

# Svenske og norske beregninger over virkningen av sur nedbør på skogproduksjonen – samsvar og forskjeller

*Professor Eilif Dahl og forskningsstip. Oddvar Skre*

Eilif Dahl er professor ved Norges Landbrukshøgskole, Botanisk Institutt, As. Oddvar Skre er forskningsstipendiat ved samme institutt.

*Etter foredrag i Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene, Ingeniørenes Hus, 24. januar 1972.*

I de senere år har man i Skandinavia vært opptatt av spørsmålet om nedbørens forsurening kan få alvorlige konsekvenser for våre skogers produktivitet. Ved målinger har man kunnet iakttå en økende forsurening av nedbøren. Fra et teoretisk synspunkt kan det med bestemthet sies at dette må lede til en øket utvasking av mineralnæringsstoffer som skogen trenger til sin vekst. Spørsmålet er om virkningene er så betydelige at vi må treffe mottiltak f.eks. ved å begrense utslippet av svoveloksyder i atmosfæren eller om vi ved gjødsling bør motvirke skadene. Svaret på slike spørsmål forutsetter en kvantifisering av sammenhengen mellom nedfall av syre på skogen og utviklingen av skogens produksjonsevne.

Til vurdering av disse spørsmål foreligger data og vurderinger både fra svensk og norsk side. Endel resultater fra norsk hold ble fremlagt på Nordforsks konferanse i november 1969 (1), ytterligere utredninger er avgitt i samband med behandlingen av A/S Hafslunds søknad om til-

latelse til å slippe ut røyk fra et planlagt varmekraftverk på Slagentangen ved Oslofjorden (2). En svensk ekspertkommissjon har utarbeidet en case-study for FN-konferansen i Stockholm i 1972 som går inn på problemet (3). Selv om det har vært samarbeide og vurderingene dels bygges på samme grunnmateriale, dreier det seg om adskilte og selvstendige vurderinger. En sammenligning vil derfor være av interesse. Et samsvar vil styrke tiltroen til vurderingene, ulikhet gir grunn til videre analyse og kritikk.

Den grunnleggende vurderingsmetode er stort sett den samme. Den bygger på den forestilling at skogen må ha til rådighet en viss næringskapital hvis produksjonen skal opprettholdes, og at tilgangen på næringsstoffer er en kausalt bestemmende faktor for skogproduksjonen. Det er enighet om at det økende syre- nedfall på skogen må føre til en uttapping av næringskapitalen med en reduksjon av produksjonsevnen som følge. Det er videre enighet om at kalsium her er den viktigste ytre næringsfaktor og at en uttapping av kalsiumreservene vil bli særlig kritisk for produksjonen. En sak for seg er at kalsium neppe virker på enkel-

måte som næringssemne, men gjennom kompliserte prosesser i skogbunnen.

At tilgangen på kalsium er en viktig produksjonsbestemmende faktor fremgår av en rekke tidligere overveielser og støttes av nye svenske data. Fig. 1 viser en nær lineær sammenheng mellom ulike svenske skogtypers produksjonsevne og den tilgjengelige mengde av kalsium i humussjiktet, bortsett fra at en sterk økning i kalsiummengden virker lite på furuskogenes produktivitet. Kalsiumkapitalen i skogen finnes ikke bare i humuslaget, men også i dypere sjikt. Norske overslag tyder på at  $\frac{1}{2}$  sitter i humuslaget, den svenske rapport anslår mellom  $\frac{1}{2}$  og  $\frac{1}{4}$ .

På dette grunnlag beregnes at den gjennomsnittlige produksjon i utsatte områder av Sør-Sverige med et syre nedfall svarende til 9 kg S/ha og år, vil gå ned med 1 m<sup>3</sup>/år hvis syre nedfallet fortsetter uendret frem til år 2000. Med en normalproduksjon på ca. 5 m<sup>3</sup>/ha år svarer dette til en årlig tilvekstreduksjon på ca. 0,7 % pr. år.

På grunnlag av data innsamlet av professor Viro, Helsinki, fra sør-finske furuskoger og vennligst stillet til vår rådighet, har vi tidligere foretatt beregninger (1). Viro bestemte de ntligjengelige jonekapital ned til 30 cm dyp i skogene samt produksjonsevnen av skogene. En multipel korrelasjonsanalyse gir til resultat at den tilgjengelige kalsiummengde etter alt å dømme er den viktigste produksjonsbestemmende faktor. På grunnlag av data fra den sør-finske stasjon Tvärminne kunne det gjen-

nomsnittlige årlige syre nedfall i perioden 1955—64 beregnes, og vi antok at like meget ble tilført ved tørravsetning. Differansen mellom hydrogenjonemengde tilført ovenfra og hydrogenjonemengde fjernet med sigevannet antok vi representerte en katjonetransport hvorav en del representerte tap av kalsium. Kalsiumtapet ble på denne måte beregnet til 0,5 % av kapitalen og vi antok en tilsvarende nedgang i produktiviteten. På utsatte steder i Sør-Sverige og Sør-Norge kan syre nedfallet være tre ganger så stort som i Sør-Finland og den forventede tilvekstreduksjon i slike områder ble anslått til 1,5 % i året.

På grunnlag av data fremkommet i samband med konsesjonssøknaden for varmekraftverket på Slagentangen (2) kan forventet produksjonstap beregnes. En tilførsel på 1 tonn svovelsyre til en gjennomsnittsskog i Vestfold anslås å resultere i en varig tilvekstreduksjon på 1,3 m<sup>3</sup>/år. Med en årlig gjennomsnittlig syreavsetning på 34 kg svovelsyre/ha år på stasjonen Ås i perioden 1965—69, og med en normalproduksjon for skoger i Vestfold på 4,3 m<sup>3</sup>/ha år gir dette en forventet tilvekstreduksjon på nær 1 % i året.

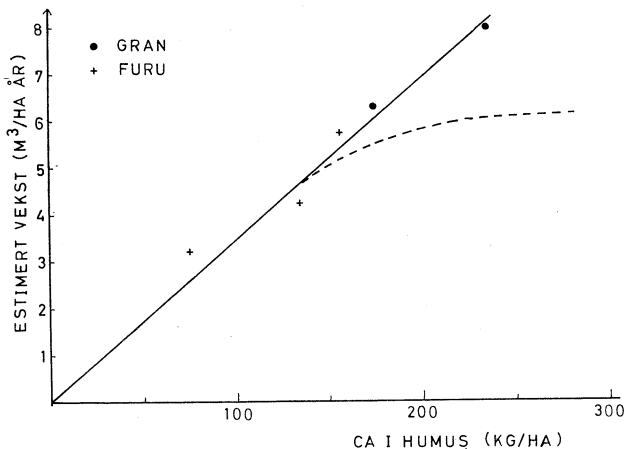
Den svenske FN-rapport refererer målinger av tilveksten i svenske skoger mer eller mindre utsatt for syre nedfall. Slike undersøkelser er vanskelige, og rapporten uttaler seg derfor med forbehold. Det er observert en nedgang på 0,3 % i året i gjennomsnitt for perioden 1950—65 som naturlig kan forklares ut fra forsureningen, mens det hittil ikke er funnet alternative forklaringer; det kan

imidlertid ikke utelukkes at andre forklaringer finnes. Tallet på 0,3 % reduksjon i året brukes senere i et regneeksempel. Med en nåtidsreduksjon på 0,3 % i året, en antatt økning i det svenske syreutslipp til atmosfæren med en faktor på 6 mellom 1965 og 2000 og en firedobling av tilførselen utenfra, beregnes en reduksjon i tilveksten på 15 % ved år 2000.

En sammenligning mellom de fire beregninger gir ytterpunkter på 0,3 og 1,5 % pr. år. Men ulikhetene er allikevel ikke så store. Estimert på 0,3 % pr. år baserer seg på perioden 1950—65 og omfatter en periode da syrenedfallet var mindre enn senere. Vi har også å gjøre med trege systemer der det kan ta tid før virkningene av jonetapet slår ut på målbar tilvekst. På den annen side er estimatet på 1,5 % i året basert på furuskoger

som stort sett er næringsfattige. I næringsfattige skoger skal en vente seg et større prosentvis utslag på tilveksten enn i mer næringsrike gjennomsnittsskoger. Hensyn tatt til disse naturlige feilkilder synes det å være et bra samsvar og på utsatte steder må derfor forventes en nåtidig nedgang i våre skogers produksjonsevne på mellom 0,5 og 1 % i året.

Det foreligger imidlertid enda et moment som det tidligere ikke er tatt hensyn til og som trekker i forverrende retning. Den svenske FN-rapport beregner syreoverskuddet i nedbøren ved å trekke innholdet av bikarbonatjoner fra innholdet av hydrogenjoner. Bikarbonatjonet er en base som med hydrogenjonet danner karbondioksyd og vann. Undersøkelser over interkorrelasjoner mellom tilførte hydrogenjonemengder på skandinaviske stasjoner og andre nedbør-



*Fig. 1. Sammenhengen mellom vekst og kalsiumkapital på svenske skogtyper. Vekstobservasjonene bygger på det materialet som er referert i den svenske FN-rapporten 1971.*

kjemiske data ved multipl analyse gir en sterk negativ korrelasjon mellom innhold av hydrogenjoner og bikarbonatjoner i nedbøren (4). Dette er naturlig nok, sterkt sur nedbør kan ikke inneholde bikarbonater av betydning. Av andre faktorer som positivt henger sammen med høy hydrogenjonemengde kan nevnes nedbørhøyde, sulfatinnhold og nitratinnhold. Havstasjonene står noe i en særstilling, idet korrelasjonen mellom hydrogenjonemengde og sulfatmengde er negativ, det kan skyldes at store mengder sjøsalt i nedbøren trekker pH oppover.

Fig. 2 gir et bilde av hvordan overskuddet av syre har utviklet seg i

perioden 1955—70. Fig. 3 gir kurver over hydrogenjoner, bikarbonatjoner og pH i den årlige nedbør i perioden 1955—69 for den nærmest uforurensete norske stasjon Tana, for stasjonen Tystofte i Danmark, der en forsurening pågår, og for den sterkt forsurete stasjon Witteven i Nederland, der nedbøren er praktisk talt fri for bikarbonat. Av fig. 2 fremgår at det over Skandinavia går en O-linje der overskuddet skifter fra positive til negative verdier. Under uforurensete forhold gir nedbøren et netto tilskudd av katjoner som ikke er nøytralisert av sterke anjoner og som gir seg uttrykk ved et bikarbonatinnhold.

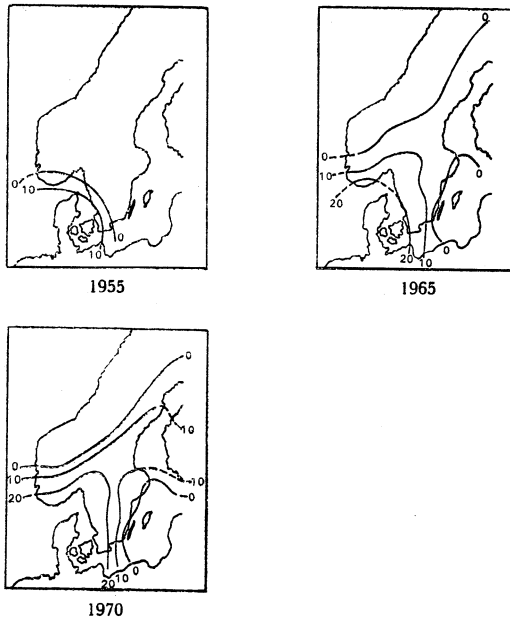


Fig. 2. Overskudd syre i nedfallet i mg H<sup>+</sup> pr. m<sup>2</sup> over Nord-Europa i 1955, 1965 og 1970. Etter den svenske FN-rapporten 1971.

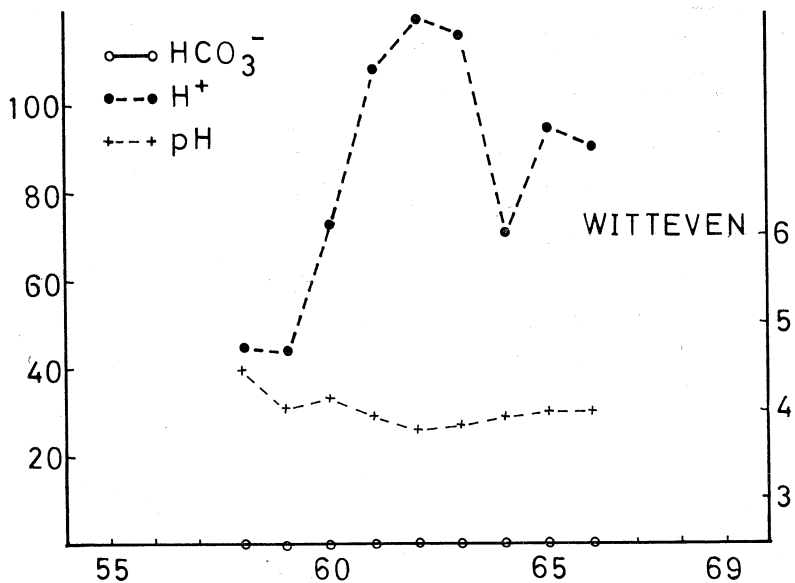
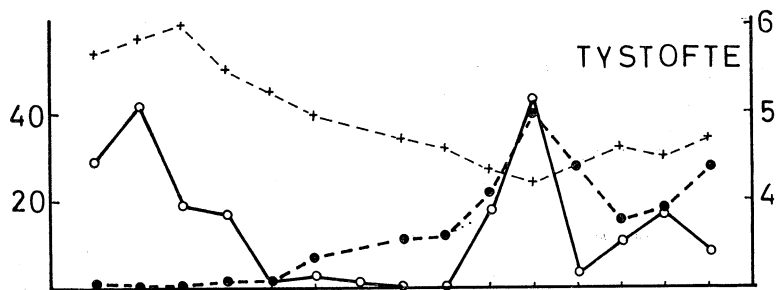
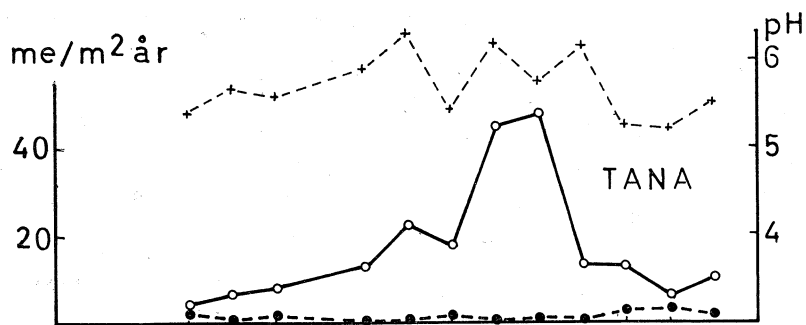


Fig. 3. Nedfall av bikarbonat og syre i me/m<sup>2</sup> år, og pH i nedbøren hvert år i perioden 1955—69 på tre stasjoner i Nord-Europa.

Som utgangspunkt for beregninger av forsuringens virkninger må man gå ut fra at tilstanden i skogene før forsuringen beynte var stabil, dvs. at produktiviteten ikke forandret seg nevneverdig over et hundreår. Det må da forutsettes at katjonomsetningen balanserte, dvs. at tilskuddet av katjoner med nedbøren + det som ble tilført ved forvitring var like stort som tapet ved katjonetransport med sigevannet eller ved andre naturlige prosesser.

Når forsuringen begynner kan dette gi seg uttrykk både gjennom en økning av hydrogenjoneinnholdet i nedbøren eller i en reduksjon av bikarbonatinnholdet. Begge vil påvirke skogen og forstyrre balansen. Når man derfor skal beregne den syremengde som effektivt medvirker til å redusere skogens jonekapital, bør man bruke syreoverskuddet og til det legge bakgrunnsverdien av bikarbonat i nedbøren, dvs. den bikarbonatmengde som normalt fantes før forsuringen satte inn. Denne sum er alltid større enn syreoverskuddet, og under forurensete forhold større enn hydrogenjonemengden. Ved å regne på denne måten kommer man til større beregnete tilvekstreduksjoner enn ved de beregningsmåter som hittil har vært brukt. Dessverre er det i dag umulig å måle bakgrunnsverdi-

ene av bikarbonat i nedbøren i de forurensete deler av verden.

#### LITTERATUR

- (1) Dahl, Eilif og Oddvar Skre (1971): En undersøkelse over virkningen av sur nedbør på produktiviteten i landbruket. Konferens om avsvavling. Stockholm 11. november 1969. Nordforsk Miljøvårdssekretariat Publikation 1971 : 1 s. 27—40.
- (2) Dahl, Eilif og Oddvar Skre (1971) En vurdering av mulige eller sannsynlige skader for landbruket ved utslipp av røyk fra et planlagt varmekraftverk på Slagentangen. Rapport avgitt til Røykskaderådet 15. mai 1971. 18 s. 4 bilag.
- (3) Air Pollution across national boundaries. The impact on the environment of sulphur in air and precipitation. Sweden's case study for the United Nations conference on the human environment. Stockholm 1971. 96 p.
- (4) Skre, Oddvar (1972): Verknader av sur nedbør på biologisk produksjon. Skrift utgitt av Norges Naturvernforbund. Under trykking.