

Sprøyting av skog og vannforurensning

Av Dag Berge

Dag Berge er cand.real fra Universitetet i Oslo, 1977 med limnologi som hovedfag, og er ansatt som forsker ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

Den alt overveiende sprøyting som skjer ved bruk av glyfosat, et systemisk middel i norske skoger i dag, er krattbekjemping som griper inn i syntesen av aromatiske aminosyrer i grønne planer. Glyfosat er svært lite giftig for dyr og heterotrofe mikroorganismer, og normal dosering (100 — 160 g glyfosat pr. dekar) synes ikke å medføre noen fare for annet enn planter. Stoffet nedbrytes dessuten raskt, og viser liten tendens til avrenning. Det hersker imidlertid en viss usikkerhet mht. opptak i fisk, og man bør derfor unngå å oversprøyte fri vannoverflater. En usprøytet buffersone på 50 m rundt drikkevannskilder, som helsemyndighetene foreskriver, bør opprettholdes. Utover dette synes ikke glyfosatsprøyting i å representere vesentlig fare for vannforurensning.

Innledning

Artikkelen er et utdrag fra en utredning om vannforurensning fra skogbruk (Berge og Traaen 1985) som NIVA har utført for ressursavdelingen i Miljøverndepartementet.

Bruk av plantevernmidler i norsk skogbruk i dag omfatter bare bekjemping av løvkratt og da vesentlig i forbindelse med nyplantinger av gran og furu. Tidligere sprøytet man noe mot insektplager også, dvs. man behandlet lunner og lunneplasser med lindan for å forhindre masseutvikling

av granbarkbiller, og man sprøytet nyplantinger med DDT for å bekjempe gran-snutebiller. Nå bekjempes barkbiller med ferromer og nyplantinger «vaksineres» mot snutebiller ved at plantene dyppes i DDT-løsning på planteskolen før de plantes ut i skogen. Det kan tenkes at det i fremtiden kan bli aktuelt å sprøyte nye furuplantefelter mot furubarveps, hvis problemet blir økende, men man kommer da trolig til å anvende virus i stedet for kjemisk behandling.

Bruk av herbicider er imidlertid voksende. Nevneverdig bruk av kjemisk krattbekjemping tok til rundt 1960, og det dreide seg stort sett om sprøyting plante-felt, vegkanter og jordekanter. I starten ble sprøytingsarbeidet for det meste gjort med ryggtakesprøyte. Midlene man brukte var såkalte hormonpreparater av typen fenoksyeddiksyder, og fram til 1972 var 2,4,5-T det mest anvendte (Lund-Høye 1975). Dette middelet var meget effektivt mot de fleste løvtrær, særlig hvis man blandet inn litt diesel. 2,4,5-T stimulerende celledelingen i plantene kraftig, celleveggene sprakk og røttene greide ikke å levere nok vann. Plantene «vokste seg i hjel». Det viste seg imidlertid at det var umulig å fremstille dette stoffet uten at det samtidig ble dannet dioxin, «Vietnamgiften», et stoff som påvirket arveegenskapene hos dyr og mennesker, og 2,4,5-T ble forbudt

i 1973. Man fikk da et nytt preparat av liknende art, MCPA, som var i anvendelse fram til 1976. Dette stoffet kunne på ingen måte erstatte 2,4,5-T med hensyn til bruk som krattdreper, og sprøytingen avtok.

I 1976 ble et nytt stoff introdusert i krattbekjempingen i skogbruket, nemlig glyfosat. Dette skulle vise seg å være en fullgod erstatter for 2,4,5-T.

Litt om glyfosat og hvordan det virker.

Glyfosat ble utviklet og introdusert av det amerikanske selskapet Monsanto Company i 1971. Det er et isopropylammin-salt med kjemisk navn N-fosfonometylglycin ($C_3H_8NO_5P$), en forbindelse mellom aminosyren glysin og fosfonsyre, og er et hvitt krystallinsk pulver. Selve sprøytemiddelet leveres som en lys brun løsning som kalles Roundup, og hvorav ca. 40% er glyfosate og det resterende er vann, fuktamidler etc. (SNV 1979).

Glyfosat er et såkalt systemisk herbicid, dvs. at etter det er tatt opp av plantene, transporteres det rundt om i planten til alle vev der det er vekstaktivitet. Effekten er nærmest motsatt av den hormonpreparatene gav, i det vekst og celledeling på det nærmeste stopper helt opp etter sprøyting (Lund-Høye, pers. medd.). Den fysiologiske virkningen er ikke kjent i detalj, men man vet at glyfosat påvirker Hillreaksjonen og biosyntesen av aromatiske aminosyrer (SNV 1979), og at den inhiberer såvel lys- som mørkereaksjoner i fotosyntesen (Van Rensen 1974). Også røttene blir sterkt skadet idet rothårsdannelsen stopper opp, og rottoppslag og stubbeskudd forhindres effektivt. Glyfosat tas raskt opp gjennom bladverket, sår i barken, men i mindre grad gjennom røttene (Lund-Høie 1982).

Glyfosat dreper alle slags planter om det sprøytes i den mest aktive vekstsesongen. For å unngå skader på bartrær er man derfor nødt til å sprøyte etter at årets strekningsvekst er avsluttet, dvs. etter ca. 10. august. Opptakshastigheten over nålene er da sterkt redusert, mens for lautrær og gras skjer denne aktivitet til ut i september. Et problem er da at man står midt oppe i bærtiden. Bær som er sprøytet blir usmakende og får en slapp konsistens. Det er ikke påvist at det medfører noen helseisiko å spise glyfosatsprøytete bær (SNV 1979). Blåbærriis og bringebærbusker blir imidlertid sterkt skadet, og det kan ta flere år før normal bærproduksjon er etablert i et sprøytet område. Dette er en av årsakene til at glyfosat sammen med alt annet kjemisk plantevern nylig er blitt forbudt i Sverige (Professor Per Oftedal, pers. medd.). Tyttebærriis tar relativt liten skade av sprøyting.

Både i planter og i jord brytes glyfosat ned til aminosyren glysin og naturlig forekommende fosforbindelser relativt raskt. Halveringstiden er ca. 3—5 uker (Landbruksdepartementets Giftnemnd 1982).

Det er gjort en lang rekke eksperimenter for å fastlegge glyfosat's giftighet ovenfor dyr, både med hensyn til akutt og kronisk giftighet, samt mutagenitetstester, karcinogenitetstester, reproduksjonstester, mm. Alle disse har vist at glyfosat er noe av det minst giftige sprøytemiddelet man kjenner til (Landbruksdepartementets Giftnemnd 1982). For akutt giftighet kan nevnes at LD₅₀ er ca. 4—5000 ppm for rotte, dvs. det må minst 4—5 g glyfosat til pr. kg kroppsvekt for at minst halvparten av forsøksdyrene skal dø ved inntak gjennom munnen (SNV 1979, Landbruksdepartementets Giftnemnd 1982). Tar man utgangspunkt i at normal dosering ved sprøyting er ca. 110—160 g pr. dekar, er

det klart at det vil være praktisk umulig for dyr å få i seg tilnærmedesvis så store mengder. Langtidsforsøk med hund og rotte over 2 år med 100 ppm. glyfosat i foret har ikke resultert i registrerbare sykdomssymptomer eller skader på organer. Stoffet viser ikke tendens til biomagnifisering, dvs. oppkonsentrering gjennom næringskjeden. Ved dosering til rotte vil mer enn 90% være skilt ut igjen i løpet av de 2 første dagene (*Landbruksdepartementets Giftnemnd* 1982). Ved sprøyting av et større felt i USA (*Newton et al* 1984) ble det tatt prøver av en rekke dyrearter gjennom lang tid etter sprøytingen, og man fant ingen tegn til at stoffet ble akkumulert i vev.

Ved siden av problemene knyttet til bærplukkingsinteressene er hensynet til viltets beiteforhold den siden av glyfosatsprøytingen det knytter seg størst betenkelighet til. Glyfosat vil legge en sterk demper på gras og løvkrattproduksjon i 1—3 år etter at sprøytingen er foretatt. Foryngelsesfeltene i skogen er et viktig beiteområde for mange av våre viltarter, elg, hare, orrfugl, jerpe og delvis rådyr er helt avhengig av løvtrær om vinteren (*Hjeljord* 1982).

Omfanget av sprøyting i norske skoger.

Sprøyting brukes i dag nærmest bare til kratt og ugrasbekjemping i foryngelsesfelter av gran og furu. Tabell 1 gir et inntrykk av omfanget.

Tabell 1. *Omfanget av rydding og ugrasskontroll i norske skoger (etter SKOGS-STATISTIKK 1982), arealer gitt i dekar.*

<i>År</i>	<i>Totalt ryddet areal</i>	<i>Kjemisk ryddet areal</i>	<i>Mekanisk ryddet areal</i>
1979	562 533	69 203	493 330
1980	625 380	87 898	537 482
1981	651 859	74 135	577 724
1982	672 963	91 664	581 299

I 1983 ble det sprøytet vel 80 000 dekar, og i 1984 vel 90 000 dekar (*Lund-Høie* ved Statens plantevern, pers. medd.). Man regner med at sprøyting med glyfosat vil øke jevnt og trutt, hvis det ikke gis pålegg om restriksjoner utover det man har i dag. Fra Landbruksdepartementet ønsker man å begrense sprøytingen til områder med hussigst løvkrattvekst, og man sier at det årlig sprøytede areal ikke bør overstige 150—200 000 dekar (*Jerven* 1982). Glyfosat er et dyrt middel, og i ulendt terreng med middels løvkrattbonitet er det lite å tjene framfor manuell rydding.

I Norge er det ca. 65 000 km² med produktivt skogsareal, og de 90 000 sprøytede dekar som nivået nå ligger på utgjør bare 0,14% av det samlede skogsareal.

Tidligere ble det meste av sprøytingen foretatt med ryggståkesprøyte, men etter hvert har bruk av helikopter og firehjuls-drevne traktorer og skogsmaskiner overtatt. Av de 90 000 dekar som ble sprøytet i 1984 ble 55 000 sprøytet fra helikopter, 25—30 000 fra traktor og resten ved bruk av ryggståkesprøyte (*Lund-Høie*, pers. medd.).

Maksimal dosering ligger på ca. 110—160 g glyfosat pr. dekar (*Landbruksdepartementets Giftnemnd 1982*). I praksis tynner man ut ca. 3 kg Roundup i 500 l vann, hvilket påføres et areal på ca. 10 dekar (*Lund-Høie 1983*). Dvs. at man i Norge sprøyter ut ca. 10 tonn glyfosat i året. Til sammenlikning kan nevnes at totalt forbruk av plantevernmidler i jordbruket ligger på ca. 2000 tonn pr. år (*Miljøstatistikk 1978*).

Glyfosat og vannforurensning.

Glyfosat kan komme ut i vannkilder ved avrenning og utvasking fra sprøytede arealer, samt ved direkte sprøyting av vannoverflater. Dette siste er mest aktuelt ved sprøyting fra helikopter, men også til en viss grad ved sprøyting fra traktor (tåkekanoner med 30 m rekkevidde).

Alle forsøk har vist at glyfosat bindes meget kraftig til jordkolloider og humusmateriale (*SNV 1979, Lund-Høie 1982, Newton et al 1984, Rueppel et al 1977*). Dette er blant annet en hovedgrunn til at det nærmest ikke skjer rotopptak av stoffet. I jord brytes stoffet raskt ned, i 10 av 11 feltforsøk var over 90% av den tilsatte glyfosatmengden nedbrutt i løpet av 279 dager (*SNV 1979*). *Landbruksdepartementets Giftnemnd 1982* refererer at nedbrytning i jord skjer med en halveringstid på 3—5 uker, og omtrent den samme nedbrytningshastighet skjer i plantevev. Glyfosat vaskes ikke ned i dypere jordlag. Substansen bindes fast i det øvre marksjikt. Noen avrenning fra behandlede flater synes ikke å forekomme i nevneverdig grad. Målt avrenning ligger i størrelsesorden 0.02% (*SNV 1979*). Nedbrytningen i jord synes å skje mikrobielt (*Rueppel et al 1977*).

Inntil nylig antak man at også i vann syntes nedbrytning av glyfosat hovedsakelig å skje mikrobielt (*Rueppel et al 1977*). I rent vann (drikkevannskvalitet) vil derfor nedbrytningen skje sakte, og glyfosat tilsatt på fri vannoverflate kan transporteres langt (*Krogb og Hareide 1982*). I SNV (1979) refereres det forsøk med tilsetning av glyfosat direkte ut i rennende vann (vanningskanal) hvor man i en avstand av 1,6 km fra tilsetningsstedet fant igjen 70% av den tilførte substans.

Til og med på en avstand av 14 km fant man igjen ca. halvparten av den tilsatte mengden. Helsemyndighetene vil derfor opprettholde et sprøyteforbud nærmere enn 50 m fra drikkevannskilder, og noe mindre avstand fra hovedtilløp til slike kilder (*Krogb og Hareide 1982*). Nyere forskning viser imidlertid at glyfosat forsvinner raskt fra vannfasen der hvor fri vannoverflater er blitt sprøytet (*Newton et al 1984*). Dette skyldes dels at glyfosat bindes raskt til sedimenterbart materiale, både organisk og uorganisk, og transporteres til sedimentet (*Newton et al 1984, Lund-Høie & Friestad 1985, in press*), og dels at glyfosat også synes å undergå fotokjemisk nedbrytning i stor grad (*Lund-Høie & Friestad 1985, in press*).

Ved Statens Naturvårdsverk i Sverige betraktes glyfosat som moderat giftig for fisk (*SNV 1979*). Det refereres her LC₅₀ verdier (96 t) på 48 ppm for regnbueørret og 16 ppm for laue. Dvs. hvis ørreten går 96 timer i vann med glyfosatkonsentrasjon større enn 48 mg/l, vil mer enn halvparten av ørreten dø. Ved Landbruksdepartementets Giftnemnd er LC₅₀ verdien for ørret satt til 38 ppm. Det kan se ut som om fisk kan ta opp glyfosat over gjellene. I SNV (1979) refereres det at ved en konsentrasjon på 0,612 mg gly-

fosat pr. liter vann akkumulerte fisken maksimalt 1,02 mg glyfosat pr. kg kroppsvekt. Innholdet hadde ikke minsket nevneverdig 2 uker etter overføring av fiskene til rent vann. I de spisbare fiskedelene var innholdet 2 ganger større enn det var i vannet, og i de ikke spisbare delene var den 10 ganger større. I en nylig undersøkelse i Oregon, USA, hvor en skogselv med nedbørfelt ble sprøytet (3,3 kg round-up/liter) fant man ingen tegn til bioakkumulering av glyfosat i fisk (Newton et al 1984). I dette forsøket var kontamineringen av vannet som følge av direkte sprøyting av overflaten langt innenfor grenser for skade på elvefauna og elveplanter. Etter at konsentrasjonstoppen som skyldtes direkte sprøyting av vannoverflaten var passert målestasjonen, gikk konsentrasjonen ned til upåviselige mengder i løpet av 5 dager. Dette indikerer at utvasking fra feltet ikke var påvisbar. De konkluderer med at glyfosatsprøyting har en neglisjerbar effekt på vannkvalitet. Imidlertid fant de at en god del av glyfosaten som havnet direkte på vannet ble bundet til elvedimentet. Etter vel 500 dager var dette nedbrutt, hvoretter glyfosat ikke lenger var påvisbart i sedimentet. I følge *Landbruksdepartementets Giftnemnd* (1982) karakteriseres glyfosat som lite giftig for fisk, mens man altså i Sverige sier moderat giftig. Giftighet overfor akvatisk fauna og fastsittende alger har vi ikke funnet opplysninger om.

I følge *Folmar et al* (1979) er det ikke påvist skader på noen form for akvatisk fauna ved konsentrasjoner under 1 mg formulert Glyfosat pr. liter. Det er heller ikke påvist skader på bakterieflora hverken terrestrisk eller akvatisk (*Rueppel et al* 1977). Tenker man seg som eksempel at ved et ulykkestilfelle er et skogstjern med middeldyp 6 m blitt overdusjet med nor-

mal dose glyfosat, 130 g/dekar, dvs. 130 mg/m². Fortynnes dette i hele vannsøylen, blir konsentrasjonen 22 mg/m³, eller 0,022 mg/l, en konsentrasjon som ikke vil medføre noen gifteffekt. Under sprøyting av et større område i Kviteseid i Telemark i 1977 ble det gjort forsøk med å oversprøyte et skogstjern på denne måten (*Lund-Høie* 1977). Umiddelbart etter sprøyting ble det målt en konsentrasjon i overflatevannet på bare 0,7 mg/l, og etter en halv time var glyfosatinnholdet upåvisbart. Sprøyting av et foryngelsesfelt vil sjelden eller aldri bli foretatt mer enn to ganger og da med 3—4 års mellomrom. Etter dette går det 60—80 før skogen er hogstmoden. Tar man utgangspunkt i at det bare er ved helikoptersprøyting at man kan komme til å sprøyte direkte på vannflater, og da bare på mindre vannforekomster, samt at glyfosat tilført på land bare i minimal grad renner av, er dagens sprøyting neppe noen fare for fiskefaunaen i våre skogssjøer. I elver og bekker med lav sommervannføring, noe som ofte inntrer i august (sprøytemåneden) kan man imidlertid få konsentrasjoner som kan være adskillig høyere.

Glyfosat er også lite giftig for dyreplankton i SNV (1979) refereres det LC₅₀ verdier på 192 ppm for vannloppen *Daphnia pulex*.

Det bør nevnes at siden glyfosat synes å gripe inn i fundamentale fysiologiske prosesser i grønne planter, vil det være like giftig for vannplanter som for landplanter. Mest effektivt er det mot vannplanter som har aktive overvannsblader, f.eks. tåkrør ol. Til bekjemping av undervannsplanter og planteplankton må man ta hensyn til vannfortynningen og må da dosere langt kraftigere enn det som kan forsvares ut fra et vannforurensningssynspunkt. Ved bekjemping av tåkrør må man

bruke fra 2—3 ganger større dose enn det som er vanlig ved krattbekjempelse i skogsforryngelsesfelter (SNV 1979). Planteplankton drepes mindre effektivt ved bruk av glyfosfat (Lund-Høie pers. medd.) og disse plantenes korte generasjonstid vil medføre at sprøyting bare vil ha kortvarig effekt.

Den effekt som kanskje er mest betenkelig ut fra et vannforurensningssynspunkt, er at hvis store deler av et nedbørfelt blir sprøytet så vil det resultere i økt av-

renning av næringsalter (Lund-Høie pers. medd., Likens et al 1970). Det biologiske opptak i det sprøytete feltet vil bli sterkt nedsatt, noe som har stor innvirkning på utvasking av nitrogen og kallium. Feltet vil være preget av nedbrytning i flere år etter sprøyting, noe som også vil kunne øke eroderbarheten og dermed også øke fosforavrenningen. Særlig i elver og bekker vil man da kunne få økt begroing (Likens et al 1970) som kan virke negativt for gyting og oppvekst av ørret.

LITTERATUR

- Berge, D. og T. Traaen 1985: SKOGBRUK OG VANNFORURENSNING — en problemanalyse. NIVA-rapport 0-84117. 44 sider.
- Folmar, L. C., H. O. Sanders & A. M. Julius 1979. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 8 (3) 269—279.
- Hjeljord, O. 1982: Nye forskrifter om plantevernmidler bør gi: BEDRE MULIGHETER FOR SAMARBEID VILT/SKOG. Side 19—20 i «Alt om glyfosat» spesialutgave av Norsk Skogbruk 1982, 20 sider.
- Jerven, O. 1982 Behovet for sprøyting i ungskogspleien. Side 3—4 i «Alt om glyfosat», spesialutgave av Norsk Skogbruk 1982, 20 sider.
- Krogh, T. og B. Hareide 1982: Bruk av glyfosat i nedbørfelt til drikkevannskilder. Side 7 i «Alt om glyfosat», spesialutgave av Norsk Skogbruk 1982, 20 sider.
- Likens, G. E., F. H. Bormann, N. M. Johnson, D. W. Fisher og R. S. Pierce 1970: Effects of forrest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in the Hubbard Brook Watershed Ecosystems. Ecol. Monogr., 40 (1), 23—47.
- Lund-Høie, K. 1975: N-phosphonomethylglycine (glyphosate), an alternative to commercial pre- and postemergence herbicides for the control of unwanted species in forest plantations in Norway. Meld. Norg. Landbr. Høgskole 54 (6), side 1—14.
- Lund-Høie, K. 1977: Statens Plantevern, Ugrasbiologisk Avd., Stensiltrykk nr. 35.
- Lund-Høie, K. 1982: Behandlingsmåter og dosering med glyfosat. Side 8—9 i «Alt om glyfosat», spesialutgave av Norsk Skogbruk 1982, 20 sider.
- Lund-Høie, K. 1983: The influence of different light conditions on the distribution pattern of glyphosate (N-phosphonomethylglycine) in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Meld Norg. Landbr. Høgskole. 62 (27) ., side 1—11.
- Lund-Høie, K. & H. Friestad, 1985: Photodegradation of the herbicide glyphosate in water. In press.
- Landbruksdepartementets Giftnemnd 1982: Risikoen ved å sprøyte med glyfosat. Side 4—5 i «Alt om glyfosat», spesialutgave av Norsk Skogbruk 1982, 20 sider.
- Miljøstatistikk 1978: Naturressurser og forurensning., Statistiske analyser nr. 37., Statistisk Sentralbyrå, Oslo.

- Newton, M., K. M. Howard, B. R. Kelpsas, R. Danhaus, C. M. Lottman, and S. Dubelman. 1984: Fate of glyphosate in an Oregon Forest Ecosystem. *J. Agric. Food Chem.* 32 (5), side 1144—1151.
- Rueppel, M. L., B. B. Brightwell, J. Schaefer, and J. T. Marvel 1977: Metabolism and degradation of glyphosate in soil and water. *J. Agric. Food Chem.* 25 (3), side 517—528.
- Skogstatistikk 1982, Statistisk Sentralbyrå 1984, Oslo/Kongsvinger., 109 sider.
- Statens naturvårdsverk 1979: GLYFOSAT ett kjemisk medel mot ogras och lövsly. Naturvårdsverket SNV PM 1200, 24 sider.
- Van Rensen, J. J. S., 1974: Effects of N-phosphonomethylglycine on photosynthetic reactions in *Scenedesmus* and in isolated spinach chloroplasts. 3rd. international congress on photosynthesis, Sept. 2—6, Rehovot, Israel.

rittmeyer

Spesialfirma for alt i vannmålinger til vannverk og renseanlegg:
**Nivå- og mengdemålinger, limnografer, vannprøveuttaksapparater,
regnmålere, ventil- og lukestyringer, slamfølere,
programstyringer, fjernoverføringer.**

Matthe Winje & Co. a.s.

Cort Adlersgt. 14
P.B. 2440, Solli, Oslo 2
Telefon: 565990