

# Skogbrukets forurensninger

Av Gunnar Ogner

Gunnar Ogner er forsker ved Norsk institutt for skogforskning.

*Innlegg på seminar i Norsk Vannforening  
8. november 1984.*

## INNLEDNING

La meg først definere en forurensning: En forurensning i vårt miljø er et hvilket som helst stoff som normalt ikke er til stede, eller som er til stede i høyere konsentrasjoner enn normalt.

Denne definisjon stiller spørsmålet: Hva er normalt i skogen? Naturkatastrofer som tørke, stormfelling, insektangrep eller skogbrann er katastrofer i skogen, men er allikevel normalt i den forstand at de er naturens eget verk, de bare skjer ikke så ofte, kanskje bare en gang hver århundre.

Menneskets inngrep i skogen slik som planting, sprøyting, gjødsling og snauhogst, skjer også stort sett en gang hvert århundre. Og det er disse inngrep jeg skal omtale forhold til den normale utviklingen i en skog uten forstyrrende naturkatastrofer.

## SKOGEN SOM RENSEVERK

En skog er et biologisk system i vekst. Fra et frø spirer og til et voksent tre enten hugges eller dør av alderdom, så går det ca. ett århundre. I hele denne perioden er skogen ingen forurensner, men den er et naturlig renseverk for en lang rekke ulike kjemikalier. Trærnes krone filtrerer luften for naturlige og antropo-

gene stoffer, og dette føres med regn og eventuelt nålefall ned i jorda der stoffene blir tatt hånd om på ulike måter.

Kjemien til vannet i jorda preges av den nære kontakt det har med ulike deler av jorda. Dette har betydning for grunnvannets og bekkens transport av stoffer ut av systemet.

La oss ta et eksempel på skogen som renseverk. Sur nedbør er nedbør som bl.a. inneholder mer svovelsyre, salpetersyre og ammoniumsalter av disse enn naturlig nedbør gjorde før.

En typisk forurenset nedbør fra Nordmoen er gitt i Tabell 1 (1). Sommervannet i en skogsbekk inneholder vesentlig mindre  $\text{NO}_3^-$  og  $\text{NH}_4^+$  (2). På grunn av forvitring vil bekken inneholde større mengder  $\text{Ca}^{2+}$  og  $\text{Al}^{3+}$  enn nedbøren. Enkelte stoffer tas opp, andre skilles ut og gir det vi kan kalle en normal vannkvalitet for et område.

Det sier seg selv at skogen ikke kan samle opp stoffer i all evighet. Den må før eller senere begynne å slippe dem løs igjen. Og vi skal se på ved hvilke betingelser dette skjer. Ser vi bort fra naturkatastrofer som nevnt tidligere, vil det være når vi hugger skogen, eller når vi bruker sprøytemidler for å fjerne den uønskede vegetasjon. Disse inngrepene vil skape forandringer i vannkvaliteten. Den årlige naturlige variasjonen i vannkvaliteten i en skogsbekk er vist i Figur 1.

	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Al}^{n+}$	$\text{H}^+$
Nedbør (Nordmoen)	30	30	30	5	0	50
Bekker (sommer Hurdal)	40	2	0	50	8	4

Tabell 1. Kvalitet av nedbør i bekkevann. Tallene er avrundede gjennomsnittstall. Konsentrasjonen er i  $\mu\text{M}$ .

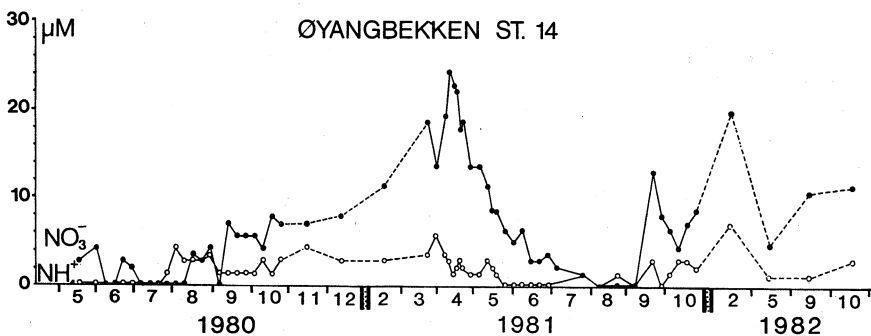
Om sommeren bruker plantene alt det nitrat som de får tak i, og  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasjon i bekken (Øyangbekken, Hurdal) er lav, helt nede på deteksjonsgrensen for vår målemetode. Om høsten når plantenes vekst stopper og høstregnet samtidig vasker stoffer ut av jorda, så får vi en jevnt økende  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasjon i bekken utover vinteren til ca.  $20\mu\text{M}$ . Konsentrasjonen avtar utover våren og når laveste nivå når veksten er igang igjen.

$\text{NH}_4^+$  følger samme mønster som  $\text{NO}_3^-$ , men i lavere konsentrasjon fordi  $\text{NH}_4^+$

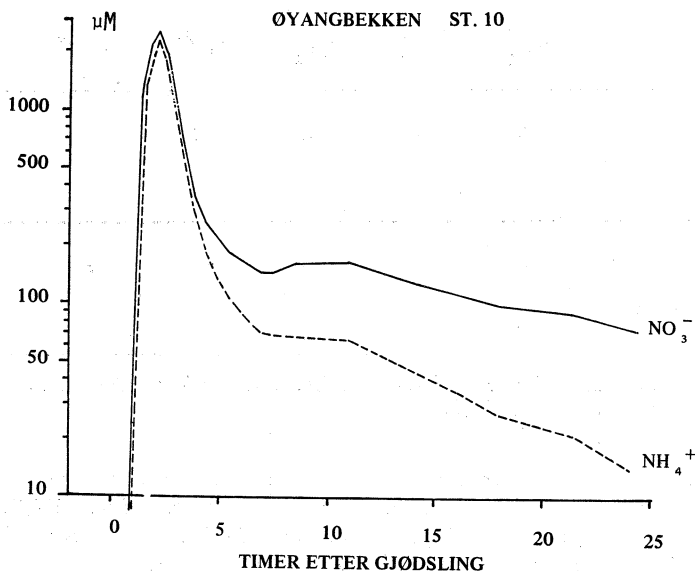
holdes tilbake i jorda ved ionebytte-prosesser. Andre stoffer, f.eks.  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , vil omtrent ikke lekke ut fra skog på grunn av bindingen til jorda.

### GJØDSLING

Ammoniumnitrat brukes i dag til gjødsling av skog fordi nitrogenforbindelser er en minimumsfaktor i skog. Skogen i Norge gjødsles gjerne 5 til 10 år før den skal hogges. Det er altså snakk om eldre skog. Det er et klart forbud mot å gjødsle i vann og elver, men små bekker i skogen, 0,3—



Figur 1. Konsentrasjonen av  $\text{NO}_3^-$  og  $\text{NH}_4^+$  i Øyangbekken ved st. 14. Her er vannet ikke påvirket av inngrep i skogen.



Figur 2. Konsentrasjonen av  $\text{NO}_3^-$  og  $\text{NH}_4^+$  i Øyangbekken ved st. 10 i timene etter gjødsling.

1 m brede, vil vanskelig sees fra et helikopter. Det er derfor klart at gjødsel vil falle direkte i bekkene ved gjødsling.

Et eksempel (Figur 2) viser at ammoniumnitrat i bekken (Øyangbekken, Hurdal) øker drastisk i løpet av noen få minutter etter at gjødslingen er foretatt (3). Målingen her er utført ca. 100 m nedenfor grensen for gjødsling. I løpet av de neste 5 timene har nitratkonsentrasjonen ligget over det som ansees for å være den helsemessige øvre grense for drikkevann i Norge.

Vi ser at det er en forskjell på ammonium- og nitrat-konsentrasjonene i bekken, dette skyldes ionebyttereaksjoner. Andre kationer vil da løses ut i bekken fra bekkens bunnstoffer (3).

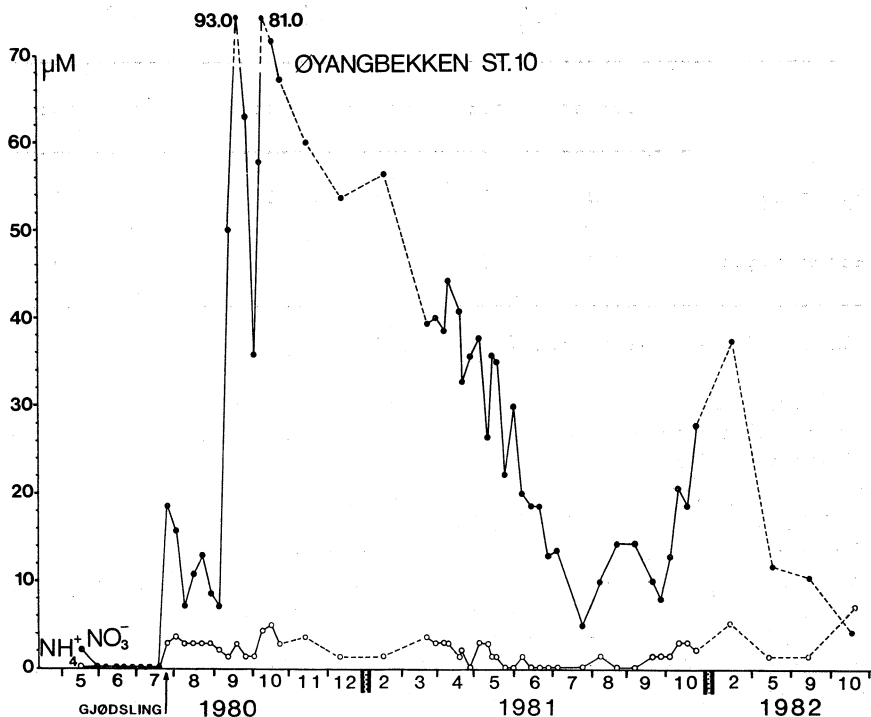
Utover sommeren synker  $\text{NO}_3^-$ -utvaskingen raskt for så å øke med høstregnet,

Figur 3 (2). Denne utvaskingen følger samme mønster som den naturlige utvaskingen, bare at konsentrasjonen er opp til 3 ganger høyere enn den naturlige bakgrunn. Den første vinteren etter gjødsling foregår det altså en utvasking, den neste vinteren er ekstrautvaskingen som følge av gjødsling, fremdeles tydelig. Den tredje vinteren etter gjødsling er situasjonen normal.

Igjen vil forandringer i  $\text{NH}_4^+$  og andre stoffer bety lite i forurensningssammenheng.

### SNAUHOGST

Det å snauhogge skog for kommersielt bruk av tømmer, synes for mange å være et voldsomt inngrep i naturen. Og ganske klart så er det det, men det er ikke unikt i den forstand at noe liknende ikke skjer



Figur 3. Konsentrasjonen av  $\text{NO}_3^-$  og  $\text{NH}_4^+$  i Øyangbekken ved st. 10 i tiden etter gjødsling.

naturlig. Naturen sørger selv for langt mer dramatiske oppryddinger i skogen. Ved en snauhogst vil de store trærne fjernes, dette resulterer i et langt mindre vannforbruk i skogen, vi får altså en økende vannmengde ut av systemet.

Snauhogster gir 30–100% øket avrenning det første året etter hogsten (4). Mesteparten av den økende avrenning foregår med snøsmeltingen om våren og resten senhøstes. Midtvinters og i vekstsesongen er det ingen økning i vannmengden som følge av snauhogsten (5).

Når det gjelder kvaliteten av vann etter snauhogst, så får vi en klar økning i konsentrasjonen av  $\text{NO}_3^-$  og  $\text{K}^+$  (Tabell 2)

(4). Særlig er høst- og vårvannet påvirket.  $\text{NO}_3^-$  øker med en faktor på 5 fordi nedbrytning av humus og hogstavfall finner sted, og det ikke er tilstrekkelig levende biomasse til å ta seg av overskuddet. Tilsvarende gjelder også for  $\text{K}^+$ . Forandringen i  $\text{NH}_4^+$  og andre stoffer er stort sett ubetydelige (4).

Vi har ingen forsøksreier som følger vannkvaliteten i flere år etter snauhogst. Det er imidlertid sannsynlig at nitrattvasking vil være tydelig i høst-, vinter- og vårmånedene helt til ny vegetasjon tar over. Dette kan ta 3–10 år. Konsentrasjon av  $\text{NO}_3^-$  vil da være noe høyere enn 30–50 µM i høstvannet i bekkene, det

	$\text{NO}_3^-$		$\text{NH}_4^+$		$\text{K}^+$	
	sommer	høst	sommer	høst	sommer	høst
Før hogst	2	7	2	2	8	9
Etter hogst	2	40	2	4	20	40

Tabell 2. Kvalitet av bekkevann ved snauhogst. Konsentrasjonen er i  $\mu\text{M}$ .

vil si noe høyere enn i nedbøren. Skogen renser i denne perioden neppe nedbørens nitrater, men lekker ut noe av det som ble bygd opp i vekstperioden.

Under de gode vekstbetingelser som råder etter en hogst med tilgang på lys, vann og næringsstoffer ut over det normale, så vil det bli en kraftig vekst av gras- og lauvvegetasjon. For å utnytte de gode vekstbetingelsene blir hogstflatene plantet med gran eller furu framfor å vente på naturlig foryngelse.

I denne situasjon er de nye plantene av gran den svake parten, og for å rette på dette benyttes sprøyting med glyfosfat. Dette inngrepet i skog er av meget kon-

troversieell karakter, og debatten her er preget av stor uvitenhet om faktiske forhold.

### SPRØYTING

Etter en sprøyting vil den døde biomassen av plantene f.eks. bjørk, rogn og bringebær nedbrytes, og vi får et noe parallelt bilde til det vi har etter en snauhogst. Det viser seg at etter sprøytingen vil vi få en økning i nitratutvaskingen (Tabell 3) (6).

Tallene som presenteres er tatt ut fra en løpende forsøksserie og gis med alle forhold. Bildet totalt sett er meget likt det

	$\text{NO}_3^-$		$\text{NH}_4^+$		$\text{K}^+$	
	sommer	vinter	sommer	vinter	sommer	vinter
Usprøytet	2	40	2	2	5	20
Sprøytet	2	80	2	4	15	25

Tabell 3. Kvalitet av bekkevann etter sprøyting med glyfosfat. Konsentrasjonen er i  $\mu\text{M}$ .

vi får for en snauhogst det første året etter hogsten. En større måleserie for å studere virkningen i årene etter sprøyting er igang og avsluttes først i 1986.

Det synes helt klart ut fra de målinger som vi hittil har gjort, at effekten på vannkvalitet etter sprøyting er kortvarig og liten. Dette skyldes at vi ved rutinemessig utført sprøyting, ikke dreper all vegetasjonen, og at feltsjiktet 3 år etter sprøytingen er blitt tett og fyldig.

## GENERELT OM MODERNE SKOGSDRIFT

Gjennom den naturlige vekstperioden på 100 år så blir det avsatt en lang rekke næringsstoffer i råhumuslaget og i biomassen i jorda. Ved inngrep som gjødsling, snauhogst og sprøyting så gjelder det å forhindre at næringsstoffer tapes ved utvasking til vassdrag. Spesielt gjelder dette for nitrogenforbindelser som er mangelvare i skogen. For det første gir utvaskingstap en forurensning i bekkene som ingen vil ha, og for det andre så er tapte næringsstoffer fra skogen tapt fortjeneste for skogbrukeren. Senere, om en 50 år, må en kanskje gå inn og gjødsle for å få en øket vekst. Det gjelder derfor at en planter snarest mulig etter hogst, og sprøyter på en slik måte at minst mulig av vegetasjonen drepes. Jo bedre man klarer å balansere dette, jo gunstigere er det for veksten av trærne og for forurensningen, liden vi får mindre forurensninger ut av systemet.

Størrelsen av de arealer som skogbrukeren påvirker ved sitt inngrep, i forhold til det totale nedslagsområde, er av avgjørende betydning.

Gjødsles eller sprøytes areal mindre enn 25% av nedslagsområdet for en bekk, så blir forandringen på vannkvaliteten som

følge av inngrepet liten, og noen ganger knapt målbar. Det gjelder her å sette igjen så mye levende skog at den fungerer som et renseverk for inngrepet.

Går en til den ytterlighet å snauhogge og deretter drepe alt liv ved sprøyting over 100% av et nedslagsområde, så vil ganske klart dramatiske effekter oppstå.

En slik situasjon er interessant fra et forskningsmessig synspunkt, men har ingen relevans i praktisk skogbruk.

Dette bringer meg inn på den problemstilling om hva som skjer i slike tilfelle.

## EKSTREMBEHANDLINGER

Det mest kjente eksemplet her er forsøket i Hubbard Brook i USA (7). Forsøket er vel dokumentert og viser store forandringer i vannkvaliteten som følge av dreping av all vegetasjon i et nedslagsfelt. For eksempel gikk  $\text{NO}_3^-$ -konsentrasjonen opp til ca. 4 mM, det vil gi 100—1000 ganger høyere enn de tall jeg har referert til tidligere.

Slike ekstreme verdier er lett å få fram. Vi har gjort lysimeterforsøk der vi har sprøytet lysimeterne slik at all vegetasjon er drept. Resultatet blir en kraftig økning i mengden sigevann og at nitratkonsentrasjonen øker dramatisk. Vi har målt helt opp til 1—2 mM  $\text{NO}_3^-$  i sigevann fra lysimeter med ekstra næringsrik jord (6).

Utslag av størrelse som disse ekstreme behandlingene har vi ikke klart å finne i feltforsøk.

## KONKLUSJON

Skog i vekst er et renseverk for naturlige og antropogene kjemikalier. Av næringsstoffer som har sammenheng med skogbruk og som er av interesse i forurensningsdiskusjonen, er det bare nitrat

som kan opptre i mengder ut over de naturlige variasjoner i bekker og avløp.

Fra et bestemt område kan dette skje maksimalt tre ganger hvert århundre som følge av menneskelige inngrep. Dette er ved snauhogst og en eventuell sprøyting og gjødsling. Her må det advares mot behandling av for store sammenhengende areal, spesielt på næringsrike jordtyper.

De kvalitetsforandringer som inntreer i bekkevann på grunn av inngrep, er av

kortvarig karakter, 1—3 år, og konsentrasjonene av stoffer ligger da betydelig under de normer som gjelder for drikkevann i Norge.

De data for vannkvalitet som er gitt, må tas med forbehold fordi de bare representerer enkeltverdier fra noen pågående feltforsøk. Et større prosjekt for å gi kvantitative data er under forberedelse ved Norsk institutt for skogforskning.

#### REFERANSER

- (1) Abrahamsen, G. 1980: Impact of sulphur deposition on forest ecosystems. I *Atmospheric sulphur deposition. Environmental impact and health effects*. Eds. Schreiner, D. S., Richmond, C. R. og Lindberg, S. E. Ann Arbor Sci. Michigan 1980. pp. 397—415.
- (2) Ogner, G. 1982: Vannkvalitet etter gjødsling av skog. II. Virkning av gjødsling på Heggavassdraget, Hurdal, i de første 15 mnd. etter gjødsling. *Rapport Nor. inst. skogforsk. 9/82*: 1—28.
- (3) Ogner, G. 1981: Vannkvalitet etter gjødsling av skog. I. Korttidseffekt av gjødsling og et tilfelle av fiskedød i Heggavassdraget, Hurdal. *Rapport Nor. inst. skogforsk. 4/81*: 1—18.
- (4) Haveraaen, O. 1981: Virkning av hogst på vannmengde og vannkvalitet fra en østnorsk barskog. *Meddr. Nor. inst. skogforsk. 36. 7*: 1—27.
- (5) Rosen, K. 1984: Avrenningsøkning etter kalavverkning. *Skogsfakta. Biologi och skogsskötsel 16/1984*: 4 s.
- (6) Ogner, G. Upubliserte data.
- (7) Likens, G. E., Bormann, F. H., Johnson, N. M., Fisher, D. W. og Pierce, R. S. 1970: Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in the Hubbard Brook watershed-ecosystem. *Ecol. Monogr.* 40: 23—47.