www.norden.org/sv/publikationer/publikationer/2008-507/at_download/publicationfile
- ²² Chapin III, F. S. et al. 2008. Changing feedbacks in the climate-biosphere system. *Front Ecol Environ* 6:6, 313-320.
- ²³ Heimann, M. and Reichstein, M. 2008. Terrestrial ecosystem carbon dynamics and climate feedbacks. *Nature* 451, 289-292.
- ²⁴ Lenton, T. et al. 2008. Tipping elements in the Earth's climate system. *Proc Natl Acad Sci* 105:6, 1786-1793.
- ²⁵ <http://www.energimyndigheten.se/sv/Om-oss/Var-verksamhet/Energi--och-klimatpolitik/Miljomal/Energisektorns-miljopaverkan/>
- ²⁶ Jordbruksverket 2009. Jordbruk, bioenergi och miljö. Rapport 2009:22.
- ²⁷ Nordiska ministerrådet 2007. Climate 2050. TemaNord 2007:535, 59 pp. http://www.norden.org/sv/publikationer/publikationer/2007-535/at_download/publicationfile
- ²⁸ Nordiska ministerrådet 2008. Climate 2050 – Literature review. TemaNord 2008:539, 142 pp. http://www.norden.org/sv/publikationer/publikationer/2008-539/at_download/publicationfile
- ²⁹ Heaps, C. et al. 2009. Europe's share of the climate challenge. Domestic actions and international obligations to protect the planet. Stockholm Environmental Institute Report. 58 p.
- ³⁰ Matthews, H. D. et al. 2009. The proportionality of global warming to cumulative carbon emissions. *Nature* 459, 829-832.
- ³¹ Meinshausen, M. et al. 2009. Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C. *Nature* 458, 1158-1162.
- ³² <http://www.energimyndigheten.se/sv/Om-oss/Var-verksamhet/Energi--och-klimatpolitik/Miljomal/Energisom-miljomal/>
- ³³ Grennfelt, P. and Hov, Ø. 2008. Climate and Air Pollution. TemaNord 2009:535, 34 pp. http://www.norden.org/sv/publikationer/publikationer/2009-535/at_download/publicationfile
- ³⁴ <http://www.ivl.se/nyheter/startsidenyheter/ivlledernyttforskningsprogramomklimatochmiljo.5.63690a791258e141dde80002061.html>
- ³⁵ EEA 2006. Air quality and ancillary benefits of climate change policies. *EEA Technical report No 4/2006*. 60 pp. http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2006_4
- ³⁶ AeA Technology 2006. Assessing the air pollution benefits of further climate measures in the EU up to 2020, AEAT/ ED48763001/Climate policy co-benefits. *Issue 6*. 29 pp. http://ec.europa.eu/environment/archives/air/cafe/general/pdf/benefits_measures_2020.pdf
- ³⁷ ACCENT 2006. Common Issues between Air Quality & Climate Change: Research & Policy Recommendations Report Produced by the ACCENT Joint Research Programme on Aerosols: Air quality & Climate, 4.2006. <http://www.accent-network.org/portal/publications/accent-series-reports>
- ³⁸ <http://asta.ivl.se/>
- ³⁹ http://asta.ivl.se/Workshops/Saltsjobaden3/Conclusions/Salt3_Final_conclusions_rev8juni.pdf
- ⁴⁰ Engardt M. och Foltescu V. 2007. Luftföroreningar i Europa under framtida klimat. *Meteorologi* 125. 62 s. http://www.smhi.se/content/1/c6/03/08/79/attachments/meteorologi_125.pdf

- ⁴¹ The Royal Society 2005. Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. Policy document 12/05, 60 p. <http://royalsociety.org/Ocean-acidification-due-to-increasing-atmospheric-carbon-dioxide/>
- ⁴² NOAA:s temaisidor om havsförurning: <http://www.pmel.noaa.gov/co2/OA/>
- ⁴³ The Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR) and the Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO (UNESCO-IOC) symposium series "The Ocean in a High-CO₂ World": <http://ioc3.unesco.org/oanet/index.html>
- ⁴⁴ Wootton, J. T. et al. 2008. Dynamic patterns and ecological impacts of declining ocean pH in a high-resolution multi-year dataset. *Proc Natl Acad Sci* 105:48, 18848-18853.
- ⁴⁵ <http://www.smhi.se/forskning/nytt-projekt-mater-havens-forsurning-1.8908>
- ⁴⁶ Andersson, P. (ed) 2008. Marine Acidification On effects and monitoring of marine acidification in the seas surrounding Sweden. SMHI Reports Oceanografi 92, 62 pp.
- ⁴⁷ Kemikalieinspektionen 2008. Yttrande över SOU 2007:60. Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser – hot och möjligheter. Kemikalieinspektionen. 4s.
- ⁴⁸ Kemikalieinspektionen 2008. Yttrande över Svensk Klimatpolitik SOU 2008:24. Kemikalieinspektionen. 6 s.
- ⁴⁹ Waugh, D. W. et al. 2009. Impacts of climate change on stratospheric ozone recovery. *Geophys. Res. Lett.* 36, L03805, doi:10.1029/2008GL036223.
- ⁵⁰ Ravishankara, A. R. et al. 2009. Nitrous Oxide (N₂O): The Dominant Ozone-Depleting Substance Emitted in the 21st Century. *Science* 326, 123-125.
- ⁵¹ van der Leun, J. C., Piacentini, R. D. and de Gruijl, F. R. 2008. Climate change and human skin cancer. *Photochem. Photobiol. Sci.* 7, 730-733. Doi:10.1039/b719302e.
- ⁵² WMO (World Meteorological Organization) 2007. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006. *Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 50*, 572 pp.
- ⁵³ IPCC/TEAP 2005. *Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System*. Eds. Metz, B. et al. Cambridge University Press, UK. 478 pp. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports_safeguarding_the_ozone_layer.htm
- ⁵⁴ Josefsson, W. 2009. Har klimatförändringen någon betydelse för den naturliga UV-strålningen från solen? I Rapport från SSM:s vetenskapliga råd om ultraviolett strålning 2008. SSM Rapport 2009:18. <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Rapport/Stralskydd/2009/SSM-Rapport-2009-18.pdf>
- ⁵⁵ Asp, H. m fl. 2007. Utvärdering av miljö kvalitetsmålet Säker strålmiljö. *SSI Rapport 2007:14*. 122 s. <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Rapport/Stralskydd/2007/ssi-rapp-2007-14.pdf>
- ⁵⁶ Kjellström, E. et al. 2009. Climate conditions in Sweden in a 100,000-year time perspective. *SKB Technical Report TR-09-04*. 140 pp. <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/TR-09-04webb.pdf>
- ⁵⁷ Svensk kärnbränslehantering AB 2006. Long-term safety for KBS-3 repositories at Forsmark and Laxemar - a first evaluation. Main report of the SR-Can project. SKB Technical Report TR-06-09. 613 p. <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/TR-06-09webb.pdf>
- ⁵⁸ Svensk kärnbränslehantering AB 2008. Safety analysis SFR1. Long-term safety. SKB Rapport R-08-130. 364 p. <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/R-08-130webb.pdf>
- ⁵⁹ Statens strålskyddsinstitut 2008. SKI:s och SSI:s gemensamma granskning av SKB:s säkerhetsrapport SR-Can. SKI Rapport 2008:19, SSI Rapport 2008:04. 145 s. http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/SKI_import/080320/4489759c68df004b9d5823cd867648bb/2008_19HuvudrapportSRCan_webb.pdf
- ⁶⁰ Svensk kärnbränslehantering AB 2006. Climate and climate-related issues for the safety assessment SR-Can. *Technical Report TR-06-23*. 186 s. <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/TR-06-23webb.pdf>
- ⁶¹ Naturvårdsverket 2007. Klimateffekter på Östersjön – resultat från ett seminarium. Bilaga B 33, till SOU 2007:60. (Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen.) <http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/4ccbf50.pdf>
- ⁶² HELCOM 2007. Climate change in the Baltic Sea Area. Helcom Thematic Assessment. Helsinki Commission in 2007. Baltic Sea Environment Proceedings No 111., 29 pp. <http://www.helcom.fi/stc/files/Publications/Proceedings/bsep111.pdf>
- ⁶³ The BACC Author Team: Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Regional climate studies. Springer-Verlag Hamburg, Heidelberg, 473 pp.
- ⁶⁴ Stuanes, A. O. et al. 2008. Effect of climate change on flux of N and C: Air-land-freshwater-marine links: Synthesis. *Ambio* 37:1, 2-8. (Detta nummer av Ambio innehåller flera artiklar om CLUE-programmet.)
- ⁶⁵ Jöborn, A. m.fl. (red), 2003. På tal om vatten. Om vägen mot en hållbar vattenförvaltning. Vstra rapport 6. 199 s. <http://www.mistra.org/download/18.32bfa11b10e43b285ce80004659/Bok%3A+P%C3%A5+tal+om+vatten>

⁶⁶ Brandt, M. m fl. 2009. Uppföljning av effekten av anlagda våtmarker i jordbrukslandskapet på belastning av kväve och fosfor. SMED på uppdrag av Naturvårdsverket (Avtal: 308 0802). *Naturvårdsverket Rapport 6309*, 54 s. <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-6309-2.pdf>

⁶⁷ Livsmedelsverket via e-post 2009-11-30.

⁶⁸ Arbetsgruppen för dricksvatten 2007. Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat. Bilaga B 13, till SOU 2007:60. (Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen.) <http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/f416a23f.pdf>

⁶⁹ Fiskeriverket 2007. Klimateffekter på svenskt fiske. Bilaga B 26 till SOU 2007:60. (Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen.)

⁷⁰ Ojala L. m.fl. 2007. Kan grundvattenmålet klaras vid ändrade klimatförhållanden? Underlag för analys. *SGU-rapport 2007:9*. 53 s.

⁷¹ Maxe, L. och Thunholm, B. 2007. Områden där grundvattennivån är av särskild betydelse för vattenkvalitet, markstabilitet eller ekosystem. *SGU-rapport 2007:20*. 27 s.

http://www.sgu.se/dokument/service_sgu_publ/SGU-rapport_2007-20.pdf

⁷² Arbetsgruppen för dricksvatten 2007. Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat. Bilaga B 13, till SOU 2007:60. (Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen.) <http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/f416a23f.pdf>

⁷³ Meier, H. E. M., Kjellström, E. and Graham, L. P. 2006. Estimating uncertainties of projected Baltic Sea salinity in the late 21st century, *Geophys. Res. Lett.* 33, L15705, doi:10.1029/2006GL026488.

⁷⁴ Casini, M. et al. 2008. Multi-level trophic cascades in a heavily exploited open marine ecosystem. *Proc. R. Soc. B.* 275:1644, 1793-1801. Doi:10.1098/rspb.2007.1752.

⁷⁵ Naturvårdsverket 2008. Nationell strategi och handlingsplan för främmande arter och genotyper. Rapport 5910, 249 s. http://www.naturvardsverket.se/upload/04_arbete_med_naturvard/frammande_arter/978-91-620-5910-1H.pdf

⁷⁶ http://www.helcom.fi/BSAP/en_GB/intro/

⁷⁷ <http://www.bonusportal.org/>

⁷⁸ Se http://www.helcom.fi/publications/bsep/en_GB/bseplist/
<http://www.helcom.fi/stc/files/Publications/Proceedings/bsep116A.pdf>

⁷⁹ Naturvårdsverket och Havsmiljöinstitutet 2009. Havet 2009 - Om miljötilståndet i våra havsområden. 112. s. <http://www.havet.nu/?d=248>

⁸⁰ Johansson, M. 2009. Changing lowland permafrost in northern Sweden: Multiple drivers of past and future trends. *Meddelanden från Lunds universitets Geografiska institution, Avhandlingar 180*.

⁸¹

• NV 2008. Naturvårdsverket om torv. *NV PM 2008-01-21*. 6 s.

• NV 2008. Klimat/Sårbarhet för myllrande våtmarker. *NV PM 2008-02-08*. 3 s.

⁸² Kurz, W. A. 2008. Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. *Nature* 452, 987-990.

⁸³ Sonesson, J. (ed.), Bergh, J., Björkman, C., Blennow, K., Eriksson, H., Linder, S., Rosén, K., Rummukainen, M. and Stenlid, J. 2004. Climate change and forestry in Sweden – a literature review. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* 143:18, 1-42.

⁸⁴

• Skogsstyrelsen 2006. Klimatet och skogens biologiska mångfald. Skogsstyrelsen Rapport 6-2006. 21 s. <http://www.skogsstyrelsen.se/forlag/enbok.asp?Produkt=1756>

• Skogsstyrelsen 2007. Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar. Skogsstyrelsen Rapport 8-2007. 49 s. <http://www.skogsstyrelsen.se/forlag/enbok.asp?Produkt=1785>

• Skogsstyrelsen 2008. Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2007. Skogsstyrelsen Meddelande 4-2008. 73 s. <http://www.skogsstyrelsen.se/forlag/enbok.asp?Produkt=1565>

• Skogsstyrelsen och SLU 2008. Skogliga konsekvensanalyser 2008. Skogsstyrelsen Rapport 25-2008. 146 s. <http://www.skogsstyrelsen.se/forlag/enbok.asp?Produkt=1812>

⁸⁵ Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar. Bilaga B 18, till SOU 2007:60. (Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen.) <http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/5b8bb189.pdf>

⁸⁶ Skogsstyrelsen 2007. Effekter av ett förändrat klimat på skogen och implikationer för skogsbruket. Bilaga B 19, till SOU 2007:60. (Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen.) <http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/5b8bb189.pdf>

⁸⁷ Jordbruksverket 2008. Konsekvensanalys av angrepp av tallvedsnematod i svensk skog. *Jordbruksverket Rapport 2008:19*. 108 s. http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra08_19.pdf

- ⁸⁸ Granström, A. 2008. Skogsbränder under ett förändrat klimat. En forskningsöversikt. Publ. Nr MSB 0014-09. 29 s. <http://www.raddningsverket.se/upload/Förebyggande/naturolyckor/Forskningsoversikt%20Skogsbrand.pdf>
- ⁸⁹ <http://www.energimyndigheten.se/sv/forskning/bransleforskning/Bransleprogrammet/>
- ⁹⁰ <http://www.futureforests.se/>
- ⁹¹ Enligt Lantbrukarnas riksförbund, brev daterat 2009-11-29.
- ⁹²
- Jordbruksverket 2004. Förutsättningar för en minskning av växthusgasutsläppen från jordbruket. Jordbruksverket Rapport 2004:1. 84 s. http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra04_1.pdf
 - Jordbruksverket 2007. Jordbrukets miljöeffekter 2020 – en framtidsstudie. Jordbruksverket Rapport 2007:7. 93 s. http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra07_7.pdf
 - Jordbruksverket 2007. En meter i timmen – klimatförändringarnas påverkan på jordbruket i Sverige. Jordbruksverket Rapport 2007:16. 54 s. http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra07_16.pdf
 - Jordbruksverket 2008. Minska jordbrukets klimatpåverkan. Del 1. Introduktion och några åtgärder/styrmedel. Jordbruksverket Rapport 2008:11. 104 s. http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra08_11.pdf
 - Jordbruksverkets vattenenhet 2009. Klimatförändringarna och dikningsföretaget. Jordbruksverkets vattenenhet mars 2009. 8 s. http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr168.pdf
 - Jordbruksverkets vattenenhet 2009. Klimatförändringarna och täckdikningen. Jordbruksverkets vattenenhet mars 2009. 8 s. http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr169.pdf
 - Jordbruksverkets vattenenhet 2009. Klimatförändringarna och invallningen. Jordbruksverkets vattenenhet mars 2009. 8 s. http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr170.pdf
 - Jordbruksverkets vattenenhet 2009. Klimatförändringarna och bevattningen. Jordbruksverkets vattenenhet mars 2009. 8 s. http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr171.pdf
 - Molin G. 2008. Klimatförändringarnas påverkan på dräneringen i odlingslandskapet. Vattenstänk Nr 3 (123). Information från Jordbruksverkets Vattenenhet. 2s. <http://www.sjv.se/download/18.78be32b411dd24541d28000520512/September+2008-09-17.pdf>
- ⁹³ Jordbruksverket 2007. Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige. Bilaga B 24 till SOU 2007:60. (Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen.) <http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/557cfd35.pdf>
- ⁹⁴ Jordbruksverket 1997. *Rennäringen i Sverige*. Jordbruksverket Folder. 11 s.
- ⁹⁵ Bodén, B. 2007. Naturbaserad turism och klimatförändring. *Turismforskningsinstitutet Etour Rapport 2007:17*. 34 s.
- ⁹⁶ Bodén, B. 2009. Vindkraft i Jämtland – en studie relaterad till turism. *Turismforskningsinstitutet Etour Rapport 2009:21*. 47 s.
- ⁹⁷ ANON 2007. Rennäringen. Bilaga B 27, till SOU 2007:60. (Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen.) <http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/557cfd35.pdf>
- ⁹⁸
- Boverket 2009. Framgångsfaktorer för översiktsplanering. Boverket maj 2009. 19 s. <http://www.boverket.se/Om-Boverket/Webbokhandel/Publikationer/2009/Framgangsfaktorer-for-oversiktsplanering/>
 - Boverket 2009. Bygg för morgondagens klimat. Anpassning av planering och byggande. Boverket maj 2009. 99 s. http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2009/Bygg_f%c3%b6r_morgondagens_klimat.pdf
 - Boverket 2009. Vindkraften och landskapet - att analysera förutsättningar och utforma anläggningar. Boverket maj 2009. 54 s. http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2009/Vindkraften_och_landskapet.pdf
 - Boverket 2009. Bygg klimatsäkert. Anpassning av planering och byggande. Boverket juni 2009. 16 s. http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2009/Bygg_klimatsakert.pdf
 - Boverket 2009. Bygg- och fastighetssektorns miljöpåverkan. Boverket juni 2009. 78 s. http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2009/Bygg_och_fastighetssektorns_miljopaverkan.pdf
- ⁹⁹ Sveriges kommuner och landsting 2009. Hanteringen av vattenfrågorna är avgörande. Om att klimatanpassa den fysiska planeringen. SKL 20 s. http://brs.skl.se/brsbibl/kata_documents/doc39428_1.pdf

- ¹⁰⁰ Ekelund, N. 2008. Effekter av ozon- och klimatförändringar på växter och djur. *Fauna och Flora* 103:2. s 10-16.
http://www.miun.se/upload/Institutioner/NTM/PDF%20filer/Nils%20Ekelund/Klimatforandringar_FFNils.pdf
- ¹⁰¹ CBM 2007. Biologisk mångfald och klimatförändringar. Bilaga B 30, till SOU 2007:60. (Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen.)
<http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/cb93657f.pdf>
- ¹⁰² Lunds universitet 2007. Modellering av vegetationsförskjutningar i Sverige under framtida klimatförändringar. Bilaga B 23, till SOU 2007:60. (Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen.)
<http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/557cfd35.pdf>
- ¹⁰³ Framstad, E. m.fl. 2006. Effekter av klimaendringer på økosystem og biologisk mangfold. Direktoratet for naturforvaltning *DN-utredning 2006-2*. 64 s. <http://www.dirnat.no/attachment.ap?id=126>
- ¹⁰⁴ Williams, J. W. et al. 2007. Projected distributions of novel and disappearing climates by 2100 AD. *Proc. Natl Acad Sci* 104:14, 5738-5742.
- ¹⁰⁵ Scholze, M. et al. 2006. A climate-change risk analysis for world ecosystems. *Proc Natl Acad Sci* 103:35, 13116-13120.
- ¹⁰⁶ Loarie, S. R. et al. 2009. The velocity of climate change. *Nature* 462, 1052-1055.
- ¹⁰⁷ Post, E. et al. 2009. Ecological Dynamics Across the Arctic Associated with Recent Climate Change. *Science*, 325:5946, 1355 – 1358. Doi:10.1126/science.1173113.
- ¹⁰⁸ Edvardsson Björnberg, K. and Svenfelt, Å. 2009. Goal Conflicts in Adaptation to Climate Change. *FOI-R--2747--SE*, 100 pp.
- ¹⁰⁹ Boverket 2007. Byggnader i förändrat klimat. Bilaga B 17, till SOU 2007:60. (Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen.)
<http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/5b8bb189.pdf>
- ¹¹⁰ Stockholms universitet m.fl. 2007. Hälsoeffekter av en klimatförändring i Sverige. Bilaga B 34, till SOU 2007:60. (Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen.) <http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/4ccbf50.pdf>
- ¹¹¹ Vredin Johansson, M. och Forslund, J. 2009. Klimatanpassning i Sverige. Samhällsekonomiska värderingar av hälsoeffekter. Specialstudier nr 20. Konjunkturinstitutet. 60 s.
http://www.konj.se/download/18.7cf9c5aa121e17bab42800013694/Specialstudie_20.pdf
- ¹¹² Socialstyrelsen och Karolinska institutet 2009. Miljöhälsorapport 2009. Socialstyrelsen artikelnr 2009-126-70. 220 s. <http://www.socialstyrelsen.se/Publicerat/2009/10349/200-126-70.htm>
- ¹¹³ Lind, B. 2008. Klimatförändringar, skred och ras. En forskningsöversikt. Slutrapport. *Publ. Nr MSB 0012-09*. 58 s. <http://www.raddningsverket.se/upload/Förebyggande/naturolyckor/Slutrapport%20Forskningsöversikt.pdf>
- ¹¹⁴ Nyberg, L. 2008. Översvämningar och riskhantering – en forskningsöversikt. *Publ. Nr MSB 0013-09*. 30 s. <http://www.raddningsverket.se/upload/Förebyggande/naturolyckor/Översvämningar%20och%20riskhantering%20-%20en%20forskningsöversikt.pdf>
- ¹¹⁵ Persson, G. et al. 2007, Climate indices for vulnerability assessments. *Reports Meteorology and Climatology* 111, SMHI, SE-601 76 Norrköping, Sweden, 64 pp. <http://www.smhi.se/publikationer/climate-indices-for-vulnerability-assessments-1.2097>
- ¹¹⁶ <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatindikatorer-1.7050>
- ¹¹⁷ Till exempel Hallegatte, S. 2009. Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environmental Change*, 19:2, 240-247. Doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.12.003.
<http://www.teebweb.org/>
- ¹¹⁸ <http://www.cbd.int/> (<http://adaptation.cbd.int/> är den egentliga länken, men fn. behöver man registrera sig för åtkomst.)
- ¹²⁰ <http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>
- ¹²¹ <http://www.gbif.se/>
- ¹²² <http://www.artdata.slu.se/miljomalen.asp>
- ¹²³ <http://www.eea.europa.eu/sv>

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används vanligen svenska.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Rapport Meteorologi och Klimatologi)	1974
RH (Rapport Hydrologi)	1990
RO (Rapport Oceanografi)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

I serien KLIMATOLOGI har tidigare utgivits:

- 1 Lotta Andersson, Julie Wilk, Phil Graham, Michele Warburton, (University KwaZulu Natal) (2009)
Local Assessment of Vulnerability to Climate Change Impacts on Water Resources in the Upper Thukela River Basin, South Africa – Recommendations for Adaptation



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut

601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

ISSN 1654-2258