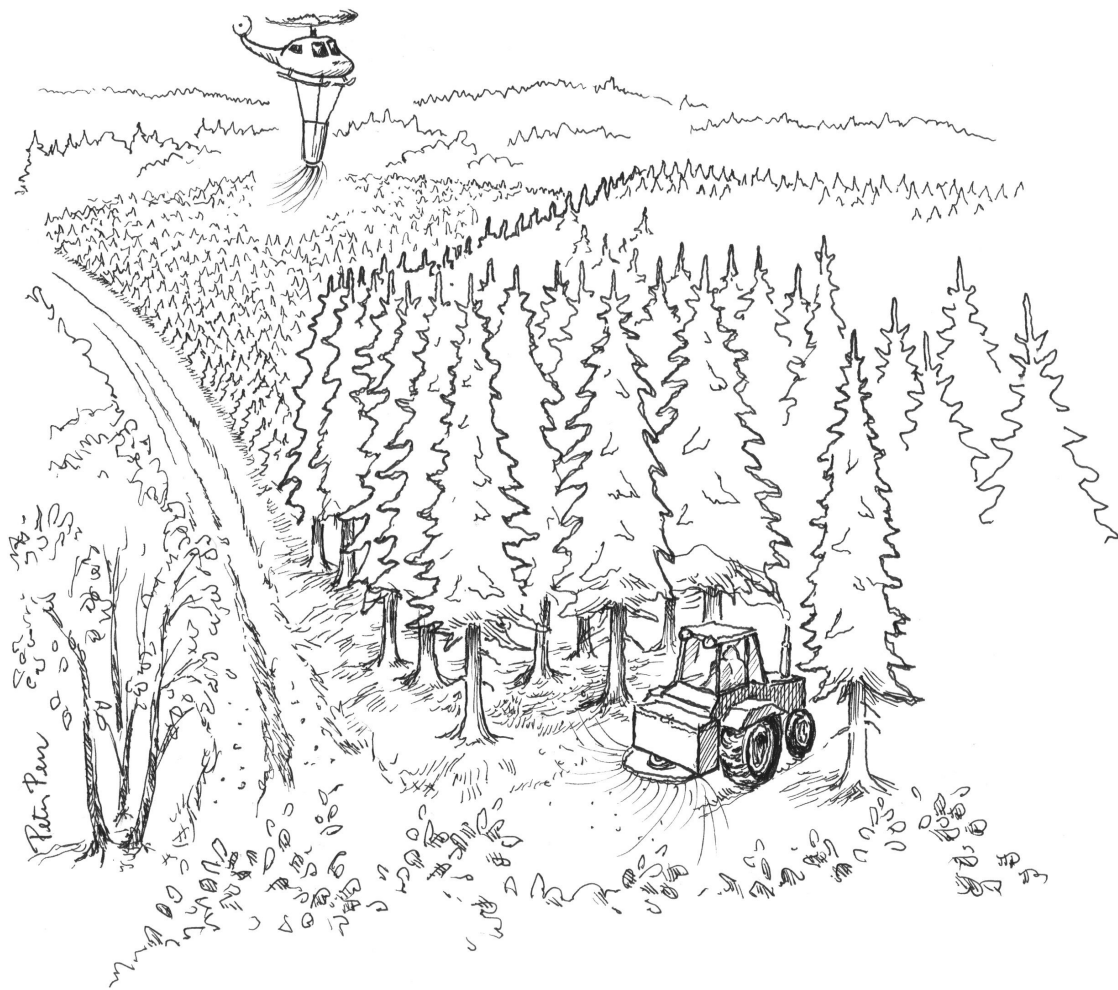


Gödsling ett effektivt och lönsamt sätt att öka produktionen

Johan Bergh

Inledning

De senaste 10 åren har avverkningsmöjligheterna och lönsamheten inom skogsbruket minskat i Sverige till följd av ökad miljöhänsyn och avsättning av skogsmark för biologisk mångfald. Certifiering av skogsbruket bidrar till ytterligare restriktioner. Samtidigt förväntas Sveriges behov av skogsråvara att öka, särskilt från energisektorn där man måste kompensera energibortfallet som avvecklingen av kärnkraften innebär. Vi ska med andra ord producera allt mer på en yta som ständigt krymper. Under 2003 konstaterade man att skogsproduktionen i Sverige inte längre var uthållig och åtgärder för att öka produktionen ska ses över. Gödsling av skogsmark ökar produktionen och lönsamheten i skogsbruket och man skulle ha möjlighet att möta den ökade efterfrågan. Dessutom skulle den ökade skogsproduktionen innebära att man skulle förbättra kolinlagringen i skogen. Kunskapen om gödsling och dess effekter på produktion och miljön är stor och man kan utföra gödsling med mycket ringa negativa miljöeffekter om man följer de rekommendationer som finns idag. I detta avsnitt ska vi behandla olika aspekter av gödsling för att ge en heltäckande bild och grundläggande förståelse om positiva och negativa sidor.



Produktionsfysiologisk bakgrund vid gödsling

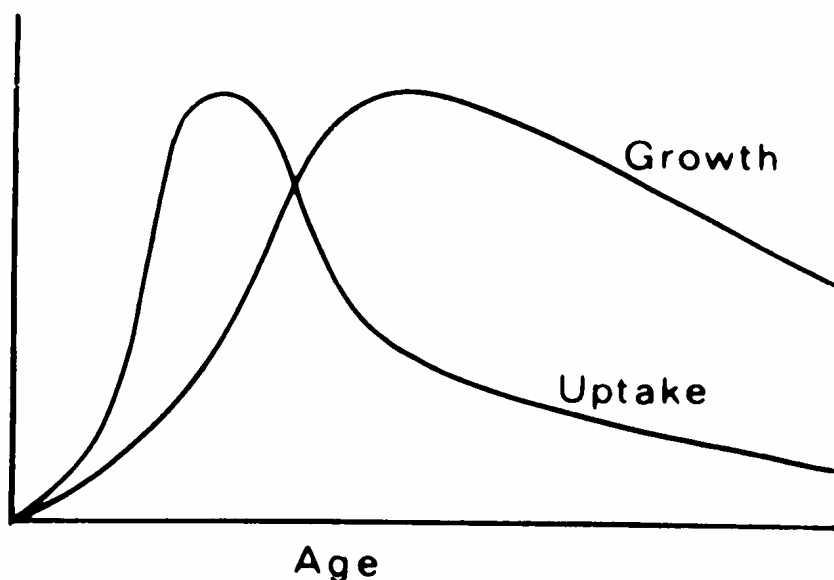
Tillväxten i våra svenska skogar är nästan utan undantag begränsad av kväve och därför ger gödsling ofta en markant tillväxtökning var man än befinner sig i Sverige. För att få förståelse varför gödsling ökar produktionen och att man kan få olika tillväxtreaktioner vid gödsling beroende på beståndsålder, ska vi kortfattat beskriva de bakomliggande produktionsfysiologiska orsakerna.

Orsaken att träd reagerar så kraftigt på gödsling beror på att en förbättrad näringstillgång ger upphov till en kraftigt utbyggd barrmassa och därmed ökad fotosyntesproduktion. En ökad fotosyntesproduktion är direkt proportionell mot tillväxten av trädets biomassa (barr/blad, grenar, stam rötter). Ökad fotosyntes förklarar endast till en del den ökade stamvedsproduktionen. En del av ökningen beror också på en förändrad fördelning av resurserna mellan rötter och ovanjordisk biomassa. Förbättrad näringstillgång i marken innebär att träden, relativt sett, satsar mindre på tillväxt av rötter (finrötter) och får mer resurser att bygga upp de ovanjordiska delarna av trädet (barr, grenar, stam). En tredje orsak är att fotosyntesens effektivitet ökar vid gödsling med ca 10-20% jämfört med en ogödslad bestånd av medelgod näringsstatus och produktionsförmåga (bonitet).

Vid gödsling av 1:a gallringsskogar och äldre bestånd ökar barrmassan förutsatt att beståndet inte är helt fullslutet. Däremot är möjligheten i äldre skog till att bygga ut

barrmassan begränsad eftersom beståndet håller i detta utvecklingsskede redan en relativt stor barrmassa. Engångsgödsling eller upprepad gödsling ca vart 8-10 år (enligt Skogsförbättringar/SkogForsks rekommendationer) är därför att fördraga framför ett mer intensivt gödslingprogram med gödsling varje, vartannat eller vart fjärde år. En förändrad fördelning av fotosyntesprodukterna där mer resurser går till de ovanjordiska delarna har säkert en stor effekt på stamvedsproduktionen, förutsatt att beståndet redan innan gödslingen inte hade hög näringsstatus. En ökning av fotosyntesens effektivitet påverkar sannolikt tillväxten också förutsatt att gödsling sker på marker med medelgod och sämre produktionsförmåga. Man skall undvika med andra ord att gödsla helt fullslutna bestånd med hög näringsstatus.

Den principiella skillnaden vid gödsling av ungskogar är att man har en större möjlighet att bygga ut barrmassan, vilket kan öka produktionen med flera 100% och man förkortar omloppstiden avsevärt. Däremot måste man gödsla mer intensivt i ungskogsfasen för att få full effekt eftersom omsättningen av barr är snabbare i ungskogsfasen i jämfört med medelålders och äldre bestånd. Att bygga upp hela barrmassan är också mycket näringskrävande (se figur 1) och behovet är därför störst under ungskogsfasen. Behovet av näringsämnen avtar snabbt då beståndet börjar sluta sig. Andra näringsämnen än kväve kan bli begränsande för tillväxten och sannolikheten för detta är antagligen störst under den näringskrävande ungdomsfasen. Främst fosfor men även kalium och magnesium har visat sig bli begränsande vid höga löpande tillväxter i unga granbestånd. En begränsande effekt av dessa ämnen kan även uppstå vid gödsling av äldre bestånd men först vid upprepad gödsling.



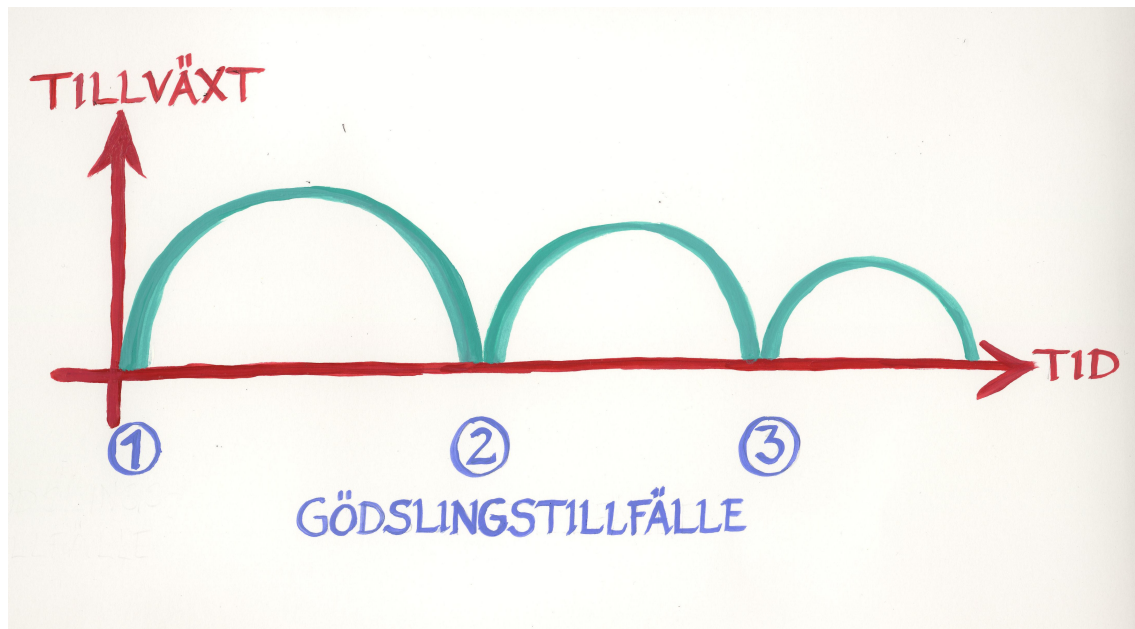
Figur 1. Principskiss på hur upptaget/behovet ser ut i ett skogsbestånd under en omloppstid. I unga bestånd är behovet störst då barr/bladmassan byggs upp. Behovet avtar snabbt då beståndet börjar sluta sig (efter Miller & Miller 1988).

Tillväxteffekter vid gödsling

Medelålders och äldre skog

Vid engångsgödsling med 150 kg N per hektar i medelålders och äldre skog ligger tillväxtökningen på 10-20 m³sk per ha under en 6-10 års period (figur 2). Efter 10 år har gödslingsef-

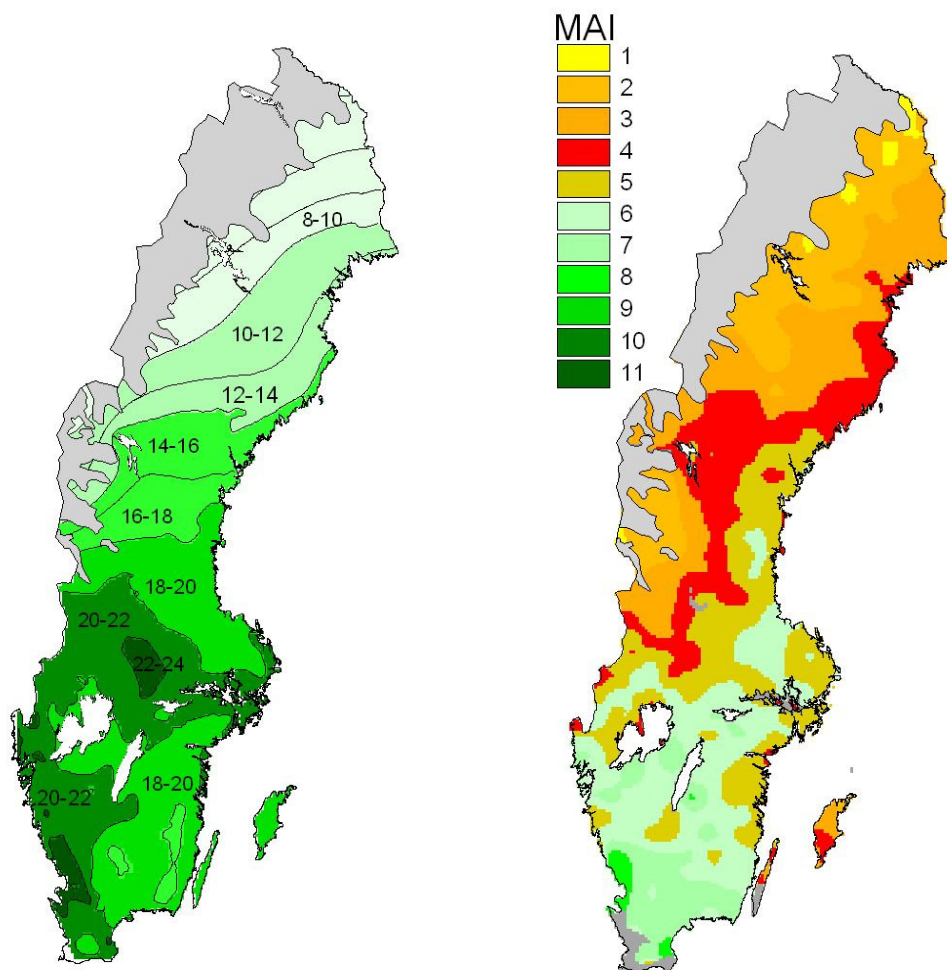
fekten ebbat ut eftersom barrmassan som byggdes upp vid gödslingstillfället har till största del bytts ut. Granens barr har längre livslängd (5-10 år) än tallens barr (3-5 år), vilket sannolikt är orsaken till att tillväxtresponsen vid gödsling är något längre för gran. I medelålders och äldre skog har försök visat i Skogsförbättringars/SkogForsks regi att gödslingeffekten kan avta vid upprepade gödsling. Gödsling av medelålders och äldre skog ger i de flesta fall en mycket bra förräntning på pengarna.



Figur 2 på gödslingens inverkan på löpande tillväxten vid gödsling i 1:a gallringsskog och äldre, dels engångsgödsling och dels med omdrev.

Ungskog

Tillväxteffekterna vid gödsling av ungskog har visat i tidigare och pågående försök ge en tillväxtökning av stamvolymen med 100-400%. I absoluta tal kan det innebära en merproduktion på 8-12 m³sk per ha och år sett över en hel omloppstid. Genom att använda resultat från nya och gamla gödslingsförsök samt vissa starka samband mellan klimatet och produktionen har en produktionspotentialkarta tagits fram för tall och gran i Sverige. Vi har även tagit hänsyn till att vatten är en begränsande faktor för produktionen, vilken är särskilt markant i sydöstra Sverige. Siffrorna på kartan avser den realiserbara volymproduktionen för gran i m³ stamved per hektar och år som medel under en omloppstid (figur 3a). Den aktuella tillväxten i Sverige är betydligt lägre (figur 3b). I södra Sverige skulle volymproduktionen kunna fördubblas och i mellersta och norra Sverige tredubblas. En ökande volymproduktion leder till att omloppstiderna förkortas. I södra Sverige skulle omloppstiden kunna förkortas med 20-30 år jämfört med idag, och i mellersta och norra Sverige med 40-60 år. För mer utförlig information om ungskogsgödsling ladda ner ungskogsgödsling (praktiska rekommendationer vid ungskogsgödsling). För att få motsvarande produktionspotentialkarta för tall som för gran (figur 3a) kan man som estimat multiplicera figur 3a med 0.65.



Figur 3a. Den realiserbara stamvolymproduktionen ($\text{m}^3\text{sk} / \text{ha}, \text{år}$) uttryckt som medelproduktionen under en omloppstid (MAI) i granbestånd som erhålligt balanserad näringstillförsel.

Figur 3b. Den aktuella stamvolymproduktionen ($\text{m}^3\text{sk} / \text{ha}, \text{år}$) uttryckt som medelproduktionen under en omloppstid (MAI).

Ekonomi vid gödsling

Skogsgödsling är vanligtvis en mycket lönsam investering. I en nuvärdesberäkning ([länk till PMs sida?](#)) kan en engångsgödsling i slutet av omloppstiden ge en förräntning på 10-15 procent. Markägare med stora arealer skog behöver inte vänta, utan kan ta ut den ökade tillväxten i andra bestånd. Detta gör den ekonomiska kalkylen ännu bättre. Vid gödsling av 1:a gallrings och äldre bestånd ger sällan kvävegödselmedel med kalium, fosfor och magnesium någon mertillväxt. Sammansatta gödselmedel är dyrare än rena kvävegödselmedel. Omgödsling ökar produktionen ytterligare och är fortfarande en klart ekonomiskt lönsamt åtgärd. Skogsförbättringars/SkogForsks rekommendationer är att vänta 8-10 år mellan gödslingarna så att gödslingseffekten hinner ebba ut.

Vid ungskogsgödsling så kommer stora kostnader tidigt under omloppstiden och väger tungt i en nuvärdeskalkyl. Med en kalkylränta på 4% krävs en merproduktion på ca 4-5 m^3 per hektar och år i medel under en omloppstid. Denna merproduktion är ungefär

hälften av potentialen om man jämför figur 3a med 3b. I praktisk skala skulle ungskogsgödsling uppskattningsvis ge en kalkylränta på 6-9% vid en nuvärdesberäkning. För stora markägare som man kan ta ut merproduktionen på en gång, betyder de tidiga kostnaderna mycket mindre och den ekonomiska kalkylen förbättras avsevärt. Vid ungskogsgödsling av gran i södra Sverige krävs antagligen andra näringsämnen förutom kväve för att få någon markant gödslingseffekt. Detta innebär ökade gödslingkostnader. Att blanda gödselmedel med högt näringsinnehåll (i viktprocent) är att rekommendera för att minimera kostnaderna.

Val av bestånd

Skogsgödsling är alltså ett effektivt sätt att öka produktionen och en lönsam affär för skogsägare. För att få bästa resultat är det viktigt att man väljer rätt bestånd och anpassar gödselgivan utifrån de rådande förhållandena.

Ur ren produktionsfysiologisk synvinkel bör man undvika sandmarker eller grövre textur eftersom dessa marken har en dålig vattenhållande förmåga, vilken försämrar vattentillgången och kan begränsa trädets tillväxt. Dessutom är det större risk för näringsläckage. Oftast klassas sandmarkerna som torra marker. Lerjordar är inte heller lämpliga då de ofta håller vattnet så hårt att vattnet inte är tillgängligt för trädrötternas upptag. Man bör inte heller välja blöta och i vissa fall fuktiga marker, då det föreligger stor risk att rötternas funktion och upptag av näringsämnen hämmas vid syrebrist. Vid gödsling bör man av ekonomiska skäl främst satsa på medelgoda och sämre boniteter för regionen, eftersom merproduktionen är större jämfört med de bästa boniteterna. I södra Sverige räknar vi de bästa boniterna som G32 och uppåt, i mellersta Sverige G28-, i norra Sverige G26-. Nedlagd åkermark tillhör oftast de allra bästa boniteterna och intensiv näringstillförsel är av ekonomiska skäl oftast inte aktuell. Av rena miljö- och naturvårdshänsyn ska bestånd med stor biodiversitet uteslutas. På grund av risken för näringsläckage ska gödsling inte ske i anslutning till sjöar och vattendrag.

- Området skall vara dominerat av gran eller tall
- Sandig-moig morän eller finare jordarttextur
- Friska eller fuktiga marker
- Välj främst medelgoda eller sämre boniteter för regionen
- Marken ska ha ringa miljövärden
- Beståndet ska inte ligga i direkt anslutning till områden med höga naturvärden
- Området ska inte ligga i direkt anslutning till sjöar och vattendrag

Gödselgiva och val av gödselmedel

Gödselgiva vid engångsgödsling

Mindre givor (< 50 kg N per ha) ger vanligtvis ingen markant tillväxtökning eftersom en stor del fastläggs i marken och tas hand av markorganismer. I oslutna bestånd tas även en del av kvävet upp av undervegetationen. Skogsförbättringars/SkogForsks försök har visat på ett linjärt samband upp till 150 kg N per ha mellan tillväxtökningen och mängd tillfört N per ha.

Därefter avtar effekten och planar ut vid 250 kg N per ha. Sannolikt är gränserna (150 kg respektive 250 kg per ha) högre för marker med sämre produktionsförmåga och lägre på marker med hög produktionsförmåga.

Gödselgiva vid omgödsling

För att få bästa gödslingsekonomin vid omgödsling i medelålders och äldre skog, bör man låta tillväxteffekten från den tidigare gödslingen att avta (ca 6-10 år efter gödslingen). Man bör inte gödsla med mer än 150 kg N per ha vid upprepad gödsling. Vid omgödsling kan andra ämnen än kväve ha en inverkan på tillväxten, men man bör avväga kostnaden för ett dyrare gödselmedel (NPK odyl.) med den merproduktion andra ämnen förväntas ge.

Gödselmedel

Skog-Can är det vanligaste gödselmedlet idag för gödsling av skog. Skog-Can innehåller en hög viktprocent N (27.2%) i form av ammoniumnitrat. Dessutom innehåller gödselmedlet kalcium, magnesium och bor. Borskador vid gödsling kan uppstå i främst norra Sverige, särskilt vid omgödsling av barrskog. NPK-gödselmedel (N = kväve, P = fosfor och K = kalium) är endast aktuellt vid eventuell omgödsling.

Gödselgiva och gödselmedel vid ungskogsgödsling

Vid ungskogsgödsling får även andra näringsämnen än kväve betydelse för tillväxten eftersom man bygger ut hela barmängden från i stort sett noll. För att anpassa gödselgivans storlek och sammansättning så måste man ta barranalyser före varje gödslingstillfälle. För mer information ladda ner ungskogsgödsling (Praktiska rekommendationer vid ungskogsgödsling) i pdf-format.

Skogsstyrelsens rekommendationer vid gödsling

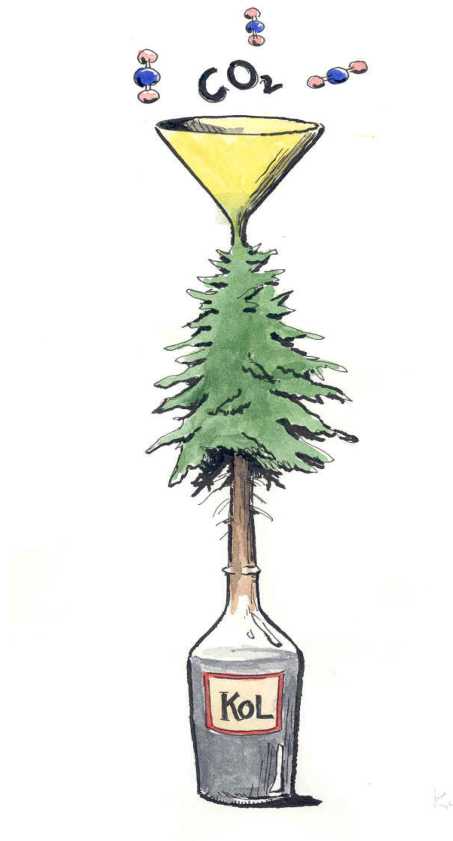
Skogsstyrelsen utarbetade rekommendationer för användning av gödselmedel i skogsbruket under 1991 i samråd med naturvårdsverket. Råden har inte bindande karaktär utan syftar till att ge en enhetlig tillämpning för att minimera negativa miljöeffekter vid användning av gödselmedel. I huvudsak är råden utarbetade för att förhindra försurning, läckage av kväve och för att ge bästa möjliga produktionseffekt av gödslingen. I skogsstyrelsens allmänna råd delar de upp Sverige i tre regioner södra, mellersta och norra Sverige. I södra Sverige rekommenderar man att fastmark inte ska gödslas alls, i mellersta Sverige med högst 300 kg per hektar under en omloppstid och i norra Sverige med högst 600 kg kväve (för mer utförlig information ladda ner lagen i pdf-format).

Miljöeffekter vid gödsling

I likhet med jordbruket är det främst läckage av nitrat till grundvattnet som har varit i fokus när det gäller negativa miljöeffekter av gödsling av skogsmark. Vid gödslingsgivor upp till 150 kg kväve per hektar har man ett mycket ringa läckage (0-5 kg per hektar) och det mesta av kvävet tas upp av träden, undervegetationen eller marken. Man bör undvika att gödsla grunda och genomsläppliga jordar och mycket bördiga marker jordar. Kvävegödsling kan innebära ökade risker för kväveläckage vid avverkning då kvävet kan ha ackumulerats i

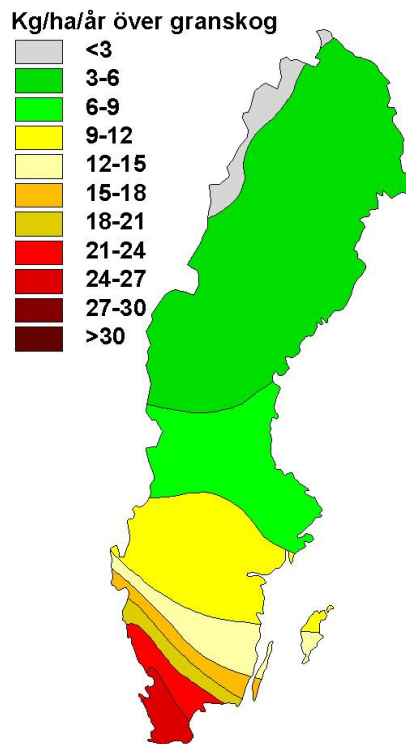
marken, särskilt då man har gödslat flera gånger. I de flesta fall har merparten av näringsämnena inkorporerats i trädets biomassa. men man bör vänta med att avverka i minst 7-10 år efter sista gödningen. För mer utförlig information om kvävegödning och miljön rekommenderas SkogForsk Resultat 14, 2002. (Länk?)

Vegetationen ändras efter gödning. Högvuxen undervegetation som reagerar kraftigt på kväve gynnas framför blåbär, lingon, mossor och lavar. Gödning kan inverka negativt på rödlistade mossor och lavar men gödning ska inte bedrivas i områden med rödlistade arter. Svampfloran förändras vid gödning, men antalet arter är ungefär lika många. Den totala produktionen av fruktkroppar verkar öka. Någon tydlig trend när det gäller markdjur är svårt att utröna och antalet arter som klassas som sällsynta minskar inte i antal. Eftersom kvävegödningen ger en ökad produktion av gräs och örter ökar utbytet av föda för växtätare i skogen. Gödning ökar kolinlagringen i träden och marken och kan på så vis dämpa ökningen av koldioxidhalten i atmosfären. Gödning är den enda skötselåtgärd som man med säkerhet vet ökar inlagringen av kol i skog.



Kvävenedfall

Det antropogena nedfallet av kväve är idag 12- 27 kg per ha och år i södra, 6-12 kg i mellersta och mindre än 6 kg i norra Sverige (figur 4). På lång sikt kan skogsmarken bli kvävemättad i södra Sverige, vilket skulle kunna innebära i framtiden att kvävegödning inte ger någon tillväxtökning. Risken för läckage får bedömas som större i södra Sverige jämfört med övriga delar av landet. Därför bör man vara försiktigare vid gödning ifråga om gödslingsgivans storlek och antal omgödningar under en omloppstid. Skogsstyrelsen rekommendationer för gödning av skog för Sveriges olika regioner är delvis baserade på kvävenedfallet över Sverige.



Figur 4. Det antropogena nedfallet av kväve (kg S ha⁻¹ år⁻¹) i Sveriges olika landsändar.

Litteraturlista

- Anon. 1988. Skogsgödsling. Institutet för Skogsförbättring och Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. ISBN 91 7614 067-9
- Anon. 1991. Skogsstyrelsens författningssamling. Skogsstyrelsens allmänna råd till ledning för användning av kvävegödselmedel på skogsmark, SKSFS 1991:2, 1-4. ISSN 0347-5212.
- Jacobsson, S. & Nohrstedt, H-Ö. 1993. Effects of repeated nitrogen supply on stem growth and nutrients in needles and soil. SkogForsk Report no. 1. ISSN 1103-6648.
- Bergh, J., Linder, S. and Bergström, J. 2005. The potential production for Norway spruce in Sweden. Forest Ecology and Management 204, 1-10.