

Konsekvenser av ett ökat uttag av skogsbränsle –

En syntes från Energimyndighetens
bränsleprogram 2007–2011

Sammanfattning av syntesrapporten

ER 2013:16

Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas via
www.energimyndigheten.se
Orderfax: 08-505 933 99
e-post: energimyndigheten@cm.se

Rapporten bör citeras: de Jong, J., Akselsson, C., Berglund, H., Egnell, G., Gerhardt, K.,
Lönnberg, L., Olsson, B., von Stedingk, H. 2013. Konsekvenser av ett ökat uttag av
skogsbränsle – En syntes från Energimyndighetens bränsleprogram 2007 – 2011.
Sammanfattning av syntesrapporten. ER 2013:16. Energimyndigheten. Eskilstuna.

© Statens energimyndighet

ER 2013:16

ISSN 1403-1892

Förord

Den här rapporten sammanfattar slutsatserna från en forskningssyntes om skogsbränsle. Den fullständiga rapporten (de Jong m.fl. 2012) kan beställas från Energimyndigheten (rapportnummer: ER2012:08), eller laddas ner från www.energimyndigheten.se.

Energimyndighetens forskningsprogram Uthållig tillförsel och förädling av bio-bränsle, även kallat Bränsleprogrammet, pågick från 2007-01-01 till 2011-06-30. Resultaten från programmet redovisas i syntesrapporter för programmets olika delområden. Syftet med syntesrapporterna är att sammanställa kunskapen inom olika områden, att identifiera kunskapsluckor som behöver belysas vidare samt att placera och diskutera de sammanvägda forskningsresultaten i ett större energi- och samhällsperspektiv, bland annat med koppling till miljö kvalitetsmål och skogs-politiska miljö- och produktionsmål.

Denna rapport omfattar delområdet Skogsbränsle och miljöeffekter som bedrivits under åren 2007–2011. Rapporten behandlar projekt inom programmet Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle, näraliggande enskilda projekt som Energi-myndigheten finansierar, samt viss annan nationell näraliggande verksamhet.

Projektgruppen som tagit fram rapporten har bestått av Cecilia Akselsson (Lunds universitet), Håkan Berglund (SLU), Gustaf Egnell (SLU), och Bengt Olsson (SLU). Textbidrag har även lämnats av Rasmus Sörensen (SLU), Lina Lönnberg (CBM, Centrum för Biologisk mångfald, SLU och Uppsala universitet) och Karin Gerhardt (CBM). Arbetet har koordinerats av Johnny de Jong och Henrik von Stedingk vid CBM.

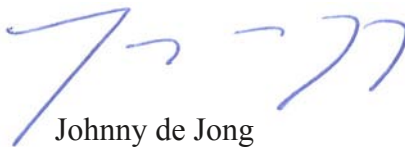
Rapporten har granskats av Energimyndigheten. En referensgrupp har lämnat värdefulla synpunkter under arbetets gång. Projektgruppen står för analys och slutsatser.

Det är vår förhoppning att denna syntesrapport ska ge läsaren en inblick i kun-skapsläget på detta område. Målgruppen för rapporten är forskare, myndigheter, företag och branschorganisationer inom bioenergisektorn samt övriga med verk-samhet som berörs av bioenergin.



Anders Lewald

Energimyndigheten



Johnny de Jong

Centrum för biologisk mångfald

Innehåll

1	Sammanfattning	5
2	Inledning	7
2.1	Uttag av skogsbränsle – rapportens bakgrund och struktur	7
2.2	Forskning om uttag av skogsbränsle – Bränsleprogrammet	8
2.3	Miljökvalitetsmål	8
2.4	Skogspolitiska mål och sektorsmål	9
3	Syfte och metodik	11
4	Skogsproduktion	13
5	Mark och vatten – övergödning, försurning och miljögifter	17
6	Växthusgaser	21
7	Biodiversitet	25
8	Kan vi öka uttaget av skogsbränsle utan negativa konsekvenser för miljön?	29
8.1	Inledning	29
8.2	Hur påverkas uppfyllelsen av produktionsmål och miljökvalitetsmål av ökat skogsbränsleuttag?.....	31
8.3	Kommentarer till bedömda konsekvenser av skogsbränsleuttag	36
8.4	Förutsättningar för bedömningarna.....	43
8.5	Sammanvägd bedömning	44
9	Övergripande slutsatser	47
9.1	Mer skogsbränsle kan tas ut	47
9.2	Mycket forskning har genomförts men fortsatt forskning behövs	47
10	Tack	51
11	Referenser	53

1 Sammanfattning

Föreliggande rapport sammanfattar kunskapsläget när det gäller möjligheter att öka uttaget av skogsbränsle och dess konsekvenser för mark, vatten och biodiversitet. Rapporten bygger vidare på en tidigare syntesrapport som Energimyndigheten tagit fram. Underlaget baseras framförallt på den forskning som bedrivits inom ramen för Energimyndighetens forskningsprogram, ”Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle” (Bränsleprogrammet), samt andra närliggande projekt som Energimyndigheten finansierat.

Målet med studien var att undersöka:

1. Vilka nya kunskaper som kommit fram inom Bränsleprogrammet inom det aktuella området
2. Kopplingen mellan forskningsresultaten och nationella mål och riktlinjer (t.ex. miljökvalitetsmålen och Skogsstyrelsens rekommendationer), och EU-direktiv, t.ex. förnybarhetsdirektivet (EU-direktiv 2009/28/EG)
3. Vilka frågor som återstår att besvara för att kunna säkra en långsiktig och uthållig produktion och användning av skogsbränsle och torv från skogsmark

Resultatet visar att det finns en stor potential att öka skogsbränsleuttaget utan att det försvårar möjligheten att nå miljö- och produktionsmål. Från dagens ca 14 TWh finns det åtminstone utrymme att öka till 24 TWh. Minst problematiskt är grot, medan det fortfarande finns en del frågetecken kring konsekvenserna av stubbuttag. Ett begränsat stubbuttag borde dock vara möjligt. Det ökade uttaget är dock kopplat till ett antal förutsättningar som måste uppfyllas för att negativa effekter ska kunna undvikas:

1. Att generella hänsyn inte påverkas negativt.
2. Att det huvudsakligen är grot och stubbar från barrträd som tas ut.
3. Att man kompenserar genom askåterföring där det finns behov, med aska av god kvalitet
4. Att körskador kan begränsas (uttag av grot och stubbar kan endast ske på marker med god bärighet)
5. Att uttag inte sker i anslutning till nyckelbiotoper och naturreservat, där snarare en förstärkning av mängden solexponerad död ved är önskvärd.

2 Inledning

2.1 Uttag av skogsbränsle – rapportens bakgrund och struktur

Biobränslemarknaden i Sverige tog fart redan efter de två oljekriserna på 1970-talet. Initialt var det främst skogsindustrin som i högre grad började använda sina restprodukter som processenergi. Sedan dess har oron för klimatförändringar tillsammans med målet att ha en säker energiförsörjning lett till politiska stimulansåtgärder för att gynna marknaden för inhemska förnybara energislag. I ett skogsrikt land som Sverige har detta medfört ett ökat nyttjande av skogsbiomassa för energiändamål där fjärrvärme och elproduktion i kraftvärmeverk är den snabbast växande marknaden idag. I stort sätt alla restprodukter från industrin används idag varför ytterligare skoglig biomassa måste hämtas i skogen. Fokus idag ligger på avverkningsrester, så kallad grot (grenar och toppar) – men i framtiden kan även stubbar och klena träd från röjningar och gallringar ingå i bränslemixen. Den svenska biobränslemarknaden växer idag med ca 3 TWh per år, vilket motsvarar cirka 1,5 miljoner kubikmeter ved.

Den här rapporten är begränsad till skogsbränsle, som vi definierar som biobränsle som har sitt ursprung i träd eller träddelar, och som tidigare inte haft någon annan användning eller genomgått någon kemisk omvandling. Till skogsbränsle räknas avverkningsrester som grenar och toppar (oftast förkortat som grot), stubbar och stamved. Även industriella biprodukter som flis, sågspån och bark räknas med. Torv utgör ytterligare en energikälla från skogsmark som sannolikt kommer att öka i betydelse. Torv räknas dock inte som biobränsle eftersom det endast är långsamt förnybart, och därmed inte kan räknas som klimatneutralt. För att ytterligare öka tillgången till skogsbiomassa diskuteras även intensivodling av skog. Sammantaget medför detta att skogsekosystemet brukas mer intensivt.

Av Sveriges totala tillförsel av energi står biobränsle (inklusive skogsbränsle) och torv för drygt 22 % (2009). Användningen av biobränsle har mer än fördubblats sedan 1980-talet. Den största ökningen har skett inom fjärrvärmeanvändningen (Energimyndigheten 2011).

För att ta reda på hur ett uthålligt nyttjande av skogsbränsle kan utformas, utan att olika mål kommer i konflikt med varandra, satsar Energimyndigheten resurser på forskning. Den här rapporten är en kunskapssammanställning och en syntes av de resultat som kommit fram, i första hand inom ramen för Energimyndighetens egna forskningsprogram, men även inom andra relaterade program och projekt. Syntesen innefattar även en koppling mellan forskningsresultaten och samhällets mål.

2.2 Forskning om uttag av skogsbränsle – Bränsleprogrammet

Den 1 januari 2007 påbörjades Energimyndighetens forskningsprogram ”Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle” (Bränsleprogrammet). Programmet stöds med 40 miljoner kronor per år, och avslutades efter förlängning 30 juni 2011. Delar av Bränsleprogrammet är en fortsättning på det tidigare forskningsprogrammet ”Biobränsle och miljön” som löpte 2000–2004 och vars resultat och slutsatser finns sammanfattade i en syntesrapport (Egnell m.fl. 2006).

Bränsleprogrammet bestod av tre temaområden: Lantbruk, Skog och Förädling, samt en övergripande del, Strategisk kunskap, som berörde alla temaområden. Temaområdet ”Skog och förädling” var vidare indelat i två delar, nämligen ”Skogsskötsel för uthålligt ökad bränsleproduktion” samt ”Effektivare skogsbränslesystem”.

Den här syntesrapporten analyserar huvudsakligen resultatet från delområdet ”Skogsskötsel för uthålligt ökad bränsleproduktion” som i sin tur bestod av: Mark och ekosystem, Skötsel och Torv, samt ett delområde inom Strategisk kunskap, nämligen Biodiversitet. Vidare inkluderas annan forskning, som genomförts utanför Bränsleprogrammet men som har koppling till dessa delområden, samt projekt som ingick i förra programmet (Biobränsle och miljön), men som publicerats efter den förra syntesen (från och med 2005).

2.3 Miljökvalitetsmål

Från slutet av 1990-talet till början av 2000-talet utvecklades Sveriges Miljökvalitetsmål. År 1997 fastställde Riksdagen 15 övergripande mål. Några år senare beslutade Riksdagen om delmål och senare lades ett 16:e mål till. De Miljökvalitetsmål som är mest relevanta för skogsbränsleuttag är Begränsad klimatpåverkan, Bara naturlig försurning, Ingen övergödning, Levande skogar och Ett rikt växt- och djurliv. Nedan beskrivs de övergripande målformuleringarna och de delmål som mest berörs av skogsbränsleuttag. Delmålen är delvis överspelade eftersom de flesta gällde till 2010. Vissa lyckades man uppnå, andra inte. I den här sammanställningen listar vi relevanta delmål eftersom de säger en del om vilka faktorer man anser vara väsentliga för att uppnå det övergripande målet. Ett arbete pågår för precisering av målen (Naturvårdsverket 2011). Framöver kommer delmål att ersättas med etappmål. De mest relevanta miljökvalitetsmålen för denna studie är:

- Begränsad klimatpåverkan ”Halten av växthusgaser i atmosfären skall i enlighet med FN:s ramkonvention för klimatförändringar 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.”

- 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.”
- Ingen övergödning ”Halterna av gödande ämnen i mark och vatten skall inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten.”
- Levande skogar ”Skogens och skogsmarkens värde för biologisk produktion skall skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden bevaras samt kulturmiljövärden och sociala värden värnas. Inriktningen är att miljökvalitetsmålet skall nås inom en generation.”

2.4 Skogspolitiska mål och sektorsmål

I det skogspolitiska beslutet från år 1993 (prop. 1992/93:226) anges ett produktionsmål och ett miljömål.

Produktionsmålet

”Skogen och skogsmarken skall utnyttjas effektivt och ansvarsfullt så att den ger en uthålligt hög avkastning. Skogsproduktionens inriktning skall ge handlingsfrihet i fråga om användning av vad skogen producerar.”

Miljömålet

”Skogsmarkens naturgivna produktionsförmåga skall bevaras. En biologisk mångfald och genetisk variation i skogen skall säkras. Skogen skall brukas så att växt- och djurarter som naturligt hör hemma i skogen ges förutsättningar att fortleva under naturliga betingelser och i livskraftiga bestånd. Hotade arter och naturtyper skall skyddas. Skogens kulturmiljövärden samt dess estetiska och sociala värden skall värnas.”

Dessa mål är likvärdiga såtillvida att båda målen är lika viktiga att nå. Produktionsmålet, miljömålet och miljökvalitetsmålen ligger till grund för de sektorsmål som skogssektorn utarbetat. Sektorsmålen innehåller dels övergripande, långsiktiga mål som mer liknar en vision och som är en vidareutveckling av de skogspolitiska målen, samt 13 kortsiktiga och mer konkreta mål som gällde till 2010. Dessa 13 mål inkluderar även delmålen i Levande skogar. Resultatet i Bränsleprogrammet kopplar delvis till några av målen. Exempel på detta är målet om skogsmarkens naturgivna produktionsförmåga: ”Senast år 2010 finns riktlinjer för hur skogsmarkens naturgivna produktionsförmåga ska bevaras som inkluderar en balanserad tillgång på näring och anpassningar i skogsskötseln” och målet om mark och vatten i balans: ”Senast år 2010 är den areal som erhåller aska minst lika stor som den areal där avverkningsrester (grot) skördas vid föryngringsavverkning”. Ett annat exempel är målet om miljöhänsyn vid föryngringsavverkning. Målet är förvisso mest relevant för myndighetens rådgivning, men vilka hänsyn som är effektiva att lämna för biodiversiteten har en direkt koppling till Bränsleprogrammet.

3 Syfte och metodik

Det övergripande syftet med det här arbetet är att undersöka:

1. Vilka nya kunskaper som kommit fram inom Bränsleprogrammet när det gäller uttag av biobränsle från skogsmark. Kunskapsläget idag jämförs bland annat med kunskapsläget när den förra Syntesrapporten togs fram (Egnell m.fl. 2006).
2. Hur kopplingen ser ut mellan forskningsresultaten och nationella mål och riktlinjer (t.ex. miljökvalitetsmålen och Skogsstyrelsens rekommendationer).
3. Vilka frågor som återstår att besvara för att kunna säkra en långsiktig och uthållig produktion och användning av skogsbränsle och torv från skogsmark.

Arbetet genomfördes i två steg där det första steget omfattade en kunskapssammanställning inklusive identifiering av kunskapsluckor, avslutades 2010, och det andra steget, en syntes, avslutades 2011. Arbeta baseras på en övergripande beskrivning av kunskapsläget där avslutade projekt ingår.

Kunskapssammanställningen bygger vidare på den förra syntesrapporten (Egnell m.fl. 2006) och baseras i första hand på publikationer som tagits fram inom ramen för Bränsleprogrammet och näraliggande projekt sedan 2004. Förutom detta görs en övergripande litteratursökning av andra relevanta publikationer som tagits fram i andra forskningsprogram, både i Sverige och internationellt. Alla projektledare som driver projekt, eller har drivit projekt inom Bränsleprogrammet, sedan 2007 har intervjuats. Syftet med intervjuerna är att fånga upp preliminära resultat som ännu inte har publicerats, att diskutera vad som har genomförts i projekten i förhållande till projektplanen, samt att identifiera kunskapsluckor. Den forskning som bedrivs kring uttag av biobränsle i Finland är av speciellt intresse. Därför intervjuas även en del forskare i Finland.

Fakta till rapporten har även samlats in via ett antal seminarier. Den 23–24 mars 2009 hölls ett forskarseminarium om klimatrelaterade projekt, den 7–8 maj 2009 hölls ett seminarium om konsekvenser av uttag av stubbar, och den 2–3 november 2009 hölls ett forskarseminarium som täckte in övriga projekt inom Bränsleprogrammet.

Rapporten har granskats och kompletterats av ett antal specialister (se ”Tack”), och diskuterades på seminarier den 1 december, 2009, och 21 mars 2011.

Metodiken för syntesarbetet beskrivs mer utförligt i kapitel 8.

4 Skogsproduktion

Grenar och toppar (grot)

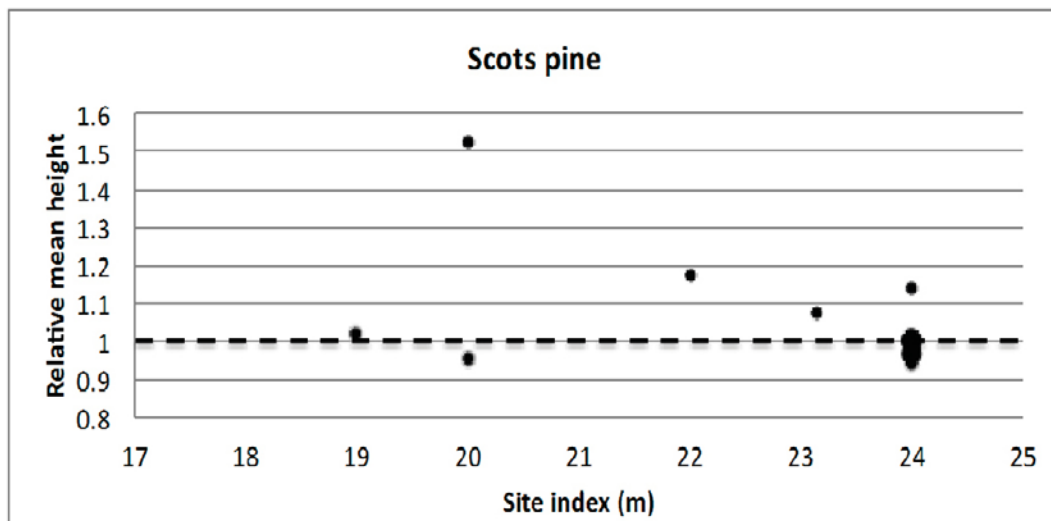
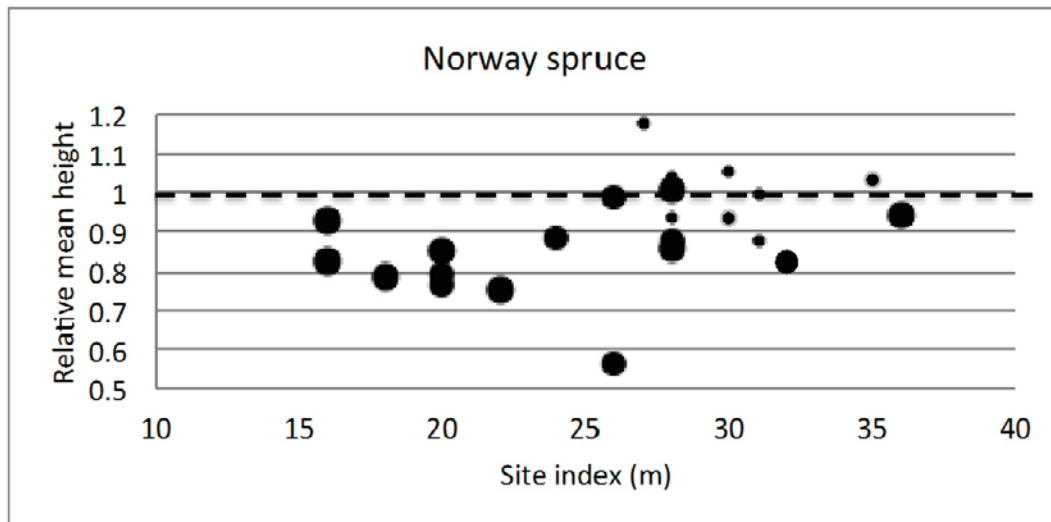
Skogsproduktionsforskningen rörande effekter av uttag av grot bygger på långsiktiga försök, vilka används för studier av mer långsiktiga effekter och för att fastställa tillväxteffekternas storlek och varaktighet. De flesta äldre försök med gran visar på tillväxtminskning efter uttag av grot i föryngringsavverkning, även om tillväxtminskningen ibland inte kan säkerställas statistiskt, medan tillväxtminskningen uteblir i tall (figur 4.1). Tillväxtminskningen kompenseras ibland av ökad plantöverlevnad, framförallt i tallplanteringar. Tillväxtminskningen kan kompenseras genom tidigare beståndsetablering, väl genomförd markberedning, vegetationsbekämpning och gödsling.

Då kväve oftast är det näringsämne som begränsar tillväxten i boreal och nordligt tempererad skog (Tamm 1991) är det troligt att tillväxtnedsättningen orsakas av det extra kväveuttaget vid uttag av grot. Tillväxteffekten förefaller också vara tillfällig och alltså inte orsakad av en permanent sänkning av skogsmarkens produktionsförmåga (Egnell 2011).

Resultat från den största försöksserien med skogsbränsleuttag i gallring har nyligen publicerats 15–25 år efter gallring (Helmisaari m.fl. 2011). Flera av försöken har gallrats en andra gång med upprepat skogsbränsleuttag. Resultaten visar att uttag av grot i gallring signifikant har minskat produktionen i det kvarvarande beståndet under de två första 10-årsperioderna i granbestånden och först under den andra 10-årsperioden på tallytorna. Kompensationsgödsling för de näringsämnena som togs ut med grot kompenserade för den tillväxtminskning uttaget av grot orsakade. Dessa resultat är i linje med tidigare studier. En skogsägare behöver därför värdera den tidigarelagda intäkten för levererat skogsbränsle mot framtida tillväxtförluster samt mot möjligheten att kompensera för dessa till exempel genom gödsling.

Stubbar

Ännu opublicerade data från fältförsök visar att stubbskörd inte förefaller påverka skogsproduktionen på kort sikt, medan underlag saknas för att kunna bedöma effekten på lång sikt. Men då kväveinnehållet i stubbar är avsevärt lägre än i grot finns det inte någon anledning att förvänta sig dramatiska effekter av stubbskörd. Väl genomförd stubbskörd kan minska rotröteangrepp i nästa skogsgeneration (Vasaitis m.fl. 2008), samtidigt som markomrörningen stimulerar näringsfrigörelse och tillslaget av naturlig föryngring. Detta kan påverka skogsproduktionen i positiv riktning. Mot detta står risken för ökad spårbildning och markkompaktering vid stubbskörd, vilket kan vara negativt för plantetablering och tillväxt, samt risken för fördröjning i återbeskogningsarbetet då ytterligare ett sortiment skall hanteras före markberedning och plantering.



Figur 4.1. Relativ medelhöjd (Stam+grotskörd/enbart stamskörd) för gran- och tallplanter planterade efter helträdsuttag (all biomassa ovan stubben skördad) jämfört med konventionell avverkning där enbart stamveden skördas. Ökande punktstorlek indikerar tid som gått sedan plantering med 5–10 år sedan för de minsta och mer än 20 år sedan för de största. Data kommer från långsiktiga försök i Sverige och är plottade mot ståndortsindex vilket är ett index som beskriver markens bördighet.

Askåterföring

Askåterföring rekommenderas av Skogsstyrelsen efter skogsbränsleuttag – i första hand för att motverka markförurningseffekten vid skogsbränsleuttag. Askåterföring och kalkning har visat sig påverka skogsproduktionen i olika riktningar på olika marker (Norstedt 2001). Det är därför viktigt att bringa klarhet i på vilka marker det finns risk för skogsproduktionsnedsättningar vid askåterföring, och på vilka marker en tillväxtökning kan väntas. Ännu ej publicerade data visar att såväl askåterföring som kalk kan leda till något minskad tillväxt på mark med låg bonitet, oförändrad tillväxt på medelboniteter och något ökad tillväxt på goda boniteter. Effekterna är emellertid små och ofta ej statistiskt säkerställda i enskilda försök. Den troligaste förklaringen till tillväxteffekternas olika riktning på olika marker är att kvävetillgängligheten påverkas olika på olika marktyper med en fastläggning på svaga marker och en nettofrigörelse på bördiga marker.

Ökad skogsproduktion

Den snabbt växande bioenergimarknaden i Sverige har motiverat forskningsprojekt som söker vägar mot ökad produktion av biomassa från skogen. Projekten rör allt från snabbväxande trädslag på åkermark och behovsanpassad gödsling av granskog till modifieringar av befintliga skogsskötselsystem för att öka biomassaproduktionen i ungskogen. Flera av dessa studier fokuserar i detta skede i första hand på att nivålägga produktionspotentialen och identifiera risker. På sikt, om mer intensiva skogsskötselsystem börjar tillämpas, behövs även utveckling av teknik och logistik som gör produktionen ekonomisk hållbar samtidigt som effekter på den omgivande miljön begränsas.

Forskningsbehov

Det finns idag ett stort empiriskt material tillgängligt för att analysera tillväxteffekter av skogsbränsleuttag (grot, stubbar, klens stammar) och askåterföring. Hittills har enskilda försöksserier analyserats var för sig. Det är nu dags att gå från analyser av enskilda försök till analyser av större material med större förutsättning att generera ett tydligt svar på om och i så fall hur mycket skogsproduktionen påverkas. För att kunna studera mer långsiktiga effekter av ett eller flera uttag av skogsbränsle är det fortsatt av vikt att långsiktiga fältförsök kan drivas vidare med relevant skötsel. Därtill behöver miljöprestandan i mer intensiva skogsskötselsystem med potential att öka biomassaproduktionen i skogen utvärderas.

5 Mark och vatten – övergödning, försurning och miljögifter

Flöden av grundämnen i skogsmark och vidare till ytvatten påverkas av olika typer av mänsklig aktivitet. Luftföroreningar i form av svavel och kväve bidrar till försurning och övergödning av mark och vatten, och surt nedfall kan även påverka rörligheten av miljögifter, t.ex. kvicksilver. Skogsbruk påverkar näringsomsättningen i marken dels genom att näringsämnen förs bort från systemet i och med att biomassa tas ut, dels genom omrörning och förändring av flödesvägar vid exempelvis avverkning, markberedning, stubbuttag och markkompaktering orsakad av skogsmaskiner. Bortförelsen av näring kan vara negativ ur närings- och försurningssynpunkt men kan innebära kvävelättnad i områden med hög belastning av kväve. Ett skogsbruk som inkluderar näringstillförsel kan innebära kompensation för förlusten av viktiga näringsämnen, men kan också påverka kväveutlakningen initialt. Vissa produkter för näringskompensation kan innehålla miljögifter som därmed också tillförs systemet.

Miljökvalitetsmålet Ingen övergödning

Ökat uttag av skogsbränsle bedöms vara förenligt med miljökvalitetsmålet Ingen övergödning. Behovsanpassad gödsling kan däremot innebära försämrade möjligheter att nå målet.

I teorin bör inte uttag av grot och askåterföring innebära någon risk för ökning av kväveutlakningen i någon större omfattning. Regionala massbalanser av kväve visar tvärtom att uttaget kan innebära en viss kvävelättnad i områden med hög kvävebelastning. Experimentella studier visar, i enlighet med teorin, att uttag av grot och askåterföring endast har ytterst begränsad påverkan på kväveutlakningen, om det utförs enligt Skogsstyrelsens rekommendationer. Vad gäller uttag av stubbar är det oklart hur markstörning och eventuella körsador påverkar utlakningen i hyggesfasen. Detta bör utredas vidare, tillsammans med effekter på andra miljömål av uttag av stubbar, men effekterna på kväveutlakningen bedöms vara av underordnad betydelse. Eftersom skogsbrukets bidrag till övergödning av sjöar och hav i nuläget är litet jämfört med andra källor görs bedömningen att uttag av grot och stubbar och askåterföring varken ökar eller minskar möjligheterna att nå målet.

Fältförsök visar att effekterna av BAG varierar beroende på beståndsegenskaper och metodik. I ogynnsamma fall kan kväveutlakningen efter BAG vara stor, medan ökningen i kväveutlakning i andra fall är marginell. Fortsatt forskning krävs för att kunna minimera risken för kraftigt förhöjd kväveutlakning. Även kväveutlakningen i samband med slutavverkning av gödslade bestånd behöver kvantifieras.

Miljökvalitetsmålet Bara naturlig försurning

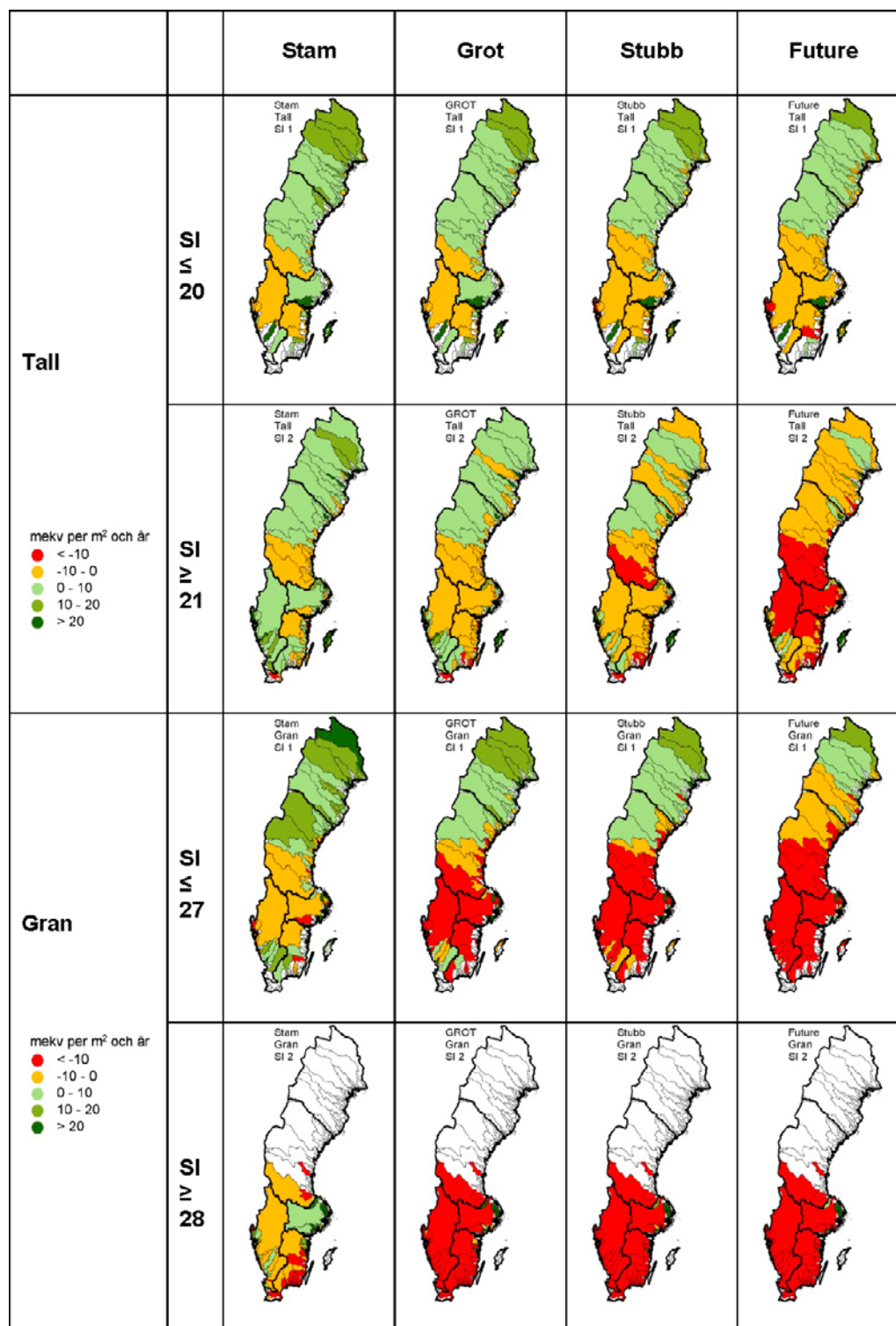
Ett ökat skogsbränsleuttag bedöms vara förenligt med miljökvalitetsmålet Bara naturlig försurning under förutsättning att askåterföring eller motsvarande näringskompensation görs i känsliga områden.

Skogsbruket bidrar till försurning eftersom trädens upptag av näringsämnen för-surar marken, och bortförseln av biomassa vid skörd innebär att näringsämnena inte återförs till marken och motverkar försurningen. Detta har demonstrerats både i långsiktiga fältförsök, dynamiska modeller och regionala massbalanser (Figur 5.1). I ett intensivare skogsbruk är det framför allt stora uttag av näringsrik biomassa som kan påverka miljökvalitetsmålet Bara naturlig försurning. Uttag av grot har därför stor påverkan jämfört med enbart stamuttag medan näringsförlusterna vid uttag av stubbar är mindre än för grot, men ändå märkbar. Det finns fortfarande oklarheter vad gäller omfattningen och tidsförloppet på effekterna på mark, och i ännu större utsträckning för effekterna på vatten, men resultat från både fältexperiment och modeller visar att uttag av biomassa påverkar möjligheterna att nå miljökvalitetsmålet om försurning.

Områden som är hårt drabbade av försurning från luftföroreningar är de områden där riskerna med skogsbrukets försurning är störst. Det är också där som en ökning av skogsbränsleuttag på landskapsnivå från t.ex. 20 till 60 eller 80 % sannolikt har störst effekt på vattenkvaliteten på landskapsnivå. Det finns redan idag en stor regional variation i uttagets storlek, och därför finns också betydande regionala variationer vad gäller risken för skogsbrukets försurande påverkan och behovet av kompensation.

Med askåterföring förs alla näringsämnen utom kväve tillbaka till skogsekosystemet. Även med denna åtgärd finns oklarheter vad gäller omfattning och tidsförlopp på effekterna, i synnerhet effekterna på vatten. Studier över effekten av askåterföring efter både grot- och stubbuttag på mark och vatten saknas helt. Under perioden 2000–2004 gjordes uttag av grot på ca 30 000 ha per år, men aska spreds på bara 5000 ha. En skillnad mellan uttag och kompensation kommer sannolikt att bestå även i framtiden, delvis som en följd av brist på aska av lämplig kvalitet. Detta motiverar att askåterföring bör ståndortsanpassas och koncentreras till områden där behovet är som störst såsom områden med tidigare stor försurningsbelastning eller efter uttag på skogliga torvmarker.

Vid behovsanpassad gödsling (BAG) tillförs både kväve och andra näringsämnen. Tillförseln av baskatjoner innebär att det finns förutsättningar för denna produktionsmetod att inte påverka målet Bara Naturlig Försurning negativt. Om gödslingen leder till betydande nitrifikation kan dock BAG innebära ökad försurning, och därför bör effekterna på försurning undersökas tillsammans med effekterna på kväveutlakning.



Figur 5.1. Regionala massbalanser av baskatjoner (Ca, Mg, K, Na) för olika skördescenarier, dvs. balansen mellan vittring å ena sidan (enligt Profile-modellen) och skördeförluster av baskatjoner å andra sidan. Medianvärdet för ytorna presenteras på avrinningsnivå (huvudavrinningsområden) för tall och gran uppdelat på två olika intervall för ståndortsindex (SI). Ett negativt värde innebär att bortförseln via uttag är större än tillförseln via vittring. De fem vattendistrikten framgår av den markerade linjen (Hellsten m.fl. 2010).

Miljökvalitetsmålet Giftfri miljö

Skogsbränsleuttag, som innebär högre frekvens av körsador i fuktig humusrik mark, ökar risken för ökad förekomst och spridning av metylkvicksilver i skogslandskapet och kan därför vara svårt att förena med miljökvalitetsmålet Giftfri miljö. Askåterföring i samband med skogsbränsleuttag är förenligt med målet under förutsättning att askor av lämplig dos och kvalitet sprids.

Bedömningen av hur olika scenarios påverkar miljökvalitetsmålet giftfri miljö i skogslandskapet, domineras av kvicksilverproblematiken och risken för att kontaminerade askor sprids i skogen. Risken för metylering av kvicksilver och vidare transport till akvatiska näringskedjor ökar sannolikt vid all ökning av körsador, spårbildning och mekanisk omrörning i fuktig, torvrik mark med dålig bärighet. Stubbtag på sådan mark misstänks kunna orsaka ökad transport och metylering av kvicksilver p.g.a. mer omrörning och körsador, men det gäller även grottag i den mån det orsakar mer körsador i fuktig terräng.

För att bedöma konsekvenserna av en ökning av både grot- och stubbtag på beståndsnivån från måttlig till hög nivå (60 till 80 %) kan man anta att risken för körsador ökar (ökande transporter i kombination med mindre armerande grot i körvägen), liksom en ökning på landskapsnivån från underordnad (20 %) till dominerande (60 och 80 %) på samma sätt ökar risken för uttag på mark som är olämplig. En expansion i dessa avseenden innebär därför inte bara en totalt större belastning, utan risken accentueras på grund av att mer olämplig mark tas i anspråk.

Förmågan att identifiera och avskilja askor med olämplig kvalitet för spridning i skogsmark är avgörande för askåterföringens påverkan på miljökvalitetsmålet. Här förutsätts att gällande kvalitetskriterier följs.

Klimatförändringar påverkar effekterna av skogsbränsleuttag

Klimatförändringen kommer att ha en direkt påverkan på näringsomsättningen i marken, dels genom effekter av temperatur och fuktighet på till exempel nedbrytning och upptag, dels genom effekter av störningar, t.ex. stormskador, orsakade av ett förändrat klimat. Det är viktigt att beakta detta vid bedömning av miljöeffekter av ett intensifierat skogsbruk.

6 Växthusgaser

Växthusgasbalansen vid skörd och energiomvandling

Klimatnyttan med att ersätta fossila bränslen med skogsbränslen måste beräknas från ett helhetsperspektiv som inkluderar växthusgasbalanser för ekosystemen där biomassan produceras, energisystemen där biomassan används, samt energisystemen som ersätts. LCA-studier visar att grot och stubbar ger stort energiutbyte i relation till insatsenergin som krävs för skörd, sönderdelning och transport till värmeverk. Totalt rör det sig om en insatsenergi motsvarande 2–5 % av energiinnehållet i levererad flis. Klimatnyttan vid energiomvandlingen beror på energiutbytet i energiomvandlingen, där elproduktion i kombination med värmeleveranser till ett fjärrvärmesystem eller en värmekrävande industriprocess har en gynnsam balans, medan enbart elproduktion där överskottsvärmen kylv bort eller omvandling till drivmedel är mindre gynnsamt. Sist, men inte minst, påverkas klimatnyttan av vilka energibärare som ersätts med biobränsle. Störst klimatnytta får man om man ersätter fossila alternativ och då i första hand kol, följt av olja och naturgas.

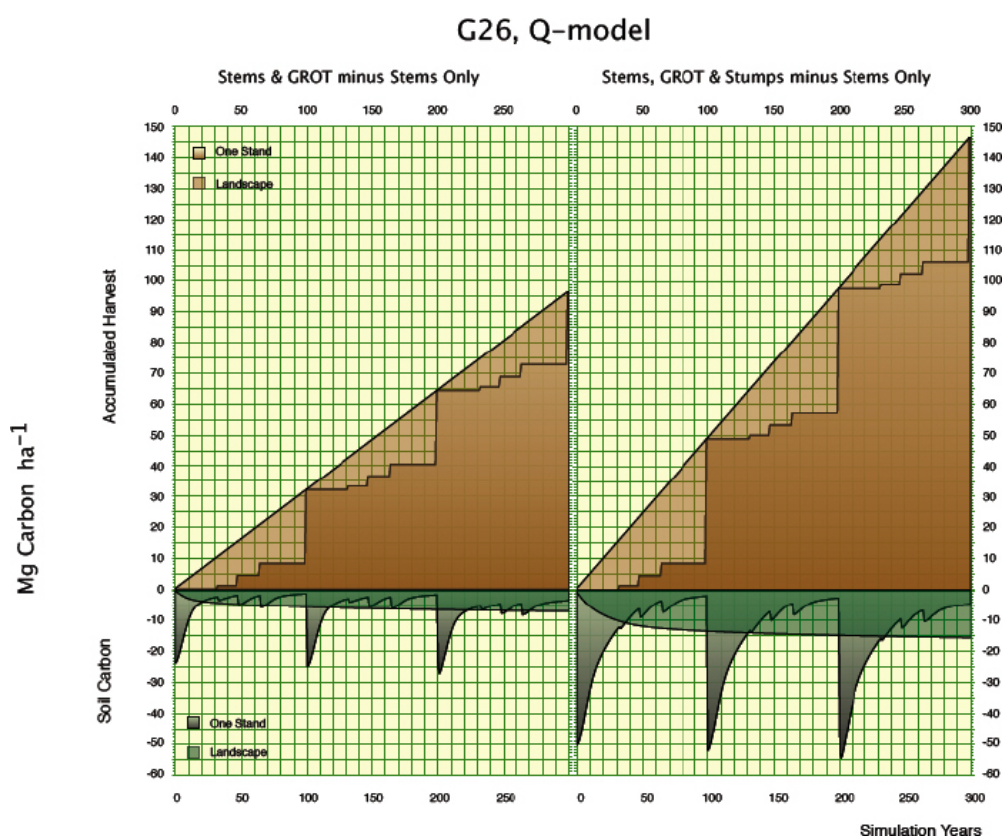
Växthusgasbalansen i skogsekosystemet

Växthusgasbalansen i skogsekosystemet efter skogsbränsleuttag bestäms av hur olika växthusgasflöden påverkas av skogsbränsleuttaget. De stora posterna här är växternas upptag av koldioxid genom fotosyntes och fastläggningen av kol i biomassa och mark, samt markandningen. Markandningen är ett resultat av att kolrikt material bryts ner av markorganismer, vilket resulterar i koldioxidavgång till atmosfären. Balansen mellan uppbyggnad av ny biomassa och markandningen avgör om skogen är en kolkälla (markandning dominerar) eller kolsänka (biomassaproduktion dominerar) i förhållande till atmosfären. Till detta kommer eventuella effekter av skogsbränsleuttag på flöden av andra viktiga växthusgaser såsom lustgas och metan. Det är summan av dessa flöden som avgör den slutliga växthusgasbalansen i skogsekosystemet vid skörd och nyttjande av skogsbränsle.

Resultatet i dessa beräkningar påverkas mycket av vilket tids- och rumsperspektiv som väljs. Om det rumsliga perspektivet begränsas till ett enskilt skogsbestånd som slutavverkas förändras växthusgasbalansen kraftigt med beståndsutvecklingen. Slutavverkning innebär att skogsekosystemet initialt blir en kolkälla, men det nya beståndets tillväxt innebär att det så småningom åter blir en kolsänka. Betraktat över hela omloppstiden kan skogen utgöra en betydande kolsänka. Till denna dynamik skall man även beakta hur man använder den skördade biomassan. Om biomassan lämnas kvar frigörs koldioxid långsamt i takt med nedbrytningen. Om grot och stubbar istället används som bränsle frigörs kol i biomassan till atmosfären direkt vid förbränningen. Det tar ett antal år tills koldioxidutsläppen vid förbränning har balanserats av motsvarande utebliven emission från nedbrytning. Tidsskillnaden mellan den direkta emissionen vid förbränningen och den långsamma vid nedbrytningen spelar roll för bedömning av skogsbränslets klimategenskaper. I ett kort tidsperspektiv (< 20 år) har förbränning av grot till största

delen balanserats av utebliven nedbrytning. Stubbar bryts ner långsammare än grot och därför tar det ytterligare flera decennier att uppnå motsvarande balans. Omloppstidens längd har också betydelse då det tar längre tid för hela skogsekosystemet att nå en positiv kolbalans i nordliga boreala skogar än i tempererade bördigare skogar. Den långsiktiga klimatnyttan behöver därför beräknas över åtminstone en omloppstid för att ge skogsbränslet rättvisa.

Ett alternativ till att beräkna skogsbränslets växthusgasbalans på beståndsnivån över en omloppstid är att beräkna den över ett större skogslandskap där alla beståndsutvecklingsfaser från nyligen planterade hyggen till slutavverkningsmogen skog finns jämnt representerade. Här kompenseras den direkta emissionen av kol från grot och stubbar av såväl inbindning av kol i bestånd som befinner sig i den växtligaste fasen av beståndsutvecklingen som av ”utebliven nedbrytning” i andra bestånd. Modellsimuleringar av kolbalanser som skalas upp från beståndsnivån till landskapsnivån, där alla beståndsutvecklingsfaser finns representerade, visar att ökade uttag av skogsbränslen ger en positiv effekt på kolbalansen redan på kort sikt (Figur 6.1).



Figur 6.1. Modellsimuleringar över 300 år av den sammanlagda kolbalansen i ett fingerat landskap med granskogar som avverkas vart 100:e år och där varje åldersklass från 0–100 år finns representerad med samma areal. Den övre bruna delen i diagrammen visar den ackumulerade mängden kol som tas ut med skördad grot (vänstra bilden: 80 % av all tillgänglig grot) och i skördad grot + stubbar (högra bilden: 80 % av all grot, 50 % av alla stubbar). Den nedre gröna delen visar ackumulerad minskning i markens kolförråd över tid orsakade av det extra biomassa-uttaget i grot och stubbar. Sågtandad kurva visar ackumulerad mängd kol i ett enskilt bestånd, utjämnad kurva visar hela landskapets ackumulerade medelkolförråd. (Eliasson m fl. 2011).

Simuleringarna visar att den sammanlagda kolmängden i skördad biomassa är mycket större än den sammanlagda kolförlusten i marken. Genom att använda biomassan i skördad grot och stubbar klokt, till exempel för att ersätta fossila bränslen, får man därmed en snabb positiv effekt på växthusgasbalansen.

Osäkerheter som inte har beaktats i resonemanget ovan är att uttag av näringsrik biomassa för energiändamål kan påverka skogsproduktionen i nästa skogsgeneration negativt, vilket kan påverka kolbalansen (se avsnittet om skogsproduktion). Andra faktorer där det ännu råder en viss osäkerhet rör ökad markstörning efter grot och framför allt stubbskörd vilket kan påverka nedbrytningshastigheten och koldioxidavgången från marken. Samtidigt kan en ökning av nedbrytningen öka tillgängligheten på näring vilket kan stimulera tillväxten i det nya beståndet inklusive fält och bottenvegetation. Detta kan styrkas i fältförsök med markberedning. Kol kan genom detta minskas i markförrådet och öka i levande biomassa utan att den totala kolbalansen påverkas. Det är därför viktigt att beakta förändringar i alla kolförråd när effekterna av en åtgärd skall utvärderas. Förändringar i flöden av andra växthusgaser såsom lustgas och metan kan också påverka det slutliga resultatet – men på skoglig fastmark utgör dessa flöden normalt en liten post.

Askåterföring på dikad torvmark

Ett sätt att öka skogsproduktionen är att använda vedaska som gödselmedel på de 5 miljoner hektar dikad, beskogad torvmark som finns i Sverige. Men det finns farhågor att kolinlagringen genom den ökade skogsproduktionen motverkas av ökade växthusgasflöden från torvlagret. I fältförsök har man visat att askåterföring på dikad lågproduktiv torvmark ger oförändrade utsläpp av växthusgaser, eller i varje fall inte ökade på kort sikt, medan asktillförsel på torvmark med hög bördighet åtminstone på kort sikt kan leda till minskade utsläpp av växthusgaser. Fortsatta uppföljningar av växthusgasemissioner, samt bättre förståelse av vilka mekanismer som orsakat nettoflödena behövs för att bedöma de långsiktiga effekterna av askan.

Växthusgasbalans vid intensivare skogsproduktion

Vid mer intensiv produktion såsom vid behovsanpassad gödsling tillförs mer näring till skogsbestånden – i första hand kväve, som är det mest tillväxtbegränsande näringsämnet i Sveriges skogar. Detta skulle kunna medföra risk för ökade lustgasemissioner, vilka om de blir stora kan motverka de positiva klimateffekter som en ökad skogsproduktion skulle kunna ge. I en sammanvägd slutsats i MINT utredningen, baserad på litteraturstudier och modellkörningar (COUP-modellen), konstateras dock att både gödslad och ogödslad svensk skog är positiva för växthusgasbalansen. Trots att modellberäkningarna indikerade en ökad lustgasavgång vid gödsling motsvarar den vid gödsling med 1 400 kg kväve per hektar under en 100-årsperiod aldrig mer än 2 % av den positiva effekten från det ökade koldioxidupptaget. Man pekar dock att resultaten från modellsimuleringarna måste beaktas med försiktighet då resultaten kan innehålla fel orsakade av såväl osäkerheter i empiriska data som i modellerna.

7 Biodiversitet

Frågan om hur skogsbränsleuttag påverkar biodiversitet handlar mest om konsekvenser för vedlevande arter. När det gäller skogsbränslen från gran rör det sig ofta om effekter på vedlevande arter som idag är rätt vanliga i skogskapet. Frågan kan avgränsas ytterligare till att i första hand gälla konsekvenser för vedlevande arter som är beroende av solexponerad död ved på hyggen, för det är i dessa miljöer man idag gör de största uttagen av skogsbränsle. De organismer som man då ofta talar om är vedlevande insekter. Det är möjligt att avverkningsrester och stubbar kompenserar frånvaron av de typer av solexponerade veds substrat som naturligt bildas på brandfält eller i stormfällda skog. För många rödlistade vedlevande arter är framförallt bristen på grov död ved som utgör det största hotet. Det är därför viktigt att öka mängden grov död ved för att säkra dessa vedlevande arters fortlevnad. När det gäller skogsbränsleuttag är det särskilt viktigt att säkerställa att naturhänsynen vid avverkning bibehålls eller förbättras¹.

Grot och stubbar

Grot bidrar till brukade skogars biodiversitet genom att erbjuda substrat och livsmiljö åt många olika skogsarter. Många arter som utnyttjar grot som mikrohabitat, alternativt som växtsubstrat, verkar dock vara rätt ospecifika i sina krav på livsmiljö. Dessa arter bör därför ha relativt goda möjligheter att överleva hyggesfasen, exempelvis i fickor av ostörd mark eller i anslutning till lämnad naturhänsyn, och därefter successivt återkolonisera området.

Klen granved verkar sällan hysa rödlistade vedlevande arter. Dessa arter fordrar istället grov död ved (10 cm i diameter eller grövre) eller ved från ovanligare trädslag (asp, ek och ädellövträd) för sin överlevnad och reproduktion (Jonsell m.fl. 1998, Dahlberg & Stokland 2004). De vedlevande arter som utnyttjar klen granved har ofta breda substrat- och habitatkrav. De kan även utnyttja andra vedkvaliteter (både grov och klen ved) och ofta flera olika trädslag. Dagens kunskap tyder på att de tänkbara effekterna av att klenved och grot av gran tas ut vid slutavverkning är relativt begränsade när de ställs i relation till de samlade effekterna av övrigt skogsbruk och de åtgärder som vidtas för att främja biodiversitet.

¹ Den svenska skogsvårdslagen definierar miljöhänsyn som åtgärder för att bevara naturvärden, skydda grundvatten och kulturmiljövärden inklusive det biologiska kulturarvet, samt sociala värden (Skogsstyrelsen 2008). Miljöhänsyn ska tas i alla bestånd vid alla skogsbruksåtgärder med syftet att t.ex. bevara och öka mängden död ved, gamla träd, ihåliga träd och speciella biotoper (de Jong et al. 1999). Två olika nivåer av miljöhänsyn tillämpas, miniminivån och rådgivningsnivån. Alla markägare måste tåla avsättningar och hänsyn upp till miniminivån, och hänsyn upp till miniminivån anses inte försvåra markanvändningen. Skogsstyrelsen har definierat miniminivån i förhållande till nettointkomsten vid avverkning, och för närvarande anses markägaren kunna tåla att avsätta mellan 5–10 % av nettointkomsterna som miljöhänsyn. Ofta ryms endast en del av fastighetens naturvärden inom denna nivå. Skogsvårdsstyrelsen ger markägaren råd om vilka värden som finns, men hänsyn utöver miniminivån (dvs. hänsyn enligt rådgivningsnivån) är frivilligt.

Få rödlistade arter verkar utnyttja klenved och grot av gran på hyggen. Dessutom lämnas en viss andel av grot kvar på skördade hyggen.

Uttag av ovanliga vedsubstrat, till exempel grot av trädslag som minskat kraftigt, kan däremot öka hoten mot rödlistade vedlevande arter. Speciellt grot från ädel-lövträd, men även från asp, har visat sig kunna hysa ett flertal olika rödlistade insekter och svampar (Nordén m.fl. 2004, Jonsell m.fl. 2007, Hedin m.fl. 2008).

Högar av grot kan fungera som ”fällor” för rödlistade vedlevande insekter. Detta har framkommit vid undersökningar av effekterna av uttag av grot från ädel-lövträd. Äggläggande vuxna individer av rödlistade skalbaggar med en 1–2-årig larvutveckling attraheras av högar med grot och reproducerar sig i det lagrade materialet. Ägg och larver går sedan förlorade om grot flisas och bränns innan skalbaggarerna hunnit kläckas (Hedin m.fl. 2008). Generellt bör uttag av klenved, grot och stubbar från ek och ädla lövträd men även från asp ske restriktivt.

En risk med ökat uttag av grot är att även annan ved som borde lämnas i natur-vårdssyfte förstörs eller tas ut som bränsle (Gustafsson 2004, Andersson 2005, Rudolphi & Gustafsson 2005). Dessutom verkar hanteringen av grot förorsaka fler skador på mark och småbiotoper påverkade av vatten än vad konventionell avverkning gör (Gustafsson 2004).

Ökat uttag av grot bedöms ha relativt små effekter på de studerade funktionella organismgrupperna (Olsson & Staaf 1995, Bråkenhielm & Liu 1998, Åström m.fl. 2005, Åström 2006, Bengtsson m.fl. 1997, 1998, Persson m.fl. 2005). Inga funktionella organismgrupper (växter eller markorganismer) verkar dö ut lokalt eller bli mycket abundant på grund av uttag av grot. Därför verkar det rätt osannolikt att uttaget skulle kunna orsaka förändringar i de ekosystemfunktioner som upprätthålls av hyggenas växt- och markorganismssamhällen.

Stubbuttag leder bland annat till en ökad homogenisering av hyggesmiljön, det vill säga vissa livsmiljöer försvinner, vilket i sin tur kommer att påverka många olika arters livsförutsättningar. Stubbar utgör huvudparten (ca 80 %) av den grova döda ved som idag finns i brukade skogslandskap (Egnell m.fl. 2006, Dahlberg m.fl. 2011; se ovan). Stubbar liknar många naturliga vedtyper som bildas då levande träd dödas av torkstress, översvämning, vind, brand eller snöfall. Avverkningsstubbar utgör viktiga ersättningssubstrat och kompensera avsaknaden av de typer av solexponerade vedsubstrat som fanns på brandfält eller i storm-fällda skog i naturskogslandskapet. På så sätt kan stubbar på hyggen bidra till att upprätthålla populationerna av solgynnade vedinsekter (Jonsell m.fl. 2007, Jonsell 2008a,b, 2010).

Det förefaller inte troligt att stubbuttag kommer att förändra markprocesser som till exempel nedbrytning och mineralisering på ett sätt som är negativt för biodiversiteten, och den kommer knappast försämra villkoren för mykorrhizasvampar. Deras lokala överlevnad och återetablering beror sannolikt på hur mycket träd och trädgrupper som lämnas kvar på hygget. Liksom när det gäller uttag av grot kommer stubbuttag att minska mängden dött organiskt material vilket i sin tur kan minska förekomsten av viktiga nedbrytare; svamp och djur i markekosystemets näringsväv.

Askåterföring

Oönskade effekter av askåterföring verka kunna undvikas genom att använda härdade askor med långsam upplösning. Man bör även undvika skogsbränsleuttag och askåterföring i fuktigare miljöer, i kantzoner längs vattendrag och våtmarker för att undvika utarmning av betydelsefulla naturvårdsmiljöer.

Intensivodling

När det gäller intensivskogsodling (inkluderar t ex gödsling och nya trädslag) verkar effekterna på biodiversitet till stor bero på hur stor andel av skogslandskapet som kommer att påverkas och hur man hanterar resten av landskapet. Dessutom är det oklart om det är bättre att separera produktions- och naturvårdsytor eller om naturvårdinsatser fortfarande ska integreras i produktionsytorna. Dessutom saknar vi mer eller mindre helt basala kunskaper om vilka arter och funktionella organismgrupper (exempelvis bladlöss och myror) som kan utnyttja exotiska arter (contortatall med flera), hybrider (asp och gran) eller framtida GMO modifierade trädslag (*Populus*). Även riskerna med främmade trädslag är bristfälligt analyserade enligt Gustafsson m.fl. (2009). Naturalisering av exotiska trädslag eller vegetation bör utredas men även risken för att främmande följearter (till exempel skadeinsekter) på sikt etablerar sig i Sverige.

8 Kan vi öka uttaget av skogsbränsle utan negativa konsekvenser för miljön?

8.1 Inledning

Alla skogsbruksåtgärder påverkar mark, vatten, klimat och biologisk mångfald på ett eller annat sätt. Konsekvenserna kan bli positiva eller negativa beroende på hur åtgärderna genomförs och vilka mål och värderingar man har. Utifrån ett samhälleligt perspektiv kan vissa negativa konsekvenser vara acceptabla så länge de inte leder till effekter som försvårar ett hållbart nyttjande. Vid en avverkning är det t.ex. oundvikligt att flera arter försvinner lokalt, och att utlakningen av kväve tillfälligt ökar. Däremot kan skogsbruket inte tillåtas äventyra förekomsten av livskraftiga populationer i landskapet eller kvalitén på omgivande ytvatten. Ett skogsbruk ska bedrivas så att det skapas förutsättningar för att alla i skogen naturligt förekommande arter ska kunna finnas kvar, och att omgivande ytvatten är av god kvalitet. Därmed kan det vara möjligt att bedriva ett tämligen intensivt skogsbruk på beståndsnivå med ökat biomassa-uttag, och samtidigt nå de samhälleliga målen på landskapsnivå, men det kräver höga ambitioner och bra kvalitet i miljövården. Ett ökat uttag medför ökad stress på ekosystemet och ställer därmed också högre krav på att åtgärderna utförs på rätt sätt. Exempelvis handlar effektiv naturvård både om kvantiteter, såsom avsättningsarealer och volymer död ved, samt om funktionalitet, d.v.s. kvaliteter och fördelning i landskapet.

I det här synteskapitlet värderar vi konsekvenserna av ett ökat skogsbränsleuttag utifrån de mål som riksdagen antagit; miljökvalitetsmålen och de skogspolitiska målen. Vi utgår från kunskapssammanställningen i kapitel 6–7 där referenser till vetenskapligt underlag återfinns, för att sammanfatta dagens kunskap om miljökonsekvenser av olika former av skogsbränsleuttag. Vi försöker sedan finna en uttagsnivå av biomassa i skogen som inte innebär att möjligheten att nå miljökvalitetsmålen ytterligare försvåras.

8.1.1 Bedömningsgrunder

Bedömningen av effekter sker främst på beståndsnivå eftersom kunskapsunderlaget baseras på forskning på beståndsnivå. Effekter på biologisk mångfald behöver dock bedömas på landskapsnivå med fokus på risken för regional förlust av arter (speciellt rödlistade arter). Påverkan på biogeokemiska kretslopp behöver också bedömas utifrån ett landskapsperspektiv, i synnerhet när det handlar om vattenkvalitet.

Bedömning av effekterna inom respektive miljöområde tar inte hänsyn till miljöeffekter av andra energialternativ och bedömer därför skogsbränsle i ett begränsat perspektiv. I de flesta fall är det en klimatfördel när biomassa används

istället för fossila bränslen (direkt eller indirekt i energisystemet). Växthusgas- och klimateffekten av skogsbränsleanvändning innebär dock en del komplicerade problem med avgränsning i tid och rum. Valet av systemgränser, tidsperspektiv och referensfall påverkar bedömningen av skogsbränslens klimatnytta kraftigt. Kunskapssammanställningen som denna syntes bygger på är begränsad till ekosystemens växthusgasbalanser inklusive energieffektiviteten i primärproduktionsledet i skogsbränslesystemen. Vi begränsar analysen till skogsbränsleuttagens påverkan på kolbalanser och växthusgasbalanser snarare än klimatnyttan, eftersom den senare inrymmer såväl en diskussion om uppehållstiden för växthusgaser i atmosfären som en analys av andra aktuella alternativ i energisystemet. För analyser av bioenergens klimateffekter i ett systemperspektiv hänvisas till en parallell syntes om s.k. strategisk bioenergiforskning (Gode m.fl. 2011). Ett centralt antagande är dock att skogsbränslen i form av grot och stubbar används istället för fossila bränslen.

Ett av det mest avgörande antagandet i denna bedömning är att vi utgår primärt från att skogsbruket förmår följa direktiv och rekommendationer från Skogsstyrelsen och andra myndigheter beträffande hänsyn och näringskompensation, även om verkligheten idag ofta är en annan. Under kapitlet "Förutsättningar för bedömningarna" diskuteras relationen mellan våra antaganden och dagens verklighet närmare.

8.1.2 Koppling till andra mål och åtaganden

Sveriges ambitioner inom biobränsleområdet påverkas av internationella överenskommelser och EU direktiv. Det s.k. förnybarhetsdirektivet (EU-direktiv 2009/28/EG) om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor anger bindande nationella mål för totala andelen energi från förnybara energikällor av den slutliga energianvändningen (brutto) och för andelen energi från förnybara energikällor inom transportsektorn. Sverige har enligt direktivet förbundit sig att 49 % av den totala energianvändningen ska komma från förnybar energi år 2020, vilket är den högsta andelen i hela EU (vilket innebär en ökning med 10 % från 2010) Varje medlemsstat ska anta en nationell handlingsplan för energi från förnybara energikällor.

EU har tagit fram hållbarhetskriterier för flytande drivmedel och biovätskor och uppmuntrar vidare medlemsländerna att sätta upp "hållbarhetskriterier" och certifiering även för fasta biobränslen inklusive de som importeras till EU. Detta blir ett stöd till EU:s krav att biobränslen måste bidra till substantiella minskningar av växthusgasutsläpp, och att biobränsle inte kommer från naturliga skogar, våtmarker och skyddade områden. EU direktivet, inklusive hållbarhetskriterierna, började gälla från december 2010.

8.1.3 Miljökonventioner som påverkar svenskt agerande

Biobränslen är ett av de många områden där en gemensam riktning söks i frågor som rör klimatförändringen, bevarandet av biologisk mångfald och ett hållbart nyttjande. Både konventionen om biologisk mångfald och klimatkonventionen

härstammar från FN:s miljö- och utvecklingskonferens som hölls i Rio de Janeiro år 1992. Konventionerna har sedan dess i viss mån differentierats. Biologisk mångfald och klimatförändring är dock på många sätt kopplade till varandra.

Enligt klimatkonventionen ska halterna av växthusgaser i atmosfären stabiliseras på en nivå som innebär att mänsklig verksamhet inte påverkar klimatsystemet på ett farligt sätt. I det bindande Kyotoprotokollet (Annex 1) uppmanas framförallt industrialiserade länder att bedriva forskning kring förnybar energi. Kyotoprotokollet har också etablerat CDM (Clean Development Mechanism) som vidare uppmuntrar industriländer att investera i projekt för att minska utsläppen i utvecklingsländer som ett alternativ till de mer kostsamma utsläppsminskningarna i sina egna länder. I framtiden kommer skogsskötsel och skogsbränslen att spela en ökad roll för att mildra climateffekterna.

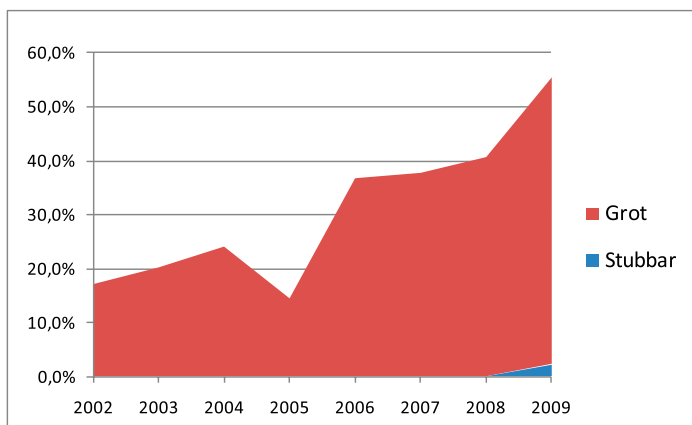
Sverige har också ratificerat ett internationellt avtal ”Konventionen om Biologisk Mångfald” (CBD), där vi förbinder oss att vårda vår biologiska mångfald, och nyttja (använda) den på ett uthålligt sätt, så att den inte förstörs eller tar slut. Detta har införlivats i det svenska miljöarbetet. Ramarna anges i miljöbalken, skogsvårdslagen, miljö kvalitetsmålen, samt i regeringens naturvårdsskrivelse från 2002. Det mesta av arbetet sker inom ramen för de 16 nationella miljö kvalitetsmålen.

8.2 Hur påverkas uppfyllelsen av produktionsmål och miljö kvalitetsmål av ökat skogsbränsleuttag?

8.2.1 Beskrivning av uttagsscenarios: Dagens uttag

När man värderar olika uttagsscenarios är nuläget en bra referens, men synen på nuläget varierar för olika människor och präglas av värderingar och erfarenheter. Därför är det viktigt att man beskriver det nuläge man utgår ifrån, eller de antaganden man gör. Att beskriva nuläget kan förefalla vara en enkel uppgift som går att beskriva med hjälp av officiell statistik. Men i många fall är statistiken bristfällig och i andra fall är det svårt att fånga nuläget med statistik. Vår avsikt är att beskriva nuläget så gott det går med befintlig statistik. När tillförlitlig statistik saknas eller området är för komplicerat för att förklaras med siffror beskriver vi de antaganden vi gör om nuläget. Vår ambition är att dessa antaganden ska vara rimliga, även om det kan råda olika meningar om hur giltiga de är för dagens tillstånd.

Statistiken vad gäller skörd och förbrukning av grot och stubbar är väldigt bristfällig (Energimyndigheten 2009). I den befintliga statistiken för energitillförseln går det inte att separera grot och stubbar från andra träbränslen, där restprodukter från skogsindustrin och återvunnet träbränsle så som rivnings och emballagevirke ingår. Istället måste man använda olika beräkningar. Från avverkningsanmälningar kan man se en tydlig trend av ökat intresse för uttag av skogsbränsle (figur 8.1). Personer inom näringen hävdar att uttaget av grot ökat ytterligare under 2010. Skogsbolagen meddelar att de idag tar ut stubbar på ca 3000 ha per år. Uttag av grot utförs idag även i samband med gallring (enligt företrädare för skogsägarrörelsen). Utifrån tillgänglig information uppskattar vi att dagens uttag av grot till 40 % av slutavverkningsbestånden och stubbuttag på 2 %. I respektive bestånd uppskattar vi att 60 % av befintlig grot tas ut och 40 % av stubbarna (Tabell 8.1).



Figur 8.1. Andel av årlig avverkningsanmäld areal som anmälts för planerat uttag av skogsbränsle (efter Skogsstyrelsen 2010). Nedgången år 2005 beror sannolikt på kraftig stormfällning till följd av stormen Gudrun som drog fram i januari 2005.

8.2.2 Beskrivning av uttagsscenarios: Framtida uttag

I uttagsscenarier kan grot- och stubbuttaget varieras på olika sätt. Uttagsintensiteten inom ett bestånd kan variera, det vill säga hur stor andel av grot och stubbar i ett föryngringsavverkat bestånd som tas ut. Dessutom kan uttagsintensiteten på landskapsnivå variera, det vill säga hur stor andel av de föryngringsavverkade bestånden i ett skogslandskap som används för uttag av grot och stubbar. De alternativ som presenteras i tabell 8.1 bedöms vara någorlunda realistiska alternativ. Ett grotuttag på 80 % i beståndet, och i 60 % av landskapet innebär alltså att grot tas ut på 48 % av arealen på de föryngringsavverkade bestånden i landskapet under en skogsgeneration. Att ta ut en mycket liten andel grot och stubbar per hygge är inte ekonomiskt realistiskt. För stubbuttaget har vi begränsat oss till 80 respektive 40 % av hyggesarealen, vilket innebär att den minst lönsamma delen av hygget avstås.

I tabell 8.1b visas även hur möjligheten att nå miljö kvalitetsmålen påverkas av olika varianter av skogsbränsleuttag. Pilarna visar inte på sannolikheten att nå målet, utan bara på vilket sätt sannolikheten att nå målet påverkas. Sannolikheten att nå målet påverkas av en mängd olika faktorer där skogsbränsleuttag är en. En negativ pil (som pekar nedåt) kanske kan motverkas av någon annan faktor så att det trots allt är möjligt att nå målet. Endast några av miljö kvalitetsmålen visas, nämligen de mål som är av störst relevans för skogsbränslesyntesen. I tabellhuvudet visas även miljömålsrådets bedömning av möjligheterna att nå målet till 2020. Nuvarande bedömning är att inget av målen kommer att uppnås till dess (illustreras av symbolen ☹). Tabell 8.1c visar hur produktionspotentialen påverkas av olika uttag.

a) Energivinst (TWh) vid olika varianter av uttag av grot och stubbar.
b) Olika uttagsalternativ och dess påverkan på måluppfyllelsen av miljökvalitetsmålen.
c) Olika uttagsalternativ och dess påverkan på produktionsförutsättningarna

33

b)	Uttagsalternativ, Andel (%)				Levande skogar ☹	Försurning ☹	Över gödning ☹	Giftfri miljö ☹	Klimat ☹	
	Bestånds nivå		Landskaps nivå						kort sikt	Lång sikt
	Grot	Stubbar	Grot	Stubbar						
Stubb och grot	80	80	80	40	↓	↘	→	↘	↗	↗
	60	80	40	40	↓	→	→	↘	↗	↗
	80	80	80	20	↘	↘	→	↘	↗	↗
	60	80	40	20	↘	→	→	↘	↗	↗
	80	40	80	40	↘	↘	→	↘	↑	↑
	60	40	40	40	↘	→	→	↘	↑	↑
	80	80	80	10	↘	↘	→	→	↑	↑
	60	80	60	10	→	→	→	→	↑	↑
	60	80	40	10	→	→	→	→	↑	↑
	80	40	80	20	↘	↘	→	→	↑	↑
	60	40	40	20	→	→	→	→	↑	↑
	80	40	80	10	↘	↘	→	→	↑	↑
	60	40	40	10	→	→	→	→	↑	↑
Grot	80	0	60	0	→	↘	→	→	↑	↑
	80	0	40	0	→	→	→	→	↑	↑
	60	0	80	0	↘	↘	→	→	↑	↑
	60	0	60	0	→	→	→	→	↑	↑
	60	0	40	0	→	→	→	→	↑	↑
Dagens	60	40	40	2						

c)	Uttagsalternativ, Andel (%)				Total andel uttag i landskapet		Skogsproduktion	
	Bestånd		Landskap					
	Grot	Stubb	Grot	Stubb	Grot	Stubb	Endast slutavverkning	Slutavverkning + gallring
Stubb och grot	80	80	80	40	64	32	→	↘
	60	80	40	40	24	32	→	→
	80	80	80	20	64	16	→	↘
	60	80	40	20	24	16	→	→
	80	40	80	40	64	16	→	↘
	60	40	40	40	24	16	→	→
	80	80	80	10	64	8	→	↘
	60	80	60	10	36	8	→	→
	60	80	40	10	24	8	→	→
	80	40	80	20	64	8	→	↘
	60	40	40	20	24	8	→	→
	80	40	80	10	64	4	→	↘
	60	40	40	10	24	4	→	→
grot	80	0	60	0	48	0	→	↘
	80	0	40	0	32	0	→	→
	60	0	80	0	48	0	→	↘
	60	0	60	0	36	0	→	→
	60	0	40	0	24	0	→	→
Uttag i dag	60	40	40	2	24	0,8	9,0	13,8

Tabell 8.2. Andelen av den årligen nyskapade grova döda veden (> 10 cm i diameter) som skulle tas bort vid olika nivåer av stubbuttag.

Andel av beståndet (%)	Andel av landskapet (%)					
	100	80	60	40	20	10
100	63	50	38	25	13	6
80	50	40	30	20	10	5
60	38	30	23	15	8	4
40	25	20	15	10	5	3
20	13	10	8	5	3	1
10	6	5	4	3	1	1

8.3 Kommentarer till bedömda konsekvenser av skogsbränsleuttag

Pilarnas riktning i tabell 8.1b och 8.1c bygger på resonemanget i de inledande avsnitten i synteskapitlet (som i sin tur bygger på kunskapssammanställningen). För att tydliggöra resultatet i tabellen följer här några ytterligare kommentarer. Observera att hela resonemanget bygger på att vissa förutsättningar, som specificeras nedan under rubriken ”Förutsättningar för bedömningarna”, måste vara uppfyllda.

8.3.1 Levande skogar

Vår bedömning är att ett ökat uttag av skogsbränsle är förenligt med miljökvalitetsmålet Levande skogar under vissa förutsättningar, t.ex. att endast vissa sortiment tas ut (grot och stubbar av barrträd) i en begränsad mängd, samtidigt som vissa naturvårdande åtgärder förstärks, t.ex. generella hänsyn (miljöhänsyn).

Vi grundar denna bedömning på att grot och stubbar av barrträd, framförallt gran, utgör substrat med lägre naturvårdsprioritet. Uttag av grot från gran tycks vara minst problematiskt. Uttag av stubbar kan dock vara problematiskt eftersom det utgör en relativt stor andel av den döda ved som nyskas varje år. Om t.ex. stubbar tas ut från 80 % av beståndsarealen, och av 60 % av alla hyggen i landskapet, så skulle en tredjedel av den döda ved, som nyskas varje år, försvinna (tabell 8.2).

Referensscenariot speglar det skogsbruk som bedrivs idag. De delmål som ingick i Levande skogar ska vara uppfyllda, men man räknar inte med några ytterligare åtgärder. Det betyder en fortsatt utarmning av biologisk mångfald genom att de arter som idag inte förekommer i tillräckligt stora populationer, bland annat på grund av brist på lämpliga biotoper, successivt försvinner. Enligt miljömålsrådet finns det inget idag som tyder på att Levande skogar kommer att uppnås till 2020.

Eftersom det övergripande målet i Levande skogar inte kan uppnås i referensscenariot, finns det relativt lite utrymme för ytterligare uttag utan att måluppfyllelsen försvåras. Detta gäller givetvis även produktionsscenariot, eftersom man i det använder samma nivå av naturvårdsåtgärder som i referensscenariot, men med intensivare produktion. Ett alternativ kan vara att effektivisera naturvårdsåtgärderna inom ramen för referensscenariot (d.v.s. utan att öka mängden avsättningar). Med hjälp av strategier på landskapsnivå, baserade på bristanalyser, där man arbetar målmedvetet med restaureringar, avsättningar och generella hänsyn, skulle det kanske vara möjligt, men i så fall krävs nya styrmedel.

I miljöscenariot finns det helt andra möjligheter att både ta upp mer skogsbränsle och att uppnå Levande skogar. Det samma gäller miljö/produktionsscenariot. I båda dessa är arealen avsättningar avsevärt större, liksom ambitionen i de generella hänsynen.

Även intensivskogsbruk och BAG är sannolikt förenligt med Levande skogar under vissa förutsättningar. Det gäller t.ex. att andelen intensivskogsbruk på

landskapsnivå är relativt liten (<10 %) och att endast bestånd som redan tidigare brukats intensivt kommer ifråga. Det är en fördel om intensivskogsodlingen koncentreras i landskapet istället för att spridas ut.

Ett måttligt uttag av grot bedöms inte försvåra måluppfyllelsen av Levande skogar. Om en mycket stor andel av landskapet (80 %) nyttjas för uttag av grot finns dock risk för negativ påverkan. I vissa regioner är ett så stort uttag omöjligt att kombinera med att undvika grot från löv, att undvika körskador mm. Vi bedömer att ett begränsat uttag av stubbar inte heller skulle påverka sannolikheten att nå målet. Ett större stubbuttag skulle dock vara mycket negativt, framför allt eftersom det påverkar mängden död ved i landskapet. Exakt var gränsen för negativ påverkan går är i dagsläget omöjligt att säga. Vår bedömning är att ett uttag på upp till 8 % inte påverkar måluppfyllelsen negativt. Detta kan vara lågt räknat, men å andra sidan finns det anledning att vara försiktig tills det finns säkrare data.

8.3.2 Bara naturlig försurning

Ett ökat skogsbränsleuttag bedöms vara förenligt med miljökvalitetsmålet Bara naturlig försurning under förutsättning att askåterföring eller motsvarande näringskompensation görs i känsliga områden.

Skogsbruket bidrar till försurning eftersom trädens upptag av näringsämnen för-surar marken, och bortförseln av biomassa vid skörd innebär att näringsämnena inte återförs till marken och motverkar försurningen. I ett intensivare skogsbruk är det framför allt stora uttag av näringsrik biomassa som kan påverka miljökvalitets-målet Bara naturlig försurning. Uttag av grot har därför stor påverkan jämfört med enbart stamuttag medan näringsförlusterna vid uttag av stubbar är mindre än för grot, men ändå märkbar. Det finns fortfarande oklarheter vad gäller omfattningen och tidsförloppet på effekterna på mark, och i ännu större utsträckning för effek-terna på vatten, men resultat från både fältexperiment och modeller visar att uttag av biomassa påverkar möjligheterna att nå miljökvalitetsmålet om försurning.

Områden som är hårt drabbade av försurning från luftföroreningar är de områden där riskerna med skogsbrukets försurning är störst. Det är också där som en ökning av skogsbränsleuttag på landskapsnivån från t ex 20 till 60 eller 80 % sannolikt har störst effekt på vattenkvaliteten på landskapsnivån. Det finns redan idag en stor regional variation i uttagets storlek, och därför finns också betydande regionala variationer vad gäller risken för skogsbrukets försurande påverkan och behovet av kompensation.

Med askåterföring förs alla näringsämnen utom kväve tillbaka till skogseko-systemet. Även med denna åtgärd finns oklarheter vad gäller omfattning och tidsförlopp på effekterna, i synnerhet effekterna på vatten. Studier över effekten av askåterföring efter både grot- och stubbuttag på mark och vatten saknas helt. Under perioden 2000–2004 gjordes uttag av grot på ca 30 000 ha per år, men aska spreds på bara 5000 ha. En skillnad mellan uttag och kompensation kommer san-nolikt att bestå även i framtiden, delvis som en följd av brist på aska av lämplig kvalitet. Detta motiverar att askåterföring bör ståndortsanpassas och koncentreras

till områden där behovet är som störst såsom områden med tidigare stor försurningsbelastning eller efter uttag på skogliga torvmarker.

Vid behovsanpassad gödsling (BAG) tillförs både kväve och andra näringsämnen, och det finns därför förutsättningar för att denna produktionsmetod är positiv för målet Bara naturlig försurning. Metoden kan dock påverka en rad processer, t ex försurande nitrifikation, och därför bör effekterna på försurning undersökas tillsammans med effekterna på kväveutlakning.

Uttag av grot bedöms inte påverka möjligheten att nå miljömålet Bara naturlig försurning om uttaget på beståndsnivå begränsas till 60 %. Vid denna uttagsnivå bedöms det vara möjligt att återföra tillräckligt mycket aska i de bestånd där det krävs för att kompensera baskatjonförlusterna. Uttag av stubbar innebär en avsevärt mindre baskatjonförlust än uttag av grot, och storleken på uttaget av grot styr därför helt bedömningen i Tabell 8.1b.

8.3.3 Ingen övergödning

Ökat uttag av skogsbränsle bedöms vara förenligt med miljökvalitetsmålet Ingen övergödning. Behovsanpassad gödsling kan däremot innebära försämrade möjligheter att nå målet.

I teorin bör inte uttag av grot och askåterföring innebära någon risk för ökning av kväveutlakningen i någon större omfattning. Tvärtom kan uttaget innebära en viss kvävelättnad i områden med hög kvävebelastning. Experimentella studier visar, i enlighet med teorin, att uttag av grot och askåterföring endast har ytterst begränsad påverkan på kväveutlakningen, om det utförs enligt Skogsstyrelsens rekommendationer. Vad gäller uttag av stubbar är det oklart hur markstörning och eventuella körsador påverkar utlakningen i hyggesfasen. Detta bör utredas vidare, tillsammans med effekter på andra miljömål av uttag av stubbar, men effekterna på kväveutlakningen bedöms vara av underordnad betydelse. Eftersom skogsbrukets bidrag till övergödning av sjöar och hav i nuläget är litet jämfört med andra källor görs bedömningen att uttag av grot och stubbar, och askåterföring, varken ökar eller minskar möjligheterna att nå målet (Tabell 8.1b).

Effekterna av BAG varierar beroende på beståndsegenskaper och metodik. I ogynnsamma fall kan kväveutlakningen efter BAG vara stor, medan ökningen i kväveutlakning i andra fall är marginell. Fortsatt forskning krävs för att kunna minimera risken för kraftigt förhöjd kväveutlakning. Även kväveutlakningen i samband med slutavverkning av gödslade bestånd behöver kvantifieras.

Uttag av grot och stubbar, kombinerat med askåterföring för att kompensera för uttaget av baskatjoner, bedöms därför inte försvåra möjligheten att uppnå miljökvalitetsmålet Ingen övergödning. Bortförseln av kväve som uttaget innebär skulle i stället kunna minska risken för utlakning av kväve men effekten det skulle få på möjligheten att uppnå miljökvalitetsmålet bedöms som liten. En eventuell förhöjning av utlakningen i samband med omrörningen vid uttag av stubbar bedöms inte heller ha någon betydande påverkan på möjligheten att uppfylla målet.

8.3.4 Giftfri miljö

Skogsbränsleuttag som innebär högre frekvens av körsador i fuktig humusrik mark ökar risken för ökad förekomst och spridning av metylkvicksilver i skogslandskapet och kan därför vara svårt att förena med miljökvalitetsmålet Giftfri miljö. Askåterföring i samband med skogsbränsleuttag är förenligt med målet under förutsättning att askor av lämplig dos och kvalitet sprids.

Bedömningen av hur olika scenarios påverkar miljökvalitetsmålet giftfri miljö i skogslandskapet, domineras av kvicksilverproblematiken och risken för att kontaminerade askor sprids i skogen. Risken för metylering av kvicksilver och vidare transport till akvatiska näringskedjor ökar sannolikt vid all ökning av körsador, spårbildning och mekanisk omrörning i fuktig, torvrik mark med dålig bärighet. Stubbtag på sådan mark misstänks kunna orsaka ökad transport och metylering av kvicksilver p.g.a. mer omrörning och körsador, men det gäller även uttag av grot i den mån det orsakar mer körsador i fuktig terräng.

För att bedöma konsekvenserna av en ökning av både grot- och stubbtag på beståndsnivån från 60 till 80 % antas här att risken för körsador ökar (ökande transporter i kombination med mindre armerande grot i körvägen), liksom en ökning på landskapsnivån från 20 till 60 och 80 % på samma sätt ökar risken för uttag på mark som är olämplig. En expansion i dessa avseenden innebär därför inte bara en totalt större belastning, utan risken accentueras på grund av att mer olämplig mark tas i anspråk.

Förmågan att identifiera och avskilja askor med olämplig kvalitet för spridning i skogsmark är avgörande för askåterföringens påverkan på miljökvalitetsmålet. Här förutsätts att gällande kvalitetskriterier följs.

Bedömningen bygger på att risken för bildning och transport av metylkvicksilver till vatten bedöms öka vid stubbtag jämfört med uttag av grot, i synnerhet vid ökade uttagsnivåer både på bestånds- och landskapsnivån.

8.3.5 Begränsad klimatpåverkan

Ett avgörande motiv för att utöka användningen av skogsbränslen i samhället är att det på sikt ökar möjligheten att nå miljökvalitetsmålet Begränsad klimatpåverkan. Effekten nås genom att skogsbränslen utnyttjas istället för fossila bränslen.

Bedömningen här (Tabell 8.1b) bygger på att skogsbränslen används istället för fossila bränslen i kraft- värmeproduktion, men den omfattar inte substitution med andra förnybara energislag. Bedömningen utgår primärt från de direkta effekterna (enligt vår definition) eftersom dessa är bäst kända, och från ett landskapsperspektiv eftersom det är mer relevant än beståndsperspektivet för den samlade effekten. I landskapsperspektivet uppstår en praktiskt taget omedelbar positiv effekt på kolbalanser för både grot och stubbar, medan beståndsperspektivet ger olika bilder beroende på tidsperspektivet. Om tidsperspektivet omfattar en hel omloppstid kan skogsbränslen vara nästan koldioxidneutrala på beståndsnivån eftersom tiden medger en närmast fullständig nedbrytning av stubbar och grot

inklusive uppbyggnaden av ny skogsbiomassa och markkol. Om ett kortare tidsperspektiv används, t.ex. 20 år, innebär skillnaden mellan det momentana koldioxidutsläppet vid förbränning och det långsamma och utdragna utsläppet vid nedbrytning av samma bränsle (främst stubbar) i naturen om de lämnades kvar en koldioxidskuld som inte hinner betalas fullt ut på så kort tid. Det ger en mindre positiv eller i vissa fall negativ (Till exempel om stubbar ersätter naturgas) substitueringsseffekt i det korta tidsperspektivet. Dessutom kan stubbskörden i sig orsaka en markstörning som kan stimulera kolomsättningen i marken. En ökad kolomsättning i marken innebär också att näring frigörs vilket kan verka i den andra riktningen genom att tillväxten stimuleras.

Landskapsperspektivet innebär alltså att grot- och stubbuttag bidrar till att upp-satta etappmål för 2020 kan nås, medan detta inte alltid är fallet för en bedömning från det snävare beståndsperspektivet. Landskapsperspektivet är i detta sammanhang att förorda då det ger en mer korrekt bild. Utöver dessa direkta effekter av skogsbränsleuttag tillkommer de eventuella indirekta effekter som skulle kunna belasta skogsbränslen. Till den senare kategorin hör eventuellt minskad skogsproduktion, minskade kolförråd i marken p.g.a. ökad markrespiration t ex som följd av markomrörning vid stubbskörd, och en bedömning av risken för ökade utsläpp av lustgas och metan från marken. I kalkylen måste också direkta effekter i form av koldioxidutsläpp från fossila bränslen som används för skörd, transporter och bearbetning ingå. Vid en jämförelse ska motsvarande beräkningar göra även för fossila bränslen.

Uttag av grot bedöms ge ett positivt bidrag till att miljö kvalitetsmålet Begränsad klimatpåverkan kan nås. Kunskapen om uttagets effekter på växthusgasbalanser är relativt säker, och bedömningen påverkas lite av om kolbalanser beräknas för bestånd eller landskap, eller om tidsperspektiv på beståndsnivån varierar. Stubbuttag bidrar också till att klimatmålet nås, men framförallt är kunskapen om stubbuttagets indirekta effekter osäker. Bedömningen påverkas också mer negativt om ett beståndsperspektiv används med korta tidsperspektiv. Stubbuttag med nuvarande teknik innebär jämförelsevis ökad störning och kompaktering av marken. Mätningar i fältförsök har gett en splittrad bild av effekterna på markens kolförråd. Effekten på skogsproduktion kan vara både svagt positiv eller svagt negativ.

För att bedöma hur ökat skogsbränsleuttag på bestånds- respektive landskapsnivån enligt scenarios i Tabell 8.1 påverkar växthusgasbalanser behöver man utveckla ytterligare antaganden. En ökning i uttagsintensiteten av grot på beståndsnivå från 60 till 80 %, innebär att en negativ inverkan på skogsproduktion blir mer sannolik och behovet av näringskompensation med kväve ökar. Körskador och markkompaktering ökar sannolikt också då mindre material finns kvar som kan användas i körvägen. Dessutom medför det ökade uttaget fler terrängtransporter. Körskador i fuktiga områden kan eventuellt påverka metan och lustgasutsläpp. Även om växthusgasbalansen i det långa perspektivet, alternativt landskapsperspektivet, är positiv så är den samlade effekten på växthusgasbalansen därför svår att exakt förutsäga vid denna högre uttagsnivå.

En ökning av uttag av grot på landskapsnivå från 20 till 60 och 80 % innebär en mycket betydande ökning av energiuttaget inom ramen för ovan nämnda effekter. Knappt 30 % av skogsmarken klassificeras enligt Riksskogstaxeringen som frisk-fuktig eller blötare. Det finns därför en uppenbar risk att en utvidgning på landskapsnivå innebär – i analogi med resonemanget ovan om ökning på beståndsnivån – ökad risk för indirekta förluster av markkol.

I scenarios där grot- och stubbuttag kombineras tillkommer den generella osäkerheten vad gäller de indirekta effekterna av stubbuttag på markens kolförråd på kort och lång sikt. En ökning av stubbtäkt på både beståndsnivån och i landskapet ökar risken att stubbtäkt utförs på marker med dålig bärighet. Å andra sidan kan stubbuttag innebära att behovet av markberedning minskar eller helt upphör, och stubbtäkt skulle då eventuellt inte innebära en ytterligare förlust av markkol jämfört med ett markberett hygge.

I ett landskapsperspektiv påverkar uttag både av grot och stubbar möjligheten att nå klimatmålet positivt, och effekten förstärks om ökningen av skogsbränslen blir betydande. Underlaget för denna bedömning rymmer dock enbart så kallade direkta effekter och gäller enbart då skogsbränslen används istället för fossila bränslen. Det finns en större osäkerhet om de långsiktiga indirekta effekterna av stubbuttag som uppkommer av den ökade markomrörningen. Denna osäkerhet blir mer accentuerad i scenarier med stora uttag av stubbar på bestånds- och landskapsnivån.

8.3.6 Skogsproduktion

Även om skogsbränsleuttag kan leda till minskad skogsproduktion kan ett ökat uttag vara förenligt med direkta eller indirekta produktionsmål under förutsättning att lämpliga kompensationsåtgärder sätts in.

Skogsproduktion är inte ett miljökvalitetsmål i sig men det finns beröringspunkter till flera av miljökvalitetsmålen som i förlängningen innebär att skogsmarkens naturgivna produktionsförmåga skall bevaras. Minskningar eller öknings i skogsproduktionen orsakade av skogsbränsleuttag påverkar kolbalansen och därmed målet Begränsad klimatpåverkan. Även miljökvalitetsmålet Levande skogar innehåller mål om bibehållen produktionsförmåga.

De empiriska studier som finns idag visar en tillväxtnedsättning av grotuttag vid slutavverkning, framförallt i granskog, samt en tillväxtminskning av både tall och gran av grotuttag vid gallring. Samma effekt som vid gallring förväntas vid skogsbränsleuttag i täta oröjda skogar. Effekten uppträder under ett par decennier, men avstannar därefter. Förloppet tyder på att skogsmarkens naturgivna produktionsförmåga inte påverkas permanent. Däremot är det rimligt att anta att upprepade skogsbränsleuttag, utan näringskompensation med i första hand kväve, i föryngringsavverkning, röjning, och gallringar, håller tillbaka skogsproduktionen under delar av omloppstiden i ett bestånd.

För att bedöma effekten av ökade skogsbränsleuttag enligt scenarios (Tabell 8.1) behöver man utveckla ytterligare antaganden. På beståndsnivån påverkas effekten av såväl uttagsintensiteten som näringshalten i skördad biomassa. Dessutom är det skillnad mellan olika avverkningsformer där de största produktionsförlusterna bedöms uppstå vid uttag i gallring, åtminstone i relation till uttagen skogsbränslebiomassa. Om stubbar tas ut istället för grot bedöms tillväxteffekten bli mindre eller kanske inte uppstå alls. Detta alternativ går emellertid inte att tekniskt åstadkomma på beståndsnivån då grenar och toppar utgör ett fysiskt hinder för stubbuttag med dagens teknik.

Effekten på landskapsnivån beror på intensiteten i näringsuttagen på beståndsnivån tillsammans med andelen avverkningar på landskapsnivån där skogsbränsle skördas. Arealmässigt står gallringar för ca 60 % av den årliga avverkningsarealen och föryngringsavverkningar för resterande 40 %. Om grot skördas på 60–80 % av alla avverkningar skördas därför en hel del grot i gallringar där effekten bedöms vara större än i föryngringsavverkning. Uttagen i både föryngringsavverkning och gallring kommer också att rikta in sig mot de mer bördiga och grandominerade markerna. Med detta som grund bedöms produktionsförlusten i relation till uttagen biomassa öka med ökad uttagsintensitet i landskapet med den tydligaste ökningen vid övergång från uttag i föryngringsavverkning till uttag i gallring. Om stubbar ökar sin andel samtidigt som grot och klena stammar minskar sin andel bedöms produktionsförlusterna minska.

Det är i första hand vid uttag i föryngringsavverkning som negativa effekter av grotuttag kan undvikas eller hållas på en låg nivå även utan att kompensera för det extra kväveuttaget. Då föryngringsavverkningar normalt står för omkring 40 % av den avverkade arealen vet vi att när mer än 40 % av avverkningarna i landskapet berörs av grotuttag ingår en hel del uttag även i gallring. Vid uttag i gallring får man räkna med en märkbar produktionsförlust om inte det extra näringsuttaget (i första hand kväve) kompenseras för. Däremot finns det ännu inget empiriskt underlag som pekar på att stubbuttag i föryngringsavverkning skulle påverka skogsproduktionen märkbart annat än om stubbskörden i sig försenar igångsättandet av föryngringsåtgärder. Här har det förutsatts att sådana förseningar inte uppstår. Därför antas i bedömningarna att produktionsförluster endast uppstår efter grotuttag och då i första hand vid uttag i gallring.

Det finns flera sätt att motverka och kompensera för framtida produktionsförluster som uppstår av grotuttag vid föryngringsavverkning. En del av dessa är åtgärder som även kan användas då skogsbränsleuttag inte skördas, t ex gödsling eller plantering och sådd med det bästa tillgängliga växtmaterialet. Andra åtgärder sker med fördel i samband med grotuttag, t ex underlättas en tidigarelagd markberedning och plantering av att avverkningsrester skördas. Vid uttag i gallring kan tillväxtförlusten motverkas genom gödsling, där kväve på de flesta marktyper är det viktigaste näringsämnet att kompensera för. Lämpligheten i dessa åtgärder måste sedan bedömas efter deras påverkan på andra miljö kvalitetsmål.

8.4 Förutsättningar för bedömningarna

Tabell 8.1 visar att det finns en klar potential för ökat uttag av skogsbränsle, utan att sannolikheten för att nå miljökvalitetsmålen påverkas negativt. Men denna slutsats bygger dock på en rad förutsättningar som inte bara är kopplade till hur och var man tar ut skogsbränsle, utan även till hur dagens skogsbruk fungerar. En sådan förutsättning är att generella hänsyn fungerar som det är tänkt, d.v.s. minst enligt lagnivån, och i vissa fall enligt rådgivningsnivån (beroende på vilka värden som finns i landskapet). Det finns dock många exempel på att generella hänsyn försämrats i områden med uttag av grot och klenved, vilket också har visats i en studie. Våra bedömningar bygger dock på att uttag av grot och stubbar inte påverkar generella hänsyn negativt. Sannolikt kommer ett ökat uttag, t.ex. av stubbar, snarare att kräva förstärkta hänsyn på andra områden, för att undvika en generell minskning av mängden död ved.

Analysen bygger på att det huvudsakligen är grot och stubbar från barrträd som tas ut. Både ädel- och triviallöv bör undvikas helt i barrdominerade bestånd. I lövdominerade bestånd bör endast grot av det dominerande trädslaget tas ut, men man bör överhuvudtaget vara mer restriktiv med lövuttag och det är viktigt att man gör regionala bedömningar, t.ex. utifrån artförekomster. Ett flertal rödlistade arter är knutna till lövträd, och uttag av grot och stubbar från lövträd skulle därför förändra bedömningarna i tabell 8.1. Ett undantag är dock uttag av gallringsvirke i syfte att förstärka naturvärdena, t.ex. i bestånd avsatta för naturvårdande skötsel (s.k. NS-bestånd) bestånd. Vid sådant uttag görs en noggrann bedömning av vilken åtgärd som mest gynnar naturvärdena.

Utan näringskompensation med i första hand kväve bör uttag av grot begränsas i samband med gallring för att undvika en alltför stor negativ påverkan på produktionen. Ett ökat grot- och stubbuttag medför fler körningar på hyggen med risk för ökat slitage. Uttag av grot och stubbar kan därför endast ske på marker med god bärighet, och bör undvikas i anslutning till nyckelbiotoper och naturreservat, där snarare en förstärkning av mängden solexponerad död ved är önskvärd.

I bedömningen förutsätts att askåterföring med aska av god kvalitet utförs för att kompensera för näringsbortförelsen som sker vid det ökade uttaget. Askåterföring behövs dock inte överallt och en 100 procentig askåterföring är inte heller praktiskt möjlig då askor även används för andra ändamål och vissa askor klarar inte de krav som ställs på aska som skall spridas på skogsmark. Detta talar för en ståndortsanpassning av rekommendationerna så att askan används där risken på negativa effekter m a p förurning och näringstillgång är störst. I våra bedömningar förutsätter vi askåterföring på de ståndorter där det finns behov, men bedömer att det i de intensivaste grot scenarierna, med uttag av 80 % grot på beståndsnivå och 60 % på landskapsnivå, inte är möjligt att tillföra aska i tillräckligt stor omfattning för att kunna motverka negativa effekter.

Klimatmålet är det enda där måluppfyllelsen underlättas genom användandet av skogsbränsle. Detta förutsätter dock att skogsbränsle direkt eller indirekt ersätter fossila bränslen.

Tabellen bygger på att befintliga styrmedel (rådgivning, information, Skogsvårdslagen etc.) gäller. Om man i framtiden utvecklar nya styrmedel som möjliggör en bättre styrning av uttaget av skogsbränsle (t.ex. när det gäller uttagsvolym, uttagets placering i landskapet, val av bestånd för intensivodling mm) skulle potentialen för skogsbränsle kunna öka ytterligare.

Vår bedömning är att de förutsättningar som presenteras ovan är realistiska, även om dagens skogsbruk inte fullt ut uppfyller alla delar. Exempelvis tas inte generella hänsyn enligt lagnivån överallt och askåterföring sker i en mycket begränsad skala. Skogsbruket ska enligt riksdagen bedrivas med stor frihet, men under ansvar. Men riksdagen uttrycker också önskemål om att nyttja ekosystemet ytterligare genom ökat uttag, samtidigt som en rad, delvis motsägande, miljömål ska uppfyllas. Att ekvationen är svår att få ihop visas av att ingen av miljö kvalitetsmålen är på väg att nås.

8.5 Sammanvägd bedömning

Genom att öka uttaget av skogsbränsle kan fossila bränslen bytas ut mot förnybara bränslen. Det är dock viktigt att detta görs på ett sätt så att skogen kan brukas uthålligt och att uttaget inte påverkar olika miljö- och produktionsmål negativt. I tabell 8.1b presenteras en översikt av hur miljö kvalitetsmålen påverkas av olika uttagsnivåer. I tabell 8.1c visas hur förutsättningarna för skogsproduktionen påverkas. Det enda miljö kvalitetsmål som påverkas i positiv riktning är klimatmålet. För de övriga är påverkan antingen negativ eller noll. Uttag av grangrot tycks vara minst problematiskt, medan det finns en rad frågetecken när det gäller uttag av stubbar med risk för negativa konsekvenser. Den optimala avvägningen mellan uttag av skogsbränsle och miljökonsekvenser tycks då vara att ta ut en relativt stor andel grot, och en begränsad andel stubbar.

En negativ påverkan för ett specifikt scenario enligt tabell 8.1 behöver dock inte innebära att alternativet är uteslutet i miljöhanseende. Det ökade uttaget måste ställas i relation till vad som händer i övrigt i skogslandskapet. Om man kan förstärka naturvärdena (och produktionsvärdena?) på annat sätt så kanske en liten negativ påverkan på miljö kvalitetsmålet Levande skogar kan accepteras.

Tabell 8.1 tydliggör att det finns potentiella målkonflikter. Genom att så mycket som möjligt ersätta fossila bränslen med skogsbränslen underlättas måluppfyllelsen av framförallt klimatmålet (på lång sikt). Detta skulle dock försvåra uppfyllelsen av Levande skogar, och kanske också av Giftfri miljö. Enligt Riksdagen ska dock alla mål uppnås, och det gäller att hitta en balans med så stor positiv påverkan som möjligt på måluppfyllelsen.

Vår bedömning är att ett uttag av grot på 60 % på både bestånds- och landskapsnivå, i kombination med ett begränsat stubbuttag på 80 % på beståndsnivå, och 10 % på landskapsnivå, inte skulle påverka måluppfyllelsen negativt för något av miljökvalitetsmålen. Detta skulle medföra en ökning från ca 14 TWh som erhålls idag, till ca 24 TWh (Tabell 8.1). Detta inkluderar dock grotuttag vid gallring, och förutsätter därför näringskompensation. Ökningar utöver detta skulle försvåra måluppfyllelsen idag, men är givetvis möjlig om man förstärker landskapet på annat sätt. Miljöscenariot i SKA VB-08 kan vara en sådan möjlighet.

Det finns en rad osäkerheter i bedömningen. Det är framför allt effekterna av den markstörning som uttag av stubbar med dagens teknik innebär, som är oklara. Det är möjligt att stubbuttag skulle kunna ökas om denna markstörning kan minimeras och under förutsättning att endast bärkraftiga marker utnyttjas.

9 Övergripande slutsatser

9.1 Mer skogsbränsle kan tas ut

Slutsatserna av syntesen (kapitel 8) visar att det finns en tydlig potential att öka uttaget av skogsbränsle utan negativa konsekvenser för miljö och produktionsmål. Uttag av grot är minst problematiskt, medan det finns en del frågetecken för uttag av stubbar, men även ett ökat uttag av stubbar tycks vara möjligt. Ökat uttag av skogsbränsle är dock kopplat till ett antal förutsättningar, och det finns vissa risker som måste beaktas.

Ökningen är dock kopplad till ett antal förutsättningar såsom askåterföring, näringskompensation, bra generell miljöhänsyn, att det huvudsakligen är grot från barrträd som tas ut, att körskador förhindras mm. Dessa förutsättningar ligger i stort sett redan inom ramen för dagens rådgivning och bör inte vara orealistiska att uppnå. Om inte förutsättningarna uppfylls kommer ett ökat uttag att försvåra måluppfyllelsen av miljökvalitetsmålen. Med intensivodling kan produktionen av skogsråvara inklusive bränsle öka ytterligare. Det finns dock betydande risker som måste beaktas när det gäller biologisk mångfald och övergödning. Landskapsplanering, där även intensivodling ingår, är en metod som skulle kunna medge ytterligare ökning (förutsätter nya styrmedel).

Både stubbar och grot ger en växthusgasbalans som är positiv ur klimatsynpunkt under förutsättning att de används istället för fossila bränslen. Vid ett stort uttag av stubbar finns dock en del osäkerhet. Stubbar ger mer negativa miljöeffekter än grot med avseende på biologisk mångfald och miljögifter. Uttag av grot är mer negativt när det gäller förurning och produktion, men detta går delvis att kompensera för.

9.2 Mycket forskning har genomförts men fortsatt forskning behövs

En mycket stor forskningsinsats har gjorts under det senaste decenniet när det gäller möjligheterna att öka skogsbränsleuttaget och vilka konsekvenser en sådan ökning skulle kunna få på ekosystemet. Trots detta återstår en hel del viktiga frågor. Det som är gemensamt för alla forskningsområden är att det ofta krävs storskaliga försök över lång tid för att besvara frågorna. Det blir dyrt och komplicerat. Ett alternativ är att tillämpa ett försiktigt uttag med miljöövervakning där man i god tid kan få signaler om negativa konsekvenser. Inte heller detta är dock lätt att utforma och det finns alltid en risk att man inte upptäcker negativa konsekvenser i tid. Eftersom det inte alltid går att forska färdigt först och sedan agera måste vi tills vidare nöja oss med bedömningar som underlag för hur uttaget av skogsbränsle bör utformas.

När det gäller skogsproduktion finns det inte något behov av att studera helt nya aspekter utan snarare om att fördjupa studierna inom några områden. Framförallt är det dock viktigt att dra nytta av stora datamaterial för att dra mer generella slutsatser om långsiktiga effekter. Exempel på områden som är viktiga att belysa är:

- tillväxteffekternas storlek efter skogsbränsleuttag och askåterföring på olika marker i röjning, gallring och föryngringsavverkning,
- tillväxteffekternas varaktighet på olika marker,
- tillväxteffekter vid kombination av kompensation med aska och kvävegödsling,
- markskador och markkompaktering i samband med uttag av grot och stubbar,
- teknik och logistik vid skörd, mellanlagring och transporter,
- tillväxt hos olika snabbväxande trädslag vid olika skötselstrategier,
- skogsskötselsystem för optimering av biomassaproduktion för energimarknaden,
- skogsproduktionspotential vid askåterföring till dikad torvmark,

Det finns ett ganska stort kunskapsunderlag när det gäller konsekvenserna av skogsbränsleuttag på mark och vatten. Kunskaperna baseras på regionala näringsbalanser, experiment och modellering. På ett antal viktiga punkter behöver kunskaperna kompletteras. Exempel på detta är.

- påverkan på ytvatten,
- koppling mellan markstörning (stubbtag) och metylering och transport av kvicksilver,
- skogsbränsleuttag och askåterföring upptag och vittring,
- ökad processförståelse (experiment och modellering),
- uppföljning av långsiktiga försök,
- interaktion mellan kol och kväve i marken,
- identifiering av behov av askkompensation,
- optimal dos vid behovsanpassad gödsling,
- inkludering av klimatförändringar i scenarieanalyser.

För den samlade bedömningen av skogsbränslen är dess effekter på växthusgasbalanser en nyckelfråga. Bedömningen påverkas mycket av valet av tidsperspektiv och rumsliga avgränsningar. Ingen metod eller avgränsning kan dock ensamt vara avgörande för bedömningen och det finns därför behov av en forskning med metodmässig bredd inom området. Generellt behövs mer kunskap om växthusgasbalansen vid ökad skörde- och produktionsintensitet med fokus på alla de tre dominerande växthusgaserna koldioxid, metan och lustgas.

Uttag av torv som energibränsle kan få ökad betydelse. Forskningen på det här området är dock mycket begränsad och ett antal frågor återstår att analysera. Det gäller exempelvis:

- vilken typ av biologisk mångfald finns på dikade, skogsklädda torvmarker som nu kan vara aktuella för torvbrytning,
- vilka metoder som kan vara effektiva för att bedöma mångfalden på dessa områden,
- strategier för att välja torvområden för torvuttag där miljömålskonflikterna kan hållas låga,
- efterbearbetning av torvmarkerna,
- växthusgaser vid torvbrytning,
- LCA analys av torvbruk.

Produktionsintensitetens påverkan på biodiversiteten och andra ekosystemtjänster är en avgörande fråga. Det gäller att hitta ett sätt att hålla en hög produktion av skogsbränsle till en låg miljökostnad. Skogsbränsleuttagets konsekvenser på biodiversiteten beskrivs närmare i kapitel 7.

Exempel på kunskapssluckor när det gäller biodiversiteten är följande:

- konsekvenser för biodiversiteten under längre tidsperspektiv och på landskapsskala,
- betydelsen av olika vedsubstrat,
- fångsteffekter vid lagring av skogsbränsle,
- naturhänsyn vid uttag av skogsbränsle,
- betydelsen av naturvårdande skötsel,
- effekterna av ökade uttag av grot och stubbar på akvatiska ekosystem.

10 Tack

Rapporten har finansierats av Energimyndigheten (projekt 32220-1, 32220-2, 32219-1 och 32219-2). Vi vill särskilt tacka Anna Lundborg (Energimyndigheten) och Pär Aronsson (SLU) för synpunkter och konstruktiv kritik under hela arbetet.

Under arbetets gång har ett flertal personer varit delaktiga och lämnat konstruktiva synpunkter, bland annat genom att ingå i referensgrupper. Vi tackar särskilt Jonas Hedin, Jenny Stendahl, Peter Roberntz, Roger Hällestrand, Staffan Persson, Jan Svensson, Per Olsson, Tryggve Persson och Hans Samuelsson.

Vidare tackar vi alla forskare som deltagit i Bränsleprogrammet för presentationer av forskningsresultat och för intervjusvar. Följande personer har dessutom lämnat skriftliga synpunkter på manuset: Mats Dynesius, Mats Jonsell, Erik Karlton, Mats Nilsson, Heljä-Sisko Helmisaari, Staffan Jacobson, Ulf Sikström, Alexandro Caruso, Anders Dahlberg, Frank Götmark, Tryggve Persson, Ulf Skyllberg, Håkan Wallander, Thomas Nordfjell, Rasmus Sörensen, Kevin Bishop, Jenny Stendahl, Pär Olsson, Rose-Marie Rytter, Eva Ring, Karin Vestlund Ekerby, Henrik von Hofsten och Clas Fries. Vi är mycket tacksamma för deras bidrag till att förbättra rapporten.

Vi har haft två workshops (1 december 2009 och 21 mars 2011) med sammanlagt ett 60-tal deltagare där tidigare versioner av rapporten diskuterades av forskare, och representanter från myndigheter och andra organisationer. Stort tack för alla värdefulla synpunkter och kreativa diskussioner.

Det är inte alltid möjligt att tillgodose alla synpunkter. Ansvaret för innehållet ligger helt på syntesarbetsgruppen, och ingen av ovan nämnda personer kan lastas för eventuella felaktigheter i rapporten.

11 Referenser

- Andersson, A. 2005. Generell naturhänsyn vid slutavverkningar – en jämförelse av slutavverkningar med eller utan grotuttag. Examensarbete, Institutionen för Skogsskötsel. SLU, Umeå.
- Bengtsson, J., Lundkvist, H., Saetre, P., Sohlenius, B. & Solbreck, B. 1998. Effects of organic matter removal on the soil food web: Forestry practices meet ecological theory. *Applied Soil Ecology* 9: 137-143.
- Bengtsson, J., Persson, T. & Lundkvist, H. 1997. Long-term effects of logging residue addition and removal on macroarthropods and enchytraeids. *Journal of Applied Ecology* 34: 1014-1022.
- Bråkenhielm, S. & Liu, Q. 1998. Long-term effects of clear-felling on vegetation dynamics and species diversity in a boreal pine forest. *Biodiversity and Conservation* 7: 207-220.
- Dahlberg, A. & Stokland, J. N. 2004. Vedlevande arters krav på substrat – sammanställning och analys av 3600 arter. Rapport 7. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Dahlberg, A., Thor, G., Allmér, J., Jonsell, M., Jonsson, M. & Ranius, T. 2011. Modelled impact of Norway spruce logging residue extraction on biodiversity in Sweden. *Canadian journal of forest research* 41: 1220-1232.
- de Jong, J., Akselsson, C., Berglund, H., Egnell, G., Gerhardt, K., Lönnberg, L., Olsson, B., von Stedingk, H. 2012. Konsekvenser av ett ökat uttag av skogsbränsle. En syntes från Energimyndighetens bränsleprogram 2007–2011. ER 2012:08 Energimyndigheten. Eskilstuna.
- Egnell, G. 2011. Is the productivity decline in Norway spruce following whole-tree harvesting in the final felling in boreal Sweden permanent or temporary? *Forest Ecology and Management* 261: 148-153.
- Egnell, G., Bergh, J., Dahlberg, A., Rytter, L. & Westling, O. 2006. Miljöeffekter av skogsbränsleuttag och askåterföring i Sverige. En syntes av Energimyndighetens forskningsprogram 1997 till 2004. Rapport ER 2006: 44. Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Eliasson, P., Svensson, M., Olsson, M. & Ågren, G. 2011. Forest carbon balances at the landscape scale and responses to intensified harvest investigated with the Q and COUP models. Final report to the Swedish Energy Agency, project 34884-1. ISBN 978-91-576-9046-3
- Energimyndigheten. 2010. Energiläget 2010. Statens Energimyndighet. Eskilstuna.
- Gode, J., Gustavsson, M., Höglund, J., Hellsten, S., Martinsson, F. & Stadmark, J. 2011. Strategisk bioenergiforskning. En syntes från Energimyndighetens bränsleprogram 2007-2011. ER 2011:21. Energimyndigheten, Eskilstuna.

- Gustafsson, L. 2004. Skogsbränsleuttagets påverkan på naturhänsynen – en analys av nuläget. Slutrapport P12779-1. Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Gustafsson, L., Dahlberg, A., Green, M., Henningsson, S., Hägerhäll, C., Larsson, A., Lindelöw, Å., Lindhagen, A., Lundh, G., Ode, Å., Strengbom, J., Ranius, T., Sandström, J., Svensson, R. & Widenfalk, O. 2009. Konsekvenser för kulturarv, friluftsliv, landskapsbild och biologisk mångfald. Faktaunderlag till MINT-utredningen. SLU, Rapport.
- Hedin, J., Isacson, G., Jonsell, M. & Komonen, A. 2008. Forest fuel piles as ecological traps for saproxylic beetles in oak. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23: 348-357.
- Hellsten, S., Akselsson, C., Hagberg, L. & Fuhrman, F. 2010. Effekter av skogsbränsleuttag på näringsämnesbalanser som underlag för avvägning mellan miljömål. Rapport B 1880. IVL, Stockholm.
- Helmisaari, H-S., Holt Hanssen, K., Jacobson, S., Kukkola, M., Luro, J., Saarsalmi, A. Tamminen, P. & Tveite, B. 2011. Logging residue removal after thinning in Nordic boreal forests: Long-term impact on tree growth. *Forest Ecology and Management* 261: 1919-1927.
- Jonsell, M. 2008a. Saproxylic beetle species in logging residues: which are they and which residues do they use? *Norwegian Journal of Entomology* 55: 109-122.
- Jonsell, M. 2008b. The effect of biofuel harvest on biodiversity. in press. Från: Röser, D., Asikainen, A., Raulund-Rasmussen, K. & Møller, I.S. (red.), Sustainable use of wood for energy – a synthesis with focus on the Nordic-Baltic region. Springer.
- Jonsell, M., Hansson, J. & Wedmo, L. 2007. Diversity of saproxylic beetle species in logging residues in Sweden – Comparisons between tree species and diameters. *Biological Conservation* 138: 89-99.
- Jonsell, M., Weslien, J. & Ehnström, B. 1998. Substrate requirements of red-listed saproxylic invertebrates in Sweden. *Biodiversity and Conservation* 7: 749-764.
- Nordén, B., Ryberg, M., Götmark, F. & Olausson, B. 2004. Relative importance of coarse and fine woody debris for the diversity of wood-inhabiting fungi in temperate broadleaf forests. *Biological Conservation* 117: 1-10.
- Nohrstedt, H.Ö. 2001. Response of Coniferous Forest Ecosystems on Mineral Soils to Nutrient Additions: A Review of Swedish Experiences. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16: 555-573.
- Olsson, B.A. & Staaf, H. 1995. Influence of harvesting intensity of logging residues on ground vegetation in coniferous forests. *Journal of Applied Ecology* 32: 640-654.
- Persson, T., Ahlström, K. & Lindberg, N. 2005. Effekter av grotuttag på biologisk mångfald hos markfaunan. Slutrapport P13725-1. Energimyndigheten, Eskilstuna.

- Rudolphi, J. & Gustafsson, L. 2005. Effects of forest-fuel harvesting on the amount of deadwood on clearcuts. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20: 235-242.
- Tamm, C.O. 1991. Nitrogen in Terrestrial Ecosystems. *Ecological Studies* 81. Springer-Verlag. Berlin.
- Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I. M., Barklund, P. & Dahlberg, A. 2008. Stump Removal to Control Root Rot in Forest Stands. A Literature Study. *Silva Fennica* 42: 457-483.
- Åström, M. 2006. Aspects of heterogeneity: effects of clear-cutting and post-harvest extraction of bioenergy on plants in boreal forests. Doktorsavhandling. Umeå Universitet, Umeå.
- Åström, M., Dynesius, M., Hylander, K. & Nilsson, C. 2005. Effects of slash harvest on bryophytes and vascular plants in southern boreal forest clearcuts. *Journal of Ecology* 42: 1194-1202.

Ett hållbart energisystem gynnar samhället

Energimyndigheten arbetar för ett hållbart energisystem, som förenar ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet.

Vi utvecklar och förmedlar kunskap om effektivare energianvändning och andra energifrågor till hushåll, företag och myndigheter.

Förnybara energikällor får utvecklingsstöd, liksom smarta elnät och framtidens fordon och bränslen. Svenskt näringsliv får möjligheter till tillväxt genom att förverkliga sina innovationer och nya affärsidéer.

Vi deltar i internationella samarbeten för att nå klimatmålen, och hanterar olika styrmedel som elcertifikatsystemet och handeln med utsläppsrätter. Vi tar dessutom fram nationella analyser och prognoser, samt Sveriges officiella statistik på energiområdet.

Alla rapporter från Energimyndigheten finns tillgängliga på myndighetens webbplats www.energimyndigheten.se.



Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna
Telefon 016-544 20 00, Fax 016-544 20 99
E-post registrator@energimyndigheten.se
www.energimyndigheten.se