

Kalkingsplan for Radøy kommune 1995



Geir Helge Johnsen
Steinar Kålås
&
Annie Elisabeth Bjørklund

Rådgivende Biologer AS
INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

Rapport nr. 190, mai 1996.



Rådgivende Biologer AS

INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

RAPPORTENS TITTEL:

Kalkingsplan for Radøy kommune, 1995.

FORFATTERE:

Dr.philos. Geir H. Johnsen Cand.scient. Steinar Kålås Cand.scient. Annie E. Bjørklund

OPPDRAGSGIVER:

Radøy kommune. ved miljøvernleder Vidar Østerbø, 5120 Manger.

OPPDRAGET GITT:

Februar 1995

ARBEIDET UTFØRT:

1995

RAPPORT DATO:

23.mai 1996

RAPPORT NR:

190

ANTALL SIDER:

29

ISBN NR:

ISBN 82-7658-102-1

RAPPORT SAMMENDRAG:

Størstedelen av Radøy kommune er lite sur, men det er et område sentralt i kommunen der innsjøene er noe surere. Alle innsjøene her har imidlertid tilsig fra myr, så de kan være naturlig sure. I denne planen er det ikke rapportert om reduksjoner i fiskebestander som kan tilskrives forsuring. Det har ikke tidligere vært foretatt vassdragskalking i Radøy kommune, og det er heller ikke foreslått noen nye kalkingsprosjekt i denne planen. Det er imidlertid behov for nærmere kunnskap om fiskebestandene i Trødesvatnet og Vasslavatnet, der det periodevist kan være noe surt.

EMNEORD:

- Forsuringstilstand
- Fiskestatus
- Kalkingsplan
- Radøy kommune

SUBJECT ITEMS:

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Foretaksnummer 843667082
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75



FORORD

Rådgivende Biologer as. har utarbeidet en kalkingsplan for Radøy kommune. Gjennomføringen av arbeidet er utført i henhold til de krav som er gitt av Fylkesmannens miljøvernavdeling for dette arbeidet. Arbeidet er finansiert likelig fra Fylkesmannen og fra Radøy kommune, og planen er en direkte oppfølging av "Vassdragskalking i Hordaland. Rammeplan 1995-2005" som ble utgitt av Fylkesmannens miljøvernavdeling i 1994. Planen for Radøy inngår som en av 29 kommunale kalkingsplaner som er utarbeidet i Hordaland i løpet av 1995. Denne serien av kommunale kalkingsplaner utgjør et sentralt grunnlag for den offentlige forvaltningen av de statlige kalkingsmidlene i Hordaland i årene som kommer.

Det er imidlertid viktig å understreke at dette er en KALKINGSPLAN og ikke et KALKINGSPROGRAM for Radøy kommune. På grunnlag av den informasjon som her er framkommet, vil det være mulig å få offentlig tilskudd til prioriterte kalkingsprosjekter i Radøy. Ved tildeling av statlige kalkingsmidler vil disse prosjektene ut fra dagens prioriteringskriterier bli vurdert i forhold til de øvrige aktuelle og pågående kalkingsprosjekter i hele Hordaland. Gjeldende prioriteringskriterier kan bli endret i framtiden, slik at det ikke er en selvfølge at middels høyt prioriterte prosjekt nødvendigvis vil rykke oppover på listen i framtiden.

Planen er utarbeidet som et samarbeide mellom miljøvernleder Vidar Østerbø i Radøy, fylkesmannens miljøvernavdeling og Rådgivende Biologer as. Radøy kommune besørget organisering og lokal innsamling av rundt 40 vannprøver våren og høsten 1995, samt samlet inn opplysninger om fiskestatus i kommunen. Alt materialet er bearbeidet og sammenstilt av Rådgivende Biologer as, mens fylkesmannens miljøvernavdeling har bidratt generelt ved både utforming og utarbeidelse av samtlige av de 29 foreliggende kommunale kalkingsplanene.

Følgende personer har samlet inn vannprøver :
Arne A. Namtvedt og Ove Rath.

Følgende personer har bidratt med informasjon vedrørende fiskestatus i kommunen:
Arnfinn Halland, Kristen Risnes, Reidar Bø, Arne Villanger, Inge Kvamme.

pH-prøvene er analysert av Rådgivende Biologer, mens de utvidete vannkjemiske analysene er utført ved Fylkeslaboratoriet i Hordaland.

Rådgivende Biologer as. takker for et godt samarbeide gjennom hele prosjektet, og særlig miljøvernleder Vidar Østerbø.

Rådgivende Biologer as. takker Radøy kommune for oppdraget.

Høringsutkastet er datert: Bergen, 10. november 1995.
Planen er datert: Bergen, 23.mai 1996.



INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	3
INNHALDSFORTEGNELSE	4
Liste over figurer	5
Liste over tabeller	5
SAMMENDRAG	6
SURHET I VASSDRAG OG VILKÅR FOR KALKING	8
Surhet i vassdrag	8
Kalking og kalkingskriterier	13
SURHETSTILSTAND	16
Surhet i Radøy i 1995	16
Variasjon i surhet gjennom året	17
Oversikt over forsuringstruede områder	17
Aluminiumsinnhold i vassdragene	19
Syrenøytraliserende kapasitet i vassdragene	20
BIOLOGISK TILSTANDSBESKRIVELSE	21
Status for innlandsfiskebestander	21
Status for anadrome bestander	22
Vurdering av forsuringstruede bestander	23
Andre ferskvannsorganismer av særlig verdi	23
KALKINGSPLANLEGGING FOR RADØY	24
Behov for kalking i Radøy kommune	24
Forslag til prioritering	24
Hvor bør en overvåke	24
LITTERATURREFERANSER	25
VEDLEGGSTABELLER	26
Surhetsdata for Radøy 1994	26
Kart over prøvetakingspunktene	28
Status for fiskebestandene	29



LISTE OVER FIGURER

FIGUR 1.1: Modell for sammenheng mellom buffersystem og variasjon i surhet	9
FIGUR 2.1: Surhetstilstanden i Radøy kommune i 1995	16
FIGUR 2.2: Fordeling av surhet i innsjøene i Radøy i 1995	17
FIGUR 2.3: Årsvariasjon i surhet i Ølvatnet	17
FIGUR 2.4: Oversikt over sure områder i Radøy i 1995	18
FIGUR 3.1: Fangst av fisk ved elektrofiske i elv mellom Lommetjørn og Hallandsvatnet	21
FIGUR 3.2: Fangst av fisk ved elektrofiske i innløpet til Kjesettjørni og utløp Viddalsvatnet	22
FIGUR 3.3: Fangst av fisk ved elektrofiske i Ulvatn	22

LISTE OVER TABELLER

TABELL 1.1: Tålegrenser med hensyn ANC-verdi for laks, ørret og røye	12
TABELL 1.2: DNS overordnede prioriteringskriterier for kalkingsmidler	14
TABELL 2.1: Arealfordeling av sure områder	19
TABELL 2.2: Skjematisk og teoretisk kalkbehov for hele kommunen	19
TABELL 2.3: Innhold av aluminium i tre vannprøver fra mai 1995	19
TABELL 2.4: Syrenøytraliserende kapasitet i tre vannprøver fra mai 1995	20



SAMMENDRAG

Rådgivende Biologer as. har på oppdrag fra Radøy kommune, utarbeidet et forslag til kalkingsplan for Radøy. Arbeidet er utført i løpet av 1995 som en direkte oppfølging av Fylkesmannens miljøvernavdelings arbeide med beskrivelse av surhetstilstanden i Hordaland (Johnsen & Kambestad 1994) og kalkingsplanlegging i fylket (Kambestad mfl. 1995).

NATURGRUNNLAGET

Berggrunnen i kommunen er en del av Bergensbuene, og berggrunnen er derfor meget variert både med hensyn på ioneinnhold og forvittringshastighet. I sør, øst og vest dominerer bergarter som amfibolitt og grønskifer. Sentralt i kommunen er berggrunnen dominert av bergarter som granitt og gneiss og anorthositt. Innsjøer i de lavereliggende deler av kommunen har trolig en del marine avsetninger.

SURHET

Størstedelen av Radøy kommune er lite forsuret, og vannkvaliteten er relativt god hele året. Det er imidlertid kun fra Ulvatnet det finnes målinger fra hele året, alle andre er stort sett enkeltmålinger. Enkelte av de lavtliggende innsjøene i kommunen har trolig marine avsetninger i sedimentene, og vil derfor ha en bedre vannkvalitet enn berggrunn og jordsmonn skulle tilsi.

Det er imidlertid områder sentralt i kommunen som er noe surere. Spesielt Færevatnet, men også enkelte innsjøer i området rundt Hallandsvatnet har i perioder relativt lav pH. Her vil en i perioder med store sure tilførsler kunne ha dårlig vannkvaliteten. Alle innsjøene i dette området har imidlertid tilsig fra myrområder.



FISK

Gjennom spørreundersøkelse er fiskestatusen i 19 av innsjøene i Radøy kartlagt. Fra innsjøene er det rapportert om aure, stingsild, ål, regnbueaure og gjedde. Stingsild og ål finnes trolig i de fleste innsjøene i kommunen. Røye finnes bare i Hallandsvatnet der det er en tett bestand av denne arten.

I følge spørreundersøkelsen har syv av de 19 innsjøene en god eller overtallig bestand av aure, seks av innsjøene har en tynn bestand av aure og i en innsjø har det trolig ikke vært aure. Tilstanden for fisken er ukjent i fem av de 19 innsjøene. Tettheten av aure skal de siste årene ikke være forandret i 11 av de 19 innsjøene, bestanden er økt i en, og det er ukjent om det har vært noen endring i seks av innsjøene.

FISKE

Det er organisert fiskekortsalg i noen av innsjøene, blant annet i Nesvatn og Hallandsvatnet der dette er organisert av Manger grunneigarlag. Sportsfiske i kommunen har også størst omfang i Hallandsvatnet.

KALKING

Det har ikke foregått kalking med offentlig tilskudd i Radøy, og det er i forbindelse med denne planen heller ikke pekt på aktuelle kalkingslokaliteter. Det er imidlertid behov for nærmere kunnskap om tilstanden i fiskebestandene i Trædesvatnet (25) og Vasslavatnet (22). Her kan det i perioder være svært surt, og en vet ikke noe om fisken i disse innsjøene.



1. Surhet i vassdrag og vilkår for kalking

Denne kalkingsplanen utfyller rapportene "Vassdragskalking i Hordaland. Rammeplan 1995-2005" (Kambestad mfl. 1995) og "Forsuringsstatus for vassdrag i Hordaland, 1993" (Johnsen og Kambestad 1994),- og inngår som en av 29 kommunale kalkingsplaner som er utarbeidet i Hordaland i løpet av 1995.

Grovt sett viser de foreliggende rapportene at det er fire områder i Hordaland som er **sterkt preget av forsurening**: 1) Høyfjellsområdene på grensen mot Rogaland, 2) deler av Bergensbuene i Bergen og Nordhordland, 3) enkelte av øyene langs kysten; Askøy, Sotra, Øygarden og Fedje og til slutt 4) grunnfjellsområdene i nord bestående av Masfjorden, Modalen og deler av Osterøy. Områdene som er **minst preget av forsurening** finnes i 1) Ytre Sunnhordland, 2) Midthordland med Tysnes, Fusa, deler av Samnanger og Kvam og 3) Indre Hardanger med Ullensvang, Granvin, Ulvik og Eidfjord med deler av Hardangervidda. I de andre områdene i fylket er surhetsnivået meget variabelt, både i tid og geografisk.

Surheten i innsjøer og vassdrag i fylket varierer altså mye, både innen relativt små geografiske områder og i løpet av korte perioder. Dette skyldes at surhet er resultatet av mange forhold. Vi skal innledningsvis prøve å belyse noen av de sentrale forhold som vil ligge til grunn for forståelsen av det videre innhold i denne kalkingsplanen. Den kjemiske sammensetningen av overflatevann i vassdrag er i hovedsak styrt av bidrag fra følgende fire kilder, der de tre første dominerer i vannforekomster uten særlig lokal forurensning:

- 1) **Naturgrunlaget**, - berggrunnen og jordsmonnet bestemmer hvilke stoffer som løses ut når nedbøren passerer nedbørfeltet. Dette gjelder viktige stoffer som kalsium, magnesium, bikarbonat og aluminium.
- 2) **Langtransportert forurensning** som kommer med nedbøren eller som tørravsetninger. Denne tilfører nedslagsfeltene og vassdragene betydelige mengder syre (hydrogenioner), forsurende stoffer som sulfat og nitrat, samt miljøgifter som kvikksølv og andre metaller. Slike tilførsler kan også komme fra lokale forhold som gruvedrift.
- 3) **Sjøsalter** som føres inn over landet med vind og nedbør. Dominerende stoffer her er klorid og natrium, men også sulfat og magnesium tilføres derfra. Veisalt og veisalting kan faktisk også gi påviselige effekter på vannkvalitet.
- 4) Lokale tilførsler fra **menneskelig aktivitet**, det være seg kloakk, industriutslipp eller avrenning og tilsig fra jordbruksaktiviteter. Dette gir særlig fosfor- og nitrogenforbindelser, organisk stoff og tarmbakterier av forskjellig slag. Dette er en type forurensning som ikke har direkte innvirkning på surhetsnivået, men et forhøyet ioneinnhold og bedre næringsgrunnlag for algevekst fører indirekte til bedret bufferevne og demper dermed både nivået og variasjonen i surheten. Utstrakt jordbrukskalking vil imidlertid kunne påvirke vannkvaliteten betydelig i perioder.

NATURGRUNLAGET I RADØY

Berggrunnen i kommunen er en del av Bergensbuene, og berggrunnen er derfor meget variert både med hensyn på ioneinnhold og forvittringshastighet. I sør, øst og vest dominerer bergarter som amfibolitt og grønnskifer. Sentralt i kommunen er berggrunnen dominert av bergarter som granitt og gneiss og anorthositt. Innsjøer i de laveliggende deler av kommunen har trolig en del marine avsetninger.



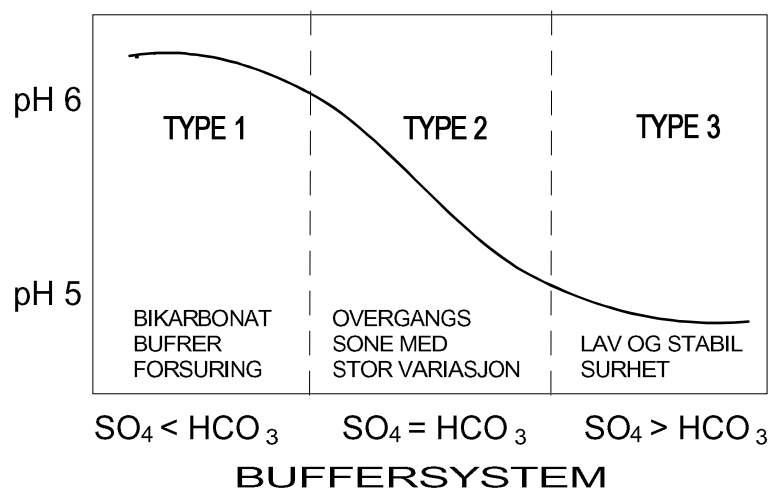
Berggrunn, jordsmonn, løsmasseavsetninger og marine avsetninger har avgjørende betydning for vannkvaliteten i et vassdrag. Ettersom lite av nedbøren faller direkte i vassdragene, vil det meste renne via jordsmonnet i nedslagsfeltet, der kjemisk forvitring og ionebytting derfor er viktige prosesser som endrer mengden og sammensetningen av ioner i avrenningsvannet. De viktigste ionene i denne sammenheng er basekationene kalsium, magnesium, kalium og natrium. Et nedslagsfelt med en berggrunn som forvitrer lett, et rikt jordsmonn, store løsmasseavsetninger eller marine avsetninger vil avgi store mengder basekationer. Disse kan buffre den sure nedbøren slik at avrenningsvannet er adskillig mindre surt når det når vassdraget. Et nedslagsfelt som domineres av en hard berggrunn, som forvitrer sakte, og et skrint jordsmonn vil derimot ha et lavt innhold av basekationer, og derfor liten evne til å endre ionesammensetningen i regnvannet. Avrenningsvannet fra slike områder vil derfor være omtrent like surt som nedbøren når det når vassdragene.

Ettersom berggrunnen i kommunen er meget varierende med både sure og mindre sure bergarter, og bergarter med ulik forvittringshastighet, vil også vassdragenes evne til å motstå forsuring være meget varierende og preget av lokale forhold. Grovt sett dominerer imidlertid lettforvitrelige bergarter med et høyt innhold av basekationer i sør, øst og vest, mens bergartene sentralt i kommunen forvitrer langsommere. Vannkvaliteten i de sentrale deler av kommunen vil derfor være dårligere med hensyn på forsuring enn i de ytre delene der de vil ha en høy tålegrense mot sure tilførsler. Imidlertid vil marine avsetninger i enkelte lavtliggende innsjøer føre til at vannkvaliteten vil kunne være noe bedre enn berggrunn og jordsmonn for øvrig skulle tilsi.

VARIERENDE BUFFERSYSTEM

Ulikt naturgrunnlag i Radøy, fører altså til at det er stor variasjon i vassdragenes surhetsnivå fordi bufferevnen i jordsmonnet er forskjellig. På grunn av ulikt naturgrunnlag vil imidlertid selve vannet i vassdragene også få ulik bufferkapasitet. Denne bufferevnen er avhengig av vannets innhold av (hovedsakelig) bikarbonat, som for det meste tilføres fra nedslagsfeltet. Innholdet av bikarbonat har betydning for vannets evne til å motstå en ytterligere forsuring ved tilførsler av sur nedbør, og har derfor betydning for stabiliteten av surhetsnivået i vassdrag. Ulikt innhold av bikarbonat i vannet fører til at noen vassdrag kan ha en variasjon i surhetsnivået på opp til to pH-enheter fra det laveste til det høyeste, mens andre vassdrag kan være jevnt sure og andre igjen jevnt bra det meste av året.

FIGUR 1.1: Teoretisk sammenheng mellom type av buffersystem i en innsjø og variasjonen i forsurningsnivå. I innsjøer med et høyt innhold av bikarbonat vil pH være god, og variasjonen liten (type 1). I et system der innholdet av bikarbonat og sulfat er omtrent likt vil pH være dårligere og svært variabel (type 2). Et sterkt forsuret system vil ha lite bikarbonat, aluminiumsforbindelsene har overtatt som buffersystem og pH vil være lav og stabil. Figuren er tilpasset fra Mason (1991).





I områder der tilførslene av sure stoffer er relativt moderate og innholdet av bikarbonat høyt, vil pH vanligvis være høy og stabil til tross for periodevise sure tilførsler (TYPE 1 i figur 1.1).

I områder der jordsmonnets bufferkapasitet er utarmet etter en langvarig påvirkning av sure tilførsler, vil innholdet av bikarbonat avta fordi tilførslene fra nedslagsfeltet helt eller delvis erstattes av sulfat. Sulfationene kan ikke virke som buffer, og derfor blir slike vann meget følsomme for sure tilførsler. I innsjøer der bikarbonat og sulfat begge finnes i omtrent like mengder, vil pH være lavere og variere mye, avhengig av mengde sure tilførsler (TYPE 2 i figur 1.1). I områder der tålegrensen for tilførsler av sure stoffer er langt overskredet, vil innholdet av bikarbonat være meget lavt, og aluminiumsforbindelser vil overta som buffersystem. Disse vassdragene vil ha en lav og stabil pH (TYPE 3 i figur 1.1).

LANGTRANSPORTERTE FORURENSNINGER

Radøy kommune ligger i den lavtliggende og ytre delen av Hordaland, der nedbørmengdene er mindre enn i de indre- og høyereliggende deler. Med en årlig middelavrenning rundt 50 liter pr. sekund pr. km² (NVE 1987), vil derfor våtavsetningen av forsurende stoffer i Radøy være lavere enn i de indre og høyereliggende kommunene i Hordaland. Innen Radøy kommune er imidlertid nedbørmengdene stort sett like store, slik at belastningene av forsurende stoffer antas å være tilnærmet lik i hele kommunen.

De viktigste forsurende stoffer i nedbøren er svovel- og nitrogenforbindelser. Disse påvirker forsuringen i vassdragene både direkte ved at vassdragene tilføres sterk syre, og indirekte ved at jordsmonnet utarmes fordi lageret av basekationer reduseres. Den indirekte virkningen av sur nedbør har dermed betydning for den langsiktige utviklingen i vassdragene og for evnen til å komme tilbake til den opprinnelige tilstanden dersom de sure tilførslene reduseres.

Når sulfat-ioner, og enkelte steder også nitrat-ioner, passerer gjennom jordsmonnet vil de binde til seg like store mengder basekationer fra jordsmonnet og frakte dem ut i vassdraget. Dersom mengden av basekationer som på denne måten transporteres bort fra jordsmonnet er større enn mengden basekationer som tilføres jordsmonnet, vil jordsmonnet utarmes og evnen til å buffe de sure tilførslene avta. Når så basekationene i jordsmonnet er borte, vil effekten av de sure tilførslene forsterkes ved at sulfat- og nitrat-ionene frakte med seg hydrogenioner og aluminium i stedet, slik at avrenningsvannet i slike områder blir enda surere og i tillegg får et høyt innhold av aluminium.

Mengden av slike sure tilførsler vil imidlertid variere både fra år til år og i løpet av året, avhengig av mengden nedbør og hvor den kommer fra. Siden slutten av 1970-årene har svovelkonsentrasjonen i nedbør avtatt med omtrent 30%, men nitrogenkonsentrasjonen har endret seg lite og nedbørmengdene har økt (SFT 1994). Dette har ført til at de samlede sure tilførsler ikke er særlig redusert på Vestlandet de siste årene. Utviklingen i surhet i vassdragene vil likevel være ulik i de enkelte vassdrag avhengig av hvor utarmet nedslagsfeltene er. Langs kysten, som i Radøy, der nedslagsfeltene ligger lavt, er vassdragene vanligvis surest på vinteren og minst sure om sommeren (Johnsen og Kambestad 1994).

SJØSALTEPISODER

Kystnære områder som Radøy kommune mottar ofte sjøsalter med nedbøren, - særlig i perioder med kraftig vind. Store mengder sjøsaltpåvirket nedbør kan føre til at vannet i vassdragene blir enda surere enn tilførslene fra den vanlige nedbøren skulle tilsi. Dette skyldes at natrium-ioner fra sjøsaltene i nedbøren holdes igjen i nedbørfeltet ved ionebytting med hydrogen og aluminium. Store mengder surt og aluminiumsrikt avrenningsvann vil derfor kunne gi surstøtepisoder i vassdrag. Slike surstøtepisoder er vanligvis kortvarige, men det sure vannet kan imidlertid oppholde seg lenge i innsjøer og dermed gi surt



vann til vassdrag over et noe lengre tidsrom. På grunn av lav pH og mye aluminium, som i slike tilfeller foreligger i store mengder i den labile formen som er giftig for fisk og bunndyr, vil slike perioder kunne føre til akutt dødelighet for vannlevende organismer.

En forutsetning for at dette skal skje er imidlertid at jordsmonnet allerede er helt eller delvis utarmet for basekationer på grunn av langvarig eksponering for sur nedbør. Surstøt vil derfor kun finne sted i områder der det allerede er moderat eller kraftig surt, men kan ventes å ha størst effekt der forholdene er moderate. De siste årene har hatt ekstremperioder med mye nedbør og sterk vind om vinteren, og dette har ført til surstøtepisoder i flere vassdrag med slike utarmede nedslagsfelt (Hindar mfl. 1993; Kroglund mfl. 1993).

Sjøsalttilførsel er imidlertid helt naturlig langs kysten, der en i de ytterste områdene som Radøy har en nærmest kontinuerlig tilførsel av salter (Johnsen & Bjørklund 1993). I slike områder vil det alltid være mye natrium i jordsmonnet, og det er derfor mindre sannsynlig at surstøtepisoder vil finne sted i slike vassdrag. I de deler av Radøy der vannkvaliteten allerede er påvirket av sur nedbør, vil en imidlertid kunne få surstøtepisoder med et høyt innhold av labilt aluminium i slike spesielle situasjoner.

ALUMINIUM OG GIFTIGHET FOR FISK

Innholdet av totalaluminium i overflatevannet i Hordaland er stedvis meget høyt, og særlig i kystområder som i Radøy (Johnsen og Kambestad 1994). Aluminium er meget vanlig i jordsmonnet, og stammer hovedsakelig fra forvitret berggrunn. Ved forsuring øker løseligheten av aluminium og konsentrasjonen i avrenningsvannet blir høyere.

Spesielt den labile fraksjonen av aluminium øker når vannet blir surere, og det er denne delen som utgjør det største problemet for fisken i forsurete vassdrag. Dette skyldes at aluminium legger seg på gjellene og kan i verste fall føre til akutt død. Konsentrasjoner over 40 : g pr. liter med labilt aluminium kan under gitte forhold være giftig for fisk (Rosseland mfl. 1992). For laksesmolt diskuteres for tiden om enda lavere konsentrasjoner kan medføre problemer ved utvandring. I humusrike vannforekomster, spesielt langs kysten, kan imidlertid innholdet av aluminium være ekstremt høyt (Johnsen & Kambestad 1994), uten å være et problem for fisken. I slike tilfeller er aluminiumet bundet til humuspartikler, og denne formen for organisk bundet aluminium er ikke giftig for fisk.

Innholdet av aluminium i overflatevannet varierer ikke bare mellom steder med forskjellig surhetsnivå og varierende berggrunnsforhold. Det varierer også over tid på hvert enkelt sted. I periodene med lavere pH-verdier vinterstid vil derfor aluminiumsinnholdet i vassdragene være høyere enn ellers i året. Også i spesielle surstøtepisoder vil aluminiumsinnholdet øke i vassdragene.

ALUMINIUM I BLANDSONER

I vassdragsområder der forskjellige vannkvaliteter møtes, vil en kunne oppleve særlige forhold knyttet til disse blandsonene. Der svært sure og aluminiumsrike vannmasser møter vesentlig mindre sure vannmasser, vil selve surhetsnivået relativt fort utjevnes, mens aluminiumsforbindelsene trenger noe lenger tid på å stabiliseres. I denne fasen kan det oppstå særlig giftige komplekser av aluminium, slik at det kan bli akutt giftige forhold for fisk i blandsonerområder (Rosseland mfl. 1992 b).

Dette er viktige forhold som må tas hensyn til i både forvaltning og direkte utnyttelse av vassdrag, og slike situasjoner finner en for eksempel:

- der sure sideelver møter større vassdrag med bedre vannkvalitet,
- der kalkede vassdragsdeler møter sure og ukalkede greiner,
- ved utslipp fra kraftverk
- i oppdrettsanlegg der en foretar en behandling av det sure råvannet før det slippes til fiskene, - men uten at vannet får modnet slik at aluminiumskompleksene har fått stabilisert seg.



TÅLEGRENSER OG SYRENØYTRALISERENDE KAPASITET

Det er utarbeidet tålegrenser for mange ferskvannslevende organismer, - både for mange fiskearter og for evertebrater av forskjellig slag. Disse tålegrensene er basert på vannkvalitet, der de vannkjemiske målingene er sammenstilt i uttrykket **syrenøytraliserende kapasitet = ANC (Acid Neutralizing Capacity)**. Dette er et begrep som sammenstiller balansen mellom basekationer og sterke syrers anioner, altså forskjellen mellom mengde tilførte forsurende stoffer og jordsmonnets mengde av tilgjengelige basekationer.

$$\text{ANC} = \text{basekationer} - \text{sterke syrers anioner} = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-)$$

Selve beregningen av ANC inkluderer også en del omregninger, slik at en ikke uten videre kan foreta en summering av målte konsentrasjoner slik som vist over. Mange av stoffene angitt over stammer også fra sjøsalttilførsler til vassdragene (se side 10 foran), men disse tilførslene er kompensert for i beregningen av ANC, slik at det kun er tilførslene fra nedslagsfeltet og fra sur nedbør som inngår i beregningen.

Det er påvist betydelige forskjeller i tålegrenser for ulike fiskearter, der abbor er den fiskearten som tåler de laveste ANC-verdiene, mens laks synes å være mest følsom. Laks og ørret er derfor foreslått som indikatorarter for fisk på surt vann i Norge (Lien mfl. 1991). En ANC-verdi på 20 : ekv/l er foreslått som akseptabel tålegrense for fisk og evertebrater i Norge. Verdier under dette kan føre til skade på bestandene.

For laks skal ikke ANC-verdiene komme særlig under 0 før det er kritisk, mens ørret tåler noe dårligere vannkvalitet med lavere ANC-verdi. Allerede ved ANC=10 vil 25% av laksebestandene være redusert mens ved ANC=0 vil 50% være utdødd. Røye har omtrent tilsvarende toleranser som ørret (tabell 1.1)(Lien mfl. 1991).

TABELL 1.1: ANC-konsentrasjon (: ekv/l) for laks, ørret og røye hvor henholdsvis 25% og 50% av bestandene er redusert eller dødd ut. (fra Lien mfl. 1991)

ART	% REDUSERTE BESTANDER		% UTDØDDE BESTANDER		ANTALL BESTANDER
	25 %	50 %	25 %	50 %	
Laks	ANC = 10	ANC = 5	ANC = 5	ANC = 0	n = 30
Ørret	ANC = 10	ANC = 0	ANC = -10	ANC = -20	n = 827
Røye	ANC = 10	ANC = -5	ANC = -10	ANC = -15	n = 169

Årsaken til at laks og ørret er særlig sårbare arter, ligger i at de gyter i elver der yngelen og ungfisken også lever de første årene av livet sitt. Vannkvaliteten varierer mer og er periodevis mer ekstrem i elver enn i innsjøer. For innlandsørret er det derfor oftest rekrutteringen som først lider under forsurende stoffer, slik at kalking av gytebekker ofte er viktigere enn kalking av innsjøer der den voksne fisken lever. Røye er innsjøgytende, og røyeyngelen er derfor ikke like utsatt for varierende vannkvalitet og dermed surstøtepisoder som ørret yngelen.

De vannkjemiske målingene som danner grunnlaget for beregning av ANC, gir også grunnlag for utarbeidelse av naturens tålegrenser for tilførsler av forsurende stoffer (Henriksen mfl. 1992). Denne tålegrensen avhenger av områdets evne til å "produsere" basekationer som kan motvirke de sure tilførslene. På grunnlag av kjennskap til dagens tilførsler av forsurende stoffer, kan en dermed beregne



hvorvidt tålegrensene for slike tilførsler i dag er overskredet. Med framtidige utslippsreduksjoner og dermed reduksjon i sure tilførsler, kan en også beregne hvor store reduksjoner i overskridelsene dette da vil føre til. Tålegrensekart og slike overskridelseskart for Hordaland er seinest presentert i "Rammeplan for kalkingsvirksomheten i Hordaland" (Kambestad mfl. 1995).

KALKING OG KALKINGSKRITERIER

Sur nedbør er hovedårsaken til den forsuringssituasjonen landet vårt har opplevd. Den industrielle revolusjon førte til en kraftig økning i utslipp av svovel- og nitrogenforbindelser fra ulike menneskelige aktiviteter som industri, kraftproduksjon og samferdsel, og allerede før århundreskiftet gav dette seg utslag på Sørlandet, men også de naturlig sure områdene i Hordaland opplevde sannsynlig en økt forsuring allerede rundt århundreskiftet.

Kalking har av flere grunner vist seg som det beste "reparerende" tiltaket for å hindre at sur nedbør ødelegger økosystemer i ferskvann. Kalken øker pH i vannet, samtidig som giftvirkningen av aluminium reduseres. Det er imidlertid viktig å være klar over at kalking aldri vil kunne reversere utviklingen og føre oss tilbake til den tilstanden man hadde i økosystemet før forsuringen. Målet ved valg av kalkingsstrategi er imidlertid å komme så nær den opprinnelige tilstanden som mulig.

MÅLSETTING MED VASSDRAGSKALKING

Direktoratet for Naturforvaltning har definert følgende to hovedmålsettinger for den statlig finansierte kalkingen i vassdrag i Norge:

- Å REDDE FORSURINGSTRUET ORGANISMER
- Å LEGGE TIL RETTE FOR FRITIDSFISKE I FORSURINGSRAMMETE OMRÅDER.

Videre er det i stadig større grad fokusert på bevaring av det biologiske mangfoldet også i forbindelse med kalking de siste årene, og det er høyst sannsynlig at dette vil bli mer framtrekkende også i framtiden.

PRIORITERING AV OFFENTLIGE KALKINGSMIDLER

For at kalkingsprosjekter skal få statlig støtte må forskjellige vilkår oppfylles. Fordi hvert kalkingsprosjekt vil binde opp midler helt til forsuringssituasjonen har bedret seg, er det viktig å ikke sette i gang kalkingen før det er gjort grundige vurderinger. I "Vassdragskalking i Hordaland. Rammeplan 1995-2005" er det gitt en oversikt over hva slags lokaliteter staten vil prioritere i årene framover, og det er også listet opp krav som må oppfylles for å få statlig støtte til kalkingstiltak.

Direktoratet for Naturforvaltning har utarbeidet et sett med overordnede kriterier for prioritering av kalkingslokaliteter. Prioriteringskriteriene tar delvis hensyn til at vi i visse deler av Norge må leve med et tilnærmet evig forsuringssituasjon. Enkelte områder vil fremdeles være forsuret etter de utslippsreduksjoner som ble avtalt våren 1994. Ved plassering av lokaliteter i prioritet 3 og nedover tar man hensyn til en slik framtidig forsuringssituasjon ved å nedprioritere områder som vil være forsuret i overskuelig framtid. Inntil videre har man valgt ikke å gjøre dette innenfor de to øverste prioriteringene. Vi må i årene framover vente en politisk diskusjon om skjebnen til de "evig" forsurrede områdene.

Det gis bare statlig støtte til kalking i lokaliteter der det er dokumentert at forsuring har medført, eller vil medføre, endringer i det biologiske mangfoldet. Dette betyr at forsuringsskade eller reell forsuringstrussel må kunne dokumenteres.



TABELL 1.2: Direktoratet for Naturforvaltning sine overordnede prioriteringskriterier for tildeling av kalkingsmidler. Prioriteringen går fra 1 til 6, avhengig av om det er forbundet store interesser til området, hvorvidt området vil oppleve en reduksjon i forsureningen ved framtidig reduksjon i sure tilførsler og hvorvidt de forsuringstruede organismene allerede er utdødd.

		FISKEINTERESSER		TILSTEDE	FORSURINGS- TRUEDE ORGANISMER
		STORE	MINDRE		
TILSTAND ETTER UTSLIPPS- REDUKSJON	LIKEGYLDIG	PRI = 1	PRI = 2	ALLEREDE UTDØDD	
	BEDRET	PRI = 3	PRI = 5		
	FORSURET	PRI = 4	PRI = 6		

Videre er det mange andre forhold som også inngår i en samlet vurdering fram mot den endelige prioritering av aktuelle kalkingsprosjekter. Disse er detaljert gjennomgått i "Rammeplan for kalkingsvirksomheten i Hordaland". Et sentralt forhold her er almenhetens tilgang til fisket, - noe som vil være bortimot et krav for å bli prioritert ved tildeling av offentlige kalkingsmidler.

KOST / NYTTE - VURDERING

For å kunne vurdere effekten av de forskjellige prosjektene opp mot hverandre, er det benyttet et enkelt kost / nytte forhold. Dette er skjønsmessig vurdert i denne sammenhengen, mens det i andre sammenhenger kan benyttes vitenskapelige metoder der elementene i detalj er gjort rede for.

Kostnadene for et kalkingsprosjekt vil i hovedsak være styrt av hvor store vannmengder som skal kalkes opp og hvor sure disse er. I tillegg vil transport- og spredningskostnadene være viktige. Helikopterkalking er dyrere enn kalking av innsjøer som ligger langs vei, og elvekalking med doseringsanlegg er mer kostbare enn innsjøkalking der en kan spre kalken ut i en enklere operasjon. Kalking av gytebekker med skjellsand eller kalksteinsgrus kan være billig.

Nytteverdien til et kalkingsprosjekt kan beregnes på mange detaljerte måter, men i denne sammenheng er det ikke foretatt noen vitenskapelig vurdering av hvert enkelt prosjekt. Her er det i hovedsak snakk om hvor mange som kan ha nytte av og eventuelt vil benytte seg av tilgangen til fisket, samtidig som kalking av en truet lakse-bestand gir mer "nytte" enn kalking av en truet sjøaure-bestand, som gir mer "nytte" enn kalking av en truet innlandsaure-bestand.

Kost/nytte-effekten vil således kunne være høy for både enkle prosjekt med begrenset nytteverdi og for mer omfattende og kostbare prosjekt der nytteverdien er meget høy. Og til tross for at små prosjekter kan oppnå en fordelaktig kost/nytte-effekt, kan en likevel oppleve at disse blir prioritert lavt. Dette vil være tilfellet der den generelle "nytte-verdien" er svært begrenset i forhold til større prosjekter med "større verdi".

FORBEDRING I FRAMTIDEN ?

Siden utslippene av forsurende stoffer i stor grad passerer landegrensene med vær og vind, er det inngått internasjonale avtaler for å redusere disse utslippene betraktelig innen år 2010. De siste årene har en som et resultat av dette, opplevd en reduksjon i svoveltilførslene til Norge på nærmere 30%. Men selv med disse utslippsreduksjonene vil deler av Hordaland sannsynligvis fortsatt ha forsurede vassdrag også etter år 2010.



Statiske teoretiske modeller kan enkelt beregne tilstanden i vassdragene etter utslippsreduksjoner i henhold til de inngåtte avtaler. Dette baserer seg på at naturen er i stand til å reagere umiddelbart på reduksjoner i sure tilførsler, og at dette kan spores i vannkvaliteten direkte. Rammeplanen for kalkingsvirksomheten i Hordaland (Kambestad mfl. 1995) viser en oversikt over hvordan områdene i Hordaland vil fortone seg i år 2010 basert på en slik teoretisk beregning av tålegrenseoverskridelser ved avtalte reduserte utslipp.

Men både kjemiske og biologiske forhold virker forsinkende inn på tiden det tar før reduserte utslipp gir positive utslag på miljøet. Det er derfor utarbeidet dynamiske teoretiske modeller som tar hensyn til dette i beregningene (Wright 1994). Her er en kommet fram til at nylig forsurede områder vil kunne ta seg igjen raskere enn gamle forsurrete området. I områder med stor grad av forsuring vil det imidlertid kunne ta fra 10-100 år før jordsmonnets evne til å buffre sure tilførsler er fullt restituert selv om tilførslene opphører.

Overvåkingen av utviklingen i vassdrag i Norge synes å indikere at forholdene i enkelte slike forsurrede områder faktisk er på bedringens vei, i tråd med det de statiske teoretisk modellene antar. Men det gjenstår mye videre arbeide for å slå fast om dette faktisk er tilfellet. I de områdene der surheten i dag varierer mye (type II, se side 10) vil en eventuelt forvente den raskeste bedringen.

KALKING,- BARE ETT LEDD I KULTIVERINGEN

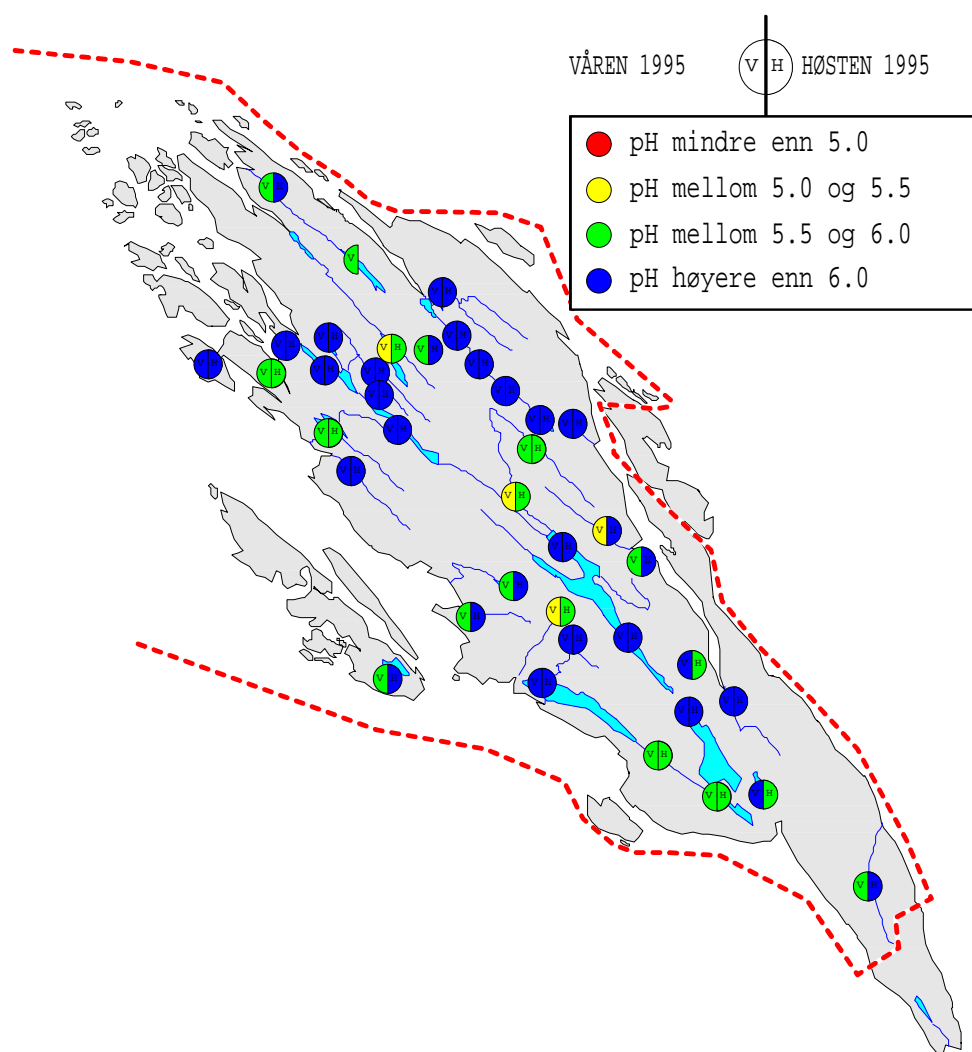
Kalking er et egnet virkemiddel der forsuring er årsaken til reduksjonene i fiskebestandene. I de innsjøer der også andre forhold skaper problemer for fiskebestandene, vil ikke kalking nødvendigvis være løsningen. I mange innsjøsystem kan det være oppvandringshindre som demninger eller veibygging, som har ødelagt for rekrutteringsmulighetene. Dessuten observeres tilbakegang i anadrome bestander av laks og sjøaure også i ikke-sure vassdrag.

På den annen side vil kalking i et tidligere "tusen-brødre" system, der fisken har gått tilbake, kunne gi det resultat at en får tilbake tusenbrødre-systemet med liten fisk med dårlig kvalitet. Kalking i innsjøer der gyteforholdene er gode vil således kunne resultere i en reduksjon i fiskens kvalitet. En må derfor være klar over at kalking ikke alltid er eneste medisin for å bøte på skrantende forhold.



2. Surhetstilstand i Radøy kommune

I størstedelen av Radøy kommune var vassdragene lite sure ved prøvetakingene våren og høsten 1995 med pH-verdier rundt 6,0 (figur 2.1). Kun i de sentrale deler av kommunen ble det målt pH under 5,5. Laveste pH på 5,14 ble målt i elva ved Vaslavatnet våren 1995 (vedleggstabell 1.1).

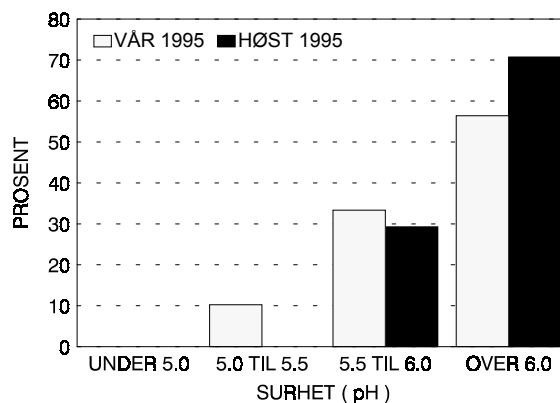


FIGUR 2.1: Surhetsmålinger i Radøy kommune i 1995. Kartet baserer seg på pH-målinger fra 39 prøver våren 1995 og 41 prøver høsten 1995. Alle enkeltmålingene er presentert i vedleggstabell 1 bakerst i denne rapporten. Prøvene er samlet inn i regi av miljøvernleder Vidar Østerbø.



Vassdragene i kommunen var surere ved prøvetakingen på våren enn på høsten, og det var kun på våren det ble registrert pH under 5,5 i kommunen (figur 2.2). Over halvparten av lokalitetene hadde imidlertid pH-verdier over 6,0 både på høsten og våren (vedleggstabell 1.1).

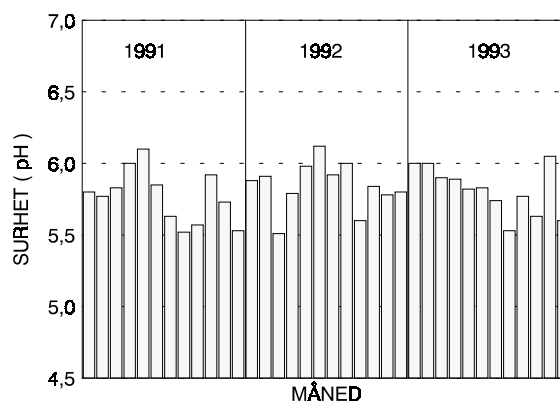
FIGUR 2.2: Fordeling av surhet i de 39 og 41 innsjøene i Radøy som ble undersøkt henholdsvis våren og høsten 1995 (se kartet i figur 2.1).



VARIASJON I SURHET GJENNOM ÅRET

I Radøy viser årsvariasjonen i surhet i Ulvatnet et mønster som er vanlig i kystkommunene i Hordaland, der en de siste årene har hatt de sureste episodene på vinteren (figur 2.3). De beste periodene har vært på sommeren. Ulvatnet er råvannskilde for Radøy vannverk, og innsjøen ligger i et av de områdene der vi målte relativt god pH i 1995. Surheten i Ulvatnet er noe varierende men generelt sett meget god, med pH-verdier mellom 5,5 og 6,0 hele året (figur 2.3). Dette tyder på at buffersystemet i denne innsjøen er i stand til å møte selv de sureste tilførselene, slik at pH selv ikke i perioder vil kunne bli kritisk lav.

FIGUR 2.3: Årsvariasjon i surhet Ulvatnet som er råvannskilde for Radøy vannverk. Innsjøen har jevnt høye pH-verdier gjennom året (buffersystem type 1). Målingene er rutinemessig utført av Næringsmiddeltilsynet for Nordhordland og Gulen på råvann fra drikkevannskildene.

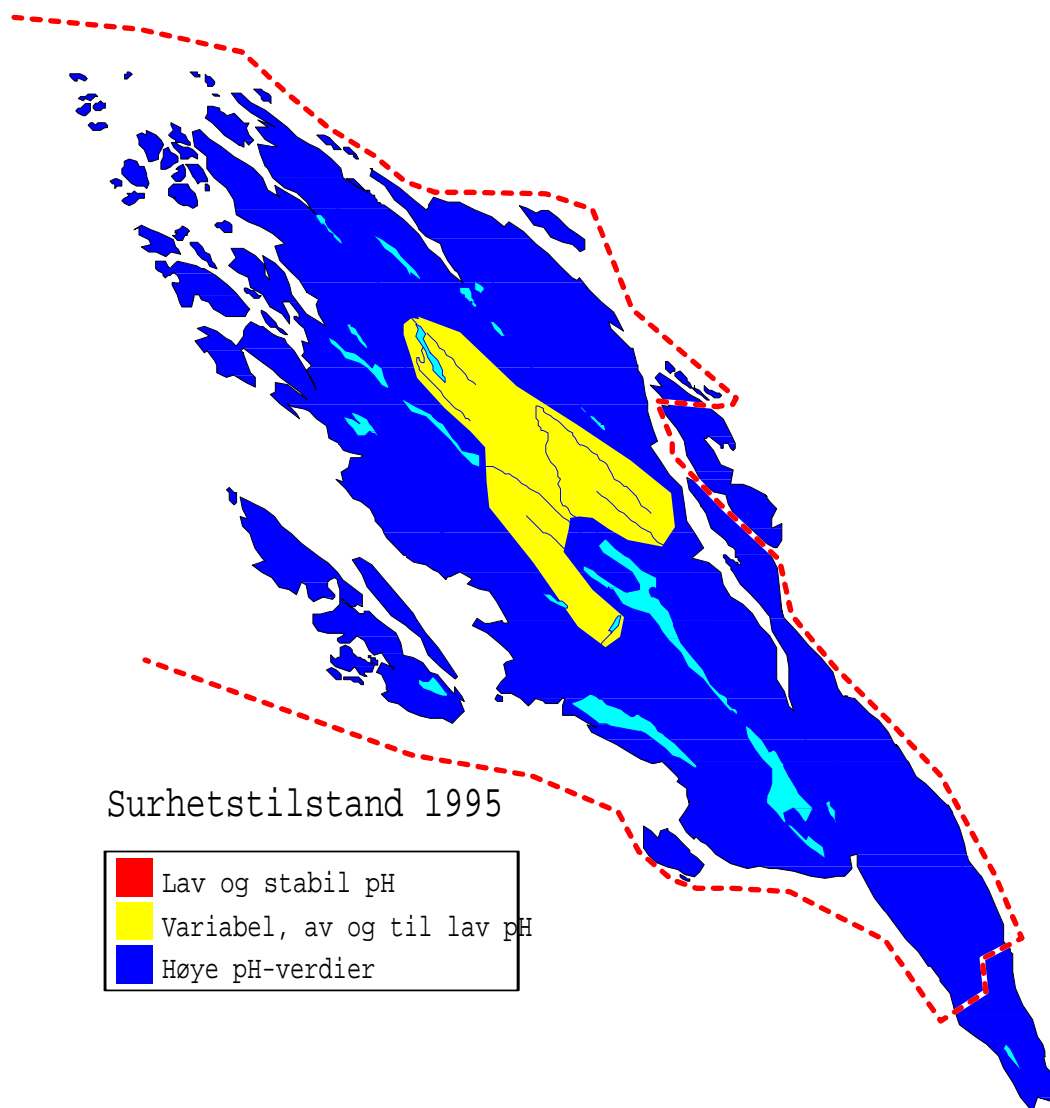


OVERSIKT OVER FORSURINGSTRUEDE OMRÅDER

Størstedelen av Radøy kommune er lite sur, og vannkvaliteten er trolig relativt god hele året. Det er imidlertid kun fra Ulvatnet det finnes målinger fra hele året, alle andre er stort sett enkeltmålinger. Enkelte av de lavtliggende innsjøene i kommunen har trolig marine avsetninger i sedimentene, og vil derfor har en bedre vannkvalitet enn berggrunn og jordsmonn for øvrig skulle tilsi.



Det er imidlertid områder sentralt i kommunen som er noe surere. Spesielt Færevatnet, men også enkelte innsjøer i området rundt Hallandsvatnet har i perioder relativt lav pH. Det er ikke registrert pH under 5,2 i noen av disse bortsett fra i Færevatnet, men trolig vil en i perioder med store sure tilførsler kunne få så dårlig vannkvaliteten at forholdene der vil være marginale for fisk. Alle innsjøene i dette området har imidlertid tilsig fra myrområder, slik at det i utgangspunktet også kan ha vært naturlig sure.



FIGUR 2.4: Oversikt over surhetstilstanden i Radøy kommune i 1994 -1995. De blå områdene har stabilt høye pH-verdier over 6.0 (buffersystem type 1) og de gule områdene har variable pH-verdier vanligvis mellom 5.3 og 6.0, men av og til ned i 5.0 (buffersystem type 2). Kartet baserer seg på målingene i figur 2.1, sammenstilling av drikkevannsmålingene og tidligere sporadiske målinger, samt en generell forståelse av naturgrunnlaget i kommunen.



Av kommunens totalareal er hele 88% lite eller ikke påvirket av sur nedbør, mens det er bare 12% av kommunens areal som er moderat sure (tabell 2.1).

TABELL 2.1: Arealfordelingen av sure områder i Radøy,- basert på kartet i figur 2.4.

TOTALT AREAL	IKKE SURT	MODERAT SURT	STERKT SURT
111 km ²	98 km ²	13 km ²	0 km ²

Tabell 2.1 viser og kartet i figur 2.4 viser hvor store områder i kommunen som er preget av forsuring. Tabell 2.2 viser det teoretiske kalkbehovet dersom en skal avsyre alt avrenningsvannet i de sure områdene, mens det reelle behovet for kalk til de aktuelle kalkingsprosjektene selvsagt vil være vesentlig mindre.

TABELL 2.2: Skjematisk og teoretisk beregning av kalkbehov med grove behov for Radøy kommune, basert på arealfordelingen i tabell 2.1 og figur 2.4.

FORSURET AREAL (km ²)	AVRENNING (l/s/km ²)	SNITT pH	KALKBEHOV (g CaCO ₃ / m ³)	TONN CaCO ₃
Moderat forsuret: 13 km ²	45	5,3	2,9	55

ALUMINIUMSINNHOOLD I SURE VASSDRAG

Innholdet av aluminium er undersøkt i Viddalsvatnet, som ligger i området som trolig er moderat surt, og i Kjesettjørn og Hallandsvatnet som ligger i området som er lite surt. Innholdet av labilt aluminium var meget lavt ved prøvetakingen i mai 1995 i alle innsjøene. Mengden reaktivt aluminium var imidlertid såpass høyt i alle, at det kan bli problemer for fisk dersom en har perioder med vesentlig lavere pH-verdier (tabell 2.3). I slike situasjoner vil den reaktive aluminiumen gå over til labilt aluminium, som kan være skadelig for fisk ved konsentrasjoner over 30 : g Al/liter. En slik episode ble registrert i Viddalsvatnet høsten 1988, da innholdet av labilt aluminium var på 53 : g/l (Traaen 1991).

TABELL 2.3: Surhet, fargetall og innhold av aluminium i tre vannprøver fra Radøy kommune. Prøvene er tatt 2. mai 1995 av miljøvernleder Vidar Østerbø i forbindelse med utarbeidelsen av kalkingsplanen, og analysert av Hordaland Fylkeslaboratorium. Lokalitetsnummeret står i parentes, og er i henhold til nummereringen i vedleggskartet bak i rapporten.

PRØVETAKINGSSTED	Surhet pH	Fargetall mg Pt/l	Reaktivt Al : g Al / l	Illabilt Al : g Al / l	Labilt Al : g Al / l
Kjesettjørn (23)	5,93	40	75	65	10
Hallandsvatnet (27)	6,28	40	55	45	10
Viddalsvatnet (6)	5,4	148	65	55	10



SYRENØYTRALISERENDE KAPASITET I SURE VASSDRAG

Vassdragenes syrenøytraliserende kapasitet (ANC) ble også undersøkt i Viddalsvatnet, som ligger i området som trolig er moderat surt, og i Kjesettjørn og Hallandsvatnet som ligger i området som er lite surt. Ved prøvetakingen våren 1995 var ANC meget god, med ANC-verdier over 50 : ekv/l i alle tre innsjøene (tabell 2.4). Dette tyder på gode forhold for fisk på dette tidspunktet. Generelt antas at ørret trives best når den syrenøytraliserende kapasiteten er over 20, mens fisken får store problemer når den er rundt 0 eller lavere.

Imidlertid var alkaliteten relativt lav (tabell 2.4), og viser at vassdragene er følsomme for ytterligere forsuring i periodene med store mengder sure tilførsler eller stor sjøsaltpåvirkning. Høyest alkalitet ble målt i Hallandsvatnet, der innholdet av basekationer er høyere enn i de to andre innsjøene. Dette kan tyde på marine avsetninger i innsjøsedimentene.

TABELL 2.4: Vannkjemiske målinger og beregnede ANC-verdier fra Radøy kommune. Prøvene er samlet inn 2. mai 1995 av miljøvernleder Vidar Østerbø i forbindelse med utarbeidelsen av kalkingsplanen, og analysert av Hordaland Fylkeslaboratorium. Lokalitetsnummeret står i parentes, og er i henhold til nummereringen i vedleggskartet bak i rapporten.

Sted	Alkalitet mmol/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Na mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 : g N/l	ANC : ekv/l
Kjesettjørn (23)	0,03	0,99	0,62	0,75	6,59	10	3,11	10	57
Hallandsvatnet(27)	0,05	1,97	0,83	1,01	7,63	12,2	3,56	280	84
Viddalsvatnet (6)	0,03	0,82	0,6	0,82	6,52	9,9	2,29	57	63



3: Biologisk tilstand i Radøy i 1995

STATUS INNLANDSFISKEBESTANDER

Radøy kommune har 54 innsjøer med et samlet areal på 4,9 km². Av disse er 16 større enn 50 da (Nordland 1983). Fiskestatusen i 19 innsjøer i Radøy er kartlagt gjennom spørreundersøkelser utført av Norsk Institutt for Naturforskning i 1989 og fulgt opp av Rådgivende Biologer i 1995 (vedleggstabell 2). Fra innsjøene er det rapportert om aure, stingsild, ål, regnbueaure og gjedde. Stingsild og ål finnes trolig i de fleste innsjøene i kommunen.

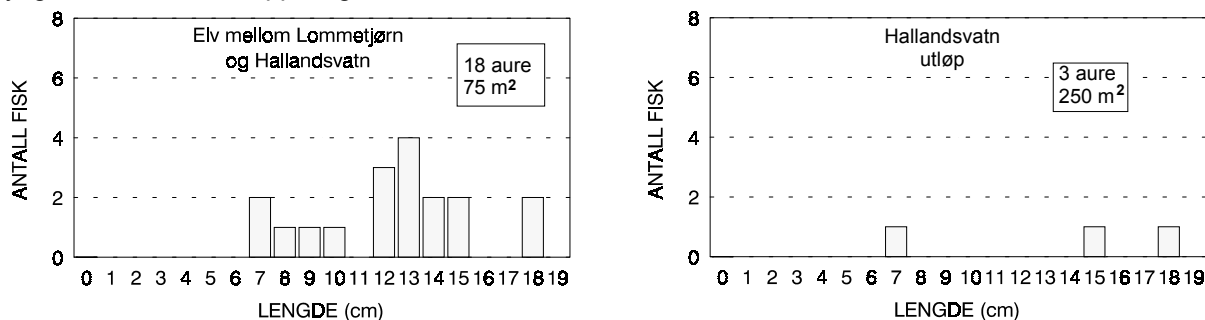
I følge spørreundersøkelsen har syv innsjøer en god eller overtallig bestand av aure, seks innsjøer har en tynn bestand av aure og i en innsjø har det trolig ikke vært aure (vedleggstabell 2). Tilstanden i aurestatusen er ukjent i fem av de 19 innsjøene. Tettheten av aure skal være uendret i 11 innsjøer, økt i 1, og det er ukjent om det har vært noen endring i 6 innsjøer. Røye finnes bare i Hallandsvatnet der det er en tett bestand av denne arten. Gyteforholdene er gode eller brukbare for aure i 12 av innsjøene, mens gyteforholdene er dårlige i tre og ukjent i fire innsjøer (vedleggstabell 2).

Det er organisert fiskekortsalg i noen av innsjøene, blant annet i Nesvatn og Hallandsvatnet der dette er organisert av Manger grunneigarlag (vedleggstabell 2). Sportsfiske i kommunen har også størst omfang i Hallandsvatnet. Det er satt ut store mengder regnbueaure i flere innsjøer i Radøy kommune.

Som en del av arbeidet med kalkingsplanen for Radøy kommune ble en del vassdrag undersøkt for fisk ved hjelp av elektrofiske 8. mai 1995. Følgende lokaliteter er undersøkt:

- Elven mellom Lommetjørna og Hallandsvatnet (UTM KN 831 331)
- Utløpet av Hallandsvatnet (UTM KN 836 324)
- Innløpsbekken til Kjesettjørna (UTM KN 857 320)
- Utløpsbekken fra Viddalsvatnet (UTM 805 368)
- Bekk mellom Bogatjørna og Ulvatn (UTM KN 872 267)
- Utløpet fra Trædsvatnet (UTM KN 821 306)

I elven mellom Lommetjørna og Hallandsvatnet (Duva) ble det fisket ved veien (UTM KN 831 331). Elven går gjennom myr, med enkelte områder som er egnet for gyting. Her var det brukbar tetthet av aureunger (figur 3.1). Det ble ikke funnet årsyngel, men dette skyldes trolig at fisket ble utført tidlig på året, før yngelen var kommet opp av grusen.

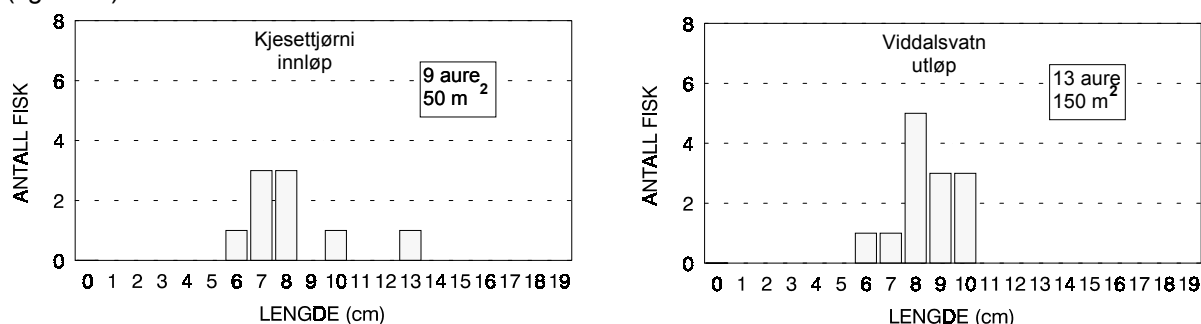


FIGUR 3.1: Fangst av aure ved elektrofiske i elva mellom Lommetjørn og Hallandsvatnet (KN 831 331) og i utløpet fra Hallandsvatnet (UTM KN 836 324) 8.mai 1995. En aure større enn 20 cm ble fanget i utløpet av Hallandsvatnet. Årsyngel er ikke inkludert i figurene.



Utløpet fra Hallandsvatnet mot Hauglandsvatnet (UTM KN 836 324) er velegnet for gyting. Store mengder årsyngel (nettopp kommet opp av grusen) ble observert, men tettheten av større fisk var lav (figur 3.1).

Innløpet til Kjesettjørna (UTM KN 857 320) er en rolig bekk med blandingsgrus på bunnen og lite begroing. Forholdene her skulle være god for aure. Det ble observert noe årsyngel av aure og en del aureunger (figur 3.2).

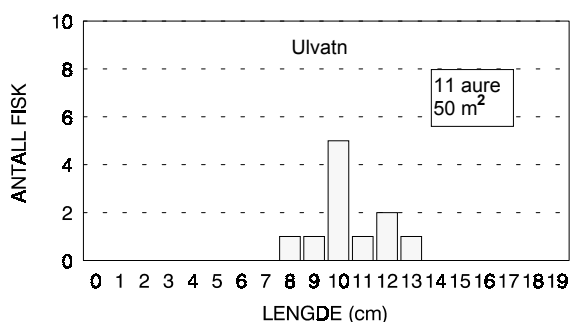


FIGUR 3.2: Fangst av aure ved elektrofiske i innløpet til Kjesettjørna (UTM KN (857 320) og utløpet fra Viddalsvatnet (UTM KN 872 267) 8.mai 1995. Årsyngel er ikke målt. Ingen fisk større enn 20 cm ble fanget.

Utløpet fra Viddalsvatnet (UTM KN 805 368) har steinete bunn og er noe begrodd, men er egnet som gyttested. Tettheten av aureunger var middels (figur 3.2), men det ble ikke observert årsyngel. Dette skyldes trolig at årsyngelen ennå ikke hadde kommet opp av grusen.

I Ulvatnet er det kjent at det er en god fiskebestand. Den delen av bekken mellom Bogatjørna og Ulvatnet som ble fisket (UTM KN 872 267) hadde mudderbunn og ikke egnet for gyting. Her var bekken også preget av at det var bygd en skogsvei som har ført til en del slam. Det ble likevel funnet en del aureunger i bekken. Det er ikke kjent om det finnes områder med gode gytteforhold andre steder i bekken (figur 3.3).

FIGUR 3.3: Fangst av aure ved elektrofiske i utløpet fra Ulvatn 8.mai 1995. Årsyngel er ikke målt. Ingen fisk større enn 20 cm ble fanget.



I utløpsbekken fra Trædsvatnet (UTM KN 821 306) ble det ikke funnet fisk. Bekken ser ut til å være egnet til gyting.



STATUS ANADROME BESTANDER

Det finnes ingen større elver i Radøy kommune med oppvandringsmuligheter for anadrome laksefisker. I en rekke elver og bekker kan det gå opp sjøaure, men det finnes få opplysninger om eventuelle bestander. Eksempel på innsjøer der sjøaure går opp er Færevatnet.

VURDERING AV FORSURINGSTRUETDE BESTANDER

Fra spørreundersøkelsene fra Radøy kommune om tilstand i fiskebestander har det ikke kommet inn rapporter om reduksjoner i fiskebestander. Heller ikke ved elektrofisket i forbindelse med denne kalkingsplanen ble det påvist skader som skyldes forsuring. Bare i utløpet fra Trædesvatnet manglet det fisk på et område som så egnet ut for aure. Tilstanden til fiskebestander i denne innsjøen er ikke kjent, men vannkvaliteten er ikke dårlig med hensyn på surhet.

ANDRE FERSKVANNSORGANISMER AV SÆRLIG VERDI

Frosk og padde finnes men det er ikke kjent om det har vært endringer i tetthet eller utbredelsen til disse bestandene.



4: Kalkingsplanlegging i Radøy

BEHOV FOR KALKING I RADØY

Det er ikke meldt om reduksjoner i fiskebestander i Radøy de siste årene. Heller ikke ved elektrofisket i forbindelse med denne kalkingsplanen ble det påvist manglende rekruttering,- som kan antyde forsurings-skader på bestandene.

Bare i utløpet fra Trædesvatnet manglet det fisk på et område som så egnet ut for aure. Tilstanden til fiskebestander i denne innsjøen er ikke kjent, men vannkvaliteten er ikke dårlig med hensyn på surhet.

I flere innsjøer er tilstanden i fiskebestandene ukjent, men av disse fem innsjøene er det bare Vasslavatnet (22) som også i perioder kan ha svært lave pH-verdier.

Det er ingen pågående kalkingsprosjekt i Radøy kommune.

NOEN OMRÅDER BØR IKKE KALKES

Kalking vil ikke være ønskelig eller tillatt i flere verneområder, foreslått vernede områder eller i de fleste referanseområder i kommunen. Bakgrunnen for dette er nærmere beskrevet i "Vassdragskalking i Hordaland.- Rammeplan 1995-2005" (Kambestad mfl. 1995).

FORSLAG TIL PRIORITERING

Siden det i denne kalkingsplanen ikke er pekt på aktuelle kalkingslokaliteter, er det heller ikke grunnlag for å prioritere noen for umiddelbar iverksetting av kalking. Det er imidlertid behov for nærmere kunnskap om tilstanden i fiskebestandene i Trædesvatnet (25) og Vasslavatnet (22). Her kan det i perioder være svært surt, og en vet ikke noe om fisken i disse innsjøene.

HVOR BØR EN OVERVÅKE

Generelt sett bør en overvåke tilstanden i de områder der forholdene i dag gjør at kalking ikke er umiddelbart aktuelt, men der forholdene "ligger på vippen" og der det KAN bli aktuelt dersom bedre kunnskap eller en videre negativ utvikling tilsier det. Dette kan gjelde i områder der: 1) det har vært enkeltstående episoder med fiskedød som kan tilskrives ekstreme surstøt, 2) der det er surt, men fisken ennå ikke har store problemer, og 3) der det er surt, fisken har vært skadd men det synes å foregå en bedring i forholdene.

Det synes i utgangspunktet ikke å være behov for overvåking av vannkvalitet og fiskebestander i forsureingssammenheng i Radøy.



LITTERATURREFERANSER

- BJØRKLUND, A., G.H.JOHNSEN, A.KAMBESTAD & Å.ÅTLAND 1992. Vannkvalitet og vannforsyning. Konsekvensutredninger for Saudautbyggingen. Rådgivende Biologer rapport nr. 72, 228 sider.
- HENRIKSEN, A., L.LIEN, T.S.TRAAEN & S.TAUBØLL 1992. Tålegrenser for overflatevann - Kartlegging av tålegrenser og overskridelser av tålegrenser for tilførsler av sterke syrer. NIVA-rapport nr 2819, 29 sider.
- HENRIKSEN, A., K.TØRSETH, E.JORANGER, E.LYDERSEN, T.HESTHAGEN, A.FJELLHEIM & G.G.RADDUM 1993. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1992. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 533/93, 296 sider.
- HINDAR, K., A.HENRIKSEN, K.TØRSETH & L.LIEN 1993. Betydningen av sjøsaltanrikt nedbør i vassdrag og mindre nedbørsfelt. Forsuring og fiskedød etter sjøsaltepisoden i januar 1993. NIVA-rapport nr. 2917, 42 sider.
- JOHNSEN, G.H. & A.BJØRKLUND 1993. Naturressurskartlegging i kommunene Sund, Fjell og Øygarden: Miljøkvalitet i vassdrag. Rådgivende Biologer, rapport 93, 75 sider.
- JOHNSEN, G.H. & A.KAMBESTAD 1994. Forsøringsstatus i Hordaland 1993. Rådgivende Biologer, rapport 105, 54 sider, ISBN 82-7658-018-1
- KAMBESTAD, A., V.BJERKNES, T.E.BRANDRUD, A.FJELLHEIM, K.HEGNA, A. HENRIKSEN, A.HOBÆK, G.H.JOHNSEN, G.G.RADDUM, Ø.VASSHAUG & P.VIKSE 1995. Rammeplan for kalkingsvirksomheten i Hordaland 1994-2005. Fylkesmannens miljøvernavdeling, ikke ferdigstilt ennå.
- KROGLUND, F., M. BERNTSSEN, Å. ÅTLAND & B.O. ROSSELAND. 1993. Er laksen truet selv ved moderat forsuring? Eksempler fra Vosso, Hordaland, 1993. NIVA-rapport Inr. 2947.
- LIEN, L., RADDUM, G. G. & FJELLHEIM, A. 1991. Tålegrenser for overflatevann - Fisk og evertebrater II. NIVA-rapport nr O-89185-2.
- MASON, C.F. 1991. Biology of fresh water pollution. Longman Scientific & Technical, N.Y. 351 sider.
- NVE 1987. Avrenningskart over Norge. Referanseperiode 1.9.1930 - 31.8.1960. NVE. Vassdragsdirektoratet, Hydrologisk avdeling, Kartblad nr. 1.
- ROSSELAND, B.O., P.JACOBSEN & M.GRANDE 1992. Miljørelaterte tilstander. Side 279-287 i: T.T.Poppe (red.): Fiskehelse, sykdommer, behandling, forebygging. John Grieg Forlag, 422 sider
- ROSSELAND, B.O., I.A.BLAKAR, A.BULGER, F.KROGLUND, A.KVELLESTAD, E.LYDERSEN, D.OUGHTON, B.SALBU, M.STAURNES & R.VOGT 1992. The mixing zone between limed and acid waters: Complex aluminium chemistry and extreme toxicity for salmonids. Environmental pollution: 78.
- WRIGHT, R.F. 1994. Bruk av dynamiske modeller for vurdering av vann- og jordforsuring som følge av redusert tilførsel av sur nedbør. NIVA-rapport 3148, 13 sider, ISBN 82-577-2622-2



5: Vedleggstabeller over enkeltresultatene

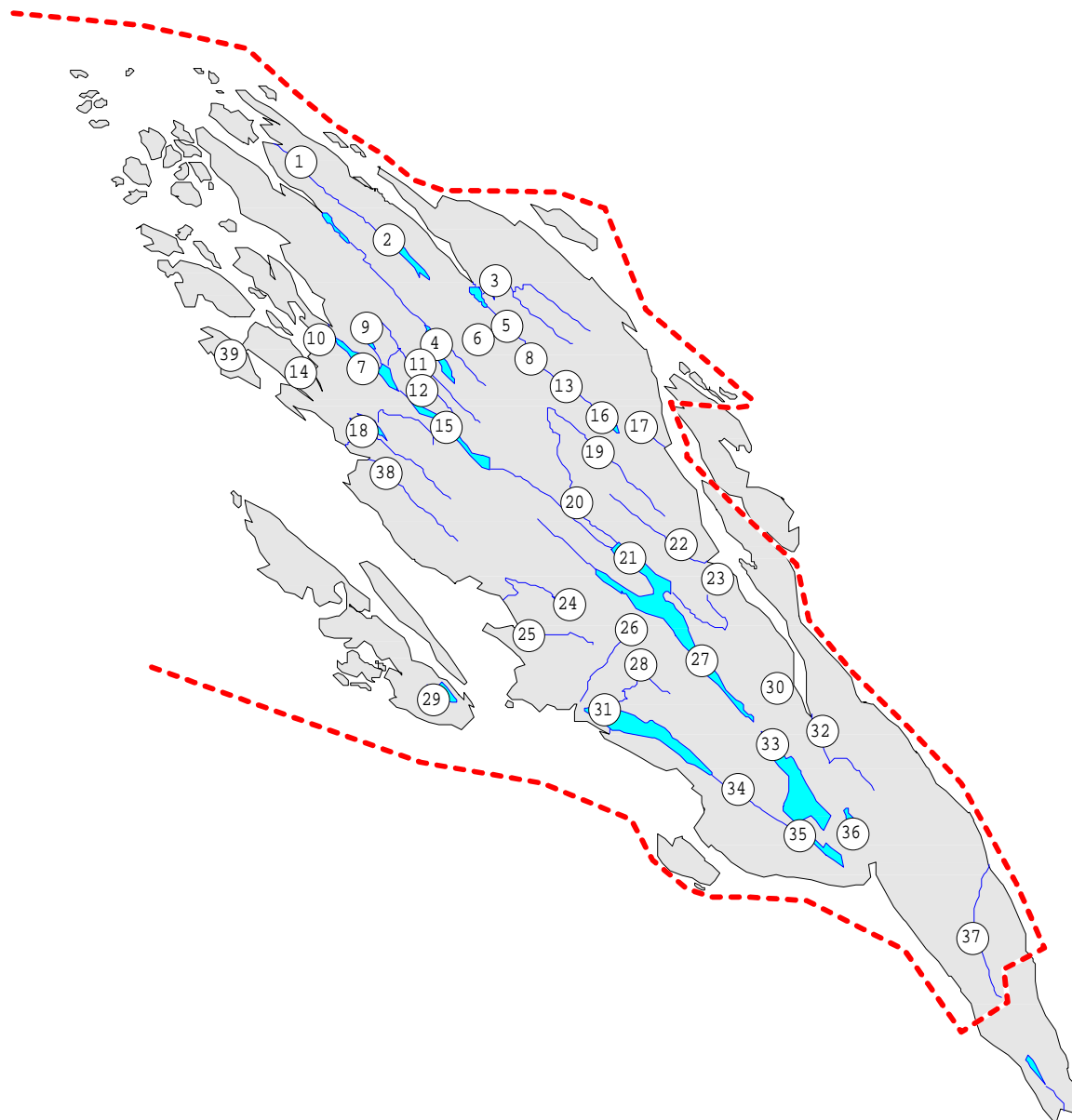
VEDLEGGSTABELL 1: Analyseresultat fra vannprøver samlet inn i forbindelse med kalkingsplanen for Radøy kommune. Prøvetakingsstedets nummer henviser til vedleggskart nr. 1 og er det samme som benyttes ved omtale av fiskestatus. Ledningsevne er oppgitt i mS/m. Analysene er utført av Rådgivende Biologer as.

NR	PRØVETAKINGSSTED	HØYDE (moh)	KOORD (UTM)	13.-15.2.95		13.-19.9.95	
				pH	LED	pH	LED
1	Litlavatnet (elv ved veg)	1	KN 774 403	5,54	7	6,20	2
2	Mjøsvatnet	15	KN 792 388	5,89	2		
3	Tjørnebotnane	10	KN 813 377	6,58	1	6,58	2
4	Færevatnet	19	KN 799 369	5,39	1	5,89	10
5	Klesvatnet	4	KN 817 369	6,49	1	6,39	2
6	Viddalsvatnet	20	KN 805 368	5,93	1	6,64	2
7	Hauglandsvatnet (Storvatn)	8	KN 781 367	6,18	1	6,50	1
8	Storindevatnet	4	KN 821 363	6,29	1	6,47	1
9	Lommetjørni	14	KN 789 364	6,55	1	6,43	1
10	Bøtjørni	12	KN 779 364	6,91	2	6,72	2
11	Otertjørni	20	KN 800 362	6,29	1	6,11	1
12	Mjåvatnet	19	KN 797 360	6,11	1	6,35	1
13	Gjerdsvatnet	7	KN 827 358	6,19	1	6,01	1
14	Kvalheimstjørni	4	KN 776 357	5,62	2	5,89	2
15	Mykingvatnet	8	KN 797 353	6,19	1	6,32	2
16	Vestevatnet	8	KN 834 352	6,42	1	6,32	1
17	Ystebøvatnet		KN 844 348	6,45	2	6,49	1
18	Kvalheimsvatnet	6	KN 788 346	5,59	2	5,86	1
19	Haukåstjørni	33	KN 833 340	5,66	8	5,70	1
20	Duva		KN 831 331	5,20	1	5,79	1
21	Hallandsvatnet	15	KN 836 324	6,04	1	6,20	1
22	Vaslatvatnet elv ved veg		KN 852 323	5,14	1	6,25	1
23	Kjesettjørni	9	KN 857 320	5,76	1	6,36	1
24	Byrkjelandsvatnet	28	KN 826 313	5,92	1	6,30	1
25	Tredsvatnet (Eidsvatnet)	3	KN 821 306	5,90	1	6,32	1
26	Svartetjørni	26	KN 841 305	5,39	1	5,80	1
27	Hallandsvatnet (2.pr.pkt.)	15	KN 856 301	6,47	1	6,52	1
28	Heimtjørni (elv ved veg)		KN 843 299	6,12	1	6,51	1
29	Storavatnet	8	KN 800 294	5,81	1	6,37	1
30	Namtveittjørni	41	KN 873 291	6,08	1	5,93	1



VEDLEGGSTABELL 1 fortsetter: Analyseresultat fra vannprøver samlet inn i forbindelse med kalkingsplanen for Radøy kommune. Prøvetakingsstedets nummer henviser til vedleggskart nr. 1 og er det samme som benyttes ved omtale av fiskestatus. Ledningsevne er oppgitt i mS/m. Analysene er utført av Rådgivende Biologer as,

NR	PRØVETAKINGSSTED	HØYDE (moh)	KOORD (UTM)	13.-15.2.95		13.-19.9.95		
				pH	LED	pH	LED	
31	Nesvatnet	4	KN 838 286	6,48	1	6,56	1	
32	Lundselva		KN 879 285	6,75	1	6,57	2	
33	Ølvatnet (Ulvatn)	12	KN 869 285	6,14	1	6,26	1	
34	Bogatjørni	1	KN 866 273	5,93	1	5,72	1	
35	Ølvatn - Bogatjørni elv		KN 872 267	5,91	2	5,86	1	
36	Litlavatnet	40	KN 888 264	6,19	1	5,97	1	
37	Litlatjørni	41,5	KN 912 245	5,89	1	6,28	1	
38	Kuvågen	22/2	1,5	KN 790 340	6,82	1	7,08	5
39	Pollen	22/2	1	KN 772 355	7,39	6	7,12	2



VEDLEGGSKART NR. 1: Oversikt over de omtalte prøvetakingsstedene i Radøy kommune. Nummerene samsvarer med vedleggstabell 1 over vannkjemi og vedleggstabell 2 over fiskestatus.



VEDLEGGSTABELL 2: Status for ferskvannsfiskeressursene i Radøy kommune. **Status:** 1=god/overbefolka, 2=tynn bestand, 3=fisketom, 5=ukjent. **Endring:** 1=øket bestand, 2=uendret bestand, 3=redusert bestand, 4=tapt bestand, 5=ukjent. **Gyte=Gyteforhold for aure:** G=gode, B=brukbare, D=dårlige, I=ingen, U= ukjent. **Fiske=antall personer som fisker pr år, U =ukjent. Andre arter:** Å=ål, S=stingsild, RB=regnbueaure, G=Gjedde. **Grunnlag: Data:** 1=spørreundersøkelse, 2=prøvefiske. **Ref:** 1=samlet inn i forbindelse med denne kalkingsplanen, 2=samlet inn av Norsk Institutt for Naturforskning i 1989. Nummer i første kolonne refererer til vannprøvetakingsstasjoner (Vedleggstabell 1).

NR	STED	UTM	AURE		RØYE		GYTE	FISKE	ANDRE ARTER	GRUNNLAG	
			Status	Endring	Status	Endring				DATA	REF
24	Byrkjelandsvatn	KN 828 311	2	2			D	U	RB,S,Å	1	2
4	Færevatn	KN 800 369	2	2			B	U	S,Å	1	2
13	Gjerdsvatn	KN 827 357	5	5				U	G,Å	1	2
21	Hallandsvatn	KN 850 310	2	2	1	2	B	500	G,RB,Å	1	2
7	Hauglandsvatn	KN 790 360	2	2			B	U	S,RB,Å	1	1,2
23	Kjesætervatn	KN 857 318	5	5			G	U	S,Å	1	2
5	Klæsvatn	KN 818 368	5	5				U	G,Å	1	2
14	Kvalheimsvatn	KN 787 347	1	2			B	U	S,Å	1	2
1	Litlavatn	KN 885 267	1	1			G	U	S,Å	1	1,2
9	Lommetjørni	KN 789 364					U	U	RB	1	1
15	Mykingsvatn	KN 797 353	2	2			G	U	RB,S,Å	1	1,2
30	Namtveittjørni	KN 873 291	1	5			B	U	RB,S,Å	1	1
31	Nesvatn	KN 840 286	1	2			D	U	S,Å	1	2
29	Storavatn	KN 803 294	1	2			B	U	S,Å	1	2
	Storevatn	KN 797 383	1	2			G	U	S,Å	1	2
22	Vasselatjørn	KN 845 327	5	5			U	U	S,Å	1	2
16	Vestre Ystebøvatn	KN 837 350	5	5			G	U	G,Å	1	2
16	Austre Ystebøvatn	KN 841 350	2	2			D	U	S,Å	1	2
33	Ølvatn	KN 878 263	1	2			G	U	S,Å	1	1,2