

## Reduksjon i sur nedbør siden 70- og 80-tallet har ført til betydelig økning i fosforavrenning fra skog- og landbruksnedbørfelt til innsjøer i Sør-Norge

Av Muisha Rodrig S.

Muisha Rodrig S. har mastergrad i miljøkemi fra Universitet i Oslo (UIO) og arbeider nå ved Romerike Avfallsforedling IKS (ROAF).

### Økning i eutrofieringsproblemer i Norge: sur nedbør som forklaringsfaktor

Kulturell eutrofiering er et stort problem i mange deler av Norge, særlig i landbruksområder som rundt Oslofjorden, Stavanger, Jæren, Trondheimsfjorden, og noen deler i Nordland fylke. Om lag 700-900 innsjøer i Norge er klassifisert som «dårlig» eller «svært dårlig» i form av deres trofiske stater (Lindstrøm et al, 2000). Selv om dette utgjør bare 2,5 % av alle norske innsjøer, er eutrofiering klassifisert som et stort lokalt problem (Lindstrøm et al, 2000). Over 30 % av innsjøer i Sør-Norge er klassifisert som å være i faresonen. I Norge, 45 % av de menneskeskapte fosfor(P)-avrenningene til ferskvann kommer fra jordbruksområder.

Konsentrasjonen av løst naturlig organisk materiale (DNOM) i overflatevann i Norge har doblet seg siden den sure nedbør-epoken (1970-1980-tallet). Dette har iboende sannsynlig også ført til en dobling av bakgrunnskonsentrasjon av fosfor. Videre har millioner av kroner blitt brukt på behandlinger av norske innsjøer og deres nedbørfelter, men eutrofieringsproblemene i mange deler av Norge fortsetter.

Følgende avsnitt argumenterer for at reduksjonen i sur nedbør med påfølgende reduksjon i labile aluminiumkonsentrasjoner er en viktig

faktor som styrer den manglende tydelige responsen med fosforreduksjoner i innsjøer i Sør-Norge de siste årene.

### Blanding av vann fra skogs- nedbørfelt og jordbruksområder – fosfor( $\text{PO}_4$ )-fjerning ved aluminium utfellingsmekanisme

De fleste nedbørfelter inneholder en blanding av skog og jordbruk. De øvre delene, som består av oppstrøms bekker, er typisk skogkledde områder, mens de nedre delene generelt er dominert av landbruksvirksomhet. Avrenning fra skog blander derfor nedstrøms med avrenning generert på jordbruksarealer. Avrenning fra skog påvirket av sur nedbør er typisk surt med høyt innhold av treverdige aluminium( $\text{Al}^{3+}$ ) og lav ionestyrke. I kontrast, er avrenning generert på jordbruksarealer i de fleste tilfeller, nøytrale eller svakt alkaliske, rik på fosfat og med høy ionisk lasting. Når disse to typer avrenning blander seg, forekommer en ikke- konservativ blanding hvor nye likevekter regulerer vannkjemi.

Endringen i vannkjemi er ledsaget av tilsvarende endring i aluminium- og fosfatkjemi. Endringer i vannkjemi er i stor grad kontrollert ved endringer i potentia Hydrogenii(pH). I nær-nøytralt vann, det vil si vann som har en pH-verdi mellom 6 og 8, aluminium oksy-

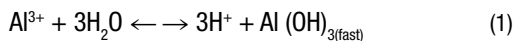
hydroksider dannes og feller ut ortofosfat ( $\text{PO}_4$ ). Utfelling av fosfat med aluminium er svært komplisert, men innebærer for det meste kjemisk atferd av aquo-ligander, protoner, vann og hydroksider.

Aluminium hydroksid, ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), spiller en viktig rolle som en adsorberende overflate for ortofosfat. Utfelling av  $\text{Al}(\text{OH})_3$  er derfor avgjørende for mobilitet og biotilgjengeligheten av ortofosfat.

I nær-nøytralt vann, ortofosfat adsorbert til aluminium oksyhydroksider aldrer inn i det svært uløselige mineralet berlinite ( $\text{AlPO}_4$ ). Berlinite er et sjeldent fosfatmineral, og dets kjemi speiler kjemien til amorfe  $\text{Al}(\text{OH})_3$ - $\text{PO}_4$  hvorfra det er dannet.

Mengden av oppløst aluminium i vann er en indikasjon på graden av menneskeskapt forurensning i vann. Menneskeskapt vannforsuring er et velkjent miljøproblem i den syresensitive deler av Sør-Norge som mottar langtransportert forurensning fra Europa (Skjelkvåle et al. 1998). På 1970- og 1980-tallet, var vannforsuring på grunn av sur nedbør et stort problem i Norge. På den tiden fikk Sør-Norge betydelig høy avsetning av de sterke syrene svovelsyre ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) og salpetersyre ( $\text{HNO}_3$ ) på grunn av langtransporterte svoveldioksid ( $\text{SO}_2$ ) (Figur 1) og nitrogenoksid ( $\text{NO}_x$ ).

De sterke syrene ga høy  $\text{H}^+$ -konsentrasjon i skogsvann, noe som førte til oppløsning av  $\text{Al}$ -bærende mineraler og ion-utveksling med  $\text{Al}^{3+}$  fra sur jord. Sulfat, som en mobil anion, utgjør et mot-ion for  $\text{Al}^{3+}$ , som tillater den å forbli i sure bekkevann. Sulfat var det store anion og bidro til å øke mengden av  $\text{Al}^{3+}$  i mange vann i skog- og fjellområder i Sør-Norge. I perioder med mye nedbør, drenerte vann som inneholder  $\text{Al}^{3+}$  nedstrøms og inn i landbruksområder, der man vanligvis finner vann med høy mengde gjødsel  $\text{PO}_4$ .  $\text{Al}^{3+}$  reagerte med vann (reaksjonslikning 1) for å danne aluminium oksyhydroksider som felte ut gjødsel- $\text{PO}_4$  og dannet større biter, som ikke fulgte så godt med strømmen ned til innsjøen. At reaksjonslikning 1 ble forskjøvet mot høyre, var sterkt medvirkende for at  $\text{PO}_4$ -lekkasje fra landbruksjord i stor grad ble forhindret.



Utfelling av  $\text{PO}_4$  av aluminium oksyhydroksider før det når sjøen kan ha forårsaket dramatiske reduksjoner i eutrofieringsproblemer i de fleste innsjøer på 1970- og 1980-tallet. Bakgrunnsmobilisering av fosfor fra naturlige bekker som får sur nedbør, ble også redusert på grunn av de høye konsentrasjonene av aluminium i surt jordvann. I dag er lasting av sur nedbør i Sør-Norge redusert med mer enn 90 prosent siden 1970- og 1980-tallet (Klif, 2011). Den store nedgangen i sur nedbør korrelerer tett med den sterke reduksjonen i de menneskeskapte atmosfæriske utslippene av sterke syreoksid ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ). Skogsbekkevann inneholder nå betydelig lavere konsentrasjoner av aluminium. Når skogsbekkevann inneholdende lave mengder aluminium passerer jordbruksland som inneholder forholdsvis høy konsentrasjon av  $\text{PO}_4$ , vil utfelling av  $\text{PO}_4$  av aluminium oksyhydroksider forekomme i mindre grad, noe som resulterer i høyt rest  $\text{PO}_4$  i avrenning fra landbruksjord. Når det i dag er lite aluminium for å utfelle den høye mengden av fosfat i landbruksjord, kan fosfatet som utlekker fra landbruksjord transporteres fritt til innsjøen. Dette tapet av en sterk mekanisme for  $\text{PO}_4$ -fjerning har konkurrert i tid med betydelige tiltak for å redusere strømmen av  $\text{PO}_4$  til innsjøer. Disse tiltakene har i mange innsjøer i Sør-Norge ikke ført til den forventede forbedring av vannkvaliteten.

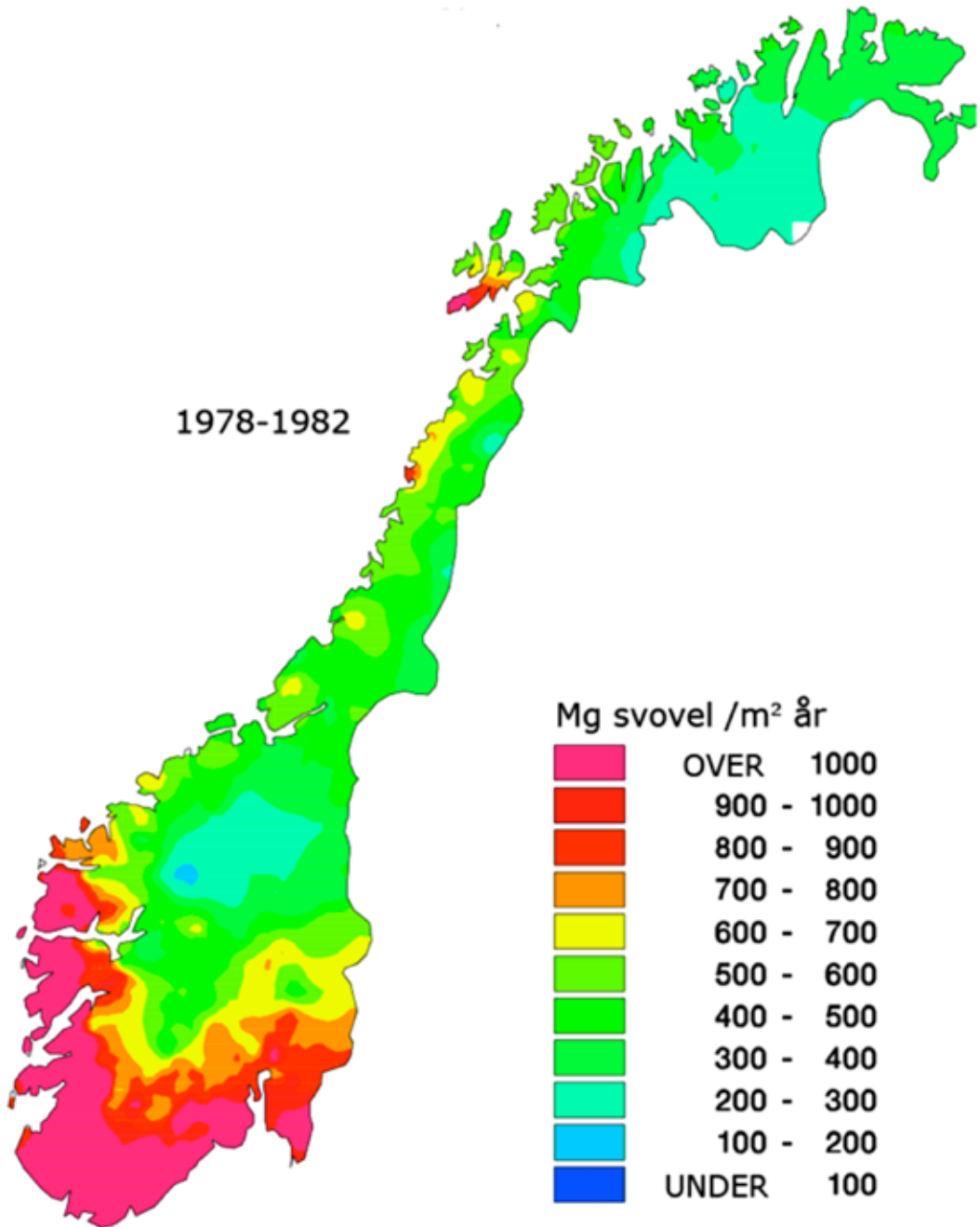
## Konklusjon

Reduksjon i labilt aluminium på grunn av reduksjon i sur nedbør etterfulgt av reduksjon i utslipp av svoveldioksid og nitrogenoksid, er den underliggende driveren for økning i fosforavrenning til innsjøer i Sør-Norge.

## Referanseliste

Klif, 2011. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2010. Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport SPFO 1094/2011, TA-2793/2011. (KLIF)

Lindstrøm, E.A.; et.al, 2000. Critical load for nitrogen as a nutrient in Norwegian mountain water is increased. Norwegian institute for water research(NIVA): ISBN 82-577-3805-0



KILDE: Norsk insitutt for luftforskning, 2013 / miljostatus.no

Figur 1. Bildet viser avsetning av svovel i perioden 1978-1982 og antall milligram per kvadratmeter per år (Miljøstatus.no, 2013). Legg merke til at Sør-Norge hadde absolutt de høyeste verdiene.

Miljøstatus.no, 2013. Kart: avsetning av svovel og nitrogen. <http://www.miljostatus.no/Tema/Luftforurensning/Sur nedbor/Avsetning-av-svovel-nitrogen/>. Publisert av Miljødirektorat 19.03. 2013, 16:46

Skjelkvåle, B.L.; et al, 1998. Norwegian lakes show widespread recovery from acidification; results from national surveys of lakewater chemistry 1986-1997. Hydrology and earth system Science, 2: 555-562.