

per



Syntesrapport 06 06 02



**Johan Bergh, styrgrupp och forskare
inom Fiberskogsprogammet**



Sveriges lantbruksuniversitet
Arbetsrapport nr 28
Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap
Alnarp 2006

Förord

Världens möjlighet i Sveriges skogar! Det sammanfattar väl 2006 års skogsanda. Stormen 2005 har inte fällt visionerna utan gett vind i seglen. 2006 avslutas del II av Fiberskog – ett forskningsprojekt som utrett skogens tillväxtpotential. Löftet vi försäkrat oss om är att skogen kan växa bättre än vi någonsin trott. Programledaren säger ”ge mig möjlighet att välja de mest lämpliga markerna så ökar vi tillväxten med 10 kubikmeter per hektar och år”. Belackaren säger att det är olönsamt eller gagnlöst. Det räcker att effekten i praktiken är däremellan – fem kubikmeter extra per hektar och år är en revolution, eller åtminstone en dubbling. Framtiden får utvisa vem som hade rätt.

Kommer sedan, som jag tror, ett kretslopp av samhällets restprodukter mer än halvera kostnaderna för näringsbalansering är konceptet lovande. Genom att via skogen cirkulera näringsämnen som människan satt i omlopp kan vi öka dagens totala skogstillväxt väsentligt inom ramen för miljömål och gällande miljökrav.

Fem procent av arealen skulle kunna öka den totala skogstillväxten med 10 procent. Det skapar utrymme för tillväxt i samhället och nyetablering av sågverk, pappersbruk och energileverantörer. Det ger också medel att aktivt utveckla skogens naturvärden och upplevelsevärden på betydande arealer.

Genom att sammanföra Sveriges världsledande växtnäringsforskning med tillämpad skogsproduktionsforskning och miljöeffektsanalys har temaforskningsprogrammet Fiberskog levererat inte bara spännande resultat, utan även visioner. Det är återbäring nog för alla medfinansierande företag och samhällsorgan. Om framtiden visar att vi hade till åtminstone hälften rätt, får hågade och modiga skogsägare återbäring på nya investeringar i intensiv och hållbar skogstillväxt. Och samhället utökar basen för hållbart välstånd – på naturens egna villkor. Vi tackar – läs och begrund!

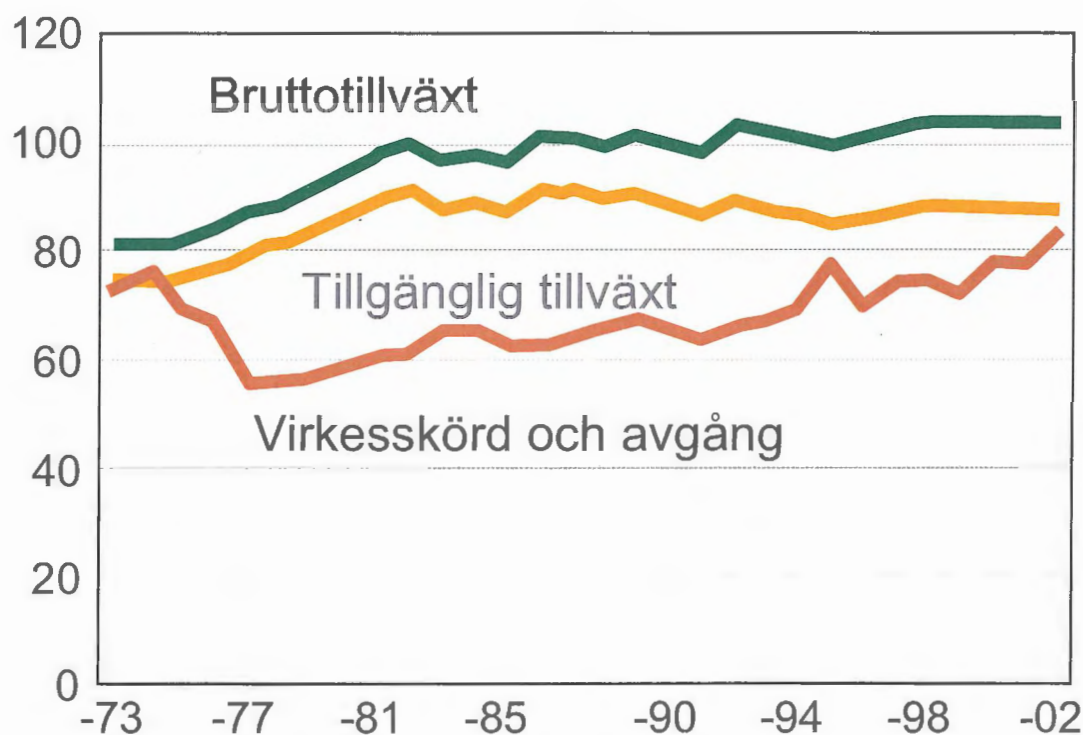
Fredrik Klang
Sveaskog

Syntesrapport för Fiberskog

Inledning

Skogen i Sverige har i alla tider varit viktig för samhällets välfärd och skogen har värderats utifrån de behov i samhället som måste tillgodoses. Behovet av skogsråvara har aldrig varit större än idag där vi har en skogsindustri som kan sluka 100 miljoner kubikmeter per år medan vi bara kan avverka ca 80 miljoner (figur 1). Samhällets klimatmål och det faktum att oljan är en ändlig resurs ökar ytterligare behovet av skogsråvara för energiändamål. Regeringen har tillsatt en oljekommission för att Sverige ska bli oberoende av olja

innan 2020. Denna utmaning sätter stor press på att snabbt utveckla alternativ till olja framför allt för drivmedel men också för värme och el. Om biodrivmedel från skogen ska ersätta till exempel 50% av allt drivmedel som behövs för fordonstrafiken i Sverige, krävs 40-50 miljoner m³ per år. Dessutom ställer allt fler markanvändare anspråk på skogen allt från ekoturism, rennäring till biologisk mångfald. Vi måste med andra ord producera allt mer på en ständigt krympande areal. Men det finns hopp för vi kan öka produktionen avsevärt i framtiden.



Figur 1. Bruttotillväxt, tillgänglig tillväxt, virkesskörd och avgång i miljoner kubikmeter per år under perioden 1973-2002. Källa: Skogsstatistisk årsbok 2003.

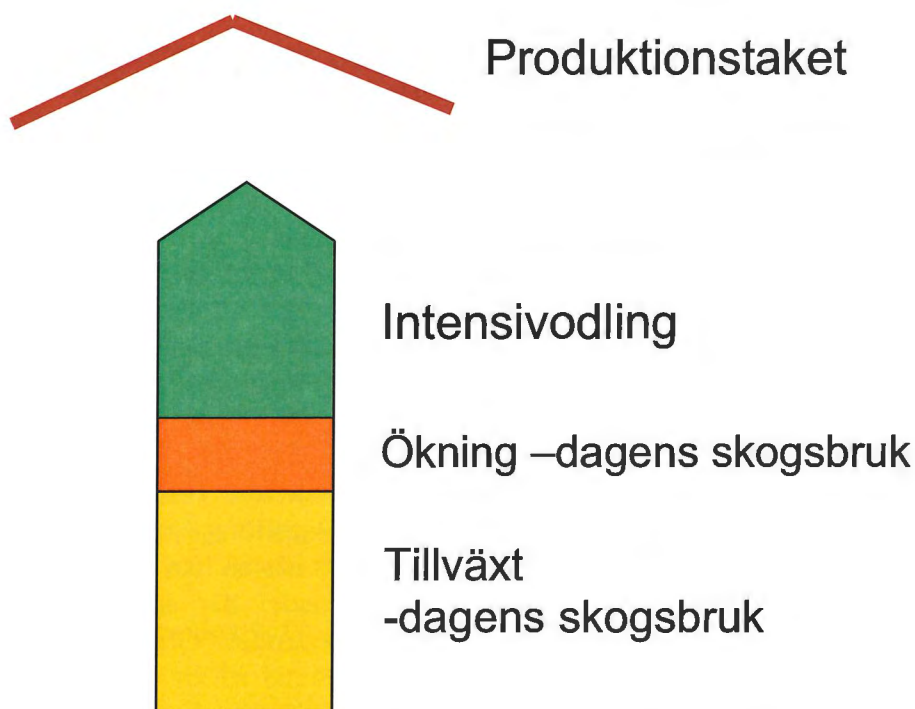
En allmän uppfattning är att klimatet i Sverige är allt för kärvat för att tillåta hög skogsproduktion. Dessutom anses vi ha långsamt växande trädslag. Detta är emellertid inte riktigt sant. Under rådande kli-

matbetingelser kan vi öka stamvedsproduktionen med 80-350% sett över en hel omloppstid. Men för att nå den biologiska produktionspotentialen måste man optimera skogsskötseln och tillföra växtnärings-

ämnen. I ett internationellt perspektiv kommer vi inte att kunna mäta oss med de humida tropikerna i fråga om produktion, men på de flesta håll i världen är vatten en starkt tillväxtbegränsande faktor. I Sverige begränsar vatten tillväxten högst marginellt och då endast i södra Sverige. Därför är potentialen extra stor att öka produktionen genom tillförsel av växtnäringsämnen.

Med dagens olika produktionshöjande skogsskötselmetoder och genom ökad användning av genetiskt förädlad material framöver har man uppskattat att årliga stamvedsproduktionen på 100 miljoner kubikmeter skulle kunna öka med 20% (figur 2). Av de produktionshöjande

skötselmetoder som står till buds så dröjer det olika länge innan man kan skörda produktionsvinsten i vissa fall måste man vänta en hel omloppstid. Om all lämplig mark i Sverige togs i anspråk skulle man genom intensivodling, med ungskogsgödsling av gran, kunna öka den årliga stamvedsproduktionen till 210-230 miljoner kubikmeter per år. I praktiken kommer omfattningen av intensivodling att bli betydligt lägre. Om endast 10% av Sveriges skogsmarksareal intensivodlas skulle det kunna innebära en ökning på ca 20-25 miljoner kubikmeter per år.



Figur 2. Principiell skiss på hur dagens tillväxt förhåller sig till en möjlig ökning med hjälp av dagens skogsskötselmetoder och den potentiellt möjliga skogsproduktionen i Sverige.

Fiberskog en satsning på virkesproduktion
I mitten av 1990-talet då produktionsfrågor inom Skogssverige inte var i fokus initierades Fiberskog av skogsnäringsen och SLU, för att man såg behov av att utveckla nya intensiva skötselmetoder. Dessa skulle medge hög avverkningsnivå och kostnads-effektiv skogsproduktion. Det nya planta

geliknande skogsbruket ingår i en tänkt skogsbruksmodell där delar av marken intensivodlas, andra odlas med lika vikt på produktion och miljö och där erforderliga arealer är avsatta som reservat (se avsnitt om differentiering).

Intensivodling kan ske med flera olika trädslag beroende på vilka ekonomiska krav och målsättningar man har med skötsel. Inom Fiberskogsprogrammet har vi dock inriktat oss främst på gran för att:

- (i) granen är det mest lättföryngrade trädslaget vi har om man ser till vilt- och svampskador,
- (ii) granen ger i de flesta fall bäst ekonomisk avkastning av alla våra trädslag,
- (iii) granen går att odla i hela Sverige,
- (iv) granen reagerar kraftigt på närings-tillförsel,
- (v) granen har av massa- och pappersindustrin efterfrågade ved- och fiberegenskaper.

Syftet med denna syntesrapport är att sammanfatta och syntetisera befintlig kunskap om intensivodling och ge rekommendationer för den praktiska tillämpningen.

Virkesproduktion vid intensivodling

En del av effekten vid ungskogsgödsling är att bestånden sluter sig fortare och att man når maximal löpande tillväxt tidigare. Så småningom kan även ogödslade bestånd fullslutna. Försök i Stråsan (Dalarna), Asa (Småland) och Flakaliden (Västerbotten) pekar dock på att skillnaden mellan gödslat och ogödslat i termer av löpande tillväxt bibehålls även efter det att beståndet har slutit sig. Sannolikt blir skillnaden i slutna bestånd lägre i södra Sverige, mellan gödslat och ogödslat, jämfört med norra Sverige, pga att ogödslade bestånd aldrig blir riktigt fullslutna i norra Sverige.

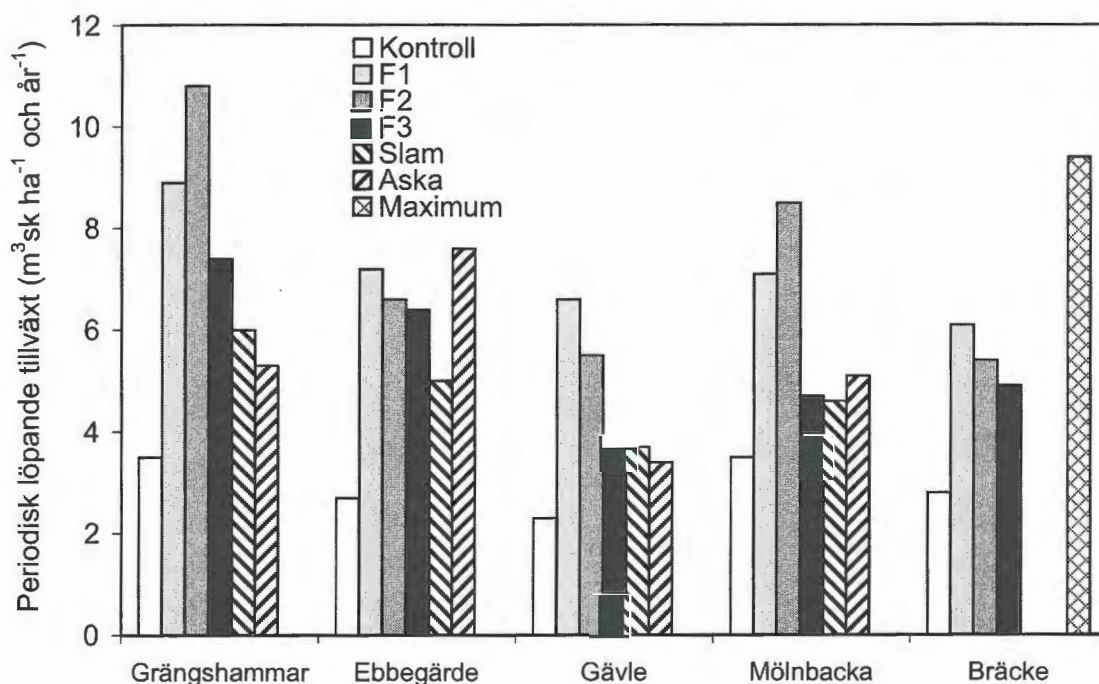
Försöket i Stråsan är det enda försök där de gödslade behandlingarna har nått slutavverkningsbar volym, vilket ger viktig information om den totala merproduktionen under en omloppstid. Merproduktionen har varit 400-500 m³ per hektar (se "Grundläggande försök med balanserad närings-tillförsel i ungskog av gran" i Fiberskogs slutrapport), vilket motsvarar en årlig mer-

produktion på ca 12 m³ per hektar. Marken var dock bränd och merproduktionen bör ses i viss mån som en överskattning. Försöket har också visat att den höga löpande tillväxten i slutna bestånd i stort sett består i mer än 10 år efter avslutad gödsling. Rent spekulativt skulle gödslingsintervallet sannolikt kunna öka till vart 7 till 10:e år när beståndet väl har slutit sig.

Kväve är det näringsämne som i huvudsak begränsar tillväxten i våra boreala och kall tempererade skogar. Men vilken betydelse har de andra näringsämnena för produktionen vid intensivodling med ungskogsgödsling? Vid traditionell engångsgödsling i fullsluten skog ger ren kvävegödsling i stort sett samma tillväxtökning som ett fullgödselmedel, där även andra växtnäringsämnen ingår. Eftersom fullgödselmedel oftast är betydligt dyrare än rena kvävegödselmedel skulle det ur ekonomisk synvinkel vara mer fördelaktigt om man kunde gödsla bara med kväve. I Asa har dock kvävegödsling (+ tillförsel av aska vid försöksstarten) inte gett någon merproduktion alls jämfört med ogödslat (se sidan x i Fiberskogs slutrapport). I Stråsan ger ren kvävegödsling en stor ökning av produktionen och tillsammans med de andra näringsämnena ökar produktionen ytterligare med 80%. I Flakaliden har kvävegödsling (+ tillförsel av aska vid försöksstarten) gett nästan lika hög tillväxt som ett fullgödselmedel där andra näringsämnen ingår (se avsnittet "Grundläggande försök med balanserad näringsstillförsel i ungskog av gran" i Fiberskogs slutrapport). Resultaten ger en tydlig indikation att ungskogsgödsling med enbart kväve inte är ett alternativ för vissa delar av skogsmarken i södra Sverige, utan man behöver använda sig av i huvudsak fullgödselmedel. Eftersom skillnaden mellan kvävegödsling (+ aska i försöksstarten) och fullgödsling ofta var liten är det sannolikt att rena kvävegödselmedel varvat med enstaka givror med ett fullgödselmedel är det mest kostnadseffektiva sättet att gödsla ungskogen i på många platser i Sverige.

Gödslingsintervallens inverkan på skogens tillväxt, näringsläckaget och produktionsekonomin, har en avgörande betydelse för den praktiska tillämpningen. Vid ekonomiska kalkyler är gödsling vartannat eller vart tredje år betydligt mer fördelaktigt än gödsling varje år, i synnerhet vid nuvärdesberäkningar. Men skulle produktionen minska avsevärt vid glesare gödslingsintervall i ungskogen jämfört med gödsling varje år är ungskogsgödslingen ekonomiskt tveksam. Detta är huvudorsaken till att fem gödslingsintervallsförsök startades 2002. Vid revision av försöken 2005 verkar det

som att gödsling vartannat år håller ungefär samma höga produktionsnivå som gödsling varje år (figur 3). Däremot verkar gödsling vart tredje år tappa jämfört med gödsling varje och vartannat år (se även "Praktiskt tillämpade försök med gödsling i ungskog av gran" i Fiberskogs slutrapport). Försöken är fortfarande i sin linda och man bör invänta resultat för en säkrare rekommendation.



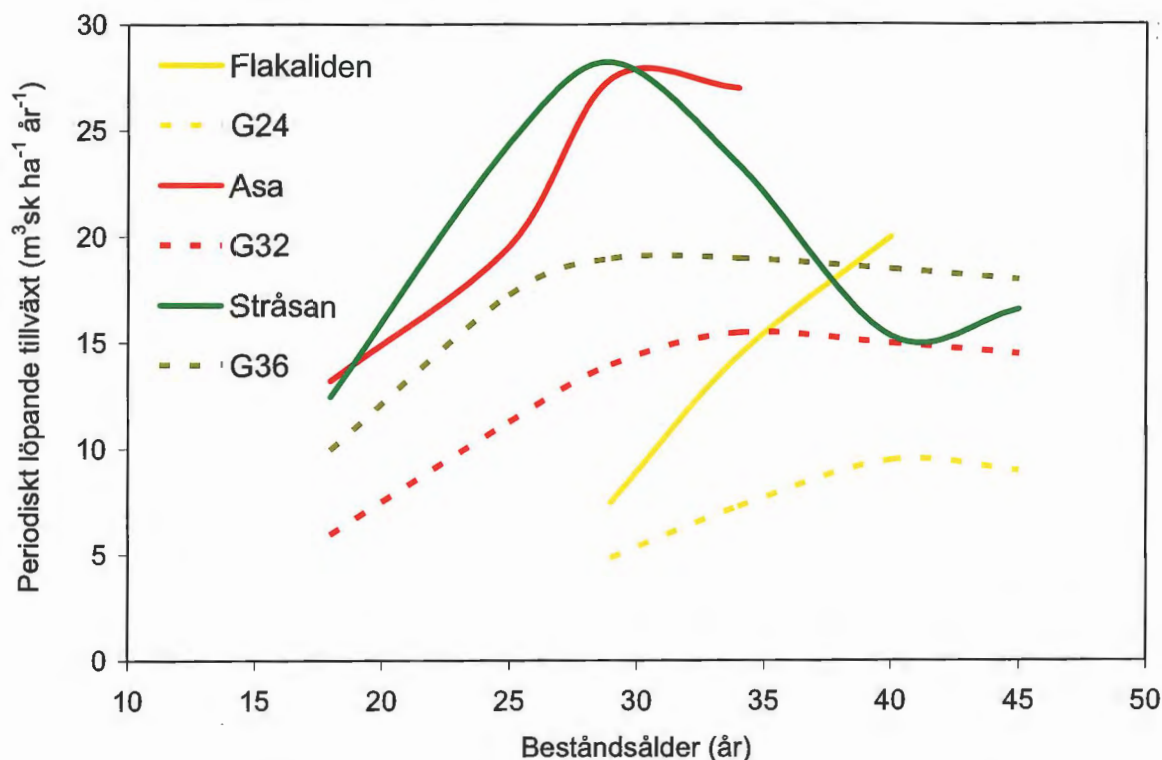
Figur 3. Periodisk löpande tillväxt (m³sk per ha och år) för perioden 2003-2005 för försökslokalerna i Ebbegärde (Kalmar), Grängshammar (Borlänge), Mölnbacka (Värmland), Gävle och Bräcke (Jämtland). Behandlingarna är ogödslad (C), gödsling varje år (F1), gödsling vartannat (F2), gödsling vart tredje (F3), pelleterat slam + kvävegödsling (Slam), askgödsling + kvävefosforgödsling (Aska) och hög gödselgiva utan restriktioner på minimalt läckage (Maximum).

Produktionsdata från försöken har använts för att utveckla och validera Fiberskogsmodulen i prognosmodellen DT. Produktionen vid intensivodling är avsevärt lägre i modellen än de som redovisas från försöken. Detta beror dels på att produktionen har reducerats med 20% för ha en säkerhetsmarginal vid de ekonomiska analyserna, då man går från försök till praktisk til-

lämpning. Vidare tar modellen hänsyn till den tid det tar för bestånden att nå gödslingsbar höjd, vilket kan för låga boniteter ta upp till 40 år. De produktionsciffror som redovisas från försöken är efter det att gödslingen har påbörjats. En tredje bidragande orsak är att modellen antar att produktionseffekten avtar vid intensivodling då beståndet sluter sig. Detta är inte helt i linje med de resultat som redovisas

från Stråsan, Flakaliden, och Asa (figur 4). Men i brist på fler försök och längre tidsse-

rier kan det vara bättre att underskatta produktionen än tvärtom.



Figur 4. Den periodiskt löpande tillväxten för Stråsan, Flakaliden och Asa samt för olika ståndortindex för gran. Gödsling för Stråsan började vid en bestandsålder på 12 år, Flakaliden vid 24 år och Asa vid 14 år. Gödslingen avslutas för försöket i Stråsan vid en bestandsålder på 36 år.

Intensivodling på åkermark

Ungskogsgödsling, på åkermark i Hjuleberg, visade sig ge en ökad stamvedsproduktion på 15 m³sk per hektar under perioden 1998-2004 (se avsnittet "Grundläggande försök med balanserad närings-tillförsel i ungskog av gran" i Fiberskogs slutrapport), vilket ger ökning av den löpande tillväxten på ca 2 m³ per hektar och år. Den naturgivna produktionsförmågan, dvs de ogödslade behandlingarna på Hjuleberg, motsvarar en G36. Eftersom åkermark vanligtvis hör till de mest produktiva markerna kommer merproduktionen vid ungskogsgödsling att vara lägre jämfört med skogsmark med medelgod eller sämre produktionsförmåga. På Hjuleberg har vi tillsatt 50-75 kg N per hektar och år och vid en relativt låg ackumulerad kvävedos på ca 300 kg per hektar fick man ett betydande läckage i försöket.

Gödslingsregimer för ungskog

Baserat på de produktionsresultat vi har i dagsläget från de olika försöken och ekonomiska beräkningar, så är gödsling vartannat år det gödslingsintervall i ungskogen som har gett bäst produktionsekonomi. Gödsling vartannat år verkar kunna utföras utan ökat näringsläckage. Om man börjar gödsla vid 2 meter höjd tar det 8-10 år för gödslade bestånd att blir fullslutna i södra Sverige och 10-14 år i norra. De slutna bestånden behöver sedan gödslas ett par gånger (beroende på gallringsprogram) innan slutavverkning. Gödslingsintervall i sluten skog bör vara 5-10 år mellan gödslingarna. Sista gödsling ska utföras minst 5 år före slutavverkning.

Är det ett effektivt sätt att använda kväve

Hur väl utnyttjar man kvävet om man tillför gödsel i ungskogen jämfört med traditionell gödsling i medelålders och äldre

skog? Traditionell gödsling ger vid en kvävegiva på 150 kg N per hektar en volymökning på 10-20 m³sk per hektar. Detta innebär att 10 kg kväve ger ungefär 1 m³sk. I våra försök har 10 kg kväve gett 1.2-2.5 m³sk per hektar. Då beståndet sluter sig efter gödsling i ungskogen i 8-10 år, så är "kväveeffektiviteten" strax över 1 m³sk per hektar men sedan man övergår till ett glesare gödslingsintervall kommer antagligen kväveeffektiviteten att öka till ca 2 som den har gjort i Stråsan. Vid praktisk tillämpning har vi räknat med en produktionsänkning på 20%, vilket kommer att påverka effektiviteten men samtidigt kommer vi att använda mindre gödsel i den praktiska tillämpningen. Preliminära resultat (figur 3) pekar på att tillväxten för gödsling vartannat år (en praktisk tillämpning) hänger med gödsling varje år.

Miljöeffekter vid intensivodling

Näringsläckage vid intensivodling

En annan viktigt aspekt vid sidan av produktion och ekonomi är miljöpåverkan och läckage av näringsämnen till grundvattnet. I Asa hade vi under många år inget näringsläckage utan det var först ca 10 år efter gödslingsstarten som det näringsbevattade ledet på Asa började läcka kväve (se avsnittet "Miljöeffekter av intensivodling effekter på näringsläckage" i Fiberskogs slutrapport). Orsaken är troligtvis att det näringsbevattade ledet i Asa hade nått full slutenhet tidigare än det fastgödslade, vilket innebär dels att behovet av näringsämnen minskar då barrmassan inte kan bygga ut i samma utsträckning som tidigare, dels att barravgången ökar och marken får ett extra tillskott av näring genom barrförna. Fastgödsledet började aldrig läcka kväve, då försöksledet låg efter det näringsbevattade försöksledet produktionsmässigt och man upphörde med gödslingen strax innan fullslutenhet uppnåddes. Fastgödslade bestånd på Flakaliden uppvisade också läckage då bestånden började sluta sig. Resultaten har gett oss viktig information om hur man ska anpassa gödslingpro-

grammen bör anpassas för att undvika läckage.

Vid gallring kan man misstänka att risken för näringsläckage ökar då man avverkar en del av det växande beståndet samtidigt som man lämnar kvar rester i form av barr och grenar. I Flakaliden har vi dock inte kunnat detektera några signifikanta skillnader i NO₃-läckage mellan ogödslade och gödslade behandlingar (se avsnittet "Miljöeffekter av intensivodling effekter på näringsläckage" i Fiberskogs slutrapport). Om riset togs bort eller lämnade kvar ledde inte heller till signifikanta skillnader.

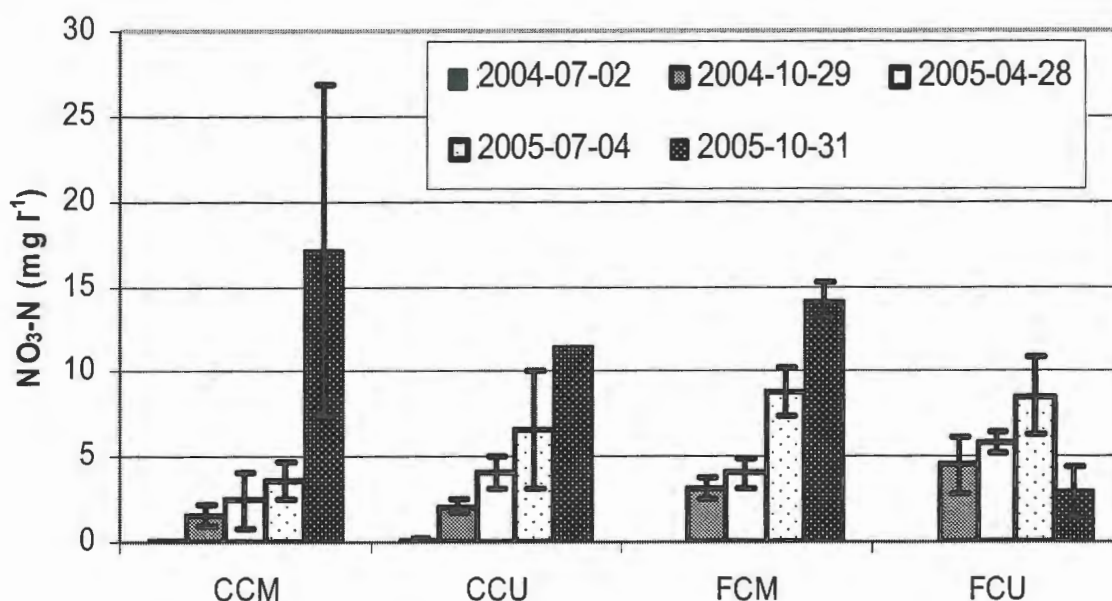
Läckagedata från gödslingsintervallsförsöken visar en viss skillnad i läckage mellan gödsling varje år jämfört med gödsling vart tredje år (se avsnittet "Miljöeffekter av intensivodling effekter på näringsläckage" i Fiberskogs slutrapport). Det mesta av skillnaden härrör från första gödslingstillfället 2002, då en viss ökning av läckaget var att vänta med tanke på att kvävegivan var 50-80 kg högre per ha för gödsling vartannat och vart tredje år.

Vid intensivodling av gran med ungskogsgödsling kommer man att gödsla ett och samma bestånd vid ett flertal tillfällen, vilket innebär att man bygger upp ett förhållandevis stort förråd av näring i träd och mark jämfört med traditionell granskogsskötsel. Näringsbudgetar pekar på att ca 2/3 av den tillförda näringen lagras i trädens biomassa och 1/3 fastläggs i marken. Detta innebär en ökad risk för kväveläckage vid beståndsavveckling, utöver det läckage av kväve som på de allra flesta ståndorter alltid uppstår när marken läggs kal vid en slutavverkning av den gamla skogen.

Näringsläckage vid avverkning studeras för tillfället i näringsoptimeringsförsöket i Asa, där både ogödslade och fastgödslade bestånd har avverkas. Efter två års mätningar av kväveläckaget finns ingen signifikant skillnad mellan behandlingarna (figur 5). Mätningarna av läckaget kommer

att pågå fram till 2008. I avverkningsförsöket har vi även ytor där vi lämnat kvar riset medan riset är borttaget på andra ytor för att efterlikna förhållanden vid en helträdsavverkning som kan vara aktuell vid intensivodling för att minska läckaget vid beståndsavveckling. Inte heller mellan dessa behandlingar finns någon signifikant skillnad. Det är viktigt att följa utvecklingen för att få veta om helträdsavverkning är ur läckagesynpunkt att föredra eller ej. Be-

stånden som har avverkats är avverkade två år efter sista gödsling. Bestånden är inte slutavverkningsmogna och bestånden har därför inte haft möjlighet att införliva maximalt med växtnäring i trädens biomassa. Samtidigt är de ogödslade bestånden i en tidigare fas i beståndsutvecklingen jämfört med de fastgödslade och läcker även de mer än normalt.



Figur 5. Koncentration av nitratkväve i markvatten efter läckage vid avverkning (mg NO₃-N per liter) för ogödslade ytor där riset lämnats kvar (CCM) och där riset har tagits bort (CCU), samt gödslade ytor där riset lämnats kvar (FCM) och där riset har tagits bort (FCU). Genom att multiplicera värdena på y-axeln med faktorn 3 omvandlas dessa grovt till kg kväve per ha.

Övergödning av Östersjön och insjöar med bland annat algblomning till följd har under senare år diskuterats allt flitigare. En stor bidragande orsak sägs vara den fosfor som läcker ut från jordbruksmark. Tidigare har kväveläckage varit i fokus men det är kanske inte kväve utan läckage av fosfor som man i huvudsak bör inrikta sig på. I de 13 pågående ungskogsgödslingsförsöken, där vattenprover tas har vi inte haft något detekterbart fosforläckage. Den

sammanlagda tillförda dosen av fosfor har uppgått som mest till 190 kg P per hektar.

En stor del av fosfor har antagligen ackumulerats i marken och en del återfinns i trädens biomassa. Sannolikt är fosforläckage inte något problem vid intensivodling med ungskogsgödsling. Ingen behandling i försöken har lett till en förändring av pH i markvattnet. Beståndens läge i landskapet har också en betydelse för läckage till vattendrag mm. I regel ligger skogsmark högre upp i landskapet och längre bort från sjöar och vattendrag jämfört med jordbruksmark. Vid ett eventuellt läckage kan kväve tas upp eller fastna i andra skogsbestånd, våt- och jordbruksmarker och når därför aldrig vattendragen. Detta kan man också

planera för, då man väljer ut lämpliga objekt för intensivodling.

Sammanfattningsvis tyder tillgänglig data på att risken för kväveläckage är liten vid intensivodling av gran, så länge beståndet bibehåller sin höga tillväxt. Anpassningar av gödslingsprogrammet för att minimera risken för läckage vid gödsling varannat år är att första gödselgivan bör vara 100-125 kg N per hektar. Asa och Flakaliden pekar på att det är också viktigt att minska kvävetillförseln innan beståndet sluter sig helt. I praktiken innebär det att man övergår till ett glesare gödslingsintervall. Läckaget vid slutavverkning kommer att följas upp de närmaste åren. Även intervallsförsöken och bolagsförsöken kommer att ge oss en uppfattning hur produktionen och läckaget påverkas vid praktiskt drift.

Effekter vid tillförsel av slam och aska

Tillförsel av slam ger en ökad omsättning och tillgänglighet av kväve på de flesta ståndorter. Tillväxteffekterna vid engångsgödslingar med slam är i samma storleksordning som vid traditionell skogsgödsling, där 150 kg kväve ger en ökad tillväxt på 10-20 m³sk per hektar (se avsnittet "Slam och aska i intensivodling" i Fiberskogs slutrapport). Engångsgivor av slam på 10-20 ton TS per hektar uppges vara miljömässigt acceptabla, liksom upprepade årliga givor på 1-2 ton per ha.

Enbart tillförsel av aska ger små eller inga produktionseffekter på skogen. Däremot kan en kombination av aska och kväve (+ fosfor) vara ett intressant alternativ vid intensivodling med ungskogsgödsling. Detta skulle kunna öka intresset för spridningen av aska på skogsmark, då åtgärden ökar produktionen. Slam innehåller visserligen kväve men har relativt lågt kväveinnehåll jämfört med konventionella gödselmedel och mängden slam blir betydligt större, vilket ökar spridningskostnaden jämfört med ett konventionellt gödselmedel med högt kväveinnehåll. Det kan också bli svårt att få fram tillräckliga kvantiteter

slam för storskalig spridning. Vid intensivodling i praktiken är det mest troligt att man kombinerar slam med kväverika gödselmedel.

Potentiellt negativa miljöeffekter av slamtillförsel är kväveutlakning, utlakning av tungmetaller, anrikning av tungmetaller i vegetation, svamp och markdjur och till viss del risk för spridning av patogener. I de ekosystem och med de gödslingsdoser (engångsgivor av ca 3-15 ton per ha) som hittills har studerats har inga anmärkningsvärda negativa miljöeffekter påvisats. Även produktionseffekterna har uppskattats i några försök. I Hjuleberg, på en mycket bördig mark som planterats med gran, gav slampelletens ingen positiv tillväxteffekt alls. I Vindeln, på en mer normal skogsmark, ökades volymtillväxten med mellan 6 % (3 ton) och 41 % (13 ton) jämfört med kontrolltyorna utan slamtillförsel (se avsnittet "Slam och aska i intensivodling" i Fiberskogs slutrapport).

Pelleterat slam som gödningsmedel i skog är fortfarande inte prövat i större skala, men skulle kunna bli en viktig länk i vårt samhälles näringskretslopp, och slamgödsling skulle kunna bli en integrerad del av uthålligt skogsbruk. Det är svårt att bedöma om förutsättningarna är störst inom intensivodling av skog eller inom det traditionella och relativt extensiva skogsbruket. Spridning av slam och aska sker lättast antingen efter första gallring eller i ungskogen då trädens höjd är 1.5-3 meter och beståndet fortfarande är glest. Spridningstekniken bör utvecklas framöver för att vara helt jämförbar med spridning av mineralgödsel.

Övrig miljöpåverkan vid intensivodling

Gödsling påverkar kärlväxter, svamporganismer, mossor och lavar, där vissa arter gynnas medan andra missgynnas. Lavar, mossor och ris kommer sannolikt att minska i omfattning. Vissa arter som missgynnas av ökad näringsstatus i marken kan även konkurreras ut och försvinna helt

medan nya mer kvävegynnade arter kan introduceras. Artantalet verkar dock inte minska vid ungskogsgödsling utan man får istället en ändring av växtsamhället (se avsnittet "Miljöpåverkan av gödsling" i Fiberskogs slutrapport). I områden eller bestånd i direkt anslutning till områden med nyckelbiotoper eller rödlistade arter som kräver en orörd bufferzon är intensivodling med gödsling aldrig att vara aktuell. I fullsluten granskog försvinner fält- och bottenskikt. I södra Sverige sluter sig granskogen oavsett om man gödslar eller inte i ungskogen. Detta innebär att man vid gödsling främst får förändringar av växtsamhället i ungskogsfasen. Ungskogsgödsling tidigarelägger däremot tidpunkten då beståndet sluter sig. I norra Sverige sluter sig granskogen endast i undantagsfall och skillnaderna i fält- och bottenskikt blir större vid ungskogsgödsling, där beståndet liknar fullslutna granbestånd i södra Sverige. Den typ av bestånd man får vid ungskogsgödsling i norra Sverige når en slutenhet man vanligtvis inte får vid traditionell skötsel och skiljer sig sannolikt i fråga om artsammansättning och beståndsstruktur.

Huruvida insekter och djurarter som lever av dem påverkas är högst osäkert, då insekter, fåglar och däggdjur förflyttar sig i skogslandskapet. Däggdjur kan gynnas till följd av ökad fältskiktsproduktion under ungdomsfasen. Enligt studier kan markorganismer påverkas men diversiteten bibehålls.

Kväve 2002 var ett projekt att ställa samman de kunskaper som finns om den traditionella skogsgödslingens effekter på miljön. Slutsatsen som drogs då var att rätt utförd skogsgödsling ger inga påtagliga skador på miljön och hotar inte den biologiska mångfalden. Mycket av de effekter som gödslingen hade på vegetation, svamporganismer och markdjur är sannolikt direkt översättbara vid ungskogsgödsling.

Intensivodling av gran sker inte på bekostnad av andra trädslag, eftersom man inte avser att öka arealen granmark utan istället öka produktionen på den befintliga arealen. Landskapsbilden kommer därför inte nämnvärt att påverkas vid en storskalig satsning på intensivodling.

Intensivodling med näringstillförsel ökar uppbyggnaden av kol i både biomassa och mark genom ökad förnatillförsel och hämmad nedbrytning. Modellstudier indikerar att långvarig kvävetillförsel kan medföra en fördubbling av kolförrådet i markens humuslager under en skogsgeneration. Av ökningen beror 70 % på hämmad nedbrytning och resten på ökad förnaproduktion (se avsnittet "Miljöpåverkan av gödsling" i Fiberskogs slutrapport).

Ett intensivodlingsskogsbruk med ungskogsgödsling innebär en ökad användning av fossila bränslen i form av drivmedel vid transport, spridning och tillverkning av gödselmedel i jämförelse med skogsbruk utan gödsling. Det intensiva skogsbruket innebär också en extra energiinsats och utsläpp av koldioxid. Den intressanta frågan är hur mycket den ökade koldioxidanvändningen och energiförbrukningen är jämfört med inlagringen av kol och energivinsten man får vid förbränning. Kretsloppsstudier för intensivodling har visat att den ökade energiåtgången som ett intensivt skogsbruk ger upphov till är endast 2-4% av den energivinst som merproduktionen av biomassa innebär om man utvinner energi från den. Detsamma gäller för kolinlagringen.

Differentiering av skogsskötseln vid Intensivodling

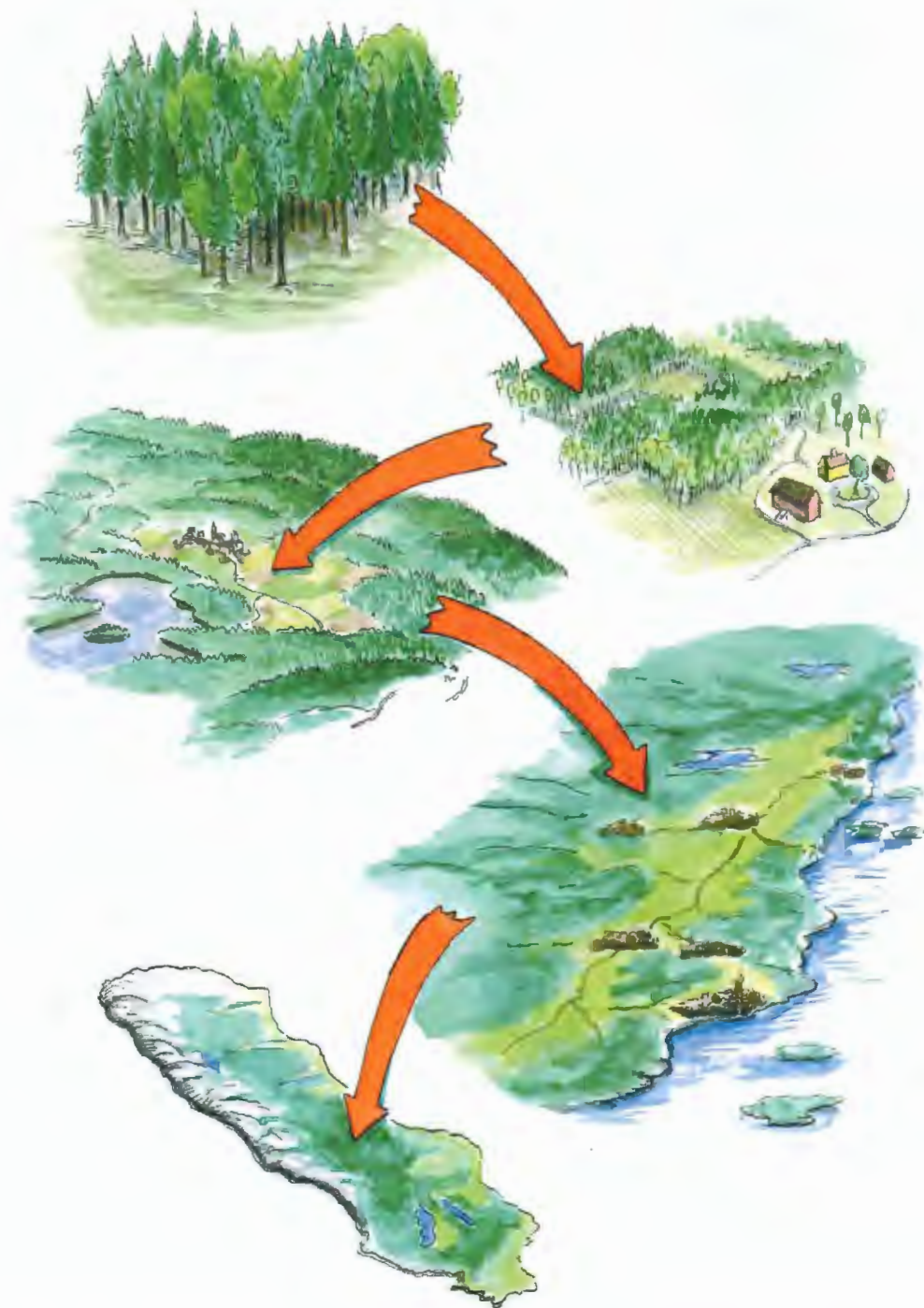
I Skogsstyrelsens riktlinjer för gröna skogsbruksplaner anges fyra målklasser: NO = Naturvårdsmål Orört, NS = Naturvårdsmål Skötsel, PF = Produktionsmål Förstärkt Naturhänsyn och PG = Produktionsmål Generell naturhänsyn. På beståndsnivå hamnar vi med helt jämställda

miljö- och produktionsmål i det som motsvarar PG-klassen. För de övriga tre (NO, NS och PF) målklasserna är miljömålet överordnat produktionsmålet. En stor del av skogsmarken hamnar dock inom PG-klassen.

Vid differentierad markanvändning avser man att jämställa miljö- och produktionsmålen på landskapsnivå istället för på beståndsnivå (< 10 ha). När det gäller mer skyddsvärda skogsbestånd med höga naturvärden eller bestånd som är av stor betydelse för rekreation och friluftsliv, pekar tidigare studier (Fiberskogs slutrapport, 2001) på att det är effektivare att odla mer extensivt eller avsätta sådana skogsområden som reservat. På dessa marker är miljömålet överordnat produktionsmålet. Vid intensivodling skulle man däremot satsa på marker med låga miljövärden som exempelvis befintliga monokulturer av gran. Om man tog sådana marker i anspråk skulle inga miljövärden äventyras, förutsatt att intensivodlingen inte bedrivs på ett miljöfarligt sätt. Intensivodling skulle bara utgöra en mindre del av skogsmarken, medan dagens skogsbrukssätt fortfarande skulle dominera.

De principiella skillnaderna mellan dagens skogspolitik och differentierad markanvändning är att man "tar ut svängarna" i större utsträckning vid differentierad markanvändning och även satsar på intensiv skogsproduktion, där det lämpar sig bäst. En annan skillnad är att man idag försöker jämställa miljö- och produktionsmålen på beståndsnivå, medan man vid differentierad markanvändning lyfter blicken en eller två skalnivåer (figur 6) till fastighets- (100-1000 ha) och landskapsnivå (1000-10000). Produktions- och miljömålet skulle med detta synsätt uppfyllas på ett mer effektivt sätt än idag.

På beståndsnivå är det en tolkningsfråga om intensivodling kan rymmas inom målklassen PG=Produktionsmål med generell naturhänsyn. Skogsstyrelsen har själv antytt detta, då de svarade på en insändare av Ragnar Friberg (tidigare skogsvårdschef på Stora Enso AB) i Skogseko (nr 2/99). Vid intensivodling med ungskogsgödsling är det dock möjligt att ta generell hänsyn.



Figur 6. Olika nivåer på hur en differentiering av markanvändandet kan tillgodose både miljö- och produktionsmålet: *bestand – fastighet – region – landskap – nationellt*.

Förutom en kraftigt ökad produktion och förkortade omloppstider finns det en rad andra ekonomiska fördelar vid differentierad markanvändning med intensivodling. För det första sänks avverkningskostnaderna vid gallring (gallringar) och slutavverkningen, eftersom de effektiviseras och att

det står mer stamvirke per ytenhet. Virkestransporter från skogen till industrin står för en betydande kostnad och sänker lönsamheten vid långa transportavstånd. I ett regionalt perspektiv skulle de intensivodlade markerna hamna inom ett närområde på maximalt 100 km från industrin (främst

massaindustrier och värmeverk), vilket skulle innebära avsevärt förkortade transportavstånd jämfört med idag (figur 7). Intensivodling skulle ändå inte dominera inom närområdet, utan vanligt skogsbruk med lika vikt på miljö och produktion. Dessutom skulle hänsyn tas i först hand till

kulturminnesvård, friluftslivs- och rekreationsintressen i stadsnära skogar och skyddsvärda marker med höga naturvärden.

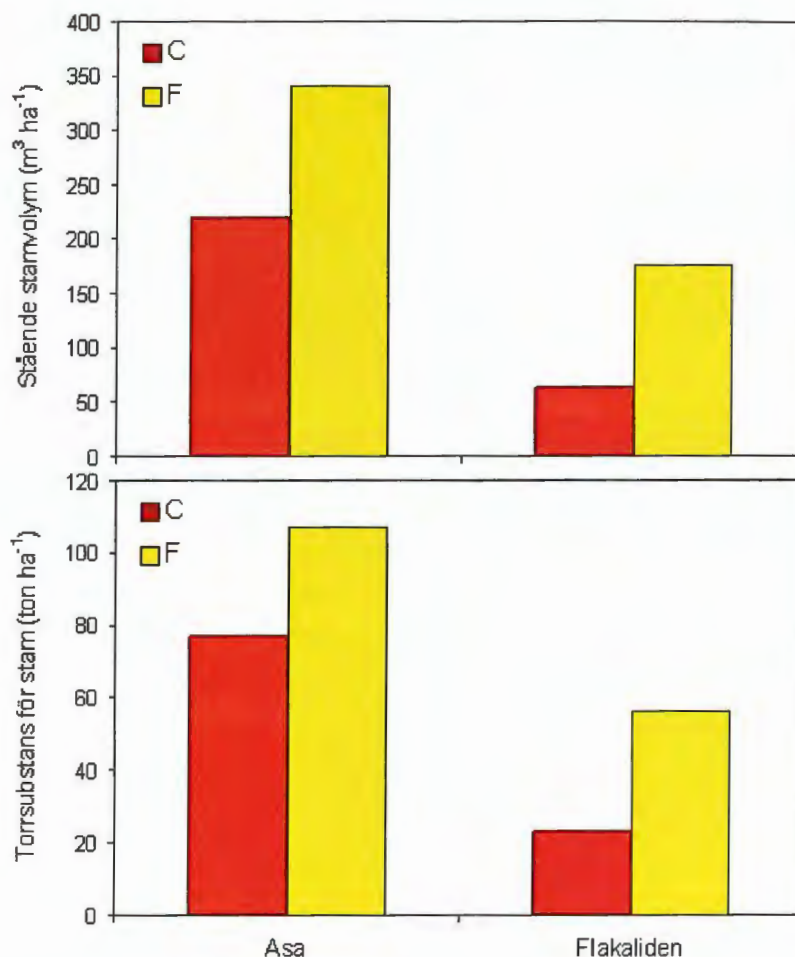


Figur 7. Regionalt avsätts friluftslivs- och rekreations-skogar (c) i främst tätortsnära områden. Kulturminnesvård och områden som har bevarandevärden (c) skyddas i större utsträckning än idag. Samtidigt ökar man skogsproduktionen för energi- (a) och virkesändamål (b), genom intensivodling med behovsanpassad gödsling, på de marker som saknar bevarandevärden. De intensivodlade skogsbestånden placeras med högst 100 km radie från industrin för att minska transportavstånden. Fortfarande dominerar skogar med lika vikt på miljö och produktion, dvs den skog i figuren som inte innefattas av a, b eller c.

Ved- och fiberegenskaper vid intensivodling

Vedbildning påverkas av ökad tillväxt och därmed av intensivare odlingsformer. Det är dock inte gödningen i sig som påverkar veden, utan sambandet mellan tillväxt och

fiberegenskaper ser likadant ut även vid mycket stora tillväxtökningar. Jämfört med dagens redan heterogena råvara kommer veden från intensivodling inte att vara vänskild utan snarare att ligga i den snabbvuxna änden på en befintlig skala.



Figur 8. Stående volym (m³ per hektar) och torrsubbans för stamved (ton per hektar) för ogödslat (C) och fastgödslat (F) fram till 2003 i Asa och 2001 i Flakaliden. Baserat på stående stamvolym och densitetsmätningar från trissor tagna från respektive försök.

Det är framförallt fördelningarna av olika fibertyper som kommer att ändras; intensivodlat virke karaktäriseras av att fler fibrer har tunna väggar. Det är framförallt andelen vårved som ökar vid ökande tillväxt och årsringsbredd, medan den tjockväggiga sommarveden är relativt konstant. Därmed minskar densiteten, men inte i samma utsträckning som tillväxten ökar. Densitetsskillnaderna gör att torrsubbansproduktionen för intensivodlade bestånd

inte fullt ut motsvarar volymsökningen. I exemplet från södra Sverige har fastgödningen ökat torrsubbansproduktionen med 40 % och i norra Sverige är ökningen i det här fallet över 100 % (figur 8). Tillväxtökningen gör också att den genomsnittliga fiberlängden minskar.

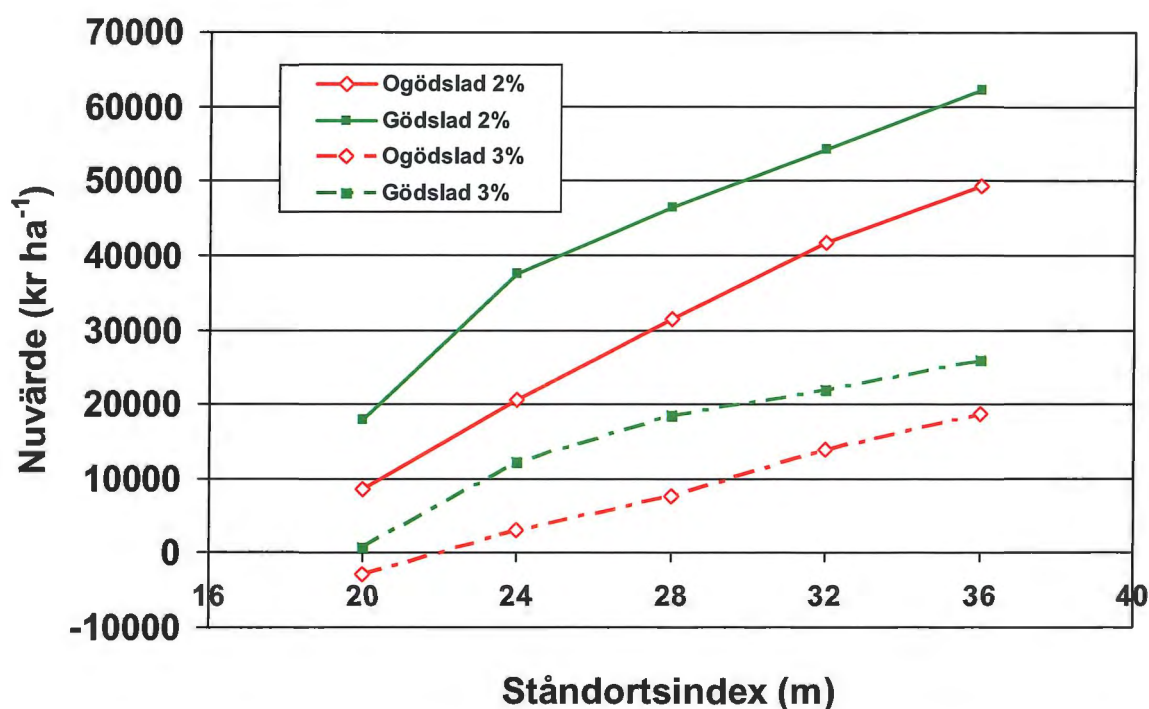
Intensivodlat virke kommer att ha både för- och nackdelar för massa- och pappersproduktion. Den främsta nackdelen är att

man får mindre mängd fibermaterial per inköpt volym rundved. Två studier har genomförts då man gjort pappersmassa och papper av ved från Asa och Flakaliden. Massan från de gödslade bestånden var ljus och krävde mindre mängd kemikalier i blekningen. Den höga andelen värvedsfibrer gav bra värden på dragstyrka medan den korta fiberlängden gav sämre rivstyrka. Virkesförbrukningen var också högre. Dessa resultat ligger i linje med tidigare studier av snabbvuxen gran.

Ekonomiska prognoser vid intensivodling

Ståndortens bördighet (SI) påverkar volymproduktion och ekonomi vid intensivodling av gran med ungskogsgödsling.

Produktionsvinsten som intensivodlingen ger är större för ståndorter med lägre SI jämfört med höga SI. Dock kompenseras det något av att tiden fram till dess att man kan börja gödsla är kortare vid högst SI och därmed även hela omloppstiden, vilket påverkar en nuvärdeskalkyl. Trots att man har minskat produktionen i modellen (DT) med 20% jämfört med försöken så var nuvärdet högre för gödslade bestånd än för ogödslade bestånd oberoende av ståndortsindex (figur 9). För låga ståndortsindex innebar gödsling nästan en fördubbling av nuvärdet medan den relativa ökningen på goda ståndorter var ca 20% (se avsnitt "Ekonomisk analys av praktisk intensivodling i granplanteringar" i Fiberskogs slutrapport).



Figur 9. Nuvärde av kostnader och intäkter under omloppstiden för gödslade och ogödslade bestånd på marker med olika bördighet (ståndortsindex, SI). Nuvärdesberäkningen har gjorts med kalkylräntan 2% respektive 3%.

Ekonomi i bestånd som har startats med olika stamantal beror naturligtvis mycket på etableringskostnaden. Om stamantalet hålls nere blir föryrningen billig och eftersom denna kostnad kommer tidigt under

omloppstiden får det en stor betydelse för nuvärdeskalkylen. Dock kan ett för lågt plantantal ge produktionsförluster, då arealen inte kan utnyttjas fullt ut och att det tar längre tid för beståndet att sluta sig och uppnå maximal löpande tillväxt. För ogödslade bestånd sjönk nuvärdet när

plantantalet översteg 1500 plantor per hektar medan gödslade bestånd hade ungefär samma nuvärde från 1500-2500 stammar per hektar (se avsnitt "Ekonomisk analys av praktisk intensivodling i granplanteringar" i Fiberskogs slutrapport).

Kassaöverskottsberäkningar verkar oavsett alternativ ge en skillnad på 1000 kronor per hektar. Orsaken till de något höga kassaöverskotten är att intäkterna vid slutavverkning är högre jämfört med de intäkter man har idag vid avverkning. I

våra kalkyler har vi högre produktion och slutavverkningsvolym i de ogödslade bestånden än vad man har idag då vi avverkar och detta speglar förhoppningsvis att dagens och framtidens granskogsbruk är bättre än gårdagens.

Kvalitetsutfallet är också betydelsefullt för den ekonomiska analysen och vid intensivodling är det sannolikt att den försämrats något. Beräkningar där andelen timmer i klass 4 varierades visade att klass 4 andelen för timmer från gödslade bestånd kan öka från 20% till drygt 60% innan nuvärdet för de gödslade bestånden understiger nuvärdet för ogödslade. (se avsnitt "Ekonomisk analys av praktisk intensivodling i granplanteringar" i Fiberskogs slutrapport).

Beräkningar visade att gödslingskostnaden måste öka med drygt 50% jämfört med den antagna innan nuvärdet för gödslade bestånd understeg ogödslade. Intensivodling med ungskogsgödsling ökar enligt våra modellberäkningar den ekonomiska lönsamheten jämfört med traditionellt granskogsbruk oavsett etableringsmetod, planteringsförband och gallringsprogram.

Det finns en rad olika aspekter som är svåra att kvantifiera och bedöma säkert och är därför inte medtagna i de ekonomiska analyserna som (i) minskade transportavstånd till industrin, (ii) en höjning av markens produktionsförmåga även under nästa omloppstid, då man avverkat det intensivodlade beståndet, (iii) arealmässigt ökad och koncentrerad produktionen, vilket ger minskad konkurrens och möjlighet att tillgodose samhällets alla krav på skogsråvara, rekreation och biologisk mångfald. Att intensivodling innebär en stor investering i ungskogen kan ses som en ökad risk ifall något skulle hända som exempelvis stormfällning, rotröta och insektsangrepp. Detta har man inte heller kunnat ta hänsyn till i analyserna.

De ekonomiska analyserna är baserade på de kostnader och intäkter man har i dag, vilka kan komma att förändras i framtiden. I modellen finns en rad antaganden man kan diskutera men de är baserade på den bästa kunskapen vi har idag. Eftersom vi i stort sett inte har någon erfarenhet av praktisk intensivodling bör resultaten ses som en indikation på vad intensivodling kan betyda för beståndets ekonomi. Vidareutveckling av modellen framöver är därför önskvärd för att finslipa prognoserna av produktion och ekonomi vid intensivodling.

Styrgruppens rekommendationer vid intensivodling

Skötselrekommendationer styrs av vilken slutprodukt, målsättning och synsätt/policy man har som markägare, samt var i Sverige

intensivodlingen sker. Men några generella rekommendationer är:

Av miljömässiga skäl och ur ekonomisk synvinkel rekommenderar vi inte ungskogsgödsling på bättre jordbruksmark med hög naturlig produktionsförmåga. Däremot kan man bedriva intensivodling utan ungskogsgödsling med genetiskt förädlad material och/eller att använda sitka, hybridlärk, poppel eller hybridasp istället för gran och contorta istället för tall.

Man kan antingen bestämma sig för att intensivodla vid tidpunkten för plantering eller då beståndet har nått en trädhöjd på 1.5-2 meter och man vet att ungskogen håller för de krav man har vid intensivodling (minst 1200 pl/ha och utan stora luckor). Oavsett detta är det önskvärt att nå så bra föryngringsresultat som möjligt. För att göra plantetablering möjlig på vegetationsrika hyggen krävs någon form av markbehandling. Internationellt sett är kemisk vegetationsbekämpning vanligast men i Sverige är restriktioner för att använda herbicider inom skogsbruket stora. För att uppnå likvärdiga resultat finns dock flera mekaniska markbehandlingsmetoder att tillgå.

Inversmarkberedning, där humustorvan placeras upp- och nervänd i en grop med ett 10 cm tjockt lager av mineraljord läggs ovanpå, har visat sig ge tillfredställande föryngringsresultat med mycket hög överlevnad på vegetationsrika hyggen. Högläggning och hyggesplogning är andra markbehandlingsmetoder med goda resultat. På marker med mindre vegetationskonkurrens i Sveriges mellersta och norra delar räcker sannolikt harvning.

Vid intensivodling rekommenderar vi att man ska använda genetiskt förädlad material, från nyare fröplantager eller vegetativt förökat material för snabb etablering, hög överlevnad och som reagerar kraftigt på förbättrad näringstillgång (gödsling). Anläggningsförbandet påverkas av vilken

betalningsförmåga man bedömer att industrin kommer att ha för olika kvalitetssortiment. För närvarande är skillnaderna små mellan granvirke av högre respektive lägre kvalitet, vilket ger svag lönsamhet i tätare anläggningsförband. Ett alltför glest anläggningsförband tappar i arealproduktion och valmöjligheter i skötseln begränsas kraftigt. Ett anläggningsförband vid intensivodling på 1500-2500 plantor per hektar är lämpligt.

När en intensivodlad föryngring växer in i ungskogsfasen bör man inledningsvis ta ställning till om planerna på intensivodling skall fullföljas. Om en jämn och välsluten ungskog etablerats finns goda förutsättningar för ett lyckat resultat.

I gallringsfritt skogsbruk bör stamantalet inte vara högre än 1000-1500 plantor per hektar, vilket lämpligen regleras genom val av plantförband eller ungskogsröjning. Fördelarna med det gallringsfria alternativet, förutom att risken för stormskador minskar, är att även risken för rotröteangrepp reduceras.

Med en välsluten och jämn ungskog bör röjningen främst inriktas mot sanering av självsådda plantor. Löv kan också lämnas kvar men av produktionsskäl bör lövet gallras bort vid första gallring. I ett intensivodlat bestånd som uppnått gallringsmogen ålder måste man först ta ställning till om beståndet skall gallras eller ej. Man bör normalt avstå att gallra i bestånd (eller delar av bestånd) på mycket starkt vindexponerade ståndorter där risken för stormskador bedöms vara hög. För att så tidigt som möjligt stabilisera bestånden mot vind- och snöskador är det viktigt att den första gallringen utförs tidigt. Gallra en eller högst två gånger under en omloppstid.

Gödslingsstart vid 1.5-3.5 meters medelhöjd och därefter gödsling vartannat år till dess att beståndet sluter sig. Därefter gödsling vart 5:e till vart 10:e år. Gödsla maximalt 2-4 gånger efter det att beståndet har

slutit sig. För inte riskera läckage bör man vänta med gödslingen ett par år efter en gallring. Första gödslingsgivan bör ligga mellan 100-125 kg N per hektar för att undvika läckage men kan därefter öka till 125-150 kg N per hektar. I fullsluten skog bör kvävegivan ligga på samma nivå 125-150 kg N per hektar. Andra ämnen är naturligtvis också nödvändiga för att nå maximal tillväxt, särskilt i södra Sverige, där tillväxteffekter kan utebli helt vid ren kvävegödsling. Flera gångbara fullgödselmedel finns på marknaden. Idealt bör gödslingsgivans storlek och sammansättning baseras på barrprovtagning hösten innan. Ska större arealer gödglas är spridning med helikopter att föredra, vilket är fördelaktigt eftersom man slipper ta upp stickvägar samtidigt som ungskogsgödsling från marken inte är möjlig, med dagens teknik, då trädens höjd överstiger 6 meter. Gödslingen avslutas senast 5 år innan planerad slutavverkning så att en stor del av sista gödslingsgivan kan tas upp av rötterna och införlivas i trädets biomassa.

Restprodukter från samhället som slam och aska kan med fördel användas vid intensivodling, vilket eventuellt kan minska kostnaderna vid ungskogsgödslingen. Eftersom slam och aska innehåller lite kväve men mycket av andra makro- och mikronäringsämnen måste det kombineras med kvävegödsling för att maximera produktionen och effektivisera gödslingen. Om spridningen sker från marken är det lämpligast att man antingen sprider slam eller aska vid gödslingsstarten, eftersom det är lättast att få ut det mellan stickvägarna, eller efter första gallring. Slam och aska är lite mer "slow-release" jämfört med konventionellt gödselmedel, vilket talar för att det passar bäst efter första gallring då gödslingsintervallet är glesare än i ungsko-gen.

Vid beståndsavveckling antar vi att helträdsavverkning ändå är att föredra för att minska risken för läckage, även om försöket i Asa ännu inte kan utvärderas fullt ut.

Helträdsavverkning ger också ett betydande tillskott och kan användas för bioenergiändamål.

Slutord

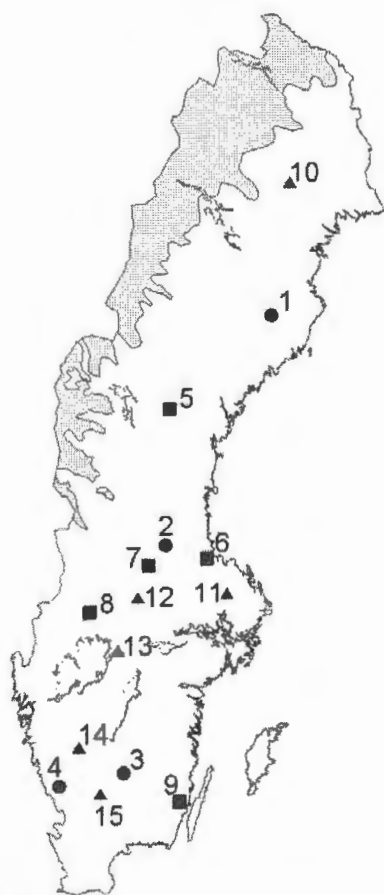
Fiberskogsprogrammet har pågått under åtta år (1997-2005) men har nu avslutats. Resultaten under programperioden har visat att man genom intensivodling med ungskogsgödsling och förbättrad skogsskötsel kan öka volymsproduktionen avsevärt. Risken för näringsläckage vid intensivodling är liten i växande granbestånd om man tillför anpassade doser av näringsämnen. Vid avverkning kan man få ett ökat kväveläckage men i försök hitintills verkar förlusten inte vara större än från traditionellt skötta bestånd. Råvarans kvalitet försämras något i termer av densitet och torrsubstansproduktion men det har inte någon avgörande inverkan på egenskaper hos pappersmassa och kopieringspapper.

Intensivodlingskonceptet är med andra ord fortsättningsvis minst lika lovande och vi har inte råd att inte gå vidare och pröva det i praktisk skala. Om en ökad efterfrågan styr skogsägarna att öka produktionen framöver, har vi ett ansvar att veta hur man gör, baserat på ett bra beslutsunderlag. De politiska ramarna måste ändras framöver och ge acceptans för alternativa skötselsystem som intensivodling. Utan en stark tillväxtinriktad skogspolitik framöver kommer det att bli omöjligt att få ihop ekvationen.

En nationell miljökonsekvensbeskrivning (MKB) bör därför komma till stånd inom den närmaste tiden, där konceptet utvärderas utifrån befintlig kunskap. Intensivodlingskonceptet bör ställas i relation till samhällets olika krav och de olika miljömål som idag finns uppsatta för Sverige och jämföras med andra areella näringar såsom jordbruket.

Det finns numera fem försök där man testar gödslingsintervallets inverkan på produktion, ekonomi och miljö, samt flera praktiska försök på bolagsmark (figur 10).

Försöken är fortfarande i sin linda och försöken kommer framöver att ge viktig information om hur man bäst utformar gödslingen i praktiken. Försöksverksamheten kommer att kunna fungera som en ryggrad för en eventuell landsomfattande satsning för praktiskt skogsbruk. Därför är det viktigt att man fortsätter att driva försöken framöver även efter det att forskningsprogrammet Fiberskog har tagit slut.



Figur 10. Olika ungskogsgödslingsförsök i gran. Fyllda cirklar (Hjuleberg 4, Asa 3, Stråsan 2, Flakaliden 1) representerar basförsök av grundläggande karaktär, fyllda fyrkanter är gödslingsintervallsförsök (Småland 9, Värmland 8, Dalarna 7, Gästrikland 6, Jämtland 5), fyllda trianglar är praktiska bolagsförsök (Ljungby 15, Tranemo 14, Gullspång 13, Hällefors 12, Vendel 11, Gällivare 10).

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap
SLU
Box 49
SE-230 53 Alnarp

Telefon: 040-41 50 00
Telefax: 040-46 23 25

Southern Swedish Forest Research Centre
Swedish University of Agricultural Sciences
P.O. Box 49, SE-230 53 Alnarp
Sweden

Phone: +46 (0)40 41 50 00
Fax: +46 (0)40 46 23 25

ISBN 91-576-7161-3