

# Kalkingsplan for Fedje kommune 1995



Steinar Kålås  
Annie Elisabeth Bjørklund  
&  
Geir Helge Johnsen

Rådgivende Biologer AS  
INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

Rapport nr. 186, april 1996.



# Rådgivende Biologer AS

INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

RAPPORTENS TITTEL:

Kalkingsplan for Fedje kommune, 1995.

FORFATTERE:

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

OPPDRAKSGIVER:

Fedje kommune, ved miljøvernleiar Berit Vasstrand, 5133 Fedje

OPPDRAGET GITT:

Februar 1995

ARBEIDET UTFØRT:

1995

RAPPORT DATO:

18.april 1996

RAPPORT NR:

186

ANTALL SIDER:

30

ISBN NR:

ISBN 82-7658-090-4

RAPPORT SAMMENDRAG:

Vannkvaliteten på Fedje er så sur at den i utgangspunktet ikke er egnet for fisk. Den syrenøytraliserende kapasitetene i vassdragene er imidlertid høy, og innholdet av giftig labilt aluminium er lavt, slik at en del av fiskebestandene likevel synes å ha levelige forhold. Dette kan skyldes at et høyt innhold av humusstoffer i kombinasjon med en høy ledningsevne demper virkningen av surheten. Det har vært utført noe kalking på Fedje tidligere, og det er foreslått at en viderefører kalkingsarbeidet i Brørevatna. Dette vassdraget ligger i Fedjemyrene landskapsvernområde.

En bør også tilrettelegge gyteforholdene for fisken i innsjøene på Fedje, slik at en kan få bedret den naturlige rekrutteringen. Da bør en også legge ut kalksteinsgrus i gytebekkene, slik at en sikrer vannkvaliteten. Dette kan gjennomføres mange steder, men i denne planen er innløpsbekkene til begge Aurihopsvatna foreslått.

EMNEORD:

- Forsuringstilstand  
- Fiskestatus  
- Kalkingsplan  
- Fedje 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 Fedje 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 Fedje kommune, og planen er en direkte oppfølging av "Vassdragskalking i Hordaland. Rammeplan 1995-2005" som ble utgitt av Fylkesmannens miljøvernavdeling i 1994. Planen for Fedje 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 Fedje kommune. På grunnlag av den informasjon som her er framkommet, vil det være mulig å få offentlig tilskudd til prioriterte kalkingsprosjekter i Fedje. 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 miljøvernleiar Berit Vasstrand i Fedje, fylkesmannens miljøvernavdeling og Rådgivende Biologer as. Fedje kommune besørget organisering og lokal innsamling av 20 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 bidratt med informasjon vedrørende fiskestatus i Fedje kommune:

*Øyvind Olsnes, Bjørn Andreassen, Helge Flatebø.*

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 miljøvernleiar Berit Vasstrand.

Rådgivende Biologer as. takker Fedje kommune for oppdraget.

Høringsutkastet er datert: Bergen, 25.oktober 1995.

Planen er datert: Bergen, 18.april 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 Fedje i 1995 .....	16
Variasjon i surhet gjennom året .....	17
Oversikt over forsuringstruede områder .....	18
Aluminiumsinnhold i vassdragene .....	19
Syrenøytraliserende kapasitet i vassdragene .....	19
BIOLOGISK TILSTANDSBESKRIVELSE .....	21
Status for innlandsfiskebestander .....	21
Status for anadrome bestander .....	22
Vurdering av forsuringstruede bestander .....	22
Andre ferskvannsorganismer av særlig verdi .....	22
KALKINGSPLANLEGGING FOR FEDJE .....	23
Pågående kalkingsprosjekt i Fedje kommune .....	23
Behov for kalking i Fedje kommune .....	23
Forslag til prioritering .....	23
Kalkingsstrategi for aktuelle prosjekt .....	24
Hvor bør en overvåke .....	25
LITTERATURREFERANSER .....	26
VEDLEGGSTABELLER .....	27
Surhetsdata for Fedje 1994 .....	27
Kart over prøvetakingspunktene .....	28
Status for fiskebestandene .....	29
Kjente utsettinger av fisk .....	30



## LISTE OVER FIGURER

FIGUR 1.1: Modell for sammenheng mellom buffersystem og variasjon i surhet .....	9
FIGUR 2.1: Surhetstilstanden i Fedje kommune i 1995 .....	16
FIGUR 2.2: Fordeling av surhet i innsjøene i Fedje i 1995 .....	17
FIGUR 2.3: Årsvariasjon i surhet i Storevatnet .....	17
FIGUR 2.4: Oversikt over sure områder i Fedje i 1995 .....	18

## LISTE OVER TABELLER

TABELL 1.1: Tålegrenser med hensyn ANC-verdi for laks, ørret og røye .....	12
TABELL 1.2: DN's overordnede prioriteringskriterier for kalkingsmidler .....	14
TABELL 2.1: Arealfordeling av sure områder .....	18
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
TABELL 4.1: Tidligere og pågående kalkingsprosjekter .....	23
TABELL 4.2: Prioritering av kalkingsprosjekter .....	24
TABELL 4.3: Hydrologiske og morfologiske forhold .....	24



## SAMMENDRAG

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

### **NATURGRUNNLAGET**

Berggrunnen i Fedje er dominert av granitt og migmatitt. Dette er sure bergarter, og i kobinasjon med at det er lite løsmasseavsetninger i kommunen, vil Fedje ha liten eller ingen bufferkapasitet mot den sure nedbøren. Kommunen har derfor alltid vært sur, og ble tidlig ytterligere forsuret av sur nedbør. Det kan imidlertid være marine avsetninger i de lavestliggende innsjøene.

### **SURHET**

Hele Fedje kommune er så sterkt påvirket av sure tilførsler at vannkvaliteten i hovedsak er stabilt sur gjennom hele året. Langtransporterte sure tilførsler, samt en kalkfattig og hard berggrunn er sansynligvis hovedårsaken til tilstanden, men tilsig fra store myrområder har også betydning for surhetstilstanden i kommunen. Imidlertid er enkelte vassdrag påvirket av menneskeskapte tilførsler og i slike områder vil vannkvaliteten med hensyn på forsuring være bedre.

Vannkvaliteten på Fedje er generelt sett så sur at den i utgangspunktet ikke er egnet for fisk. Den syrenøytraliserende kapasitetene er imidlertid høy, og innholdet av giftig labilt aluminium er lavt, slik at mange av fiskebestandene likevel synes å ha levelige forhold. Dette kan skyldes at et høyt innhold av humusstoffer i kobinasjon med en høy ledningsevne demper virkningen av surheten.

### **FISK**

Fiskestatusen i 14 innsjøer på Fedje er kartlagt gjennom spørreundersøkelser utført av Norsk Institutt for Naturforskning i 1989 og fulgt opp av Rådgivende Biologer i 1995. I fire av disse innsjøene er det en god eller tett bestand av aure mens halvparten av innsjøene trolig ikke har noen bestand av aure. Fiskens tilstand er ukjent i tre innsjøer. Ifølge spørreundersøkelsen er tettheten av fisk økt i fire, den har gått ned i en, seks bestander er trolig tapt og i to innsjøer er det ikke kjent om det har skjedd endringer i tettheten av fisk. I en innsjø har det trolig aldri vært aure.

### **FISKE**

Det blir ikke solgt fiskekort på Fedje, men grunneiere tillater sportsfiske.



## **KALKING**

Det er ingen pågående kalkingsprosjekt i Fedje kommune som får offentlig tilskudd, men det har vært foretatt kalking i fire av kommunens innsjøer tidligere.

Det har vært nedlagt en del innsats i kultivering og kalking av begge Brørvatna, samtidig som en her ikke vet hvordan fisken har det. Dersom noen innsjøer skal vurderes for videre kultivering/kalking, bør en i første omgang skaffe til veie skikkelig informasjon vedrørende fiskebestandene og deres gyte- og oppvekst-forhold i disse to innsjøene, og så eventuelt iverksette kalking i Vestre Broravatnet som ligger øverst. Denne innsjøen ligger i Fedjemyrene landskapsvernområde.

Generelt sett bør en også vurdere å tilrettelegge gyteforholdene for fisken i innsjøene på Fedje, slik at en kan få bedret den naturlige rekrutteringen. I denne forbindelse bør en legge ut kalksteinsgrus i gytebekkene, slik at en sikrer vannkvaliteten. Dette kan gjennomføres mange steder, men i denne planen er innløpsbekkene til begge Aurihopsvatna foreslått.



# 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 forsuring**: 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 forsuring** 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 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.

## NATURGRUNNLAGET I FEDJE

Berggrunnen i Fedje er dominert av granitt og migmatitt. Dette er sure bergarter, og i kombinasjon med at det er lite løsmasseavsetninger i kommunen, vil Fedje ha liten eller ingen bufferkapasitet mot den sure nedbøren. Kommunen har derfor alltid vært sur, og ble tidlig ytterligere forsuret av sur nedbør. Det kan imidlertid være marine avsetninger i de lavestliggende innsjøene.





Berggrunn, jordsmonn, løsmasseavsetninger og marine avsetninger har avgjørende betydning for vannkvaliteten i et vassdrag. Etersom 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.

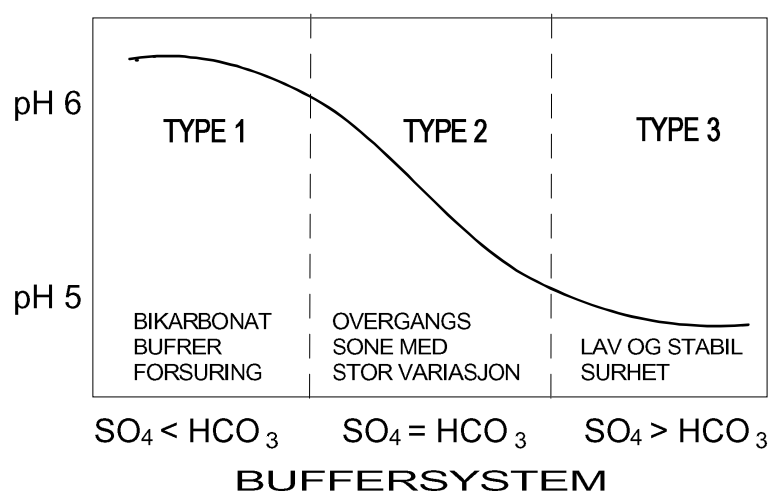
Berggrunnen i Fedje består av bergarter som forvitrer relativt sakte og dette gjør at innsjøene i kommunen trolig har en dårlig bufferevne mot sure tilførsler. Imidlertid er kommunen lavtliggende, trolig med en del marine avsetninger enkelte steder, slik at vannkvaliteten derfor vil kunne være noe bedre enn berggrunn og jordsmonn for øvrig skulle tilsi.

### VARIERENDE BUFFERSYSTEM

Naturgrunnlaget i Fedje er trolig relativt likt i hele kommunen, men vi tar likevel med litt av teorien om naturgrunnlag og buffersystemer her. Ulikt naturgrunnlag 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.

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).

*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 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

Fedje 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 40 liter pr. sekund pr. km<sup>2</sup> (NVE 1987), vil derfor våtavsetningen av forsurende stoffer i Fedje være lavere enn i de fleste andre kommuner,- forutsatt at konsentrasjonene av disse stoffene i nedbøren er tilnærmet lik i hele fylket. Innen Fedje 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 buffre 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 Fedje, der nedslagsfeltene ligger lavt, er vassdragene vanligvis surest på vinteren og minst sure om sommeren (Johnsen og Kambestad 1994).

## SJØSALTEPISODER

Kystnære områder som Fedje 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 Fedje 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 Fedje 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 Fedje (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 sjøsaltilførsler 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.

*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

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).

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 forsurening, slik at kalking av gytebekker ofte er viktigere enn kalking av innsjøer der den voksne fisken lever. Røye er innsjøgytende, og røyeungelen er derfor ikke like utsatt for varierende vannkvalitet og dermed surstøteperioder som ørretyngelen.

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 FORSURINGSTRUEDE 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 framtreende 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" forsurede 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. Helikopteralking er dyrere enn kalking av innsjøer som ligger langs vei, og elvekalking med doseringsanlegg er mer kostbare enn innsjøalking 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 forsurrende 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 forsurrede vassdrag også etter år 2010.



Statistiske 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. Rammepåplanen 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 forsurete 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 forsurede områder faktisk er på bedringens vei, i tråd med det de statistiske teoretiske modellene antar. Men det gjenstår mye videre arbeid 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**

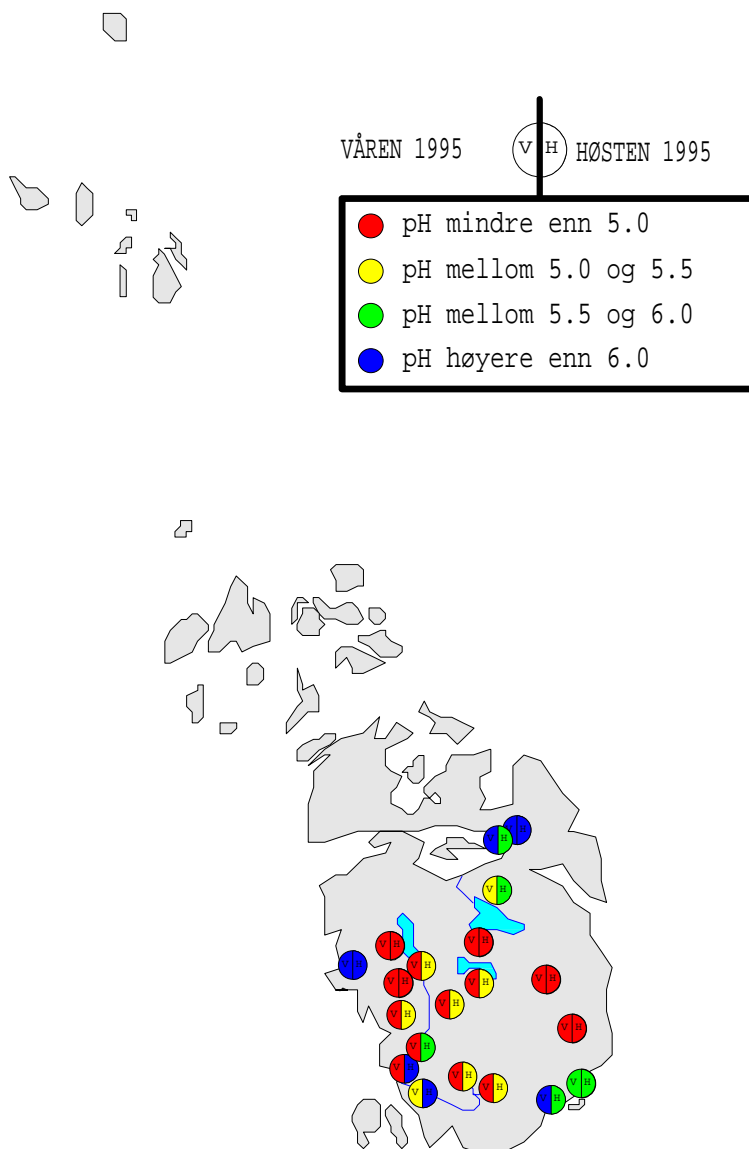
Kalking er et egnet virkemiddel der forsuring er årsaken til reduksjonene i fiskebestandene. I de innsjøer der også andre forhold skaper problemer for fiskebestandene, vil ikke kalking nødvendigvis være løsningen. I mange innsjøsystem kan det være oppvandringshindre som demninger eller veibygging, som 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 Fedje kommune

I hele Fedje kommune var vassdragene sterkt sure ved prøvetakingene våren og høsten 1995 med pH-verdier rundt 5,0 (figur 2.1). Bare lokaliteter som enten var sterkt landbruks- eller kloakkpåvirket eller sterkt sjøpåvirket, hadde en god pH.



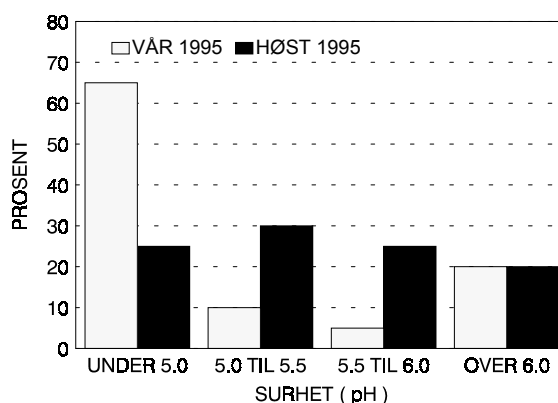
FIGUR 2.1: Surhetsmålinger i Fedje kommune, basert på pH-målinger fra 20 prøver våren og høsten 1995. Alle enkeltmålingene er presentert i vedleggstabell 1 bakerst i denne rapporten. Prøvene er samlet inn i regi av miljøvernleiar Berit Vasstrand.





Hele 65 % av lokalitetene i Fedje hadde pH under 5,0 ved prøvetakingen våren 1995, mens bare 25 % hadde pH over 5,5 ved samme tidspunkt (figur 2.2). Lokaliteter med høy pH ved begge målinger var Øvre - og Nedre Vassivarvatn, to små bekker ved Storemark og et tjern like ved sjøkanten vest i kommunen (vedleggstabell 1). Sistnevnte hadde et høyt innhold av sjøvann og de andre er sterkt kloakk/landbrukspåvirket, og hadde derfor høyere pH enn upåvirkede lokaliteter.

FIGUR 2.2: Fordeling av surhet i de 20 innsjøene i Fedje som ble undersøkt våren og høsten 1995 (se kartet i figur 2.1).

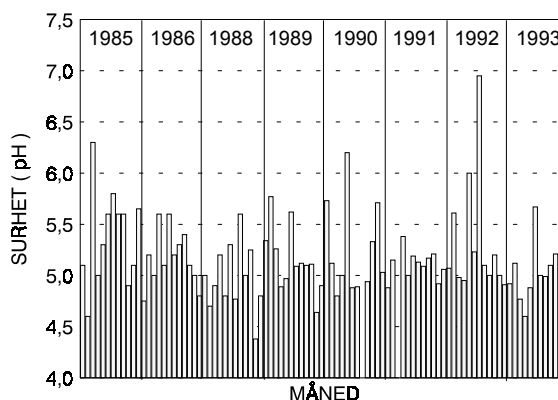


## VARIASJON I SURHET GJENNOM ÅRET

I Fedje viser årsvariasjonen i surhet i vassdragene et mønster som er vanlig i kystkommunene i Hordaland, der en de siste årene har hatt de sureste periodene på vinteren/våren (figur 2.3). De beste periodene har vært på sommeren og høsten. Dette mønsteret kommer også tydelig fram i målingene i forbindelse med denne undersøkelsen (figur 2.2).

Storevatnet er Fedjes eneste drikkevannskilde, og råvannkilde for Fedje vannverk. Vannkilden er meget sur med pH-verdier rundt 5,0 (figur 2.3), men har enkelte perioder med en bedre vannkvalitet. Berggrunn og jordsmonn i Fedje gir et dårlig naturgrunnlag med hensyn på forsuring, og bikarbonatbuffer-systemene i innsjøen er stort sett "brukt opp", slik at det er lite eller ingen bufferkapasitet igjen. Imidlertid vil nærheten til sjø, med stor påvirkning av sjøsalter, ikke bare i nedslagsfeltet men også direkte på den relativt store innsjøoverflaten hele året, kunne føre til slike store variasjoner i vannkvaliteten. Innsjøen har imidlertid et høyt fargetall og tilsig fra myr er trolig også en viktig faktor for surhetsnivået i innsjøen.

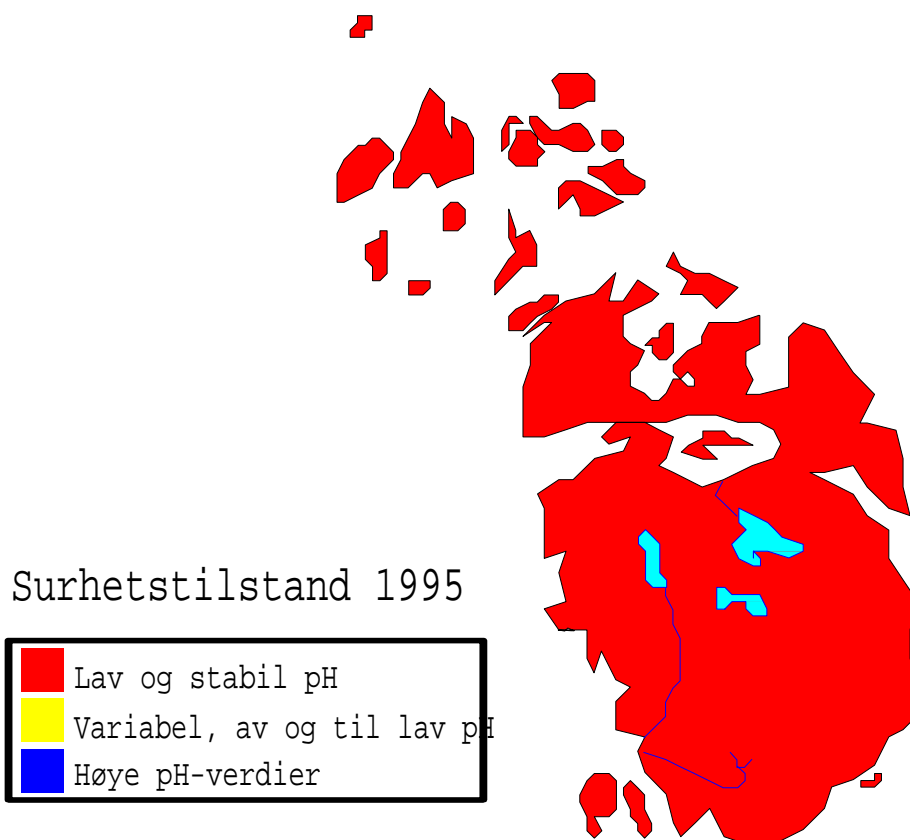
FIGUR 2.3: Årsvariasjon i surhet i Storevatnet i Fedje. Innsjøen er imidlertid ikke helt typisk for en sur innsjø med relativt liten årsvariasjon (bufferstype type 3). Målingene er rutinemessig utført av Næringsmiddeltilsynet for Nordhordaland og Gulen på råvann fra drikkevannskildene.





## OVERSIKT OVER FORSURINGSTRUEDE OMRÅDER

Hele Fedje kommune er så sterkt sur at vannkvaliteten i hovedsak er stabilt sur hele året (figur 2.3). Langtransporterte sure tilførsler, samt en kalkfattig og hard berggrunn er sannsynligvis hovedårsaken til tilstanden, men tilsig fra store myrområder har også betydning for surhetstilstanden i kommunen. Imidlertid er enkelte vassdrag påvirket av menneskeskapte tilførsler, og i slike områder vil vannkvaliteten med hensyn på forsuring være bedre.



*Det røde området har pH-verdier stabilt rundt og under 5.0 (buffersystem type 3). 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 100 % sterkt preget av forsuring (tabell 2.1).

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

TOTALT AREAL	IKKE SURT	MODERAT SURT	STERKT SURT
9 km <sup>2</sup>	0 km <sup>2</sup>	0 km <sup>2</sup>	9 km <sup>2</sup>



Tabell 2.1 viser og kartet i figur 2.4 viser hvor store områder i kommunen som er preget av forsurening. 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 Fedje kommune, basert på arealfordelingen i tabell 2.1. og figur 2.4

FORSURET AREAL ( km <sup>2</sup> )	AVRENNING ( l/s/km <sup>2</sup> )	SNITT pH	KALKBEHOV (g CaCO <sub>3</sub> / m <sup>3</sup> )	TONN CaCO <sub>3</sub>
Sterkt forsuret: 9 km <sup>2</sup>	40	5,0	4,0	45

## ALUMINIUMSINNHOOLD VASSDRAGENE

Innholdet av totalaluminium er undersøkt i Storevatnet og Langevatnet. Innholdet av labilt aluminium var lavt i begge innsjøene, men mengden reaktivt aluminium i Storevatnet var så høyt at det kan medføre problemer for fisk dersom den reaktive aluminiumen går over til labilt aluminium (tabell 2.3). Langevatnet har også perioder med et høyere innhold av labilt aluminium; i Mongstadundersøkelsene av Langevatnet var høyeste registrerte mengde labilt aluminium på 35 g/l høsten 1990 (Traaen 1992).

TABELL 2.3: Surhet, fargetall og innhold av aluminium i to vannprøver fra Fedje kommune. Prøvene er tatt 27. mai 1995 av miljøvernleiar Berit Vasstrand 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
Storevatnet (21)	5,03	93	55	40	5
Langevatnet (8)	4,64	66	25	20	5

## SYRENØYTRALISERENDE KAPASITET I VASSDRAGENE

Vassdragenes syrenøytraliserende kapasitet (ANC) ble også undersøkt i Storevatnet og Langevatnet. Ved prøvetakingen 27. mai 1995 var ANC høy i begge med verdier på henholdsvis 45 : ekv/l og 74 : ekv/l (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. Årsaken til de høye ANC-verdiene kan være sjøsaltpåvirkning fordi innholdet av natrium var meget høyt.

Alkaliteten i innsjøene var meget lav (tabell 2.4), og viser at de er meget følsomme for ytterligere forsurening i periodene med store mengder sure tilførsler eller stor sjøsaltpåvirkning.



*TABELL 2.4: Vannkjemiske målinger og beregnede ANC-verdier fra Fedje kommune. Prøvene er samlet inn 27. mai 1995 av miljøvernleiar Berit Vasstrand 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	SO <sub>4</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> : g N/l	ANC : ekv/l
Storevatnet (21)	< 0,02	1,47	1,91	0,77	18,6	31,9	4,9	120	45
Langevatnet (8)	< 0,02	0,86	1,85	0,82	20,3	33	4,3	< 10	74

#### KONKLUSJON

Vannkvaliteten på Fedje er generelt sett så sur at den ikke er egnet for fisk. Den syrenøytraliserende kapasitetene er imidlertid høy, og innholdet av giftig labilt aluminium er lavt, slik at fiskebestandene likevel synes å ha levelige forhold. Dette kan skyldes at et høyt innhold av humusstoffer i kombinasjon med en høy ledningsevne demper virkningen av surheten.



### 3: Biologisk tilstand i Fedje kommune i 1995

#### STATUS INNLANDSFISKEBESTANDER

Fedje kommune har knapt 20 innsjøer, og bare en av disse er større enn 50 da. Det samlede ferskvannsarealet i kommunen er knapt 500 da (Nordland 1983).

Fiskestatusen i 14 innsjøer på Fedje 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 forekomster av aure, Kanadisk bekkerøye, regnbueaure og ål. Stingsild og ål finnes trolig i de fleste innsjøene på Fedje, mens Kanadisk bekkerøye finnes i noen innsjøer etter utsetninger (vedleggstabell 3). Det er likevel ikke sannsynlig at særlig mange av disse har overlevd fram til i dag.

I fire av innsjøene er det en god eller tett bestand av aure og syv innsjøer har trolig ikke aure. Aurestatusen er ukjent i tre innsjøer. Ifølge spørreundersøkelsen er tettheten av fisk økt i fire, den har gått ned i en, seks bestander er trolig tapt og i 2 innsjøer er det ikke kjent om det har skjedd endringer i tettheten av fisk. I en innsjø har det trolig aldri vært aure.

I de fleste innsjøene på Fedje er det ikke kjent om det finnes egnede gyteområder for aure, men generelt er gyteforholdene dårlige de fleste steder. Grunnen til dette er at inn- og utløpsbekker renner gjennom myrlandskap uten egnet gytesubstrat i bunnen, eller at bekkene har grodd til og gyteområder blitt borte.

Det er satt ut fisk i mange innsjøer på Fedje. Siden 1983 er det en eller flere ganger satt ut Kanadisk bekkerøye i 12 innsjøer, aure i fem innsjøer og regnbueaure i en innsjø på Fedje (vedleggstabell 3).

Det blir ikke solgt fiskekort på Fedje, men grunneiere tillater sportsfiske.

Som en del av arbeidet med kalkingsplanen for Fedje kommune ble gyteområder for aure i en del vassdrag undersøkt ved elektrofiske 16/5-95. Tre bekker/elver som hadde egnede gyte og oppvekstforhold for aure ble undersøkt :

- Bekk mellom øvre (5) og nedre (4) Aurihopsvatn
- Innløpet til øvre Aurihopsvatnet (5)
- Utløp fra Hammarsvatnet (6).

I bekken mellom øvre og nedre Aurihopsvatnet ble et område på 10 m<sup>2</sup> overfisket og det ble funnet to aure (9,4 og 10 cm). I innløpet til øvre Aurihopsvatnet ble et område på 64 m<sup>2</sup> overfisket og 5 aure ble fanget. En var årsyngel på 2,4 cm, tre var ettåringer på 7,3 til 8,7 cm og den siste var en eldre fisk på 15,5 cm. Utløpet av Hammarsvatnet hadde også små flekker med bunns substrat som var egnet for gyting, men ingen aure ble funnet her. Det ble også funnet en del ål i alle bekkene.

Utløpet av nedre Vassivarvatnet (20), Storavatnet, utløpene av begge Brørevatna (7) og utløpet av Langavatnet ble også undersøkt, men ingen egnede gytsteder for aure ble påvist.



## STATUS ANADROME BESTANDER

I de vassdrag der fisk har mulighet til å vandre opp fra sjøen forekommer det oppgang av sjøaure, men det finnes ingen opplysninger om mengder eller om det har vært endringer i oppvandring.

## VURDERING AV FORSURINGSTRUETDE BESTANDER

De fleste innsjøene på Fedje er meget sure og har dårlige gyteforhold. Bestander av aure er tapt i minst halvparten av innsjøene og gode bestander finnes kun i Aurihopsvatna og Langavatnet. Bestandene av fisk i mange av innsjøene finnes eller har funnes grunnet utsettinger. Det er ikke trolig at det finnes særlig mange aurestammer i innsjøer på Fedje som har vært her over lang tid. I vassdraget til Aurihopsvatna ble det funnet årsyngel og ungfisk av aure, og det er dermed bekreftet at fisk reproducerer her selv om innsjøene er meget sure. For å få selvrekutterende bestander av aure i innsjøer på Fedje er det ikke tilstrekkelig bare å kalke. Gyteområder må også forbedres.

## ANDRE FERSKVANNSORGANISMER AV SÆRLIG VERDI

Frosk og padde finnes ikke og det er ikke kjent at registreringer av virvelløse ferskvannsorganismer er utført på Fedje.



## 4: Kalkingsplanlegging i Fedje

### PÅGÅENDE KALKINGSPROSJEKT

Det er ingen pågående kalkingsprosjekt i Fedje kommune som får offentlig tilskudd, men det har vært foretatt kalking i fire av kommunens innsjøer tidligere (tabell 4.1).

*TABELL 4.1: Tidligere og pågående kalkingsaktivitet i Fedje kommune. Opplysningene er hentet fra spørreskjemaene vedrørende med fiskestatus innhentet i forbindelse med denne planen.*

LOKALITET	UTM	PERIODE	MENGDE	METODE	PR. KLASSE
Nordre Fedjebjønnstj.	KN 677 444	mars 1988	60 kg	innsjø	
Vestre Brørevatna	KN 671 446	mars 1988	75 kg	innsjø	
Austre Brørevatna	KN 673 446	mars 1988	175 kg	innsjø og terreng	
Langevatnet	KN 666 434	1988	?	Fra lufta	

### BEHOV FOR KALKING I FEDJE

I Fedje peker det seg ikke ut noen klare kalkingsobjekter. De fleste innsjøene på Fedje er meget sure og har dårlige gyteforhold. I følge de innhentede opplysningene er bestanden av aure er tapt i minst halvparten av innsjøene, mens der forholdene for gyting for øvrig er gode påstås det også at det er gode bestander. Det har vært drevet med omfattende fiskeutsettinger i kommunen, slik at det sannsynligvis ikke finnes særlig mange aurestammer i innsjøer på Fedje som har vært her over lang tid.

For å få selvrekrutterende bestander av aure i innsjøer på Fedje er det ikke tilstrekkelig bare å kalke. Gyteområdene må også forbedres. Utlegging av kalksteinsgrus i forbindelse med tilrettelegging for gytemuligheter er aktuelt i mange innsjøer.

### 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). I tabell 4.2 er mulige slike konflikter markert. Dette betyr imidlertid ikke at kalking er utelukket disse stedene, men at Fylkesmannen må foreta en overordnet og nøyere vurdering før kalking eventuelt kan iverksettes.

### FORSLAG TIL PRIORITERING

Det har vært nedlagt en del innsats i kultivering og kalking av begge Brørevatna, samtidig som en her ikke vet hvordan fisken har det. Dersom noen innsjøer skal vurderes for videre kultivering/kalking, bør en i første omgang skaffe til veie skikkelig informasjon vedrørende fiskebestandene og deres gyte- og oppvekst-forhold i disse to innsjøene.



Utlegging av kalksteinsgrus i forbindelse med tilrettelegging for gyte- og oppvekstvilkår, er aktuelt mange steder. Denne typen tiltaks beskjedne omfang, og det at dette må sees i sammenheng med andre tilretteleggingstiltak, gjør at dette må vurderes utenfor rammen av denne kalkingsplanen. En kan likevel med fordel vurdere dette i forbindelse med bekkene inn til begge Aurihopsvatna.

*TABELL 4.2: Omtale av kalkingsprosjekter i Fedje med oversikt over prioriteringsgrunnlaget. SURHETSSTATUS er klassifisert som 1=stabil surt (rødt område på kartet i figur 2.4), FISKESTATUS er klassifisert som 1=redusert bestand, 2=utdødd bestand og 3=god bestand. ANTATT BRUK antyder potensiale for framtidig utnyttelse som antall fiskedøgn årlig, 1= over 100 døgn, 2 = opp til 100 døgn, 3= opp til 50 døgn og 4= 10 døgn eller mindre. DN prioriteringene går fra 1-6 (se side 15). KONFLIKT dekker opp både verneinteresser, drikkevannskilde, og eventuelt andre bruks- eller eierinteresser. KOST/NYTTE-EFFEKT er klassifisert fra 1 = meget høy til 5 = meget lav.*

STED	Kalket før	Surhet status	Fiske status	Antatt bruk	DN-prioriter	Konflikt	Kost / nytte	TOTAL PRIOR.
Brørevatn-vassdrag	Ja	1	?	3	2	Ja 1)	1	1

1) Ligger i "Fedjemyrane" Landskapsvernområde

Med dagens prioriteringskriterier for bruk av offentlige kalkingsmidler vil det ikke være aktuelt å prioritere kalking av innsjøer der fiskebestandene i utgangspunktet er tapt. Disse innsjøene er derfor ikke med i den videre prioritering eller prosjektering i denne planen. Det må imidlertid understrekes at kalking i lokal regi i forbindelse med fiskeutsetting ofte kan være av stor nytte for bedring av de lokale fiskemulighetene. En må derfor vurdere de her omtalte prioriteringene på dette grunnlaget, slik at en ikke uten videre utelukker tiltak i innsjøer som er omtalt men lavt prioritert.

## KALKINGSSTRATEGI FOR NYE PROSJEKT

De to Brørevatna kalkes best ved oppkalking av det øverste,- Vestre Brørevatnet. Det vil også gi effekt både i bekken mellom innsjøene og i den nederste innsjøen.

I tabell 4.3 er det foretatt grove kalkberegninger basert på anslag over innsjøvolum og tilrenning, med benyttet kalkdosering i henhold til kalkingshåndboken (DN 1990). Ved eventuell iverksetting av kalking må en derfor foreta nærmere og mer nøyaktige beregninger. Kalkbehovet er beregnet i tonn  $\text{CaCO}_3$  basert på et behov på  $4,0 \text{ gram CaCO}_3 / \text{m}^3$  for tilrenning og førstegangskalking av innsjøen, mens det for gjenkalking av innsjøvolumet er regnet  $1,0 \text{ gram CaCO}_3 / \text{m}^3$ . Gjenkalkingsmengdene er fordelt på årlige mengder, slik at innsjøer som kalkes sjeldnere er ført opp med sin årlige andel av kalkingsmengden.

*TABELL 4.3. Hydrologiske og morfologiske forhold knyttet til Vestre Brørevatnet. Areal og nedslagsfelt er hentet fra kartverkets M-711-serie i målestokk 1:50.000, gjennomsnittsdyp er anslått, mens avrenning er hentet fra NVEs avrenningskart (NVE 1987). Beregning av kalkbehov er utført i henhold til kalkingshåndboken (DN 1990),- se for øvrig teksten. Første tallet er behov ved førstegangskalking mens det andre er for gjenkalking. Innsjøene må her kalkes årlig*

STED	Areal $\text{km}^2$	Snittdyp meter	Volum mill. $\text{m}^3$	Nedslagsfelt $\text{km}^2$	Avrenning l / s / $\text{km}^2$	Tilrenning mill. $\text{m}^3 / \text{år}$	Kalkbehov tonn
Vestre Brørevatnet	0,021	5	0,1	0,07	40	0,09	0,8 / 0,5





## 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.

I Fedje kommune er vannkvaliteten generelt dårlig, slik at en kan forvente foruringskader. En bør derfor jevnlig følge opp tilstanden i de fiskebestandene der det fremdeles er naturlig rekruttering. Videre bør en tilrettelegge for at også andre fiskebestandene får mulighet til egenrekruttering, ved tilrettelegging av både gyte- og oppvekstvilkår.



## LITTERATURREFERANSER

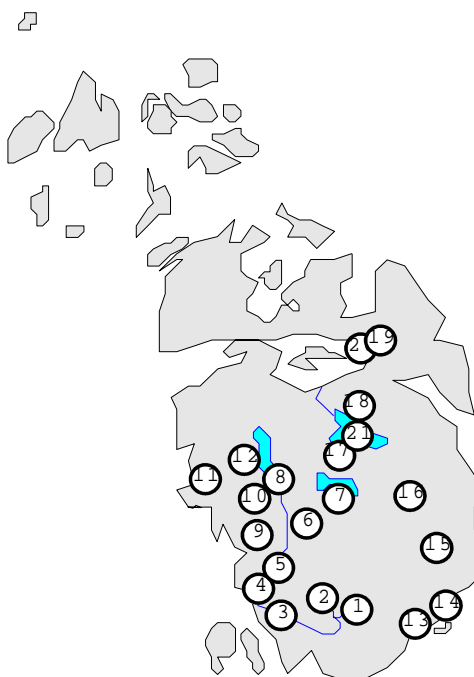
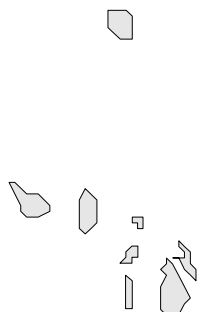
- BJØRKLUND, A., G.H.JOHNSEN, A.KAMBESTAD & Å.ÅTLAND 1992. Vannkvalitet og vannforsyning. Konsekvensutredninger for Saudautbyggingen. Rådgivende Biologer rapport nr. 72, 228 sider.
- HENRIKSEN, A., L.LIEN, T.S.TRAAEN & S.TAUBØLL 1992. Tålegrenser for overflatevann - Kartlegging av tålegrenser og overskridelser 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. Forseringsstatus 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.
- LURA, H. & S. KÅLÅS. 1994. Ferskvassfiskane si utbreiing i Sogn og Fjordane, Hordaland og Rogaland. Zoologisk museum, Universitetet i Bergen. 59 sider.
- MASON, C.F. 1991. Biology of fresh water pollution. Longman Scientific & Technical, N.Y. 351 sider.
- NORDLAND, J. 1983. Ferskvassfiskeresursane i Hordaland. A.s. Centraltrykkeriet Bergen. 272 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. Miljørelaterede tilstander. Side 279-287 i: T.T.Poppe (red.): Fiskehelse, sykdommer, behandling, forebygging. John Grieg Forlag, 422 sider
- ROSSELAND, B.O., I.A.BLAKEAR, 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.
- VASSHAUG, Ø. & H. GRØNDAHL. 1990. Overvåking av lakseparasitten Gyrodactylus salaris i Hordaland fylke i 1989. Fylkesmannen i Hordaland, rapport nr. 3/90. 80 sider.
- 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 Fedje kommune. Prøvetakingsstedets nummer henviser til vedleggskart nr. 1, og er det samme som benyttes ved omtale av fiskebestandsstatus. Ledningsevne er oppgitt i mS/m. Analysene er utført av Rådgivende Biologer as.*

NR	PRØVETAKINGSSTED	HØYDE (moh)	KOORD (UTM)	24.+27.2.95		29.8.95	
				pH	LED	pH	LED
1	Sengsvatnet, utløp	8	KN 672 434	4,73	30	5,00	14
2	Småseingsvatnet, "	10,5	KN 671 434	4,74	32	5,42	16
3	Bekk fra Sekkjedalstjødna	2	KN 666 434	5,10	31	6,63	22
4	Nedre Aurihopsvatn, utløp	1	KN 664 437	4,91	45	6,57	84
5	Øvre Aurihopsvatn, "	1,5	KN 665 437	4,72	21	5,60	11
6	Hammarvatnet, "	11,5	KN 669 439	4,66	19	5,21	11
7	Brørevatna	13	KN 671 444	4,68	20	5,13	13
8	Langevatnet, "	16,5	KN 666 446	4,73	21	5,20	14
9	Vassviktjødna, "	7	KN 664 441	4,80	23	5,38	15
10	Kroken, utløp mot Vassviktj.	18	KN 665 443	4,66	23	4,98	15
11	Tjønn sv for trigpt. 34 moh	3,3	KN 659 446	6,63	304	6,60	220
12	Tjønn u/navn, vest for Langev.	20,3	KN 663 449	4,59	26	4,54	19
13	Bekk, vest for kai v. Storemark	1	KN 678 433	6,01	27	5,89	18
14	Bekk, øst for kai v. Storemark	1	KN 680 434	5,81	28	5,97	20
15	Søndre Fedjebjørntjødn, utløp	21,5	KN 678 441	4,75	22	4,98	15
16	Nordre Fedjebjørntjødn, utløp	22,5	KN 677 444	4,86	17	4,96	11
17	Storevasstjødna, utløp	12,5	KN 671 448	4,52	19	4,71	12
18	Grønevasstjørna, utløp	13	KN 672 453	5,40	18	5,62	14
19	Øvre Vassivarvatn, utløp	10,5	KN 676 458	6,70	17	6,33	13
20	Nedre Vassivarvatn, utløp	7,5	KN 675 457	6,55	18	5,67	12



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



**VEDLEGGSTABELL 2:** Status for ferskvannsfiskeressursene i Fedje kommune. **Status:** 1=god/overbefolket, 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, KB=Kanadisk Bekkerøye. **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
4	NedreAurihopsvatnet	KN 664 437	1	1			G	<50	KB,Å	1	1, 2
5	Øvre Aurihopsvatnet	KN 666 437	1	1			G	<50	KB,Å	1	1,2
(7)	Austre Broravatn	KN 673 446	5	5			U	<50	KB	1	1,2
(7)	Vestre Broravatn	KN 671 446	5	5			U	<50	KB	1	1,2
16	Nordre Fedjebøtjørn	KN 678 444	3	4			D	få	KB	1	1,2
18	Grønevasstjødn	KN 672 453	3	4			U	0		1	1
6	Hammarsvatn	KN 669 441	5	3			U	<50	KB	1	1,2
8	Langavatnet	KN 665 446	1	1			U	30	KB,Å	1	1,2
10?	Langavasskroken	KN 664 443	3	4			D	få	KB	1	1,2
1	Sengsvatn	KN 673 434	3	4			U	<10	KB	1	1,2
2	Småseingsvatnet	KN 671 434					U	få	KB	1	1
	Storavatn	KN 672 453	1	1			U	U	KB	1	1,2
20	Nedre Vassvarivatn	KN 676 457	3	4			U	0	KB	1	1,2
19	Øvre Vassivarvatn	KN 677 458	3	4			U	U	KB	1	2



VEDLEGGSTABELL 3. Kjente utsettinger av fisk i innsjøer på Fedje. Nr. viser til innsjønummer i vedleggstabell 1.

NR	INNSJØ	KOORDINAT	DATO	ART	ANTALL
18	Ø. Aurihopsvatnet	KN 666 437	oktober 1983	Kan. bekkerøye	50
(7)	Vestre Brørevatnet	KN 671 446	1985+86	aure	45 + 50
			1983+87	Kan. bekkerøye	150 + 170
(7)	Austre Brørevatnet	KN 673 446	1985+86	aure	45 + 45
			1983+87	Kan.bekkerøye	75 + 50
16	N. Fedjebjørntjødn	KN 678 444	1987	Kan. bekkerøye	40
18	Grønevasstjødn	KN 672 453	40-50 åra	aure	?
6	Hammarsvatn	KN 669 441	oktober 1983	Kan. bekkerøye	50
			okt. 1983+1986	aure	45 + 80-100
10	Kroken	KN 665 443	oktober 1983	Kan. bekkerøye	10
8	Langevatnet	KN 665 446	1983 + 1987	Kan. bekkerøye	100 + 150
			30-åra + 1985 + 86	aure	? +70 +150-200
1	Sengsvatnet	KN 673 434	1983+1987	Kan. bekkerøye	20 + 62
	Storavatnet	KN 672 453	30-åra+1985+1986	aure	? + 50 + 60
			oktober 1983	Kan. bekkerøye	50
			høst 1987	regnbueaure	25
2	Småsengsvatnet	KN 671 434	oktober 1983	Kan. bekkerøye	20
20	Nedre Vasslivatn	KN 676 457	1940	aure	?
			1987	Kan. bekkerøye	15
19	Øvre Vasslivatn	KN 677 458	1983+1987	Kan. bekkerøye	15+15