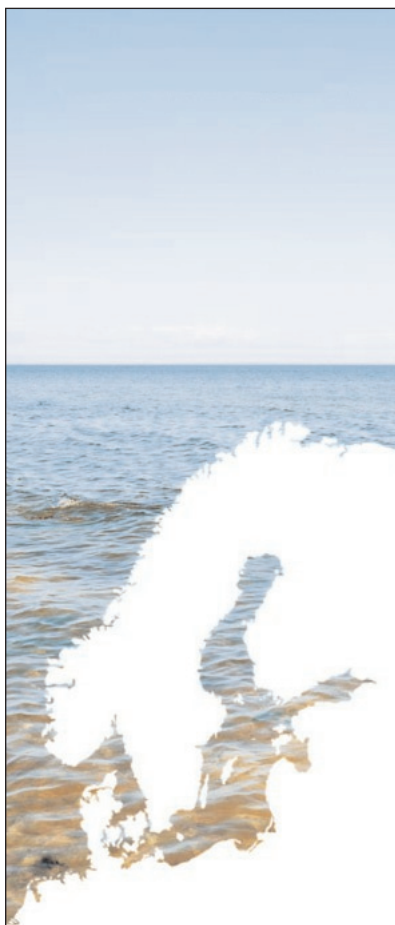


RAPPORT

10 • 2007

Utgör kvävegödsling av skog en risk för Östersjön?

Slutsatser från ett seminarium anordnat av Baltic Sea 2020
i samarbete med Skogsstyrelsen



Jenny Stendahl, Karin Hjerpe

© Skogsstyrelsen december 2007

Författare

*Jenny Stendahl
Karin Hjerpe*

Papper

Colotech+

Tryck

SJV, Jönköping

Upplaga

200 ex

ISSN 1100-0295

BEST NR 1787

Skogsstyrelsens förlag
551 83 Jönköping

Innehåll

Förord	1
Sammanfattning.....	2
Bakgrund	3
Övergödning av Östersjön	3
Kväveutlakning från skogsmark	5
Föredragshållarnas sammanfattningar.....	9
Övergödningens utveckling över tiden i Östersjön.....	9
Skogen och skogsbrukets roll	9
Ökad gödsling för ökad tillväxt i skogen?	10
Hur kan skogsbruket anpassas för att minska kväveläckaget?	11
Fertilizing forests in Finland	12
Skogsstyrelsens allmänna råd om kvävegödsling.....	13
Skogsstyrelsens arbete med miljökvalitetsmål som berör skog och kväve	14
Utgör kvävegödsling av skog en risk för Östersjön? – Syntes och slutsatser.	16
Kvävegödslingens effekter på ytvattenkvaliteten	16
Rekommendationer för att minska kvävegödslingens påverkan på vattenkvaliteten	18
Åtgärder för att minska kväveutlakningen i samband med slutavverkning	18
Skogens och skogsbrukets påverkan på övergödningen i Östersjön.....	19
Slutsatser från seminariet	20
Litteratur/källförteckning.....	22

Förord

Med anledning av att arealen kvävegödslad skogsmark i Sverige, liksom intresset för kvävegödsling, har ökat markant de senaste åren anordnade Björn Carlsons Östersjöstiftelse Baltic Sea 2020 tillsammans med Skogsstyrelsen ett seminarium den 21 november 2007 med titeln *Utgör kvävegödsling av skog en risk för Östersjön?* Seminariet avsåg att belysa skogens och skogsbrukets roll i övergödningen av Östersjön, huruvida kvävegödslingen av skog medför ökad näringsbelastning på Östersjön. Forskare, skogsbruket och myndigheter delade med sig av sina erfarenheter inom ämnet. Seminariet inleddes med en introduktion av vilka målkonflikter respektive målberoenden det finns mellan miljö kvalitetsmålet Hav i balans och andra miljömål samt hur övergödningen av Östersjön har utvecklats över tiden. Ämnet behandlades därefter utifrån följande perspektiv: skogen och dess naturliga utlakning, skogsbrukets drivkrafter och anpassningsförmåga och ur internationellt perspektiv – skogsbruket på andra sidan Östersjön. Avslutningsvis presenterade Skogsstyrelsen de allmänna råd för kvävegödsling som nyligen reviderats, samt berättade hur myndigheten arbetar med miljömål som har koppling till skog och kväve.

Då deltagandet från andra länder än Sverige och Finland var begränsat kommer rapporten att översättas till engelska och skickas ut till berörda organisationer, myndigheter och, institut i samtliga Östersjöländer. Skogsstyrelsens allmänna råd kommer biläggas den internationella rapporten.

Rapporten ingår i Skogsstyrelsens rapportserie där författarna står för innehåll och slutsatser.

Sammanfattning

I denna rapport sammanfattas ett seminarium som anordnades av Baltic Sea 2020 i samarbete med Skogsstyrelsen. Syftet med seminariet var att belysa skogens och skogsbrukets roll i övergödningen av Östersjön, främst med avseende på kvävegödsling.

Föredragshållarna, som representerade forskarvärlden, näringen och myndigheter, ombads att skriva sammanfattningar av sina presentationer och dessa återfinns i rapporten. Därefter kommer en sammanfattning av den efterföljande diskussionen. Den viktigaste slutsatsen som drogs vid seminariet angående kvävegödsling av skogsmark var att konventionell gödsling kan ha lokala effekter men inte nämnvärt påverkar Östersjöns näringsbelastning. Detta förutsatt att i) gödsling inte sker i områden där risken för kväveutlakning är stor, exempelvis områden med hög kvävedeposition, och ii) åtgärder vidtas för att minska utlakning till vatten, både vid gödslingstillfället och senare vid slutavverkning. Intresse för gödsling har ökat både på vissa håll i Europa och i USA. Om gödslingen begränsas och åtgärder vidtas enligt ovanstående punkter kan emellertid slutsatsen dras att inte heller ökad gödsling bidrar till någon omfattande ökning av näringsutlakningen till Östersjön. Däremot ansågs mer kunskap behövas om intensivare gödslingsregimer, däribland ungskogsgödsling.

Skogsbruket spelar en förhållandevis liten roll i övergödningssproblematiken jämfört med framför allt jordbruket och reningsverk. Sett ur en systemsyn är det dock angeläget att alla sektorer aktivt arbetar för att minska sin belastning på havsmiljön.

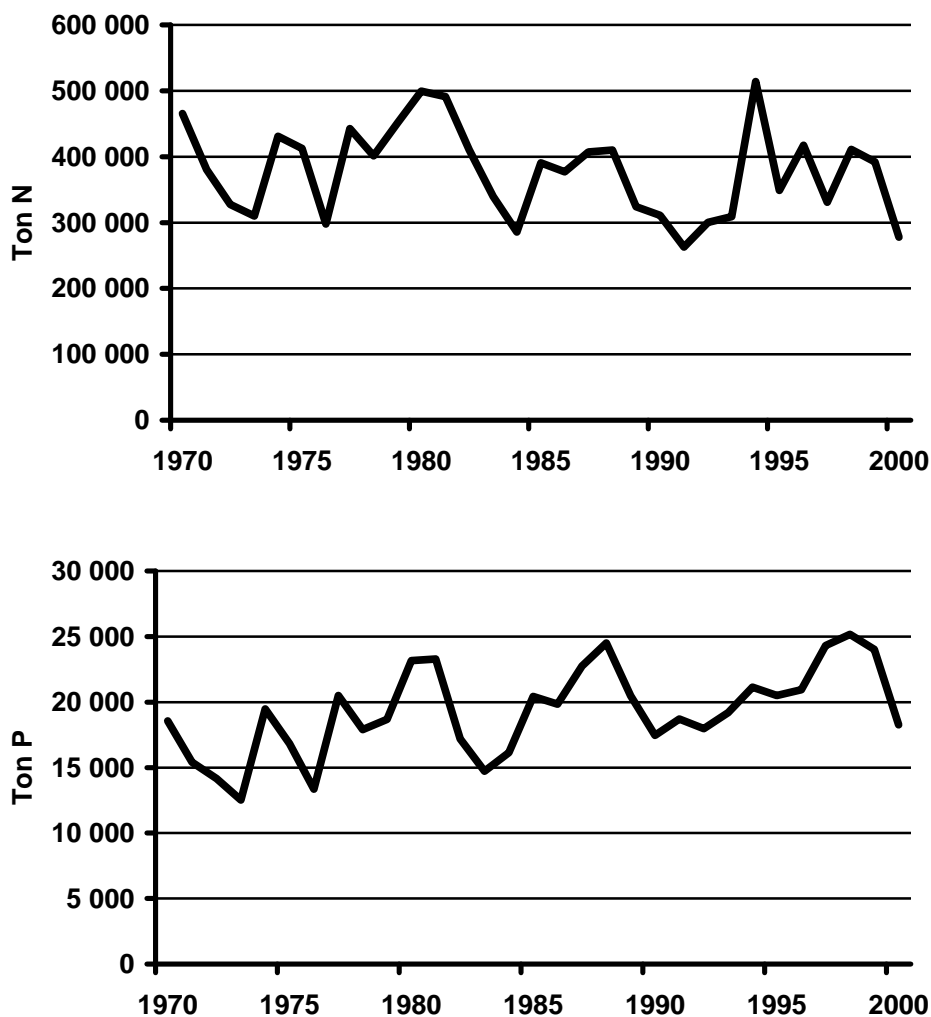
Bakgrund

Övergödning av Östersjön

För ett sekel sedan var Östersjön ett näringsfattigt och lågproduktivt ekosystem. Tillförseln av kväve var knappt hälften och fosfortillförseln utgjorde en tredjedel av dagens tillförsel. Det gjorde att algbloomning av blågröna alger, som i vår tid är årligt förekommande och omfattande, var sällsynt. Under 1960-talet började övergödningen av Östersjön uppmärksammas. Anledningen var att minskande syrgaskoncentrationer i djupvattnen i Egentliga Östersjön påverkade fiskhabitatet och därmed fisket i negativ riktning (Boesch, m.fl., 2006). Under förra århundradet, mätt från 1905 till 2005, ledde övergödningen till att arealen syrefria bottenar ökade från 10 000 km² till 60 000 km².

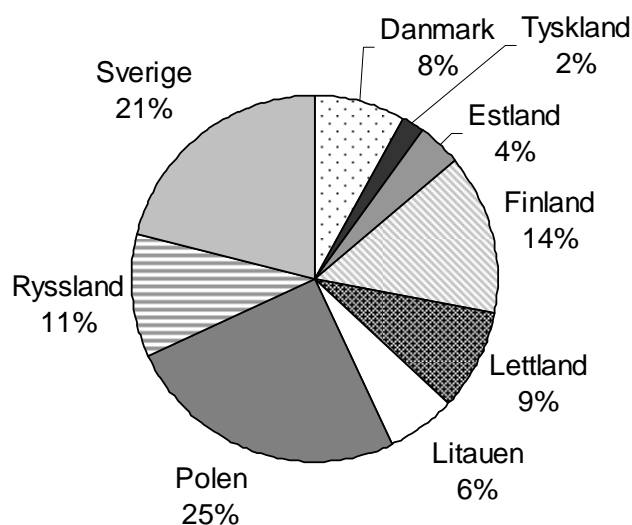
Trots stora insatser under de senaste 30 åren för att minska övergödningen av Östersjön är miljötillståndet alarmerande dåligt. Till stor del beror detta på att belastningen av kväve och fosfor konstant legat på en hög nivå sedan 1970-talet (Figur 1). Enligt HELCOM:s Baltic Sea Action Plan (HELCOM, 2007), som miljöministrarna i länderna runt Östersjön beslutade om vid ett möte i Krakow, Polen, den 15 november 2007, behöver belastningen av fosfor och kväve till Östersjön (inklusive Kattegatt) minska med 15 000 ton respektive 135 000 ton.

Tillförseln av kväve till Östersjön kommer via både luft och vatten. Den totala mängden kväveutsläpp till luft från HELCOM-länderna (Sverige, Finland, Danmark, Tyskland, Estland, Lettland, Litauen, Polen och Ryssland) uppgick år 2000 till 3 215 000 ton (HELCOM, 2005). Kvävetillförseln till ytvatten inom Östersjöns avrinningsområde uppgick till 822 000 ton varav 10 % härstammade från punktkällor, 58 % från diffusa källor och 32 % från naturliga bakgrundskällor (HELCOM, 2005). Hela denna mängd hamnade dock inte i Östersjön. Av den totala mängden kväve som tillfördes Östersjön, vilken uppgick till 1 009 700 ton år 2000, beräknades 25 % komma från atmosfärisk deposition och 75 % via vatteninflödet (HELCOM, 2005). De länder som bidrog mest till den vattenburna kvävetillförseln var Polen, Sverige och Finland (Figur 2).



Figur 1. Belastning av kväve (överst) och fosfor (nederst) till Egentliga Östersjön under åren 1970 till 2000. Källa: Baltic Nest Institute, Stockholms universitet.

För att komma till rätta med övergödningen och minska kvävebelastningen med 135 000 ton, behöver åtgärder vidtas. Tillförseln via luft kan minskas genom utsläppsregleringar och de totala utsläppen av kväve har också minskat sedan 1980-talet (HELCOM, 2005). Eftersom den största andelen av kvävetillskottet till Östersjön är vattenburet är det dock även viktigt att åtgärder vidtas för att minska denna tillförsel. Viktiga källor för kväve är avlopp och jordbruksmark. För Sveriges del är jordbruksmarken den största källan för kväve som tillförs Egentliga Östersjön via vatten medan skogsmark är den största källan för Bottenviken och Bottenhavet.



Figur 2. Andel av den vattenburna kvävetillförseln till Östersjön från olika HELCOM-länder 2000. Data inkluderar tillförseln från naturliga bakgrundskällor så väl som antropogena källor. Baserad på figur från HELCOM (2005).

Kväveutlakning från skogsmark

Andelen skogsmark varierar mellan länderna runt Östersjön. Baserat på arealerna skogsmark är de länder där skogen och skogsbruket potentiellt kan spela en stor roll för kväveutlakningen i första hand Ryssland, Finland och Sverige (Tabell 1). Huvuddelen av den boreala skogen är dock kvävebegränsad (Tamm, 1991). I dessa tre länder är merparten av den växande skogen följaktligen en kvävefälla, som tar hand och mycket kväve som annars skulle rinna ut i Östersjön.

Tabell 1. Arealen skogsmark i länderna runt Östersjön. Data från MCPFE (2007).

Land	Areal skogsmark (1000 ha)	Procentandel skogsmark av landareal	Areal brukad skogsmark (1000 ha)	Procentandel barr av brukad skogsmark
Danmark	500	12	385	63*
Tyskland	11076	32	-	59*
Finland	22130	73	20004	80
Estland	2264	53	2090	35
Lettland	3035	49	2843	46
Litauen	2121	34	1835	43
Polen	9200	30	8417	66*
Sverige	27871	68	21235	80
Ryssland	808790	49	329789	43

*Procent andel av skogsmarken och inte av den brukade skogsmarken

Faktorer som påverkar utlakningen av kväve från växande skog är markens kvävestatus och storleken på kvävetillförseln, det vill säga deposition, kvävefixering och gödsling (Andersson m.fl., 2002). Markens kvävestatus speglar en historisk

tillförsel av kväve, men också den historiska markanvändningen. Den beskrivs bäst som mängden kväve i det organiska markskiktet i förhållande till mängden kol i samma skikt, ofta benämnd markens C/N-kvot. Det har konstaterats att risken för kväveutlakning är hög vid C/N-kvoter under eller lika med 25 (Gundersen m.fl., 2006). Dock leder låga C/N-kvoter i sig inte till kväveutlakning från växande skog, utan det krävs också en hög tillförsel av kväve via deposition eller gödsling. Tröskelvärde för deposition (eg. tillförsel) har föreslagits ligga mellan 10 och 12 kg N per ha och år (Andersson m.fl., 2002; Gundersen, 2006), under vilket kväveutlakning sällan sker från växande skog.

Av länderna runt Östersjön är det Polen, Tyskland, Danmark samt sydvästra Sverige som har en deposition som överstiger 10 kg N per ha och år (Pleijel, 2007). Följaktligen har man på flera håll i Danmark (Gundersen m.fl., 1998) och i sydvästra Sverige (litteratursammanställning i Akselsson, 2005) noterat förhöjd kväveutlakning från skogsmark med C/N-kvoter under 25. I de sydligaste delarna av Finland samt i västra Litauen och Kaliningrad uppgår depositionen till ca 10 kg N per ha och år, medan större delen av Sverige, Finland och övriga Baltikum samt Ryssland har en kvävedeposition som ligger betydligt under 10 kg N per ha och år (Pleijel, 2007). I Finland och i merparten av Sverige är kväveutlakningen från växande skog generellt låg. I Finland utlakas ca 0,5-3 kg N per ha och år och i Sverige ca 0,5-5 kg N per ha och år (se litteratursammanställning i Löfgren & Westling, 2002).

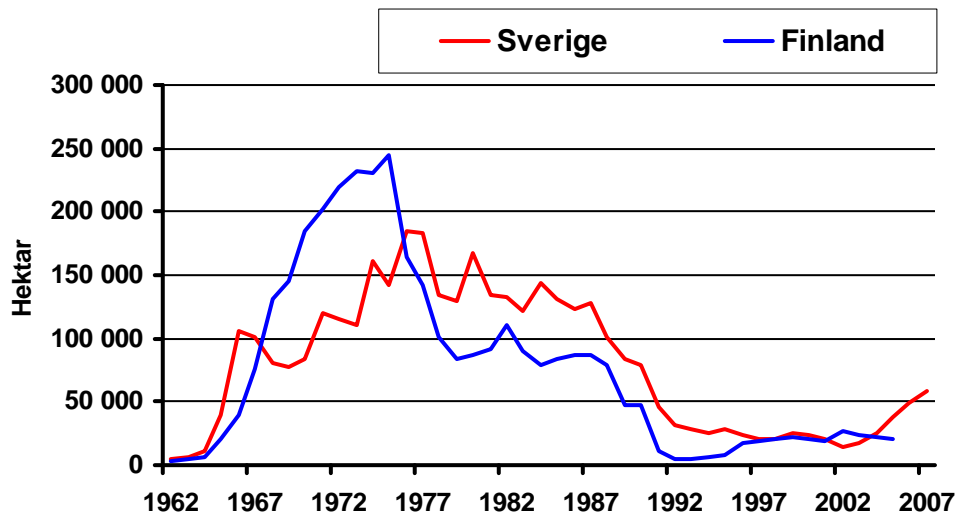
När ett bestånd slutavverkas minskar näringsupptaget drastiskt samtidigt som varmare och fuktigare markförhållanden leder till en ökad nedbrytning av organiskt material och därmed en ökad frigörelse av kväve. Detta leder ofta till en förhöjd utlakning av kväve jämfört med växande skog (Staff och Olsson, 1994; Ring, 1995; Gundersen m.fl., 2006). En ökad avrinning på grund av höjd grundvattennivå efter slutavverkning ökar utlakningen ytterligare. Enligt Ring (2001) är det mängden upplagrat kväve i markens översta skikt som i första hand bestämmer utlakningens storlek. Det är alltså samma faktorer, det vill säga markens kvävestatus och tillförseln av kväve, som påverkar utlakningen efter avverkning som i växande skog.

Takten med vilken kväve upplagras i skogsmarken har ökat kraftigt under det senaste seklet, framför allt på grund av den drastiska ökningen av kvävenedfall. Nu finns det en möjlighet att trenden är på väg att vända. Internationella överenskommelser har lett till minskade utsläpp av kväve. Dessutom ökar efterfrågan på biobränsle, och med ett ökat uttag av biomassa ökar bortförseln av kväve från marken. I Sverige märks en tydlig ökning i uttaget av avverkningsrester. Dessa innehåller ca 50 % av kvävet i trädbiomassan ovan mark (Björkroth & Rosén, 1978). I större delen av Sverige leder detta till minskade mängder kväve i marken, enligt budgetberäkningar (Zetterberg m.fl., 2006). Dock inte i sydvästra Sverige, där uttaget fortfarande underskrider tillförseln.

Trendbrottet mot en minskning i kväveupplagring kan dock i vissa fall motverkas genom gödsling. Markförhållandena, skogsbruket och de ekonomiska förhållandena varierar mellan länderna runt Östersjön. Skogforsk har tagit fram kriterier för bestånd som är gödslingsvärda (Skogforsk, 2005). I dessa anges bland annat att skogen bör växa på fastmark och att minst 80 % av grundytan ska vara barrträd. Därmed varierar också arealerna som lämpar sig för kvävegödsling mycket mellan

olika länder. Den höga kvävedepositionen har också lett till att kväveödsling i stort sett är obefintlig i Polen, Tyskland och Danmark (Jerzy Lesinski, Department of Forest Botany and Nature Conservation, University of Agriculture, Polen, pers kom; Ulrich Bick, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products, Institute for World Forestry, Tyskland, pers kom; Lars Vesterdal, Forest & Landscape Denmark, University of Copenhagen, pers kom). I Polen är skogsbruket ekologiskt inriktat och den gödsling som sker är i huvudsak ”biologisk gödsling” i form av kompost, kvävefixerande växter eller infektering av plantrötter med mykorrhiza (Jerzy Lesinski, Department of Forest Botany and Nature Conservation, University of Agriculture, Polen, pers kom). I Tyskland, där den genomsnittliga depositionen är ca 30-40 kg N per ha och år, riskerar ytterligare tillförsel genom gödsling att leda till obalans i hela näringsregimen. Dessutom är kvävegödsling i Tyskland förbjuden enligt certifieringsstandarderna FSC och PEFC, och mer än två tredjedelar av skogsmarken är certifierad enligt någon av dessa (Ulrich Bick, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products, Institute for World Forestry, Tyskland, pers kom). Av länderna runt Östersjön är det främst i Finland och Sverige som gödsling är vanligt förekommande.

Under 1970-talet kvävegödslades det som mest, både i Sverige och i Finland (Figur 3). Sedan början av 1990-talet har omfattningen av kvävegödsling i skogen dock varit liten. I Sverige är det främst storskogsbruket i norra och mellersta Sverige som stått för gödslingen under det senaste decenniet (Skogsstyrelsen, 2006). I Finland är det den privata och den statligt ägda skogsmarken som gödslats mest, medan gödsling på bolagsmark inte varit lika omfattande. Den ökade efterfrågan på virke och biobränsle har gjort att intresset för kvävegödsling åter ökar. Under 2007 gödslades ca 60 000 ha i Sverige, vilket innebär att arealen ökat fyra gånger under de senaste fem åren. Det är även troligt att omfattningen kommer att fortsätta öka under de närmsta åren. Även i Finland ökar omfattningen igen och den förväntas fortsätta öka. I Sverige har skogsbruket dessutom börjat intressera sig för ett alternativt skogsskötselprogram som inkluderar optimerande näringstillförsel där aktuella bestånd gödslas med korta intervall, ofta vart annat år, under ungskogsfasen och därefter ytterligare en eller två gånger. Metoden benämns ibland intensivgödsling eller ungskogsgödsling. Skogsstyrelsen har begärt att få in en miljöanalys innan intensivgödsling börjar tillämpas i nämnvärd omfattning.



Figur 3. Årligen kvävegödslad areal i Sverige och Finland. För Finland saknas data efter 2005.
Källa: Samuli Joensuu, Forestry Development Centre Tapio, Finland, pers kom; Dan Malm, Yara AB, pers kom.

Föredraghallarnas sammanfattningar

Seminarier inleddes av Ulrika Hagbarth, Naturvårdsverket, som dels presenterade vad som är aktuellt och på gång för Östersjön, dels gav en bild av vilka konflikter respektive beroenden det finns mellan miljömålet Hav i balans och andra nationella miljömål. Det som är aktuellt kan summeras i följande punkter: EU:s havspolitik och Marina direktiv, Baltic Sea Action Plan, det svenska beslutandeorganet SamHav och den nationella havsaktionsplanen, den svenska havsmiljöutredningen och slutligen den fördjupade utvärderingen av de nationella miljökvalitetsmålen. Det finns målkonflikter mellan miljömålet Hav i balans och följande miljömål: Begränsad klimatpåverkan (vindkraftverk till havs), Levande skogar (produktionsmål med gödsling och avverkning), Ett rikt odlingslandskap (stora djursättningar och gödseltillgångar). Även inom Hav i balans finns vissa målkonflikter gällande sjöfart och habitatskydd, friluftsliv och naturskydd, exploatering och orörd miljö, samt fiske. Möjligheten att uppnå generationsmålet i Hav i balans är också beroende av andra miljömål (Giftfri miljö, Ingen övergödning och Ett rikt växt och djurliv). Nedan följer föredragshallarnas egna sammanfattningar av sina respektive föredrag.

Övergödningens utveckling över tiden i Östersjön

Fredrik Wulff, Systemekologiska institutionen, Stockholms Universitet

För ett sekel sedan var Östersjön ett näringsfattigt och lågproduktivt hav. Urbanisering, intensifierat jordbruk och energiproduktion är några av de viktigaste orsakerna till den ökande näringstillförseln som accelererade markant efter andra världskriget. Tillförseln av kväve har fördubblats, fosfortillförseln tredubblats och primärproduktionen är nu också kraftigt förhöjd med eutrofieringseffekter till följd som syrebrist och algbloomningar. Östersjöns ekosystem har också påverkats av andra mänskliga ingrepp och belastningar. Vid förra sekelskiftet dominerades näringsväven av toppredatorerna säl och torsk. Jakt, miljögifter och fiske, har tillsammans med övergödningen helt förändrat näringsväven.

Skogen och skogsbrukets roll

Stefan Löfgren, Institutionen för miljöanalys, SLU

Ungefär 70 % av Sveriges landareal består av skog och på huvuddelen (ca 80 %) bedrivs skogsbruk. Eftersom skogsarealen är så stor hamnar mycket av nederbörden som faller över Sverige på skogsmark. Nederbörden utgör motorn för markens kväveutlakning. Den del som inte avdunstar rinner i huvudsak genom marken och ger upphov till grundvatten som förr eller senare tränger fram och bildar ytvatten. Anta att det under ett år faller cirka 700 mm nederbörd och att 400 mm av detta avdunstar. Då återstår 300 mm som kan bilda ytvatten. Det motsvarar 3 000 m³ vatten per hektar (ca 12 000 fyllda badkar), vilket visar att ofantliga mängder vatten passerar genom den svenska skogsmarken varje år. Det behövs följaktligen inte särskilt mycket kväve i avrinningen för att det snabbt ska bli mycket stora mängder (= kvävehalt x vattenvolym) som transporteras ut till sjöar och vattendrag och som slutligen kan nå havet. Detta är den viktigaste orsaken till

att skogen bidrar med stora mängder kväve till belastningen på Bottenviken, Bottenhavet och Egentliga Östersjön. Till skillnad från jordbruksmark läcker nämligen inte skog särskilt mycket kväve per hektar.

Skogens tillväxt är med några få undantag i kustnära områden i södra Sverige begränsad av tillgången på kväve. Nedfallet av kväve utgör därför ett åtråvärt tillskott till skogsekosystemet där mikroorganismer, örter och träd kan ta hand om huvuddelen av det som tillförs. Växande skog är följaktligen en kvävefälla, som tar hand om mycket kväve som annars skulle rinna ut i havet. Farhågor har uttalats om att skogens förmåga att ta hand om kvävenedfallet skulle avta med tiden och leda till kraftigt ökade läckage. Med de nedfallsnivåer som vi har i Sverige och den kvävebrist som råder i skogen är det dock mycket liten risk för att detta fenomen kommer att påverka kvävetillförseln till Bottenviken, Bottenhavet och Östersjön under den närmaste skogsgenerationen. Däremot kommer sannolikt upplagringen av kväve i skogsekosystemet att påverka kväveläckagets storlek under några år i samband med att skogen slutavverkas.

Slutavverkning är den fas i skogsbruket som ger upphov till störst kväveförluster till ytvatten. Det beror bland annat på att trädens avdunstning upphör och avrinningen ökar. Detta leder till högre grundvattennivåer i sluttningarnas nedre delar och utlakning av organiskt bundet kväve. Dessutom bryts markens humusskikt ner på torrare marker, vilket leder till nitratutlakning. Avverkningseffekten för kväve kvarstår i 2–5 år på bördiga marker i södra Sverige och 10–15 år i mindre bördiga områden i de mer nordliga delarna av landet. Utlakningen till ytvatten blir vanligtvis 2-10 gånger så hög som från växande skog.

Nettotillförseln av kväve under 2005 till Bottenviken, Bottenhavet och Östersjön har uppskattats till 20 300, 29 200 respektive 21 600 ton. Av dessa mängder bidrog skogsmark med 56 %, 57 % respektive 15 % (beräkning av SMED inför PLC5), vilket i huvudsak är att betrakta som naturlig bakgrundsbelastning. Bidragen från hyggen respektive andra skogsbruksåtgärder är omöjlig att påvisa i större vattensystem och har därför inte beräknats.

Sett ur Bottenvikens, Bottenhavets och Egentliga Östersjöns perspektiv är alltså det svenska skogsbrukets andel av den mänskligt betingade kvävebelastningen mycket marginell, och effekten av olika åtgärder mot kväveläckage är mer eller mindre försumbar. Lokalt kan dock vattenkvaliteten i skogsbäckar och skogssjöar påverkas positivt av sådana åtgärder.

Ökad gödsling för ökad tillväxt i skogen?

Jan-Åke Lundén, LRF Skogsägarna

Skogsbruk går ut på att skapa bästa ekonomiska avkastning för skogsägaren. Det effektivaste sättet att öka den ekonomiska avkastningen är att öka produktionen av virke och energiråvara. Det är också stor efterfrågan på skogsprodukter. Skogsindustrin ökar sitt virkesbehov med ca 1 miljon m³ f per år och skogsenergibehovet ökar lika mycket. Samtidigt minskar den tillgängliga skogsmarksarealen på grund av att allt större arealer avsätts för naturvården.

Med dagens kunskap och metoder kan man på lång sikt öka tillväxten i våra skogar med 20-40 %. På kort sikt är dock skogsgödsling det enda sättet att öka avverkningsmöjligheten. Genom vanlig engångsgödsling med 150 kg N per ha i äldre skog kan man öka skogsproduktionen med 14 – 17 m³ per ha. Och det är mycket lönsamt. Det finns en stor potential att öka skogsgödslingen eftersom bara en mindre del av den lämpliga skogsmarken har gödslats under senare år.

Det finns också en stor potential att öka skogsproduktion genom intensivgödsling av granskog i Sverige. I södra Sverige kan produktionen fördubblas och i norra Sverige tredubblas. I praktiskt rekommenderade program beräknas produktionsökningen dock bli lägre. Ekonomiska kalkyler visar att intensivgödsling har högre lönsamhet än vanligt skogsbruk. Intensivgödsling av skog i Sverige har hittills bara genomförts i vetenskapliga försök. För storskalig tillämpning krävs erfarenhet av storskaliga försök och att miljöanalys genomförs.

Skogsgödsling leder till ökad koldioxidbindning motsvarande 30-40 kg kol per kg tillfört kväve och en positiv kolbalans på ca 16:1. Energibalansen är också mycket positiv ca 10:1 - en enhet tillförd energi ger 10 enheter.

Vi vet mer om miljöeffekterna av skogsgödsling än om alla andra skogliga åtgärder. Korrekt utförd kvävegödsling i äldre skog hotar och skadar inte andra ekosystem. Trädbevuxen skogsmark läcker mycket lite näring även om den gödglas intensivt. För praktisk intensivgödsling av skog behövs dock mer kunskap och erfarenhet av läckagerisken. Gödslingen måste ses i ett helhetsperspektiv. En beräkning av miljöindex för vanlig skogsgödsling redovisar positiva miljöeffekter i form av ökad virkesproduktion som är ca 2,5 gånger större än de negativa i form av energiförbrukning och eutrofiering.

Mer om detta kan läsas i Loviken 1994; Berg m.fl., 1999; Jacobsson & Pettersson, 2003; Rosvall m.fl., 2004 och Skogforsk, 2005.

Hur kan skogsbruket anpassas för att minska kväveläckaget?

Eva Ring, Skogforsk

I huvuddelen av Sveriges skogar är tillgången på kväve den faktor som begränsar skogstillväxten (Tamm, 1991). Kväveutlakningen från skogsmark är oftast låg, ca 0,5-5 kg N per ha och år (Löfgren & Olsson, 1990; Nohrstedt, 1993). Depositionen av kväve från atmosfären är generellt högre än utlakningen. Att bedöma hur skogsbruk påverkar kväveläckaget är svårt på grund av att vi inte vet så mycket om läckaget från obrukade skogar. De studier som gjorts och görs idag jämför effekten av att göra eller inte göra en skogsbruksåtgärd i den brukade skogen. Under dessa förutsättningar vet vi att utlakningen av kväve kan påverkas av olika skogsskötselåtgärder. Här berörs främst effekterna av röjning, gallring, gödsling, slutavverkning, markberedning och riståkt.

För att kunna beräkna skogsbrukets bidrag till kväveutlakningen till Östersjön måste man veta hur, och hur länge, olika skogsbruksåtgärder påverkar utlakningen på olika marker, och hur stor areal som årligen påverkas i Östersjöns avrinningsområde. Skogsbruk kan påverka kväveutlakningen för att 1) markens kväveomsättning ändras t.ex. vid slutavverkning och markberedning, 2) avrinningen ökar

eller minskar t.ex. vid slutavverkning och dikning, 3) vattnets flödesvägar ändras t.ex. vid slutavverkning och dikning, och 4) skogen tillförs kväve vid gödsling. Det saknas fortfarande mycket kunskap om hur enskilda skogsbruksåtgärder påverkar kväveutlakningen.

Den skogliga statistiken för hela Sverige visar att röjning, gallring, slutavverkning och markberedning är åtgärder som årligen berör mellan 155 000 och 355 000 ha, medelvärden för 2003-2005 enligt Skogsstyrelsen (2007a). Den åtgärd som berör störst areal är gallring åtföljd av, i avtagande ordning, röjning, slutavverkning, markberedning, uttag av biobränsle (48 000 ha), kvävegödsling (24 500 ha men ökande) och skyddsdikning (<3 000 ha). Hur gallring och röjning påverkar kväveutlakningen vet vi mycket lite om trots att åtgärderna berör stora arealer. Det finns en viss risk att utlakningen ökar. Röjning och gallring kan leda till att avrinningen ökar när biomassan minskar, och kvarlämnandet av röjningsresterna respektive riset i stickvägarna kan öka nedbrytningen och utbudet av kväve. Eftersom en stor andel av marken är täckt av vegetation efter åtgärderna kommer troligen mycket av det frigjorda kvävet att tas upp av vegetationen. Här behövs mer kunskap.

Vid slutavverkning ökar både nedbrytningen och avrinningen. Flera studier visar att kväveutlakningen ökar (Grip, 1982; Wiklander m.fl., 1991; Rosén m.fl., 1996; Lundin, 1999). Effekten tycks pågå mellan ca 2 till 15 år och beror bl.a. på markens bördighet. Vid skogsgödsling lakas upp till 5-10 % ut av en normal gödselgiva (150 kg N per ha) under de kommande 1-2 åren (Ring, 2007). Enkla uppskattningar visar att kväveläcket efter slutavverkning är betydligt högre än läcket efter gödsling. Ett viktigt skäl är att den berörda arealen är flera gånger större för slutavverkning än för gödsling. Markberedning tycks ge marginella effekter på kväveutlakningen (exv. Akselsson m.fl., 2007). I en studie minskade till och med utlakningen (Ring och Högbom, 2006).

Det är alltså sannolikt slutavverkning som man bör fokusera på för att minska skogsbrukets bidrag till kväveutlakningen. Det är dock svårt att påverka kväveutlakningen. De motåtgärder som går att vidta är att på lämpliga marker avverka under skärm, hyggesbränna och skörda riset. Hur trädbeväxta kantzoner och ristäkt påverkar kväveutlakningen är ännu inte helt klarlagt. En generell och viktig åtgärd för skogsbruket är att bibehålla skogsmarkens kvävebindande förmåga.

Fertilizing forests in Finland

Samuli Joensuu, Forestry Development Centre Tapio, Finland

Fertilization has been used in Finnish forestry since the 1950's. On mineral soil fertilizing has been used to enhance the growth of trees before the final timber cutting. In this case nitrogen has been used as fertilizer. Around five million hectares of peatlands have been drained for forestry purposes in Finland. This activity was most intense during the 1960's and 1970's. A large part of the drained peatlands was fertilized by phosphorus and potassium. On poor peatlands nitrogen was also used. In 1975 as much as 250 000 hectares were fertilized. The government has supported this activity.

In earlier days fertilizers were spread by hand, with tractors, ski-dos, aeroplanes and sometimes even by helicopter. Today most of the spreading is done by heli-

copters. Bad weather always causes a risk with helicopters and therefore new equipment has recently been developed for forest tractors. Then much less fertilizers would end up in the ditches. During the last decades the rate of fertilizing has decreased in Finland. In 1992 fertilizing was only used on 5 000 hectares altogether. Now the average rate is 20 000 hectares per year, and most of it is nitrogen fertilizing on mineral soil.

Nowadays the government only supports fertilizing aimed to balance nutrient imbalance. On peatlands the stands may lack potassium or phosphorus. Here fertilizing may be used if the level of nitrogen is sufficient. On mineral soils coniferous stands lacking potassium and phosphorus may be fertilized. Fertilizing can also help a forest suffering from damage caused by insects to recover. Spruce stands in slash and burn areas as well as on old agricultural land may need boron fertilization. Spruce stands with growth disturbances and forests on peatlands with a thick layer of peat need fertilization.

Not much research has been conducted on how nitrogen burdens the environment. A research by Saura in 1995 showed however that the burden increased during two years after the fertilization. During these two first years the export of nitrogen was around 7-15 kg per ha (5-10 % of the spread nitrogen). In Finland nitrogen fertilization will most likely continue to increase since the costs are tax reductive.

Studies concerning the load of phosphorus from drained peatlands have been emphasized much more. Export of phosphorus had probably impacts on lakes and rivers at the time when fertilization with phosphorus and potassium were used a lot. The amount of phosphorus load during the first five years after fertilization has been estimated to 2,2 kg per ha. Recently phosphorus fertilizers where iron prevents the phosphorus from leaking have been developed. Ash from burned wood is used more frequently as fertilizer on peatlands. Studies show that the phosphorus in ash does not cause any load.

Skogsstyrelsens allmänna råd om kvävegödsling

Karin von Arnold, Skogsstyrelsen

Enligt 30 § skogsvårdslagen får Skogsstyrelsens meddela föreskrifter om den hänsyn som ska tas till natur- och kulturmiljövårdens intressen i samband med gödsling. I föreskrifterna anges att skador till följd av skogsbruksåtgärder ska undvikas eller begränsas i eller invid hänsynskrävande biotoper och värdefulla naturmiljöer, på mark och i vatten samt för växt- och djurarter som är rödlistade. Allmänna råd utgör Skogsstyrelsens tolkning av vad föreskrifterna innebär. Allmänna råd för kvävegödsling utkom 1991 och dessa reviderades sedan 2007 (SKSFS 2007:3). Anledningen till att Skogsstyrelsen valde att se över de allmänna råden var främst att ny kunskap framkommit och att skogsbruket intensifierats. I samband med revisionen valde man att begränsa de allmänna råden till att gälla konventionell kvävegödsling med kalkammonsalpeter. Detta innebär att alternativa metoder, så som ungskogsgödsling eller användning av slam, inte behandlas.

De allmänna råden syftar till att kvävegödsling ska utföras på ett sätt så att risken för att negativa effekter ska uppstå minimeras. De negativa effekter som behandlas är förurning av mark och vatten, kväveutlakning och kraftigt förhöjda halter

av oorganiskt kväve i yt- och grundvatten, en riskabelt stor uppbyggnad av markens kväveförråd, utslagning eller störning av särskilt känslig flora och fauna samt skador på forn- och kulturlämningar. Om de allmänna råden följs i samband med kvävegödsling gör Skogsstyrelsen bedömningen att risken för att dessa negativa effekter ska uppstå är relativt liten.

I de allmänna råden anges olika begränsningar för den totala tillförseln av kvävegödselmedel för olika delar av landet. Indelningen av Sverige har gjorts baserat på kvävedepositionsdata. Vidare listas områden som bör undantas från kvävegödsling. Dessa utgörs av kväverika marker där risken för kväveläckage är stor, kvävefattiga marker där risken för negativ påverkan på flora och fauna är påtaglig, marker som genom sin struktur har svårt att hålla kvar tillfört kväve samt hänsynskrävande biotoper, inklusive för flora och fauna värdefulla biotoper, samt värdefulla kulturmiljöer där de värden som ska skyddas kan skadas av kvävegödslingen. Ett antal känsliga miljöer listas också mot vilka en gödslingsfri zon bör lämnas, exempelvis vattendrag och våtmarker med höga naturvärden. Avslutningsvis regleras tidpunkten för spridning.

Skogsstyrelsens arbete med miljökvalitetsmål som berör skog och kväve

Jenny Stendahl, Skogsstyrelsen

Utav de 16 nationella miljökvalitetsmålen är det framför allt fyra som på något sätt berör skogsbrukets påverkan på kvävetransporter från mark till vatten: Levande skogar, Ingen övergödning, Myllrande våtmarker och Bara naturlig försurning. Till det kommer EG:s ramdirektiv för vatten som syftar till att bevara eller förbättra vattenmiljön i såväl yt- och grundvatten som kustvatten. Skogsstyrelsen har, i olika grad, varit involverad i den fördjupade utvärderingen av samtliga fyra nämnda miljömål och leder dessutom Life-projektet Skog för vatten som ska visa hur skog och skogsbruk i Europa kan bidra till att målen i EG:s vattendirektiv uppnås.

Inom Levande skogar föreslår Skogsstyrelsen ett nytt delmål för miljön i och kring vatten i skogslandskapet (Skogsstyrelsen, 2007b). Delmålet går ut på att skogsbruket ska undvika att skada biologiskt liv i sjöar och vattendrag och i kantzoner kring dessa, bland annat genom att åtgärder inom skogsbruket inte medför uttransport av minerogent eller organiskt material till vattendrag och att en huvuddel av sträckan vattendrag och sjökant som berörts av skogliga åtgärder har kantzoner vars ekologiska funktioner bibehålls eller utvecklas.

Inom Ingen övergödning föreslår Naturvårdsverket att en av preciseringarna till generationsmålet får ett tillägg som lyder att ”högst 5 % av skogsmarken i Sverige ska ha en kväueupplagring som överskrider 5 kg N per ha och år” (Naturvårdsverket, 2007a). Upplagringen ska ses som ett medel över ett bestånds omloppstid. Anledningen till att Naturvårdsverket, i samråd med Skogsstyrelsen, har valt att precisera enligt ovan är för att tydliggöra vilken upplagringstakt som är acceptabel ur ett miljövårdsperspektiv. Den upplagringstakt som anges anses bland annat ligga under den nivå på upplagring som kan leda till en ökad utlakning av kväve.

Inom Myllrande våtmarker föreslås ett nytt delmål där hänsyn mot våtmarker vid olika skogsbruksåtgärder spelar en viktig roll (Naturvårdsverket, 2007b). Trots att huvudsyftet med delmålet inte är att minska kvävetransporten till haven blir det resultatet när åtgärder kopplade till delmålet vidtas, eftersom våtmarker fungerar som naturliga reningsverk.

Inom Bara naturlig försurning föreslår Naturvårdsverket i samråd med Skogsstyrelsen ett nytt delmål för skogsbrukets försurningspåverkan (Naturvårdsverket, 2007c). Bland de åtgärder som föreslås finns kvarlämnande av skärm och kantzoner, vilka båda kan minska utlakningen av kväve. Även uttag av avverkningsrester, som i sig är försurande och därför föreslås kompenseras genom askåterföring, minskar utlakningen av kväve i samband med slutavverkning.

Inom projektet Skog för vatten engageras aktörer på flera nivåer, från det lokala delavrinningsområdet till EU-nivån. Bland annat skapas demonstrationer för att visa på möjligheter att genom skogliga åtgärder stödja genomförandet av EU:s ramdirektiv för vatten. I projektet samverkar Skogsstyrelsen med vattenmyndigheter, skogsägare och deras förbund, skogsbolag, intresseorganisationer, myndigheter för regional och lokal miljö samt skogsforskning. Läs mer på www.skogsstyrelsen.se.

Utgör kvävegödsling av skog en risk för Östersjön? – Syntes och slutsatser

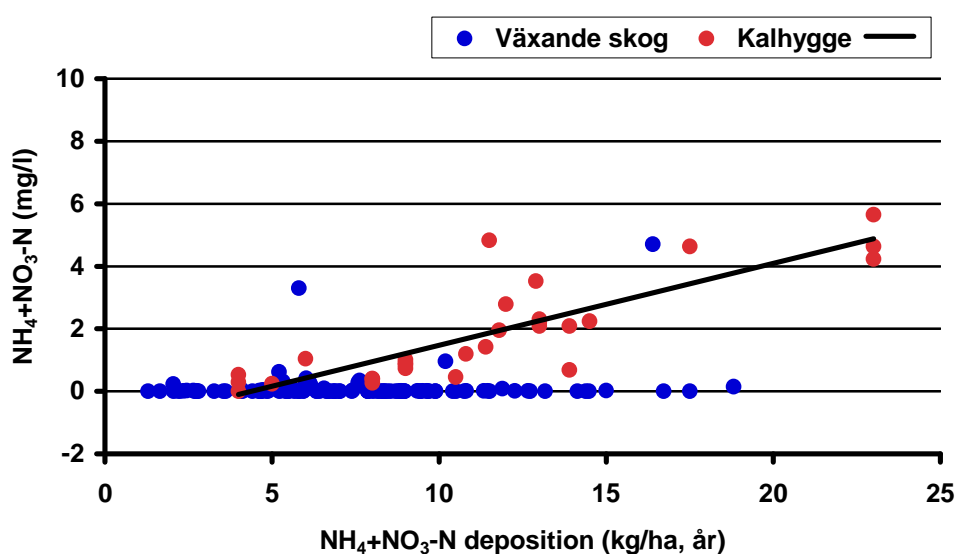
Skogsbruk går i de flesta fall ut på att skapa bästa ekonomiska avkastning för skogsägaren. Det effektivaste sättet att öka den ekonomiska avkastningen är att öka produktionen av virke och energiråvara. Efterfrågan på skogsprodukter är stor. Till exempel ökar den svenska skogsindustrin sitt virkesbehov med ca 1 miljon m³f per år och skogsenergiebehovet ökar lika mycket. Samtidigt minskar den tillgängliga skogsmarksarealen i Sverige på grund av att allt större arealer avsätts för naturvården. På kort sikt är skogsgödsling det enda sättet att öka avverkningsmöjligheten på marker där kväve är tillväxtbegränsande. Genom vanlig engångsgödsling med 150 kg N per ha i äldre skog kan man öka skogsproduktionen med 14 – 17 m³ per ha.

Kvävegödslingens effekter på ytvattenkvaliteten

Att gödsling kan leda till ökad utlakning av kväve (främst nitrat) har påvisats i studier både i Europa och i USA, samt i Japan (se litteraturstudie av Gundersen m.fl., 2006). Störst utlakning har påvisats efter gödsling med höga eller upprepade gödselgivor samt vid gödsling av mycket kväverika bestånd. Gödsling syftar till att öka tillväxten i kvävebegränsade bestånd och dessa har generellt en god kapacitet att hålla kvar kvävet inom systemet (i biomassa eller i mark). Resultat från Sverige och Finland tyder på att 5-10 % av en gödselgiva på ca 150 kg N per ha lakas ut under de första åren efter gödsling på kvävebegränsade marker. Jämfört med den förhöjda utlakning av kväve som ofta sker efter slutavverkning är utlakningen efter gödsling marginell, särskilt om man beaktar den stora skillnad i areal som gödslas respektive slutavverkas varje år (i Sverige slutavverkas drygt 200 000 ha årligen). Dessutom är det troligt att en viss del av kvävet som utlakas från skogsmarken förbrukas innan det når ytvattnet på grund av denitrifikation och andra kväveprocesser som sker i utströmningsområdet (Gundersen m.fl., 2006).

Slutsatsen i flera utav studierna som citeras i Gundersen m.fl. (2006) är att konventionell gödsling utgör liten eller ingen risk för kvaliteten på ytvatten. En av slutsatserna från seminariet var att kvävegödsling kan inverka på vattenkvaliteten lokalt och temporärt, men att riskerna för Östersjön däremot är marginella. En förutsättning är dock att hänsyn tas till naturvården och att gödsling inte genomförs på marker där det föreligger risk för förhöjd utlakning (se diskussion nedan). Däremot påpekades det på seminariet, såväl som i litteraturen (Gundersen m.fl., 2006), att det ökade intresset för gödsling som uppmärksammas både på vissa håll i Europa och i USA, och särskilt då upprepande gödsling eller gödsling av hela avrinningsområden, kan komma att påverka ytvattenkvaliteten och därför även borde kunna utgöra en viss risk för Östersjön. Dock behövs mer forskning om den typen av tillämpning, vilket även framkom under seminariet. I områden med hög kvävedeposition (från 10 kg N per ha och år) är risken stor för att även normala gödselgivor leder till förhöjd utlakning.

Indirekt kan gödsling leda till förhöjd utlakning av kväve, när det gödslade beståndet slutavverkas (Ring, 1996). Under seminariet framkom att slutavverkning är den skogsbruksåtgärd som orsakar störst kväveförluster från mark till ytvatten. Enligt flera studier verkar storleken på utlakningen efter avverkning bero på kvävestatusen på den avverkade lokalen (Ring, 2001, Löfgren & Westling, 2002; Akselsson, 2004). I de flesta studier är det kvävedepositionen som har fått representera kvävestatusen och korrelerats till utlakningens storlek (Figur 4), men i en studie, där kvävedepositionen var låg (2 kg N per ha och år) har tillförseln av kväve i stället skett genom gödsling (Ring, 2001). I de ytor där normal gödselgiva hade tillförts var utlakningen låg men fortfarande något högre än från ogödslade ytor.



Figur 4. Sambandet mellan oorganiskt kväve i markvatten och totaldepositionen av oorganiskt kväve i växande skog och på hygge (Löfgren & Westling, 2002). Markvattenhalterna utgör medelvärden för 5 år efter att hygget togs upp.

Anledningen att kvävedeposition och gödsling leder till högre utlakning efter slutavverkning är att kvävetillförseln påskyndar kväueupplagringen i markens översta skikt (Ring, 2001; Zetterberg m.fl., 2006). I områden med stora kvävelager i marken blir utlakningen i samband med avverkningsfasen högre. Ett exempel är sydvästra Sverige, där utlakningen från hyggesfasen kan utgöra upp till 40 % av den totala utlakningen under en omloppstid (Akselsson m.fl., 2004). Modellberäkningar har visat att risken för förhöjd utlakning efter slutavverkning är stor om man gödslar i områden där kvävedepositionen uppnår ca 8 kg N per ha och år, eller mer (Zetterberg m.fl., 2006). Om avverkningsrester skördas i sådana områden kan utlakningen motverkas. Detta gäller dock enbart granbestånd eftersom mängden grenar och toppar är mindre i tallbestånd och därmed också bortförseln av kväve.

Rekommendationer för att minska kvävegödslingens påverkan på vattenkvaliteten

Både i Sverige och i Finland har man rekommendationer för gödsling som bland annat syftar till att minska de negativa effekterna på vattenkvaliteten. Dessa innebär till exempel att en skyddszon bör lämnas ogödslad mot bäckar och sjöar, att man bör undvika att gödselmedel hamnar i diken och att gödsling inte sker på tjälad eller snötäckt mark.

I Sverige har man valt att ge ut rekommendationerna i form av allmänna råd (SKSFS 2007:3). I dessa har man, förutom de åtgärder som föreslås ovan, valt att undanta vissa regioner helt från gödsling. Det gäller de delar av Sverige som har högst kvävedeposition (från 10 kg N per ha och år, och uppåt). Den maximala gödselgivan per omloppstid som rekommenderas ökar därefter med minskande deposition enligt följande: deposition mellan ca 8-10 kg N per ha och år, maximal giva 150 kg N per ha och omloppstid; deposition mellan ca 5-8 kg N per ha och år, maximal giva 300 kg N per ha och omloppstid; deposition under ca 5 kg N per ha och år, maximal giva på 450 kg N per ha och omloppstid. Oavsett var man gödslar rekommenderas att maximalt 200 kg N per ha tillförs vid varje enskilt gödslingstillfälle. Därefter bör det gå 10 år innan gödsling sker på nytt. På så vis minskar man risken för utlakning orsakad av gödslingen direkt. I den region där depositionen varierar mellan 8 och 10 kg N per ha och år rekommenderas dessutom att gödslingen endast sker på granmarker där avverkningsrester antingen har tagits eller planeras att ta ut, för att motverka ytterligare kväveupplagring i marken.

Utöver geografiska områden med hög kvävedeposition rekommenderas vissa bestånd undantas från gödsling i de svenska allmänna råden (SKSFS 2007:3). Det är bestånd där risken för utlakning är hög, till exempel marker som naturligt kan antas vara kväverika eller som har genomsläppliga jordar.

Åtgärder för att minska kväveutlakningen i samband med slutavverkning

För att minska skogsbrukets bidrag till kvävebelastningen på vattendrag, sjöar och slutligen haven är det sannolikt slutavverkning som man bör fokusera på. Under seminariet framkom ett antal åtgärder skogsbruket kan vidta för att motverka utlakningen. Problemet är dock att kunskapen om hur varje enskild åtgärd påverkar kväveutlakningen är bristfällig, vilket gör det svårt att prioritera vissa åtgärder framför andra. Ytterligare en komplicerande faktor är den stora variation som råder mellan olika ståndorter. De åtgärder som föreslogs på seminariet är att på lämpliga marker avverka under skärm, hyggesbränna och skörda avverkningsresterna. Samtliga dessa åtgärder har visat sig ha effekt på utlakningen, även om effekterna av ristäkt, det vill säga uttag av avverkningsrester, inte är helt klarlagt. I en depositionsgradient mellan 11 och 16 kg N per ha och år var utlakningen av oorganiskt kväve under skärmställningar i genomsnitt en tredjedel av utlakningen från öppna hyggen (Akselsson m.fl., 2007). Hyggesbränning görs i dag i naturvårdande syfte, och endast på en liten andel av den avverkade arealen. En annan åtgärd som diskuterades under seminariet var att lämna trädbeväxta kantzoner. Kantzoner kan fungera som ett filter för kväve genom att oorganiskt kväve om-

vandlas till kvävgas eller träden tar upp kvävet (se litteratursammanställning i Lindegren, 2006).

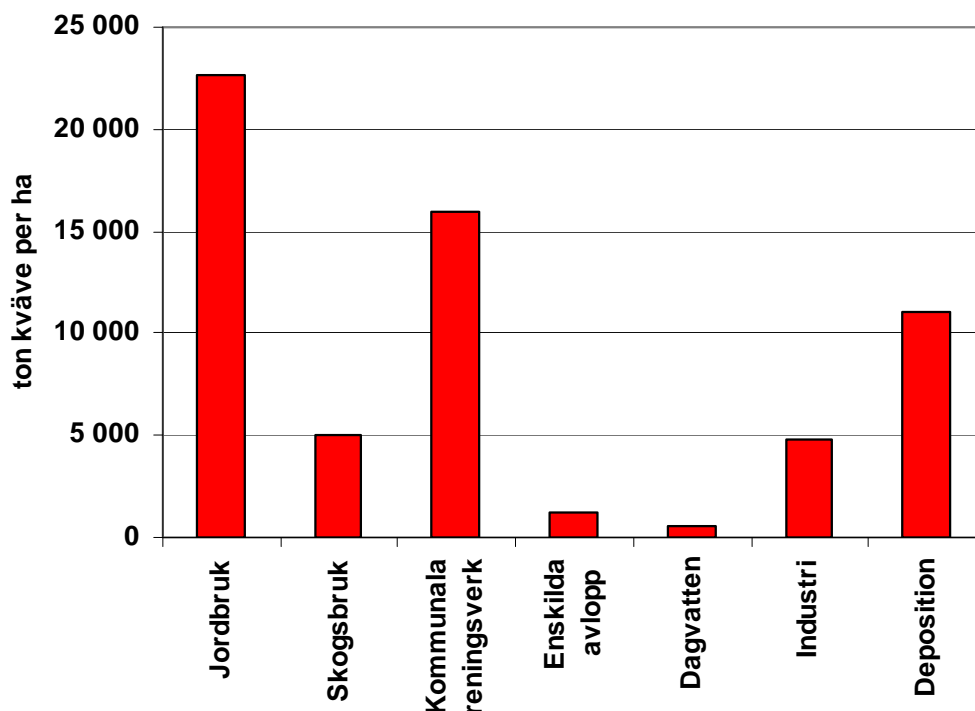
Något annat som lyftes fram under seminariet var vikten av att planera avverkningen, samt att öka kunskapen om skogsbrukets påverkan på vattenkvaliteten genom utbildningar. Planering av avverkningen innebär dels att man utifrån lokals förutsättningar vidtar den eller de mest lämpliga åtgärder för att minimera risken för att negativa effekter på miljön uppkommer. En annan del av planeringen är hur avverkningen läggs i tiden, både med avseende på årstid och på planerad avverkning i andra delar av avrinningsområdet.

För att följa upp vilken faktisk påverkan skogsbruksåtgärder, och då framför allt avverkning, har på vattenekosystemet behövs övervakningssystem i skogsvatten. I Sverige saknas det i dag. Det finns mätprogram i vattendrag, men i dessa görs inte någon koppling till vad som har skett i skogen uppströms. De modeller som finns för att beräkna skogsbrukets inverkan på kväveläckage baseras på hur skogsbruket bedrevs på 1970-talet. Dessutom saknas långa mätserier som modellerna kan verifieras mot. Övervakningssystem i skogsvatten skulle, förutom att förbättra kunskapen om hur effektiva olika hänsynsåtgärder är på att minska kväveutlakningen efter avverkning, dessutom öka kunskapen om hur skogsbruket generellt påverkar vattenkvaliteten.

Skogens och skogsbrukets påverkan på övergödningen i Östersjön

Den svenska nettotillförseln av kväve till Bottenviken, Bottenhavet och Egentliga Östersjön har uppskattats till 20 300, 29 200 respektive 21 600 ton år 2005. Av dessa mängder bidrog skogsmark med 56 %, 57 % respektive 15 % (beräkning av SMED inför PLC5), vilket i huvudsak är att betrakta som naturlig bakgrundsbelastning. Bidragen från hyggen respektive andra skogsbruksåtgärder är omöjlig att påvisa i större vattensystem och har därför inte beräknats. Anledningen att så stor del av tillförseln kommer från skogsmark är att ca 70 % av Sveriges landareal består av skog. Åtgärder i skogsmark som påverkar utlakningen av kväve kan därför ha stor betydelse för kväveförhållandena i sjöar, vattendrag och kanske även i hav.

Som nämnts ovan utgör konventionell gödsling ingen risk för Östersjön, så länge ingen gödsling sker i områden med hög kvävedeposition samt att åtgärder vidtas för att minska utlakning till vatten, både vid gödslingstillfället och senare vid slutavverkning. Jämfört med framför allt jordbruk och reningsverk är skogsbrukets bidrag till de antropogena kväveutsläppen förhållandevis litet. Även i Sverige, där skogsmarken står för betydande del av den naturliga bakgrundsbelastningen, utgör skogsbruket en marginell källa (Figur 5). Sett ur en systemsyn är det dock angeläget att alla sektorer aktivt arbetar för att minska sin belastning på havsmiljön. I Sverige hanterar man det dels genom allmänna råd för kvävegödsling och dels genom den generella hänsyn som skogsbruket ska ta vid alla skogsbruksåtgärder (exempelvis åtgärder för att minska kväveutlakning efter slutavverkning). Nationella miljökvalitetsmål samt införandet av EG:s ramdirektiv för vatten är andra delar i arbetet med att minska kvävebelastningen på vattendrag, sjöar och hav.



Figur 5. Totala antropogena vattenburna utsläpp av kväve till havet (Bottenviken, Bottenhavet, Egentliga Östersjön, Öresund, Kattegatt och Skagrrak) år 2005 fördelat på olika källor. Jordbruk utgörs av åkermark och bete, skogsbruk av hyggen och depositionen av deposition på sjöar. Källa: SMED och TRK.

Slutsatser från seminariet

Under seminariet enades deltagarna om följande slutsatser:

- ❖ Kvävebelastningsproblematiken är primärt relevant för Egentliga Östersjön.
- ❖ Skogen bidrar med 15 % av Sveriges belastning till Egentliga Östersjön. Skogsbrukets del av detta är marginell.
- ❖ På kvävebegränsade marker är kvävegödsling en effektiv åtgärd för att öka produktionen på kort sikt.
- ❖ Konventionell gödsling är inte ett hot för Östersjön, förutsatt att gödsling inte sker i områden med hög kvävedeposition och att åtgärder vidtas för att minska utlakning till vatten, både vid gödslingstillfället och senare vid slutavverkning. Gödsling kan dock ha lokala effekter.
- ❖ Mer kunskap om läckagerisken vid intensivgödsling behövs.
- ❖ De effektivaste åtgärderna för att minska läckage efter avverkning är:
 - Planering och utbildning
 - Skärmställning
 - Hyggesbränning

- Uttag av avverkningsrester (mer forskning behövs dock)
- Kantzoner (mer forskning behövs dock)
- ❖ Vad som händer på längre sikt med troliga klimatförändringar är fortfarande ett frågetecken.

Litteratur/källförteckning

- Akselsson, C., Westling, O., Örlander, G. 2004. Regional mapping of nitrogen leaching from clearcuts in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 202:235-243.
- Akselsson, C. 2005. Regional nutrient budgets in forest soils in a policy perspective. Doktorsavhandling, ISBN 91-7422-076-4, Lunds universitet.
- Akselsson, C., Westling, O., Örlander, G. 2007. Skogsskötsel och vattenkvalitet, En sammanställning av resultat från skärm- och bårdförsök inom SUFOR. Rapport B1752, IVL.
- Andersson, P., Berggren, D., Nilsson, I. 2002. Indices for nitrogen status and nitrate leaching from Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in Sweden. *Forest Ecology and Management* 157:39-53.
- Berg, J., Linder, S., Bergström, J. 1999. Intensive cultivation of Spruce – Unexploited possibilities. *Fakta Skog* 2:1999, SLU.
- Björkroth, G., Rosén, K. 1978. Biomassa och näringsämnen på fyra ståndorter. Rapport 49, Projekt Helträdsutnyttjande, SLU.
- Boesch, D., Hecky, R., O'Melia, C., Schindler, D., Seitzinger, S. 2006. Eutrophication of Swedish seas. Rapport 5509, ISBN 91-620-5509-7, Naturvårdsverket.
- Grip, H. 1982. Water chemistry and runoff in forest streams at Kloten. UNGI Rapport 58, Naturgeografiska institutionen, Uppsala universitet.
- Gundersen, P., Callesen, I., de Vries, W. 1998. Nitrate leaching in forest ecosystem is related to forest floor C/N ratios. *Environmental Pollution* 102:403-407.
- Gundersen, P., Schmidt, I. K., Raulund-Rasmussen, K. 2006. Leaching of nitrate from temperate forests – effects of air pollution and forest management. *Environmental Review* 14:1-57.
- HELCOM, 2005. Nutrient pollution to the Baltic Sea in 2000. *Baltic Sea Environment Proceedings* No. 100.
- HELCOM. 2007. HELCOM Baltic Sea action plan. HELCOM ministerial meeting, Krakow, Polen, 15 november 2007.
- Jacobsson, S., Pettersson, F. Ny vår för skogsgödslingen? Resultat 23:2003, Skogforsk
- Lindgren, C 2006. Kantzonens ekologiska roll i skogliga vattendrag – en litteraturoversikt. Rapport 19, Skogsstyrelsen.
- Loviken, G. 1994. Föryngring och gödsling av skogsmark ur ett livscykelanalytiskt perspektiv. Examensarbete i Virkeslära Nr 38, SLU.
- Lundin, L. 1999. Effects on hydrology and surface water chemistry of regeneration cuttings in peatland forests. *International Peat Journal* 9:118-126.

- Löfgren, S., Olsson, H. 1990. Tillförsel av kväve och fosfor till vattendrag i Sveriges inland. Underlagsrapport till Hav-90, Aktionsprogram mot havsföroreningar. Naturvårdsverket.
- Löfgren, S., Westling, O. 2002. Modell för att beräkna kväveförluster från växande skog och hyggen i Sydsverige. Rapport 2002:1, Institutionen för miljöanalys, SLU.
- MCPFE. 2007. State of Europe's forests 2007. The MCPFE report on sustainable forest management in Europe. MCPE (Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe), Liaison Unit Warsaw.
- Naturvårdsverket. 2007a. Ingen övergödning – Underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljömålsarbetet, Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. 2007b. Myllrande våtmarker – Underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljömålsarbetet, Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. 2007c. Bara naturlig försurning – Underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljömålsarbetet, Naturvårdsverket.
- Nohrstedt, H.-Ö. 1993. Den svenska skogens kvävestatus. Redogörelse 8, Skogforsk.
- Pleijel, H., (ed.). 2007. Transboundary air pollution - Scientific understanding and environmental policy in Europe 2007. ISBN-10: 9144004710, Studentlitteratur.
- Ring, E. 1995. Nitrogen leaching before and after clear-felling of fertilised experimental plots in a *Pinus sylvestris* stand in central Sweden. *Forest Ecology and Management* 72:151-166.
- Ring, E. 1996. Effects of previous N fertilization on soil-water pH and N concentrations after clear-felling and soil scarification at a *Pinus sylvestris* site. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11:7-16.
- Ring, E. 2001. Nitrogen i soil water at five nitrogen-enriched forest sites in Sweden. Doktorsavhandling, ISBN 91-576-5795-5, SLU.
- Ring, E., Högbom L. 2006. Mindre läckage av nitratkväve efter markberedning. Resultat 21, Skogforsk.
- Ring, E. 2007. Estimation of leaching of nitrogen and phosphorus from forestry in northern Sweden. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* 146:6-13.
- Rosén, K., Aronson, J.-A., Eriksson, H.M. 1996. Effects of clear-cutting on streamwater quality in forest catchments in central Sweden. *Forest Ecology and Management* 83:237-244.
- Rosvall, O., Bergström, R., Jacobsson, S., Pettersson, F., Rosén, K., Thor, M., Weslien, J.-O. 2004. Ökad produktion i familjeskogsbruket – Analys av tillväxthöjande och skadeförebyggande åtgärder. Arbetsrapport 574:2004, Skogforsk.
- Skogforsk. 2005. Skogsgödsling – en handledning från Skogforsk.
- Skogsstyrelsen. 2006. Skogsstatistisk årsbok 2006, Skogsstyrelsen.
- Skogsstyrelsen. 2007a. Skogsstatistisk årsbok 2007, Skogsstyrelsen.

- Skogsstyrelsen. 2007b. Fördjupad utvärdering av Levande skogar. Meddelande 4:2007, Skogsstyrelsen.
- Staff, H., Olsson, B.A. 1994. Effects of slash removal and stump harvesting on soil water chemistry in a clearcutting in SW Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9:305-310.
- Tamm, C.O. 1991. Nitrogen in terrestrial ecosystems: Questions of productivity, vegetational changes, and ecosystem stability. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Wiklander, G., Nordlander, G., Andersson, R. 1991. Leaching of nitrogen from a forest catchment at Söderåsen in southern Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution* 55:263-282.
- Zetterberg, T., Hellsten, S., Belyazid, S., Karlsson, P. E., Akselsson, C. 2006. Regionala förutsättningar och miljörisker till följd av skogsmarksgödsling vid olika scenarier för skogsskötsel och kvävedeposition. Rapport B 1691, IVL.

I denna rapport sammanfattas ett seminarium som anordnades av Baltic Sea 2020 i samarbete med Skogsstyrelsen. Syftet med seminariet var att belysa skogens och skogsbrukets roll i övergödningen av Östersjön, främst med avseende på kvävegödsling. Föredragshållarna, som representerade forskarvärlden, näringen och myndigheter, ombads att skriva sammanfattningar av sina presentationer och dessa återfinns i rapporten. Därefter kommer en sammanfattning av den efterföljande diskussionen och slutsatser från seminariet.