



Miljöbedömning

Bilaga Fyra framtider

Bilaga Miljöbedömning

De fyra scenarier som presenteras i rapporten Fyra framtider är explorativa och är inte uppbyggda för att vara måluppfyllande, det vill säga att de inte är utformade så att vissa specifika utvecklings-, eller miljömål uppnås. Det går att göra fler åtgärder för att stimulera utvecklingen av energisystemet i den ena eller andra riktningen utöver det som beskrivs i scenarierna. Miljö- och klimatbelastningen från scenarierna kommer att skilja sig åt, men även sammanfalla i vissa punkter. Tre centrala aspekter återkommer i alla scenarier:

- 1 Existerande kärnkraftsanläggningar i Sverige kommer att tas ur bruk, och i Forte ersättas med nya anläggningar. Oavsett scenario kommer utmaningar i fråga om att hantera nedmontering av kärnanläggningar och omhändertagande av kärnavfall. I Sverige finns regler och etablerade system för att säkerställa korrekt hantering, men risker för radioaktiva utsläpp till omgivningen kommer finnas. Transporter till kärnavfallslager för låg-, medel- och högaktiva material ökar.
- 2 Nybyggnation av byggnader och lokaler och renoveringar av existerande byggnader i Sverige. Material för byggande kommer att behövas och byggavfall kommer att uppstå. Det finns en möjlighet att ställa höga krav på energieffektivitet i de nya, alternativt renoverade byggnaderna. Påverkan på hälsa hos de boende och de som vistas i lokalerna prioriteras i byggnadsutformning.
- 3 Sverige har stora resurser i form av biomassa från skog och jordbruk. Sverige har även långa kuststräckor där vattenväxande biomassa skulle kunna odlas i framtiden. Dock är biomassa en begränsad, men förnybar, resurs - överuttag kan resultera i förlust och förändringar i ekosystem, biodiversitet, hydrologi och klimat. Samtidigt kan fossila resurser ersättas av biobränslen. Fossila resurser har förutom klimateffekter en rad miljöeffekter kopplade till utvinning och upparbetning.

Scenarierna påverkar i olika stor utsträckning miljö, människor och samhällen i andra delar av världen via import och efterfrågan på varor och tjänster från energisektorn. I dag har vi import av fossila råvaror samt kärnbränslen, men även biobränslen. Scenarierna uppvisar olika ändringar i volymer av dessa. Legato och Vivace gör de tydligaste omställningarna mot minskad efterfrågan på fossila resurser och uran, men får utmaningar i till exempel hantering av eventuell utflyttning av industri (Legato) till andra länder, eller ökad import av biobränslen och därmed effekter på mark-, och vattenanvändning i andra delar av världen (Vivace).

Privatkonsumenternas konsumtion, till exempel inköp av kläder, mat, hemelektronik som producerats utomlands, syns inte i energianvändningen i Sverige, förutom indirekt via till exempel inrikes transporter som orsakas av

godstrafik av utländska varor. Svenskars direkta miljöpåverkan i utlandet, till exempel internationella transporter och konsumtion utomlands, syns inte heller tydligt i scenarierna. I denna miljöbedömning lyfts fotavtryck och konsumtion in i relevanta fall.

Nedan följer bedömningar av hur miljörisker ökar och minskar i de olika scenariorna.

Forte

I scenario Forte får säkrande av materiella resurser en starkare ställning än säkrande av miljövärden.

Miljörisker i Forte:

- Ökad mängd transporter sker i samhället med effekter på buller, utsläpp och trängsel. Även behovet av infrastruktur som till exempel underhåll av vägar, byggandet av vägar och etablering av stora infrastrukturprojekt ökar. Mängden tunga transporter inverkar på miljön genom utsläpp till luft, buller och även partiklar från vägtransporter. Miljöpåverkan från ett utbyggt system av elvägar är oklart.
- Ökade behov av uran tillkommer som ett resultat av att kärnkraftskapaciteten ökar. Uran är en giftig och radioaktiv tungmetall. Under uranbrytning och anrikning används kemikalier i form av tungmetaller, ammoniak, syror och salter. Brytningen ökar risk för föroreningar av vattendrag runt gruvan. Malmavfall innehåller radioaktivt material och brukar förvaras på gruvområdet. Risk finns för spridning med vinden eller till grundvattnet. Strålsäkerhetsarbetet är avhängigt av lagstiftningen i det land där gruvan ligger och frågan bevakas av importörer. Importerat uran har miljöpåverkan utomlands men brytning skulle även kunna ske i Sverige, med överföring av associerade miljörisker från utlandet till Sverige.
- Ökade mängder kärnavfall, dels via fortsatt kärnkraft i Sverige, dels via nedmontering av utfasade anläggningar. Iordningställande av slutlager blir en fortsatt prioriterad fråga. Ökade mängder transporter av använt uran med associerade miljörisker.
- Ökade risker för mängden utsläpp till luft och vatten samt ökade mängder avfallsmassor som ett led av ökad industriell produktion. Även ökade mängder användning av kemikalier till industriella processer.
- Ökat tryck på exploatering av naturresurser för industrin i Sverige. Miljörisker kopplat till gruvnäring och brytning av andra mineraler och jordarter resulterar i risker för negativa miljökonsekvenser på ekosystem, vatten, luft och geologi. Resurshushållning har inte nödvändigt högsta prioritet så länge som resurser kan säkras.

- Ökad användning av biomassa inom industri och även energisektor ger i kombination ett ökat tryck på ekosystemen i Sverige. Om biomassa importerats till Sverige återfinns samma miljöpåverkan utomlands.

Det finns områden där miljövinster sker:

- Vindkraft och andra förnybara energislag får minskad roll och därmed reduceras risk för att områden exploateras.
- Avgasutsläpp från vägtrafik förutspås minska i och med övergång till elektrifierade transportlösningar vilket medför mindre utsläpp av partiklar, kväveoxider och fossil koldioxid.

Scenariot kan mycket väl innebära att ekonomiska resurser frigörs för miljöförbättrande åtgärder i Sverige i och med att fokus ligger på tillväxt i industrin. Samtidigt blir möjligheter till ökad miljöhänsyn vid drift och byggnationer av kraftanläggningar, samt incitamenten för energieffektiviseringsåtgärder generellt lägre i och med det låga elpriset. Det är snarare troligt att naturområden säkras som reservat med orörd natur dit man kan åka för att vara i natur med höga naturvärden. I övriga delar av Sverige ökar risken att miljökrav minskas till förmån för resurs- och landanvändning.

Kärnkraftssektorn i Sverige stärks i scenariot. Nya kärnkraftsanläggningar byggs och äldre anläggningar läggs ned. Avfallsfrågan för använt kärnbränsle, byggmaterial och nedmontering av äldre kärnanläggningar är central. I och med starkare kärnkraftssektor kan vi anta att en större kunskap kopplat till riskerna med uran och kärnavfall finns i landet samt att mer ekonomiska resurser finns för att utbilda personer kring kärnkraftsfrågor och för omhändertagande av kärnavfall.

Legato

I Legato finns en ökad ambition hos alla parter i det svenska samhället att reducera sin resursanvändning och värna om existerande resurser. Ekosystemtjänster introduceras som ett integrerat begrepp i utrednings- och beslutsunderlag vilket gör att miljövärden görs synliga.

Miljörisker i Legato:

- För att ersätta fossila drivmedel i Legato ökar behovet av bioenergi för energisektorn snabbt fram till 2035. Dessa ökade mängder kommer till stor del behöva importeras då produktionskapacitet för biodrivmedel i Sverige är begränsad det kortare tidsperspektivet. Från 2035 kommer mängden biobränsle inte öka i samma utsträckning. Ökad användning av biobränslen medför ökade risker för negativ miljöpåverkan i skogs- och jordbruksmarker. Delar av behoven täcks med svensk råvara men biobränslen kommer också troligtvis att behöva importeras.
- Nya verksamheter inom bioraffinering, bioekonomisektorn och den cirkulära ekonomin kan innebära att nya miljöproblem skapas kring hantering av material, samt utsläpp till luft och vatten.

- Behovet av reglerkraft i elsektorn medför att ett antal nya pumpkraftverk etableras. Vissa vattendrag och områden runt reservoarerna kommer att regleras hårdare med miljöpåverkan som effekt.
- Kärnkraftsavveckling sker i Legato och nedmontering av anläggningar påbörjas. Risker kopplat till att det sannolikt blir svårare att hitta kompetent personal då kärnkraft ska demonteras i och med att kärnkraften inte är en framtidsbransch i Legato. Det kan även finnas ekonomiska risker kopplade till en snabbare nedläggning; finns det till exempel tillräckligt med pengar i kärnavfallsfonden?
- Landbaserad vindkraft etableras i stor skala i Sverige och risken för påverkan på fågelliv, fladdermöss och insekter ökar och det sker även en ökad etablering av servicevägar. Även påverkan på landskapsbild sker. Risker för skuggningseffekter, buller och andra störningar som kan påverka boende och upplevelser i området ökar.
- Eventuell lägre tillväxt kan ge minskade skatteintäkter vilket kan göra det svårare att finansiera miljösmyta lösningar som passar in i scenariot. Vidare kan möjligheterna att ställa höga krav på miljöhänsyn vara svårare att ställa, om lönsamheten är lägre.

Det finns områden där miljövinster sker:

- Konsumtionen av materiella varor minskar i samhället och därmed minskas det ekologiska fotavtrycket både i Sverige och utomlands.
- Användningen av fossila resurser i energisektorn minskar drastiskt redan till 2035. Klimatpåverkan i form av minskade utsläpp till luft av partiklar, koldioxid och svaveldioxid reduceras kraftigt i och med detta.
- Jordbrukssektorn, inklusive tillhörande verksamheter för att förädla produkterna, kommer ändra karaktär i och med att efterfrågan på produkter med kortare transportavstånd ökar. Vidare finns en ökad aktivitet kopplat till nya mindre enheter för både skogs- och jordbruk med ekologiska eller andra speciella produkter. Denna transformation ger upphov till förändrad markanvändning.
- Scenariot strävar mot cirkulära affärsmodeller med hög grad av återvinning, återbruk och re-cirkulering av naturresurser i samhället. Mängd avfall och uttag av råvaror minskar.
- Buller och utsläpp från transportsektorn minskar. Underhåll av vägar, minskat byggande av infrastruktur och trolig minskning av biltrafikmängden i framför allt städerna, vilket ger bättre framkomlighet för andra transportslag och bättre luftkvalitet.
- Möjlighet att skogsbrukssektorn blir mer diversifierad - hög produktion varvas med områden som har kontinuitetsbruk.

Legato innebär omställningar som kan leda till nya miljöutmaningar i och med att verksamheter upphör, men även att tillhörande infrastruktur upphör. Här kan nämnas gruvnäring och järnframställning där återställning och att upprätthålla en efterkontroll av avfall krävs. Samhället kan behöva ta relativt högre kostnader för att hantera infrastruktur och nedlagda verksamheter.

Espressivo

I Espressivo utvecklas ett mer heterogent system där konsekvenser och effekter på miljön kommer ta sig olika uttryck. Områden med större energianläggningar och industriell verksamhet varvas med områden med högkvalitativt boende och mindre verksamheter. Utmaningen ligger i att skapa system för att säkerställa miljö- och hållbarhetsramar som hanterar heterogeniteten.

Miljörisker i Espressivo:

- Risken för suboptimeringar i energisystemet kan öka i och med fler och mindre anläggningar, smarta system och en mer decentraliserad struktur. Detta ökar riskerna för försämrade resurshushållning inom energisektorn.
- Små energianläggningar som drivs hos slutanvändarna kan leda till ökade risker för sämre kontroll och uppföljning av miljöprestanda i verksamheten. Utformning och val av teknik, samt utbildning, kan tillsammans med ökad tillsyn av kommuner och länsstyrelser minska riskerna.
- Havsbaserad vindkraft byggs ut i Espressivo vilket leder till ökad risk för negativ påverkan på havsbotten, djurliv (buller vid konstruktion och vid drift), även påverkan på horisontlinje och landskapsbilden samt påverkan på fladdermöss, fåglar och insekter. Även risker vid utläggning av kablar på havsbotten.
- Ökade risker av emissioner till luft som effekt av individuellt värmeproduktion genom till exempel eldning av kaminer för uppvärmningsändamål. I framför allt tätbefolkade områden ökar detta risken för att ge upphov till hälsoeffekter om grannar exponeras för rök.
- Lagringsteknologier och ökad mängd med komplexa produkter ger ökade utmaningar för att säkerställa resursanvändning och materialåtervinning och säkra mot utsläpp i naturen.
- Import av produkter till Sverige fortsätter – och därmed fotavtryck utomlands.

Det finns områden där miljövinster sker:

- Möjligheter till god bebyggd miljö stärks i och med att människor och verksamheter lägger mer resurser och omtanke på sitt boende och sin verksamhet. Man ges även större möjlighet att påverka sin boende- och arbetsmiljö.
- Risk för exploatering av områden med höga naturvärden kan minska då större krav har etablerats, men det finns även en ökad risk för motsatsen då exklusiva

lägen och områden kan *attrahera* exploatering just för att njuta av naturvärden (som kustnära lägen).

- Möjlighet att stärka en levande landsbygd föreligger då skog, jord, vattenområden i kombination med samhällen och städer ger värden till de boende.
- Delande av produkter och tjänster kan bidra till minskad total materiell konsumtion. Espresso har dock ingen uttrycklig konsumtionsminskning.

Miljöutmaningarna kopplade till energisystemet i Espresso ligger till stor del i att hantera en större diversitet hos producenter och konsumenter, samt en generell trend för decentralisering. Fler och fler har egen energiproduktion och antalet produktionsanläggningar kommer att öka. Samhället utvecklas med fortsatt konsumtion, men det finns möjlighet att förändrakonsumtionsmönster genom att styra konsumtionen mot mindre miljöpåverkande produkter och tjänster.

Vivace

Vivace är ett scenario där samhället tror på teknikens möjlighet att hantera miljöproblem och kanske framför allt att hantera och lösa klimatfrågan. Utmaningarna ligger i att säkra att teknikens möjligheter tas tillvara och tekniken utvecklas mot att *de facto* lösa miljö- och klimatutmaningar och inte enbart mildra eller bidra till processer som förvärrar dem.

Miljörisker i Vivace:

- Högteknologiska lösningar kan ge ökade risker för nya miljöproblem med utsläpp till naturen genom användning av nya material, kemikalier eller gifter. Detta kan ge okända cocktaileffekter med påverkan på hälsa och miljö, samt påverkan på biodiversitet och ekosystemtjänster.
- Miljöproblem hanteras till stor del via planering och stöd för nya tekniska lösningar. En snabb utvecklingstakt medför ökad risk för att reglering och miljölagstiftning inte hänger med. Tänkt lösningar kan ge effekter som från början inte var tänkta, till exempel *geoengineering*¹ med oönskade effekter.
- Scenariot är transportintensivt och till stor del baserat på elbaserade lösningar. Elbaserade lösningar minskar utsläppen men buller kan öka. Även ökad risk för utsläpp av andra kemiska föreningar samt partiklar från till exempel däck- och vägslitage i och med den högre transportintensitet. Internationella transporter ökar i Vivace, med associerade miljöbelastningar i samband med ökat behov av infrastruktur och mer transporter.
- Risk för en större omsättning av företag och i med detta ökade behov att säkerställa att företagsavvecklingar sker med hänsyn tagen till miljöpåverkan

¹ Med *geoengineering* menas verksamheter som med avsikt påverkar jordens klimat på en större skala. Inga av dessa tekniker är utforskade, och riskerna bedöms som mycket höga. Normalt avses åtgärder som skulle motverka den globala uppvärmningen via förändring av jordens albedo, eller öka mängden växtplankton i haven och därmed binda CO₂.

även långsiktigt. Produktionsutrustning både inom energibranschen och inom annan industri blir lätt omoderna. Livslängd för maskiner/produkter kan minska på grund av att de i större omfattning ersätts med modernare produkter.

- Risk för att konsumtionsfrågor får låg prioritet och därmed risk att miljö- och klimatfotavtryck ökar.
- Biomassa står för en viktig resurs både inom industrin och inom transportsektorn. Ökad risk för negativ påverkan i skog och jordbruksmarker. Scenariot kan mycket väl säkra dessa resurser via import, men då med associerad miljöpåverkan utomlands.

Det finns områden där miljövinster sker:

- Scenariot uppvisar möjligheter för klimatvinster via förändrade resursbehov i energisystemet. Det finns en inneboende teknikförbättringstanke i scenariot som rätt utnyttjat kan ge viktiga positiva miljö- och klimateffekter. Bland annat kan resursåtervinning, energieffektiva tjänster och produkter stimuleras. Det finns risk för mer komplexa produkter och därigenom ökade svårigheter att återvinna material.

Det finns en viss risk att den miljö- och klimattekniska industriutvecklingen leder till ökad ekonomisk välfärd och mer konsumtion, vilket kräver en hantering. Även möjligheter finns i och med den industriella tillväxten om den ekonomiska tillväxten kanaliseras mot natur- och miljövårdande konsumtion (till exempel icke materiell konsumtion i form av tjänster, kultur, idrott).

Med den tekniska utvecklingen följer möjlighet för tekniska genombrott som potentiellt skulle kunna revolutionera resurshantering och energisystem. Lagringsmöjligheter, konvertering av solenergi till hanterbara energibärare, eller kärnkraft (fusion och teknikutveckling inom fission) skulle kunna möjliggöra nya energilösningar. Samtidigt kan dessa möjligheter för tekniksprång, om de inte realiserar, fördröja att andra eventuella insatser som tacklar miljö- och klimatutmaningarna kommer tillstånd.

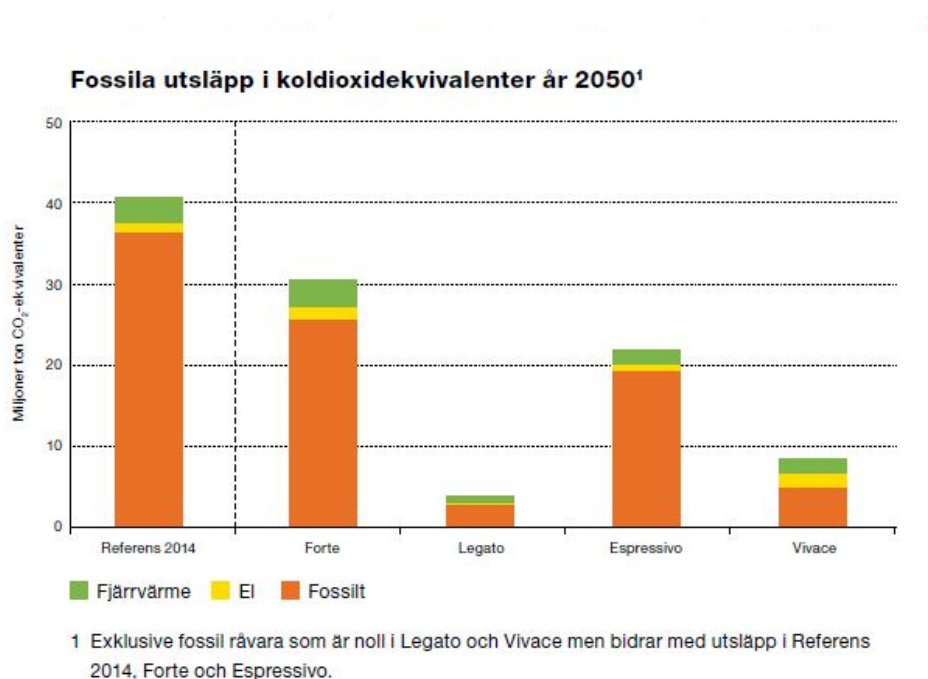
Energisystemets direkta emissioner av växthusgaser

Vid omvandlingen från kemisk energi till el och värme (exempelvis i ett kraftvärmeverk) eller rörelseenergi (exempelvis i en bil) kommer kol frigöras till atmosfären i form av koldioxid. Koldioxid, tillsammans med andra gaser som till exempel metan och lustgas, bidrar till växthuseffekten. Mängden växthusgaser från förbränning kan ansättas i så kallade emissionsfaktorer, vilka anger ett utsläpp av till exempel koldioxid per bränsleenhet. Baserat på detta kan en uppskattning av mängden emitterade växthusgasemissioner göras.

I beräkningar av klimatpåverkan från energisystem görs ofta den skillnaden att kol från fossila resurser antas bidra med ett nettotillskott av koldioxid till atmosfären, medan kol från biologiskt material inte antas medföra ett nettotillskott. Det gör att växthusgaspåverkan från förbränning av till exempel flis, som är ett fast

biobränsle, antas ha ett associerat utsläpp vid förbränning på nära noll². Som ett resultat av detta fås minskningar av resulterande växthusgasutsläpp om man ersätter fossila drivmedel som bensin och diesel med biobaserade motsvarigheter, även om det förekommer koldioxidutsläpp även där. I fallet med fossila bränslen fås ett nettotillskott till biosfären, och i fallet med biobränslen ingår de i ett kolkretslopp och ger inget nettotillskott.

I Figur 1 visas resultaten för uppskattade associerade växthusgasemissioner för de olika scenarierna år 2050³. Energibalanserna (se bilaga 2) har använts och som jämförelse har associerade utsläpp för 2014 lagts till.



Figur 1: Direkta växthusgasemissioner associerade till energisektorns resursanvändning.

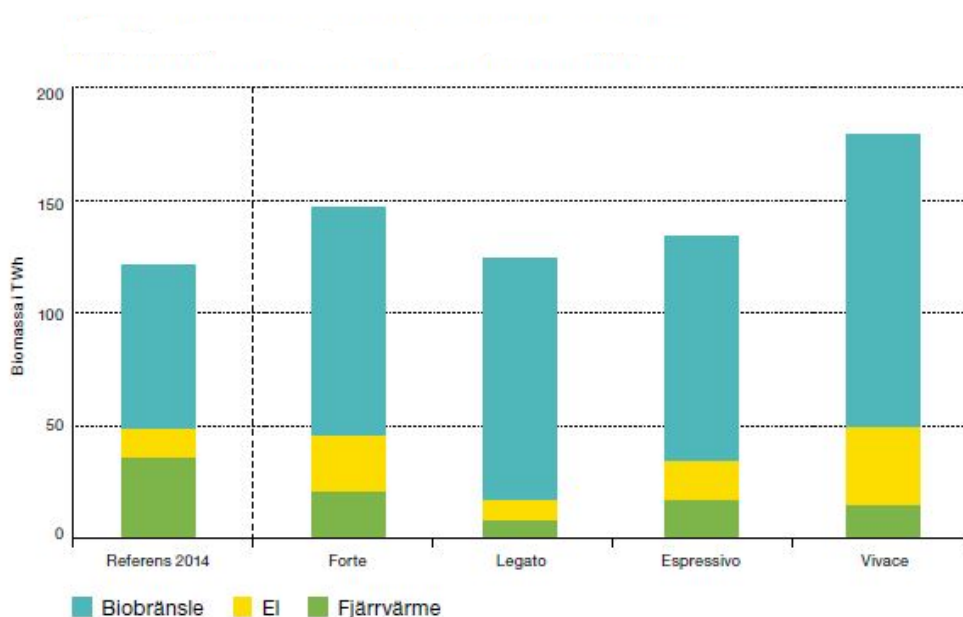
Legato och Vivace uppvisar en drastisk reduktion av associerade emissioner till energisystemet jämfört med dagens nivå. I Forte och Espresso är merparten av de associerade emissionerna kopplade till den fossila användningen i energibalansen, ungefär 60 procent av denna är kopplad till transportsektorn, och resterande 30 procent är kopplad till industrin.

² Påverkan blir inte helt noll då det förekommer utsläpp av en rad andra gaser som ger en påverkan.

³ Emissionerna är en grov uppskattning och avser de emissioner av CO₂ med fossilt ursprung samt andra växthusgaser vid förbränningen. Uppskattningen inkluderar inte emissioner kopplade till aktiviteter utanför Sveriges gränser.

Ökad användning av biomassa medför miljöpåverkan på ekosystemen

En möjlighet att minska utsläpp från energisektorn är att ersätta fossila resurser med biomassabaserade motsvarigheter. Möjligheterna är stora i Vivace med teknisk utveckling, men även i Legato där etablering av bioraffinaderier och utveckling av alternativa produktionsmodeller, gör att produktionskapacitet utvecklas. Detta kräver dock ytterligare biomassa som råvara i processerna. Den energivolym som kopplas till biomassa i energisystemet återfinns i Figur 2.



Figur 2: Biobränsle som rena biobränslen, i elproduktion och i fjärrvärme, nu och 2050. Exklusive torv och avfall.

Den ökning av bioenergi som beskrivs i scenarierna måste komma antingen från ökade volymer med ursprung i svensk biomassa eller via import från andra delar av världen. Ökade volymer av uttag av biomassa innebär ett ökat tryck på ekosystemen och risk att störa ekosystemtjänster⁴. Med rätt utformade förvaltningssystem som inkluderar miljö- och naturhänsyn, samt relevanta kompensationsåtgärder i kombination med skyddade områden, finns potential för att en förvaltning av skogs- och jordbruksmarker kan ske där både miljö- och produktionsmål uppfylls⁵⁶.

4

Ekosystemtjänster avser direkta och indirekta funktioner hos ekosystem vilka bidrar till människors och samhällets försörjning och välbefinnande. Ekosystemtjänster som avser produkter som skogsråvaror och liknande kan ge direkt ekonomisk vinst.

5

de Jong, J., C. Akse, H. Berglund, G. Egnell, B. Olsson, H. von Stedingk, R. Sørensen, L. Lönnberg and K. Gerhardt (2011). Konsekvenser av ett ökat uttag av skogsbränsle. En syntes från Energimyndighetens bränsleprogram 2007–2011. J. de Jong and H. von Stedingk ER 2012:08, Energimyndigheten, Eskilstuna, pp 228.

6

Framstad E., Berglund H., Gundersen V., Heikkilä R., Lankinen N., Peltola T., Risböl O. and Weih. M. (2009) Increased biomass harvesting for bioenergy – effects on biodiversity, landscape amenities and cultural heritage values. TemaNord 2009:591. (<http://www.norden.org/en/publications/publications/2009-591>)