

Klimatförändringen och miljömålen

Climate change and the Environmental Objectives - CLEO

Rapport till Naturvårdsverket inför
Fördjupad Utvärdering 2015

Sammanfattning och slutsatser

Vad är CLEO-programmet?

Forskningsprogrammet CLimate change and Environmental Objectives (CLEO) finansieras av Naturvårdsverket och pågår mellan 2010 och 2015.

CLEO-programmets är inriktat på att ta fram vetenskaplig underlag som beskriver hur klimatförändringen kommer att påverka möjligheterna att nå miljömålen *Frisk luft, Bara naturlig försurning, Ingen övergödning och Giftfri miljö* (här endast avseende kvicksilver), som samtliga påverkas av långväga transport av luftföroreningar. Miljömålet *Begränsad klimatpåverkan* ingår i forskningen på en övergripande nivå. Programmet omfattar syntes och forskning kring en rad specifika frågeställningar kopplade till de utpekade miljömålen samt kring potentiella synergier och konflikter mellan åtgärdsstrategier för luftföroreningar och klimat inklusive effekter av ökad bioenergianvändning.

Inom CLEO har ett antal verktyg och modeller utvecklats och tillämpats för bedömning av hur klimatförändringen, framtida utsläpp av luftföroreningar och utveckling av skogsbruket påverkar miljötillståndet i luft, skogsmark och ytvatten. Den första fasen av programmet innefattade till stor del forskning kring grundläggande samband, förståelse av processer och utveckling av modeller. Den andra fasen av programmet har betydande fokus på syntes av resultat från modeller och verktyg samt synergier och konflikter kopplade till åtgärder.

I denna rapport presenteras en sammanfattning och slutsatser från den huvudrapport som CLEO-programmet levererat som underlag till den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2015 (FU15). Den fullständiga rapporten finns tillgänglig på www.cleoresearch.se/publications.

Scenarier och förutsättningar

För att utreda hur miljötillståndet i luft, mark och vatten påverkas i ett framtida förändrat klimat behövs framtidsscenarier som på bästa möjliga sätt beskriver hur olika påverkansfaktorer kommer att förändras. Inom CLEO har scenarier sammanställts och utvecklats för klimat, utsläpp av luftföroreningar i Europa samt för hur skogstillväxt och skogsbruk förväntas förändras i framtiden. Scenarierna har anpassats och utvecklats för att kunna ligga till grund för modellberäkningar och utvärderingar avseende de vetenskapliga frågeställningar som berörs i programmet.

Klimat

Två framtida regionala klimatprojektioner från SMHI har använts inom CLEO, baserade på ECHAM och HADLEY (två ledande globala klimatmodeller). Dessa har visats väl representera spridningen inom de klimatprojektioner som finns tillgängliga i nuläget med avseende på graden av framtida förändringar. Fram till mitten på seklet visar projektionerna för Sverige på en ökning av årsmedeltemperaturen, i ECHAM med c:a 2-2.5°C och i HADLEY med ytterligare c:a 1°C. Ökningen är kraftigare i norra än i södra Sverige. Till slutet av seklet är ökningen i båda projektionerna mellan 3.5 och 5°C, även i denna period med kraftigast ökning i norr. Vad gäller årsmedelnederbörd ökar denna i projektion HADLEY med 150-300 mm i fjällkedjan fram till mitten av seklet. I sydöstra Sverige är ökningen av årsnederbörden 50-100 mm. I ECHAM är ökningen generellt avsevärt lägre och i västra Sverige indikeras ingen förändring jämfört med idag. Fram till slutet av seklet är ökningen kraftigare i båda projektionerna, med upp till 400 mm i norra Sverige och 50-200 mm i södra Sverige. Avrinningen ökar också något, främst i norra Sverige. I södra delen av landet kompenseras en stor del av den ökade nederbörden med högre avdunstning.

Luftföroreningar

Historiska uppskattningar och prognoser för framtida utsläpp av luftföroreningar har samlats i ett scenario kallat *CLEO Eurobase* och bygger dels på Europeiska scenarier som ligger till grund för den pågående revideringen av EU:s luftpolitik (emissioner i tidsperioden 2005 till 2030), dels på resultat från europeiska forskningsprogram (emissioner i tidsperioderna 1960 till 2000 och 2035 till 2050). Det sammaställda scenariot visar att efter en lång period av dramatiskt minskande utsläpp från 1980, så ökar de europeiska utsläppen av svaveldioxid (SO₂) något under perioden 2025 till 2030, från 6 910 kton till 7 070 kton. Även utsläpp från internationell sjöfart ökar.

Utsläpp av kväveoxider (NO_x) i Europa minskar fram till 2030 men ökar därefter. Sjöfartens NO_x-utsläpp ökar under hela perioden. Utsläppskurvan av kolmonoxid (CO) följer trenden för NO_x. Utsläppsprognoser för flyktiga kolväten (NMVOC) är osäkra och i *CLEO Eurobase* har antagits ett scenario med något lägre utsläpp än andra uppskattningar för perioden 2000 - 2050.

För ammoniak (NH₃) är utsläppskurvan i stort sett helt beroende på jordbrukssektorns förväntade utveckling. I vår sammanställning minskar NH₃ utsläppen mellan år 1990 och 2010 för att därefter öka fram till 2050.

Skogsbruksscenarier

Tre scenarier för framtida skogsbruk i Sverige har formulerats för tidsperioden 2010-2100: BUS (BUSINESS as usual) som representerar dagens skogsbruk; MBR (Medium Biomass Removal)

motsvarande ett högre uttag av biomassa men med miljörestriktioner samt HBR (High Biomass Removal) som ska representera ett betydligt högre uttag av biomassa. Samtliga scenarier bygger på underlag från SKA VB-08 med kompletteringar av data avseende stubbuttag, gödsling, kalkning samt askåterföring. Klimatets inverkan på skogens tillväxt är inkluderat i alla scenarier. Samtliga scenarier visar på ett intensifierat skogsbruk i framtiden, med ett högre biomassauttag från skogen, både med avseende på stammar, GROT och stubbar, mer gödsling av skogsmarken och ökad askåterföring. Markanvändningen förändras inte alls, varken i BUS- eller HBR-scenariot under 100-årsperioden. I HBR-scenariot däremot förväntas den produktiva skogsmarksarealen öka genom beskogning av åkermark. Scenarierna visar att trädslagsfördelningen ändras under 100-årsperioden, med en ökad andel gran på bekostnad av tall. I norra Sverige ökar dock tallskogen på bekostnad av gran. Lövträdsandelen förväntas öka något under de kommande 100 åren. Tillväxthöjande åtgärder, men framförallt klimatförändringen, leder till att både tillväxt och avverkning ökar i samtliga scenarier från 2020 och framåt. Stamuttaget vid avverkning (ton torrsbstans) förväntas öka med 45 % i BUS, 62 % i MBR och 70 % i HBR från 2010 till 2100. Arealerna för markberedning, rövning, gallring, slutavverkning och GROT-uttag ökar i samtliga scenarier över 100-årsperioden. Även arealen för stubbuttag ökar över tiden i MBR och HBR-scenarierna. Eftersom även arealen för askåterföring ökar i samtliga scenarier, skulle detta kunna kompensera för de ökade näringsförlusterna vid ett framtida högre biomassauttag från skogen. När det gäller gödsling, förväntas arealen för konventionell gödsling öka i BUS-scenariot, däremot minskar den konventionella gödslingen i de övriga scenarierna, eftersom man istället går över till s.k. behovsanpassad gödsling (BAG).

Spridning, deposition och effekter av luftföroreningar i ett förändrat klimat

Framtida nedfall av luftföroreningar till våra ekosystem kommer att påverkas av såväl utsläppsnivåer som förändringar i klimat. Förändringarna i depositionen av svavel och kväve över Sverige fram till 2050 kommer huvudsakligen att styras av förändringar av utsläppen i Europa. Klimatförändringarna spelar en mindre roll även om de påverkar uppehållstiden av luftföroreningar i atmosfären och därmed hur långt svavel och kväve kan transporteras inom Europa.

Sett över Europa som helhet beräknas nedfallet av svavel och oxiderat kväve minska med storleksordningen 60 respektive 40 % mellan 2000 och 2050. Enligt gällande prognoser kommer utsläppen av NH_3 inte att minska i lika stor utsträckning varför nedfallet av reducerat kväve kommer att vara i stort sett oförändrat, med en viss ökning nära källområden. Denna ökning beror på att halterna av sulfat och salpetersyra i atmosfären minskar kraftigt vilket påverkar bildningen av partiklar från ammoniak och därmed långdistanstransporten.

Bakgrundshalten av $\text{PM}_{2,5}$ i Sverige kommer att variera från ca $7 \mu\text{g m}^{-3}$ i Skåne till ca $2 \mu\text{g m}^{-3}$ i Jämtland. De dominerande komponenterna i $\text{PM}_{2,5}$ är sulfat (ca 20 %) och organiska ämnena (ca 35-50 %). Den organiska fraktionen är komplex och inom CLEO-projektet har vi utvecklat en modellbeskrivning av emissioner och atmosfäriska processer, som möjliggör en bättre representation av denna.

Den förmodade antropogena emissionsförändringen mellan 2005 och 2030 (CLEO Eurobase scenario) leder till en tydlig minskning av $\text{PM}_{2,5}$ -halten i hela Sverige. I Skåne är minskningen omkring $2 \mu\text{g m}^{-3}$

(ca 30 %) och i hela Götaland och delar av Svealand större än $1 \mu\text{g m}^{-3}$ (ca 20 %) medan minskningen i norra Sverige är mindre än $0.5 \mu\text{g m}^{-3}$ (ca 10 %).

Vedeldningen är den klart dominerande antropogena källan till organiska partiklar i Europa. Nya europeiska vedemissionventeringar, från det nederländska forskningsinstitutet TNO, indikerar att denna källa underskattats (för Sverige bedöms att endast ca 1/3 av den verkliga emissionen inkluderats). Den stora osäkerheten i vedeldningsemissionerna gör att de beräknade förändringarna av $\text{PM}_{2,5}$ också blir osäkra. Detta gäller speciellt de framtida halterna av organiska partiklar.

Det finns en mängd frågetecken kring hur biogena emissioner av flyktiga kolväten (VOC) kommer att utvecklas med ett förändrat klimat. Ökad förekomst av insektsangrepp på träd kan komma att leda till betydande ökning av stress-inducerade emissioner av partikelbildande ämnen och därigenom ökande halter av sekundär organisk aerosol.

Ozonhalternas utveckling i norra Europa under de senaste drygt tjugo åren karakteriseras av att de högsta halterna har minskat medan de lägsta och medelhöga halterna har ökat. Stigande hemisfäriska bakgrundshalter förklarar troligen de stigande låga till medelhöga ozonhalterna.

Årsmaximum av glidande 8-timmars ozonmedelhalt minskar signifikant i södra Sverige, men förändras ej i norra Sverige. Modellberäkningar såväl som trender beräknade från observationer tyder dock på att målvärdet för det maximala 8-timmarsmedelvärdet av ozonhalten, som används för att skydda människors hälsa inom miljö kvalitetsmålet *Frisk Luft*, fortsatt kommer att överskridas år 2050.

Det finns ingen statistiskt säkerställd förändring under de senaste 20 åren vad gäller inverkan på växtligheten baserat på exponeringsindex AOT40 (ackumulerad ozonhalt över 40 ppb). AOT40 överskrider målvärdet som gäller preciseringen inom *Frisk Luft*, i södra men inte i norra Sverige. Om utsläppen av ozonbildande ämnen till år 2050 minskar i enlighet med framtida utsläppsscenarioer kommer målvärdet till skydd för växtligheten baserat på AOT40 inte längre överskridas i Sverige och inte heller i stora delar av norra Europa. Dessa scenarier utgår dock från att de hemisfäriska bakgrundshalterna inte ändras nämnvärt. Ozonexponeringen av växtligheten beräknat som ozonflux, en alternativ och mer korrekt effektindikator, kommer i södra Sverige inte att underskrida det målvärde som används inom LRTAP-konventionen till år 2050.

Läckage av N, DOC och ANC från skogsmark vid förändringar i skogsbruk deposition och klimat

Denna del av CLEO-projektet syftade till att kvantifiera den kombinerade effekten av förändrat klimat, atmosfäriskt nedfall och skogsbruk på markutlakning och försurning i hela Sverige. För att göra detta har vi använt beräkningsmodeller i kombination med mätdata. Vi har gjort detta i fyra steg för att:

- (1) Jämföra modellbeskrivningarna i fyra numeriska utlakningsmodeller som beskriver utbytet mellan mark och vatten. Vi fann både likheter och olikheter mellan modellerna.
- (2) Utvärdera vädrets och klimatets inverkan på vattendragens kemi i nio väl undersökta små svenska skogsområden. Vi kom fram till att vattenkemi i små bäckar inte är känslig för temperaturförändringar men däremot för ändrat vattenflöde.
- (3) Skala upp transport av kväve (N), fosfor (P), löst organiskt kol (DOC) och syraneutraliserande förmåga (ANC) för hela landet genom att koppla delar av de olika utlakningsmodellerna till

ett nationellt beräkningssystem. Rimligheten i modellberäkningarna utvärderades genom jämförelser mot mätningar. För transport till havet var retentionen i sjöar och vattendrag betydande för kväve, medan retentionen av DOC var mindre.

- (4) Beräkna den kombinerade effekten av ändrat klimat, atmosfärsdeposition och skogsbruk i totalt 18 scenarier för hela landet med hög rumslig upplösning. Resultaten indikerar måttlig ökning av DOC-halter (baserat på två modeller), minskning eller ökning av N (beroende på modell) och små förändringar av aciditet och alkalinitet (en modell) fram till år 2030.

En känslighetsanalys av enskilda påverkansfaktorer från en av modellerna för hela landet visade att förändringar i klimatet kan betyda mer för kväveläckaget än förändringar i deposition och skogsbruk. Halten av kväve ökade med ökande temperatur, men den totala transporten till havet var nästan oförändrad. Förändringar i nederbörden gav relativt stort utslag på både halter och transport för hela landet, medan däremot skogsbruksscenarierna hade mindre inverkan på de beräknade läckagen, liksom minskad atmosfärsdeposition.

I de kombinerade scenarierna var förändringarna i halter och ämnestransport som kvantifierades förhållandevis små fram till år 2050, särskilt i relation till osäkerheterna i modeller och indata, och i relation till den naturliga variationen. De kombinerade beräkningarna utgår från realistiskt sammansatta scenarier för förändringar i klimat, deposition och skogsbruk, gällande för olika årtal i framtiden. Användandet av flera modeller kan vara en fördel som en metod för att belysa osäkerheten i resultaten. Resultaten från de kombinerade scenarierberäkningarna i relation till miljömålen *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning* kan sammanfattas enligt:

- Skogsbruksscenarierna med måttligt respektive högt uttag gav enligt beräkningarna minskningar om några procent jämfört med "business as usual", för kväve. För DOC blev resultaten en ökning med strax över 10 %.
- DOC-halterna ökade måttligt i klimatscenarierna (ca 2-7 %) enligt båda de använda modellerna.
- För förändringarna i kvävehalterna i avrinningen från skog erhöles delvis motstridiga resultat, då halterna minskade i klimatscenarierna svagt enligt en modell, men ökade enligt den andra.
- Skillnaderna i utlakningen av aciditet och alkalinitet beräknas vara relativt små fram till år 2030. På längre sikt har intensivt skogsbruk potential att orsaka ökad försurning som delvis motverkas av ökad vittring i det varmare och fuktigare klimat. Luftföroreningarnas effekter blir måttliga.

Synergier och konflikter – effekter av intensifierat skogsbruk

Uttag av GROT, samt gödsling som ökar tillväxten, innebär större mängder förnybar energi som kan ersätta fossila bränslen som ett led i klimatarbetet. Det kan leda till både synergier och konflikter med andra miljömål. Följande slutsatser behandlar synergier och konflikter för *Bara naturlig försurning*, *Ingen övergödning* och *Giftfri miljö*.

- GROT-uttag innebär en konfliktrisk med miljömålet *Bara naturlig försurning*. Risken finns i hela Sverige, men är störst i de södra delarna. På beståndsnivå innebär GROT-uttag en bortförsel av baskatjoner i samma storleksordning som det försurande nedfallet, men effekterna till 2020/2030 kan förväntas vara relativt små eftersom markprocesserna är

långsamma. Effekterna på ytvatten på så pass kort sikt förutspås vara ännu mindre. Även om effekterna förväntas vara små på kort sikt går de i fel riktning, och förutspås öka på sikt. Näringskompensation i form av askåterföring innebär att buffringskapacitet förs tillbaka, och motverkar därmed konfliktrisen.

- Kvävelättnaden som uppstår vid GROT-uttag kan motverka försurningseffekten och därmed ge en synergieffekt för *Bara naturlig försurning*. I dagsläget kan kvävelättnaden förväntas motverka försurningen enbart i delar av sydvästra Sverige, eftersom det är den enda del där det finns mer kväve än vad skogen kan ta upp, vilket indikeras av betydligt förhöjda nitratkvävehalter i markvattnet. I ett förändrat klimat kan kvävelättnaden påverka även andra områden, om nettoeffekten på kväveprocesserna blir ökad tillgång på kväve. Även om kvävelättnaden motverkar försurningen innebär den bortförda buffringskapaciteten negativ påverkan för miljömålet *Bara naturlig försurning*. GROT-uttag följt av askåterföring innebär att buffringskapaciteten återförs, vilket minimerar försurningspåverkan samtidigt som kvävelättnaden kan ge en synergieffekt både för *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*.
- Gödsling innebär en risk för konflikt med miljömålen *Ingen övergödning* och *Bara naturlig försurning*. Risken är störst i de mer kväverika områdena i sydväst. Rekommendationerna för konventionell gödsling är utformade så att risken för förhöjd kväveutlakning minimeras, bland annat medges ingen gödsling i sydvästra Sverige. Försök med behovsanpassad gödsling (BAG) visar på ett spann från låg utlakning till mycket hög utlakning efter gödslingen. De två experiment där utlakningen var som störst ligger i sydväst, men även i andra områden finns exempel med kraftigt förhöjd utlakning efter BAG. Resultaten från experiment, modellering och uppskalningsstudier visar att BAG med nuvarande kunskaper inte kan utföras utan risk för kraftigt förhöjd kväveutlakning.
- Ökad frekvens av körningar i kombination med varmare och fuktigare vintrar i delar av Sverige kan öka risken för körskador. Markstörningar leder inte alltid till förhöjda halter av metylkvicksilver, men empiriska data visar på ett statistiskt samband. Ökade körningar till följd av ökat skogsbränsleuttag, askåterföring och gödsling kan därmed innebära en konfliktrisk med miljömålet *Giftfri miljö*. En uppskalningsstudie visar på något högre halter av metylkvicksilver vid ett intensifierat skogsbruk, i hela Sverige. Halterna av metylkvicksilver är generellt högst i sydväst.
- I takt med att det atmosfäriska nedfallet minskar, ökar betydelsen av andra former av störningar på miljömålen *Bara naturlig försurning* och *Ingen övergödning*. Havssaltsepisoder i sura skogsmarker kan leda till kraftiga surstötter. Störningar som leder till att träd skadas eller dör, till exempel stormar och skadeangrepp, kan innebära större effekter på kväveutlakning och försurning i kväverika marker, till exempel marker som gödslats. Effekten av störningarna kan samverka med effekter från både skogsbruk och klimat.
-

Luftföroreningars klimatpåverkan och synergier och konflikter i åtgärdsstrategier

Generella slutsatser kring hur man kan maximera synergier och minimera konflikter mellan åtgärder för att minska utsläpp av växthusgaser och luftföroreningar är svåra att dra, men följande punkter presenterar generella tumregler och viktiga aspekter som bör tänkas på vid utformning av åtgärdsarbetet för att minska utsläpp.

- Klimatpåverkan från luftföroreningar behöver numera i allt väsentligt inte beaktas i Sverige. Arbete med att minska luftföroreningar bör motiveras med effekter på luftkvalitet, marknära ozon, försurning, och övergödning. Undantaget från denna tumregel är utsläppsminskningar av metan.
- Ozon och den ozonbildande klimatgasen metan är troligtvis de viktigaste svenska luftföroreningarna ur ett klimatperspektiv. Åtgärder riktade mot att minska utsläpp av metan bör vara de enda svenska luftföroreningsåtgärderna med signifikanta klimatteffekter.
- Framtida åtgärder för att minska utsläpp av luftföroreningar bör även innebära märkbara minskningar av CO₂-utsläpp.
- Åtgärder för att minska utsläpp av CO₂ är oftast förknippade med minskade utsläpp av luftföroreningar. Detta leder till samhällsekonomiska vinster genom lägre förekomst av hälsoeffekter och lägre kostnader för investeringar i luftreningsteknik. Detta försummas oftast i analyser av klimatåtgärder. Konsekvenser av detta är bland annat en skev bild av vilka åtgärder som är bäst för Sverige, och att vissa av dagens ekonomiska styrmedel motverkar uppfyllelse av miljömål. En övergripande analys där samtliga klimat och luftkvalitetsaspekter vägs in bör därför genomföras för olika åtgärdsförslag.
- Effektivisering av energianvändning och effektivare processer är utsläppsminskande åtgärder som förtjänar mer uppmärksamhet som medel att minska utsläpp av både växthusgaser och luftföroreningar.
- Förnybar energi kvoterats i Sverige in genom elcertifikatssystemet. Under systemets första 10 år (t.o.m. 2012) skedde de största investeringarna i elproduktion från biobränsle, medan el från vindkraft ökat i betydelse efter 2010. Elcertifikatssystemet ger idag samma investeringsstöd till biobränsle som till andra typer av förnyelsebar energi, men utsläppen av luftföroreningar skiljer sig markant åt. För att undvika stöd till energiproduktion som gör det svårare för Sverige att minska nationella utsläpp av luftföroreningar, och därmed svårare att nå uppsatta miljömål, bör elcertifikatssystemet ses över.

Konflikter mellan ökad biobaserad energi och utsläpp av partiklar i Sverige

Minskade utsläpp av fossil koldioxid i Sverige kan uppnås genom ökad användning av biomassa. Ökad användning av bioenergi kan dock leda till konflikter mellan miljömålen *Begränsad klimatpåverkan* och *Frisk luft*. Detta då omfattningen av framtida partikelutsläpp är starkt beroende av inom vilken sektor, och för vilka typer av biobränsle ökningen sker.

Småskalig förbränning är den källa som i dagsläget står för det enskilt största bidraget till utsläpp av partiklar från förbränning i Sverige. Omfattningen av framtida partikelutsläpp från småskalig förbränning av biomassa är starkt beroende av framtida förbränningsteknologi. Vid motsvarande förbränningsteknologi och typ av biobränsle som i dagsläget skulle ökad användning av biomassa leda till ökade partikelutsläpp. En fullständig övergång till modern teknologi, motsvarande automatiska pelletspressar skulle däremot reducera utsläppen av partiklar kraftigt, även vid antaganden om ökad användning av biomassa.

Det finns en osäkerhet kring nivån på partikelutsläpp från småskalig biomassaförbränning kopplad till frågan om mätmetoder och emissionsfaktorer för PM_{2,5}, samt osäkerhet beroende på otillräcklig kännedom om aktivitetsdata (bestånd av olika förbränningsteknologier). Detta medför att absoluta värden för beräknade emissioner bör användas med försiktighet. Många Europeiska länder använder emissionsfaktorer baserade på mätningar i spädtunnel, vilket i de flesta fall ger högre värden än de mätningar i varma rökgaser som ligger till grund för svenska nationella emissionsfaktorer. I

jämförelse med dessa länder kan utsläppen av partiklar från småskalig förbränning i Sverige betraktas som underskattade. Slutsatserna ovan kvarstår dock.

Partikelutsläpp från transporter förväntas minska kraftigt fram till 2030, främst till följd av bättre reningstekniker i modernare fordon och maskiner, för att sedan ligga på en mer jämn utsläppsnivå fram till 2050. I denna studie visar vi att inom transportsektorn skulle en fortsatt övergång till biodrivmedel inte nämnvärt påverka mängden utsläpp av partiklar jämfört med att fortsätta använda fossila drivmedel. Med avseende på partikelutsläpp finns därför inga hinder att inom denna sektor fortsätta öka andelen biodrivmedel för att minska utsläppen av fossil koldioxid.

Utsläpp av partiklar från stora förbränningsanläggningar (el- och fjärrvärmeproduktion och industrin) skulle troligen kunna reduceras vid införande av reningsteknologier i nivå med BAT (Best Available Technology), även vid antaganden om ökad användning av biomassa. Osäkerheter kopplade till de svenska nationella emissionsfaktorerna gör dock att det är svårt att dra slutsatser om hur stora de potentiella reduktionerna är.

När de internationella kraven på lägre svavelhalter i fartygsbränslen kommer träda i kraft fr.o.m. 1 januari 2015 antas högsvavliga bränslen bytas ut mot lågsvavliga inom internationell sjöfart. Därmed antas (förutom svavelutsläpp) utsläpp av partiklar från internationella transporter reduceras kraftigt.

Analysen gjord i denna studie av CLEO:s framtida skogsbruksscenarioer om ökat uttag av biomassa ur den svenska skogen visar på att den teoretiska potentialen finns för att klara stor del av det nationella behovet av biomassa för förbränning, även vid antaganden om kraftigt ökad efterfrågan.

Skogens ekosystemtjänster

Begreppet ekosystemtjänster har funnits och använts under ett antal år och mycket arbete pågår för att beskriva och bedöma det ekonomiska värdet av ekosystemtjänster i skog. De försörjande ekosystemtjänsterna från skog är betydligt bättre representerade i statistik än vissa av de andra ekosystemtjänsterna, som inte har lika nära anknytning till skogsnäringen och skogsbrukets ekonomiska verksamhet. Möjligheterna att kvantifiera ekosystemtjänster som fiberråvaror och biobränsle från skog, bedöms som goda eftersom det redan finns regelbunden statistikproduktion på området. Dessa data bygger på långa dataserier som ger goda förutsättningar att beskriva förändringar av ekosystemtjänster över tid.

För de reglerande, stödjande och kulturella ekosystemtjänsterna är datatillgången sämre eftersom dessa mjuka värden är mer komplicerade att mäta. Det finns trots allt en del befintliga datakällor och det går bitvis att säga något i kvantitativa termer även om kvantifieringen bygger på uppskattningar.

Om man vill uppnå ett hållbart utnyttjande av ett ekosystem, som skogen, måste man maximera de försörjande, de reglerande och de kulturella ekosystemtjänsterna samtidigt som man minimerar effekten på de stödjande ekosystemtjänsterna. Denna utmaning kommer att kräva ett nära och kontinuerligt samarbete mellan olika intressenter i skogen, politiker och forskare så att alla intressenter tas med i samråd för att prioritera vilka ekosystemtjänster som bör optimeras.

Arbete med att beskriva hur ekosystemtjänster i skog kan kopplas till miljömålen pågår inom CLEO.

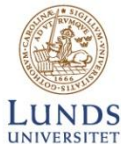
Marin Syntes – Eutrofiering, havets försurning och klimatförändring i Östersjön

Östersjön står inför stora miljöproblem idag och projektioner av klimatförändringsscenarier visar att dessa hot kan komma att kvarstå, eller till och med förvärras, i framtiden. Nuvarande förvaltningsstrategier tar inte hänsyn till trender över tid och potentiella förändringar i ekosystemen på grund av klimatförändringen. Risken är att det blir betydligt svårare att uppfylla de skyldigheter som anges i marina direktivet, OSPAR och HELCOM konventionerna och nationella miljömål.

Den betydande produktionen och nedbrytning av organiskt material i Östersjön har en stark påverkan på kolcykeln. Östersjön får också en betydande tillförsel av organiskt material från land: en betydande del av löst organiskt kol (DOC) som finns i vattnen i Östersjön är av terrestert ursprung. Produktionen av organiskt material kommer att öka pH i ytvattnet, men modellresultat visar att eutrofieringen inte kommer att kunna motverka pH-sänkningen från det ökande upptaget av CO₂ i havet allteftersom koncentrationen av CO₂ i atmosfären ökar. I stället kommer det sannolikt förvärra situationen i de djupare vattenmassorna där nedbrytningen av organiskt material ökar vilket också sänker pH. Detta tyder på att eutrofiering kan leda till en ökad havsförsurning där försurningen från nedbrytningen av organiskt material minskar buffertkapaciteten och ökar känsligheten för försurning från atmosfäriskt CO₂.

En framtida klimatförändring med förändringar i temperatur, avrinning och förändringar i vindmönster kommer också ha påverkan på de processer som styr eutrofiering och havsförsurning, både motverkande och förstärkande. Ökad temperatur innebär minskade syrenivåer i ytvattnet eftersom lösligheten är beroende av temperaturen. Ökande temperaturer kan också leda till en minskad löslighet av CO₂, dock är den erhållna effekten på pH liten. Varmare vatten kommer också att ha en effekt på algernas tillväxt och nedbrytningstakten av organiskt material, vilka båda ökar med ökande temperatur.

Förändringar i avrinningen har konsekvenser för transporten av näringsämnen och kol till Östersjön och kan också påverka salthalten, vilket kan påverka livsvillkoren för många växter och djur. En ökad vattenföring i norr kan ge ökad tillförsel av DOC från ett antal processer såsom ökad växtlighet, läckage från smältande permafrost och ökad nedbrytning på grund av stigande temperaturer. Förändringar i avrinning kan också påverka buffertkapaciteten i Östersjöns ytvatten. En ökad avrinning i de norra avrinningsområdena med granitberggrund och en minskning av avrinningen från sydliga kalkrika avrinningsområden kan minska transporten av karbonater till Östersjön, vilket gör ytvattnet känsligare för sura tillsatser.



GÖTEBORGS UNIVERSITET



Stockholms
universitet



UPPSALA
UNIVERSITET

Författare:

IVL Svenska Miljöinstitutet (IVL) John Munthe (Programchef), Jenny Arnell, Filip Moldan, Per Erik Karlsson, Stefan Åström, Tomas Gustafsson, Karin Kindbom, Sofie Hellsten, Karin Hansen, Sara Jutterström, Maria Lindblad, Haben Tekie, Mikael Malmaeus.

SMHI Joakim Langner, Berit Arheimer, Göran Lindqvist, Magnuz Engardt, René Capell, Thomas Bosshard, Robert Bergström, Manu Thomas, Lars Gidhagen, Helén Andersson, Charlotta Pers, Johan Strömqvist; Jonas Olsson, Wei Yang och Kean Foster.

Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) *Institutionen för vatten och miljö* Kevin Bishop, Staffan Åkerblom, Johan Temnerud, *Institutionen för mark och miljö* Annemieke Gärdenäs, Martin Rappe George, Linnea Hansson

Göteborgs Universitet (GU) *Institutionen för biologi och miljövetenskap* Håkan Pleijel
Institutionen för kemi och molekylärbiologi Matthias Hallqvist *Institutionen för Geovetenskaper* Anders Omstedt

Lunds Universitet (LU) *Institutionen för naturgeografi och ekosystemvetenskap* Cecilia Akselsson, Jörgen Olofsson, Veronika Kronnäs

Stockholm Universitet (SU) *Institutionen för Tillämpad Miljövetenskap* Hans-Christen Hansson

Uppsala Universitet Julia Hytteborn

Medel från: Naturvårdsverket

Rapportnummer: Sammanfattning av C 54-S

Upplaga: Finns endast som PDF-fil för egen utskrift.

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2014

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60,100 31 Stockholm

Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90

www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem