

# **EFFEKTER AV KORALLGRUSKALKINGER**

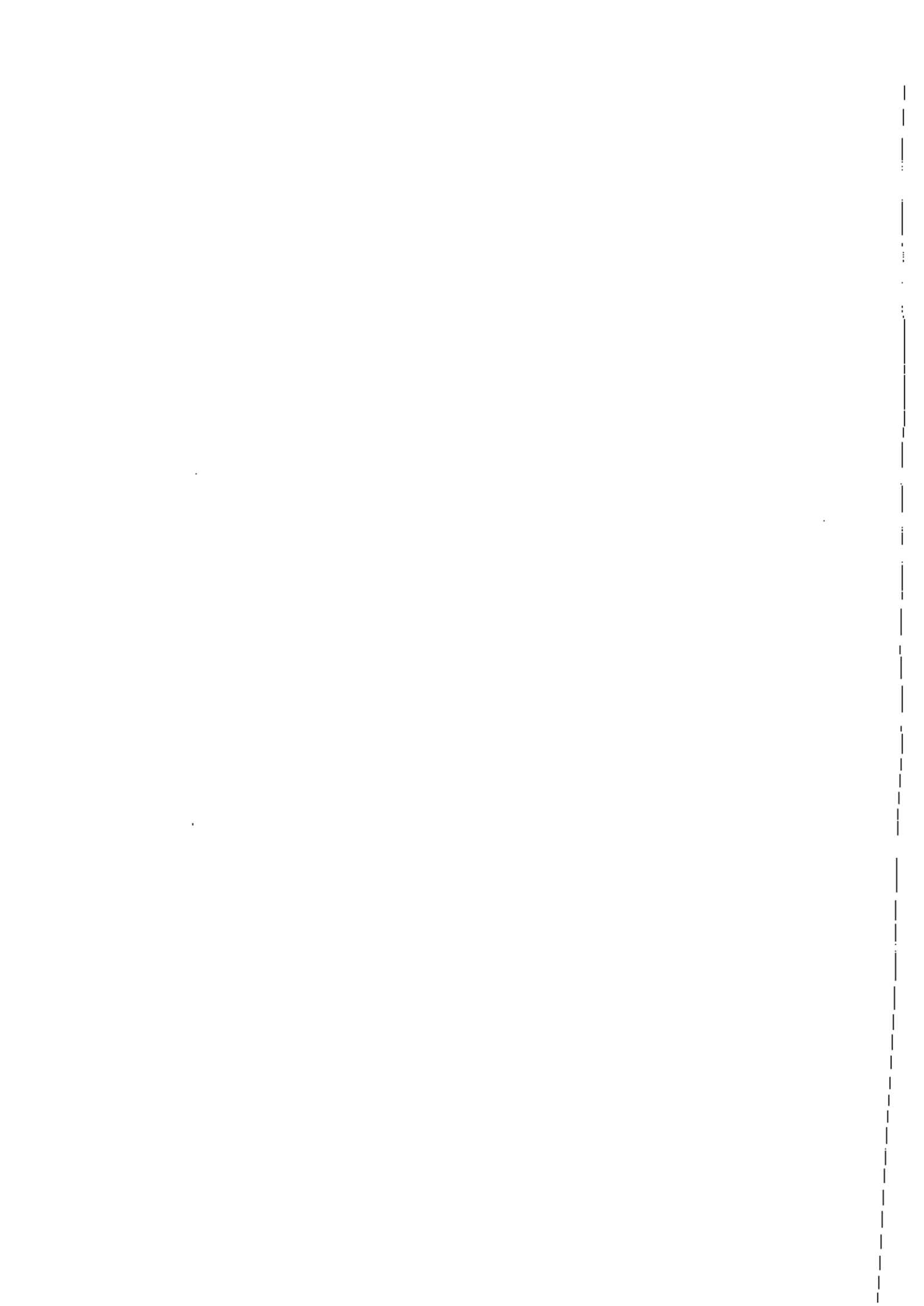
Undersøkelsen er gjennomført som et samarbeidsprosjekt  
mellom  
Akershus Jeger- og Fiskerforbund  
og  
Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Miljøvernavdelingen.

Rapporten er utarbeidet  
av  
Akershus Jeger- og Fiskerforbund  
ved  
Helge B. Pedersen, Bjørn Otto Dønnum og Bjarne Oppegård

ISBN 82-91143-15-3

**Effekter av  
korallgruskalkinger**

Desember 1995



# Forord

Forsuring av vann og vassdrag er et av de største miljøproblemene våre. Problemet kan bare løses gjennom internasjonale avtaler om reduserte utslipp av forsurende stoffer. Inntil utslippene reduseres i tilstrekkelig grad, må inndertid vassdragene kalkes for å hindre fiskedød og generell utarming av det biologiske mangfoldet i ferskvann.

Kalking av innsjøer har vært viet stor forskningsmessig oppmerksomhet, og meget gode metoder finnes i dag. Kalking av fiskens gytebekker har vært viet langt mindre oppmerksomhet, og metodene er i dag mangelfulle. En forutsetning for å gjenskape og opprettholde naturlig reproduksjon av ørret, harr, sik og andre bekkegytende arter, er at bekkene har tilfredsstillende vannkvalitet.

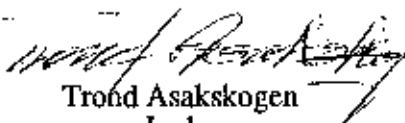
Akershus Jeger- og Fiskerforbund har derfor tatt initiativet til denne undersøkelsen. Hensikten har vært å systematisere erfaringene fra bekkalkingene i Akershus, som et bidrag til en bedre og mer optimal kalking av våre gytebekker. I tillegg til å kalke ovenforliggende vann, er det i all hovedsak korallgrus som de siste årene har vært benyttet til å avsyre bekker i Akershus. Denne undersøkelsen er derfor kun knyttet opp mot effekter av korallgrus, selv om det også finnes andre metoder å avsyre bekker på.

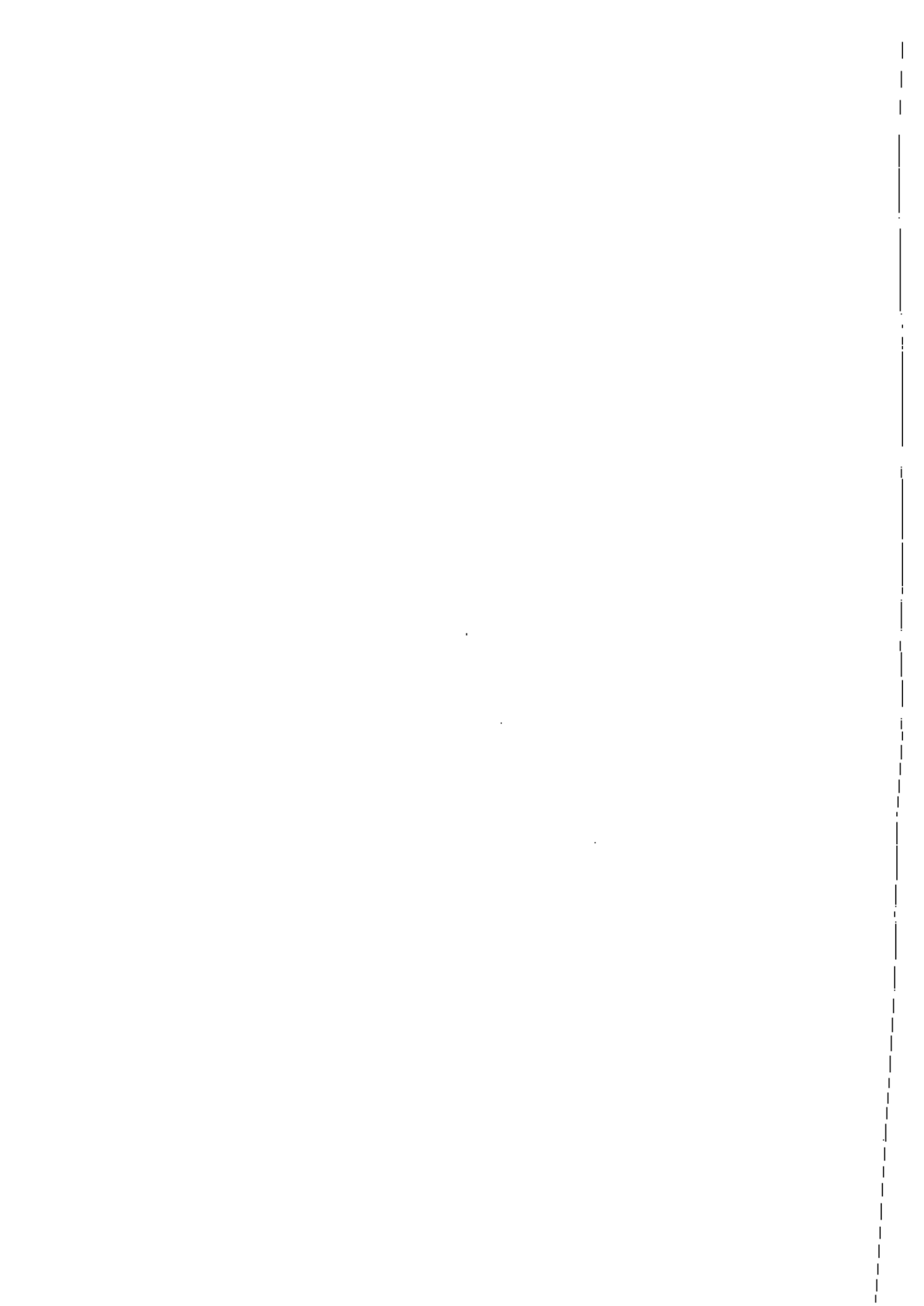
Denne undersøkelsen er en videreføring av et prosjekt som ble gjennomført i 1992 av Akershus Jeger- og Fiskerforbund i samarbeid med Akershus fylkeskommune. Resultatene fra prosjektet i 1992 er publisert i rapporten "Praktiske erfaringen med korallgruskalkinger".

Undersøkelsen er gjennomført i nært samarbeid med Fylkesmannen i Oslo og Akershus, miljøvernavdelingen. Akershus Jeger- og Fiskerforbund vil takke Akershus fylkeskommune og Fylkesmannen i Oslo og Akershus som gjennom økonomisk støtte gjorde undersøkelsen mulig.

Naunestad, desember 1995

**Akershus Jeger- og Fiskerforbund**

  
Trond Asakskogen  
Leder



# **Sammendrag**

- **Korallgrus er velegnet til å avsyre bekker, men forholdsvis store mengder er nødvendig.**
- **Effekten av korallgrus som tilføres om høsten, er god også påfølgende vår og sommer.**
- **Det er utarbeidet veiledende anbefalinger både ved førstegangsdosering og rekalking med korallgrus.**
- **Det er dokumentert vellykket gyting i korallgruskalkete bekker.**
- **Endringer av invertebratfaunaen er dels av positiv og dels av negativ karakter. Totalt sett er effektene små.**
- **For å redusere den totale korallgrusmengden bekken trenger, bør det i tillegg vurderes å overdosere ovenforliggende vann, bruke kalkbrønner, kalkdoserer e.l.**

Forrige undersøkelse viste i tillegg at:

- **Korallgrus bør fortrinnsvis plasseres høyt i bekken.**
- **I lange bekker, med relativt lite fall, bør korallgrusen spres flere steder i bekken (f.eks. ett sted pr. km).**
- **I bekker med mye stein, stor stigning, som er brede og grunne, og har liten grad av tilslamming, kan man forvente de beste resultatene.**

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	5
<b>1. Innledning</b> .....	7
<b>2. Egenskaper ved korallgrus</b> .....	8
<b>3. Områdebeskrivelse</b> .....	8
3.1. Generelt.....	8
3.2. Avrenning og pH i nedbør.....	8
<b>4. Opplysninger om de enkelte bekkene</b> .....	10
4.1. Fysiske opplysninger.....	10
4.2. Biologiske opplysninger.....	12
<b>5. Metode og materiale</b> .....	13
5.1. Kalking.....	13
5.2. Vannprøvetaking.....	13
5.3. Beregning av oppløselighet.....	13
5.4. Gytetroper.....	14
5.5. Invertebratinnsamling.....	14
<b>6. Resultater/diskusjon</b> .....	15
6.1. Langtidseffekter.....	15
6.1.1. Sæterbekken.....	15
6.1.2. Kjønnstadseterbekken.....	16
6.1.3. Raudbekken og Bemla.....	16
6.1.4. Konklusjon.....	16
6.1. Anbefalt dosering.....	17
6.1.1. Basert på løslighetsberegninger.....	17
6.1.2. Basert på erfaringer.....	17
6.1.3. Anbefalte mengder med korallgrus.....	19
6.1. Gytting i korallgrus.....	20
6.1. Påvirkning av invertebratfaunaen.....	22
6.1. Andre potensielle effekter.....	25
<b>7. Konklusjon</b> .....	26
<b>8. Litteratur</b> .....	27
<b>Vedlegg</b> .....	29

# 1. Innledning

Forsuring av innsjøer, elver og bekker med påfølgende fiskedød er et stort problem. I Akershus har det skjedd en reduksjon i 21 prosent av de opprinnelige bestandene av de vanligste fiskeartene (og kreps). I tillegg er ca. 10 prosent av de opprinnelige bestandene forsvunnet helt (Pedersen m.fl. 1990). Ørret og røye er de fiskeartene som er hardest rammet. Begge har hver for seg blitt redusert eller gått tapt i mer enn 50 prosent av de opprinnelige bestandene i Akershus.

I de fleste innsjøer med forsuringsproblemer viser undersøkelser at årsaken til utdøde fiskebestander skyldes mangel på reproduksjon (Jensen & Snekvik 1972, Rosseland m.fl. 1980). Ørret i innsjøer og tjern vil oftest gyte i innløpsbekker (Borgstrøm & Hansen 1987). Det viktigste tiltak for å få tilbake gode ørretbestander synes dermed å være heving av pH i gytebekkene.

Av biologiske årsaker, er restaurering av gytebekker langt å foretrekke framfor stadige utsetninger av fisk. Utsetting av fisk vil alltid medføre en viss risiko for negative konsekvenser gjennom overføring av sykdomsframkallende agens, parasitter og utarming av det genetiske mangfold.

Kalking av gytebekker har vært prøvd i lengre tid med ulike metoder (Sømme 1941, Gunn & Keller 1980, Rosseland & Skogheim 1984a, Abrahamsen & Matzow 1984, Rosseland m.fl. 1984, Skogheim m.fl. 1986, Kalkingsprosjektet 1985). Bruk av kalksingel gir i liten grad forbedring over tid. Forholdene nede i grusen vil kunne forbedres, men der fisken står i noe lengre tid vil vannkvaliteten ikke være god nok (Gunn & Keller 1980, Rosseland & Skogheim 1984a). Vannkvaliteten vil øke dersom en i tillegg benytter kalkbrønner. Metoder som baserer seg på kontinuerlig dosering av kalk har gitt gode resultater (Rosseland & Skogheim 1984a, Rosseland m.fl. 1984, Abrahamsen & Matzow 1984). Kalsiumkonsentrasjonen må da være over 2 mg/l (Skogheim m.fl. 1986). Ulempen ved et slikt system er gjenntetting og nedising vinterstid, i tillegg vil effektive doserere ofte være avanserte, med store anleggskostnader (Kalkingsprosjektet 1985).

Kalkingsprosjektet (1985) hadde som hovedoppgave å vurdere mengder, metoder og aktu-

elle typer avsyrimidler. Prosjektet konkluderte med at den sikreste, beste og billigste måten å heve pH på, var å benytte kalsiumbaserte avsyrimidler. Kalkstein, kalkgrus, kritt og skjellsand var de kalsiumbaserte midlene som ble utprøvd. I den senere tid har korallgrus blitt benyttet med tildels meget gode resultater. Korallgrus er forøvrig også en type kalsiumbasert avsyrimiddel. Det har imidlertid ikke vært publisert noen forskningsresultater på korallgrusens praktiske virkninger i gytebekker. Nødvendige kvanta, og plassering av korallgrus har derfor vært gjort mer eller mindre tilfeldig. I 1992 ble det gjennomført en enkel undersøkelse for å systematisere korallgruskalkingene, og gi tommelfingerregler for anbefalt dosering ved førstegangs kalking i gytebekker. Undersøkelsen ble gjennomført av Akershus JFF i samarbeid med Akershus Fylkeskommune, Miljøvernveddelingen (Pedersen og Oppegård 1992). Denne undersøkelsen er en oppfølging av forannevnte, og har som mål å gi veiledende opplysninger ("tommel-fingerregler") om dosering med korallgrus ved rekalkinger, samt å belyse økologiske effekter av korallgruskalkingene.

Problemstillingene som dette prosjektet har vurdert, er svært omfattende og kompliserte. Det er av den grunn ønskelig at tilsvarende studier gjennomføres i større skala etter vitenskapelige metoder.

Så kompliserte problemstillinger må nødvendigvis være beheftet med endel usikkerheter. Spesielt vil det være tilfelle her, da grunnlagsmaterialet baserer seg på relativt få vannkemiske målinger og få bekker som tildels har vært kalket tidligere, tildels er kalkpåvirket fra ovenforliggende vann, og fordi det av økonomiske grunner ikke kunne gjennomføres systematiske feltforsøk, slik at alle opplysningene er fra bekker som allerede var kalket. Det har også vært noe ulik kvalitet på den korallgrusen som har vært benyttet.

Sist men ikke minst er det viktig å være klar over at bekker er vesentlige vanskeligere å beregne optimal dosering for enn innsjøer, pga. bekkens varierende fallhøyder, innslag av stein/mudder, turbulens m.m.

## 2. Egenskaper ved korallgrus

Korallgrus er et kalsiumbasert avsyrimiddel med et høyt innhold av karbonat (93,4 %), og burde således gi høy avsyrimingseffekt. Med en kornfordelingskurve mellom 0 og 25 mm vil små partikler løses raskt, mens større partikler blir liggende å avsyre vannmassene kontinuerlig. Med den kornfordelingskurven som stort sett har vært benyttet de aktuelle årene, er omkring 1/4 av partiklene større enn 1 cm. (Kornfordelingskurve: < 24 mm: 99,5%, < 12 mm: 95,1%, < 10 mm: 76,2%, < 8 mm: 51,7%, < 4 mm: 13,9%, < 2 mm: 4,7%, < 1 mm: 2,2%).

Korallgrus har høyere egenvekt enn skjellsand, og vaskes derfor ikke så lett ut i flomperioder. Egenvekten er omkring 1,55. Ved at partiklene er porøse vil de kunne brytes i mindre partikler i turbulente bekketrekkninger, og derved øker oppløsligheten. Korallgrusen som benyttes i Akershus er som regel importert fra Danmark. Korallgrusen i Akershus har i disse årene vært levert av Heli-Skog A/S (Bærum) og Miljøindustri A/S (Brevik).

## 3. Områdebeskrivelse

### 3.1. Generelt

De bekkene som inngikk i prosjektet, lå delvis i Lunner og Gran kommuner (Oppland fylke) og delvis i Hurdal, Nannestad og Nes kommuner i Akershus fylke (figur 1).

Ulike deler av området forvaltes av henholdsvis Bjerke JFF, Hurdal JFF, Mathiesen Eidsvold-Værk og Skogbygda's JFF. Sistnevnte forvalter Bemla og Raudbekken, Mathiesen Eidsvold-Værk eier og forvalter selv Hekken-tjernsbekken, Lomtjernselva, Abborputtbekken, Svartbekken og Langselva. Hurdal JFF forvalter Fjellhammarbekken, Bergebekken, Osttjernsbekken, Tomtebekken og Våterudsbekken. Bjerke JFF forvalter Tollestjernbekken, Lusttjernbekken, Kjønstadseterbekken, Kvernsjøelva og Sæterbekken. Raudbekken og Bemla ble kun benyttet i denne undersøkelsen, mens de øvrige bekkene også ble benyttet i "Praktiske erfaringer med korallgruskalkinger" som denne rapporten delvis bygger på.

Størrelsen på bekkene varierte. Største nedslagsfelt fram til sted for pH-måling under kalkingssted var 14.800 daa, og minste var 860 daa. De fleste bekkene hadde nedslagsfelter fra 1.000 til 3.000 daa.

Berggrunnen i området er i hovedsak ulike former for dyp- og gangbergarter fra permisk alder. Kjønstadseterbekken ligger imidlertid hovedsaklig på en berggrunn av dagbergarter (permisk alder) og bekkene i Nes på prekambrisk grunnfjell. Alle bekkene ligger over den

marine grensen. Høyden over havet varierte mellom ca. 400 - 800 meter.

Topografien er varierende, men preges av høy kupperingsgrad. Landskapet er foldet i serier av langstrakte åsrygger. Antall innsjøer og tjern i området er stort. Også antall mindre myrer kan betegnes som høyt.

Vegetasjonen består av barskog. Mange steder foregår det et aktivt skogbruk. Det drives ikke jordbruk i den umiddelbare nærhet til bekkene. Ingen av bekkene er påvirket av kloakkutslipp eller lokale utslipp fra industri.

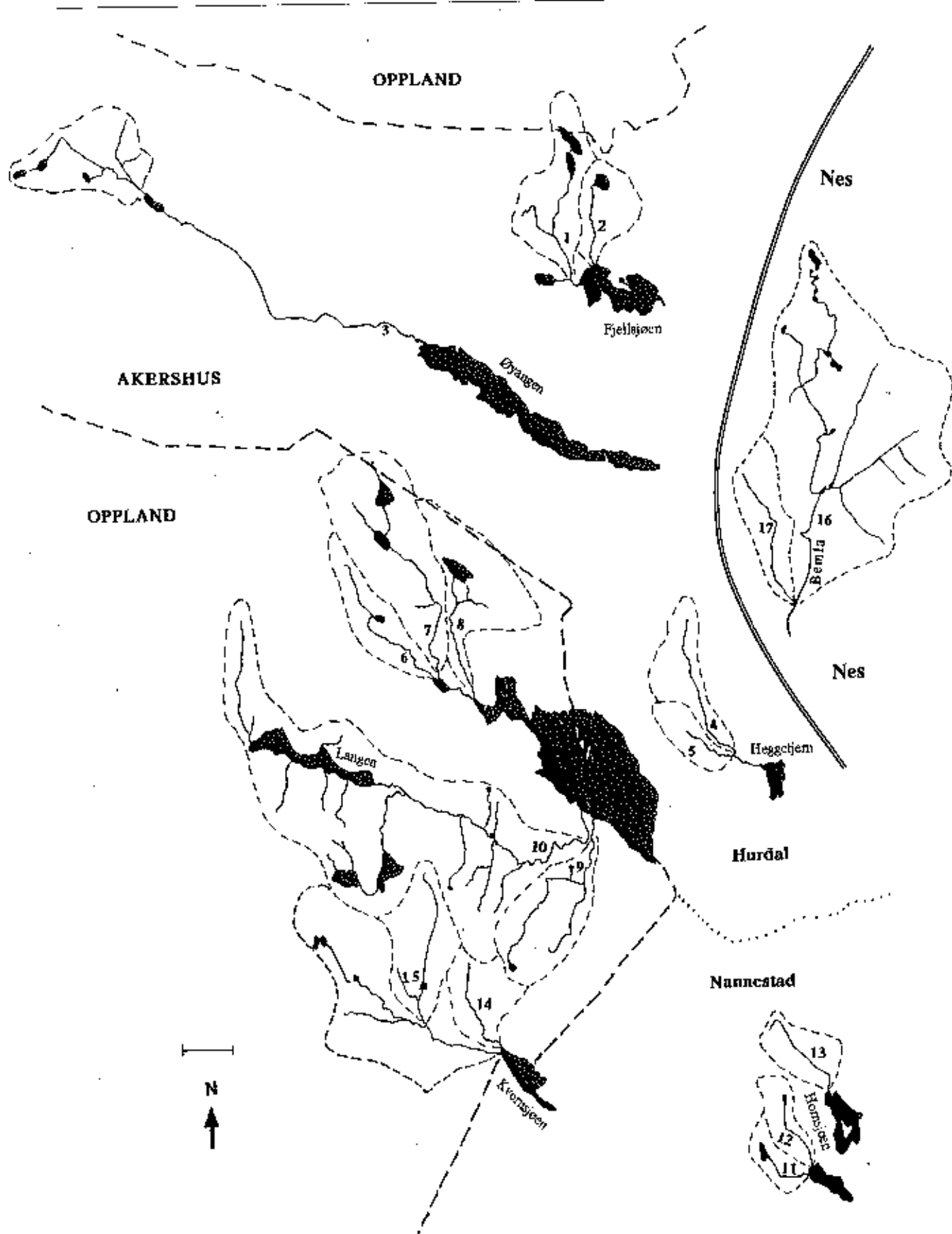
### 3.2. Avrenning og pH i nedbør

Den årlige avrenning i området varierer fra 600 til 750 mm (Oppegård 1988).

For å angi nedbørens surhet kan det oppgis en del gjennomsnittlige pH-målinger pr. år fra Løken i Aurskog-Høland i perioden 1990 - 1994; pH 4,36 - 4,41 - 4,46 - 4,46 - 4,64 (foreløpig tall for 1994). Fra Nordmoen (Ulensaker) ble følgende årsgjennomsnitt målt i 1990 - 1994; pH 4,31, 4,43, 4,42, 4,45 og for 1994 mellom 4,5 og 4,6 (foreløpig tall). Tallene er fra Norsk institutt for luftforskning (pers. med.).

Til orientering kan det opplyses at nedbør som ikke er påvirket av forurensing har en pH på omkring 5,6 (Overrein m.fl. 1980).





Figur 1. Beliggenheten av de aktuelle bekkene med tilhørende nedbørfelt. 1: Fjellhammarbekken, 2: Bergebekken, 3: Osttjernsbekken, 4: Våterudsbekken, 5: Tomtebekken, 6: Abborputtbekken, 7: Lomtjernselva, 8: Hekentjernbekken, 9: Svartbekken, 10: Langselva, 11: Tolleftjernsbekken, 12: Lustjernbekken, 13: Kjønstadseterbekken, 14: Sæterbekken, 15: Kvernsjøelva, 16 Bemla og 17 Raudbekken. (Nes kommune grenser ikke mot Nannestad eller Hurdal.)

## 4. Opplysninger om de enkelte bekkene

### 4.1. Fysiske opplysninger

Tabell 1. Karakteristikk av Fjellhamarbekken

Navn på ovenforliggende vann:	Midtjern, Bjørnåstjern
Kommer fra kalkpåvirket vann:	Ja
Nedslagsfelt (daa.):	2800
Årlig middelavrenning (mm/år)	650
Total årlig avrenning (m <sup>3</sup> /år)	1820000
Aktuell pH over kalksted:	5,4
Tilførte mengder kalk i 1989 (tonn):	12
Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn):	12
Tilførte mengder kalk i 1991 (tonn):	10
Tilførte mengder kalk i 1992 (tonn):	0
Tilførte mengder kalk i 1993 (tonn):	10
Tilførte mengder kalk i 1994 (tonn):	0
Stigningsgrad:	Middels stor
Gjennomsnittlig bredde:	ca. 3 meter
Gjennomsnittlig dybde:	< 0,5 meter
Bunnforhold: Stein i ulike størrelser dominerer. Nederst er det en del sand/grus. Lite mudder/jord.	
Vannstandsendringer: Moderat flomvariasjon. Går ikke tørr om sommeren.	

Tabell 2. Karakteristikk av Tomtebekken.

Navn på ovenforliggende vann:	Ingen
Kommer fra kalkpåvirket vann:	Nei
Nedslagsfelt (daa.):	860
Årlig middelavrenning (mm/år)	600
Total årlig avrenning (m <sup>3</sup> /år)	516000
Aktuell pH over kalksted:	5,4
Tilførte mengder kalk i 1989 (tonn):	10
Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn):	7,5
Tilførte mengder kalk i 1991 (tonn):	15
Tilførte mengder kalk i 1992 (tonn):	15
Tilførte mengder kalk i 1993 (tonn):	0
Tilførte mengder kalk i 1994 (tonn):	0
Stigningsgrad:	Liten
Gjennomsnittlig bredde:	ca. 3 meter
Gjennomsnittlig dybde:	< 0,5 meter
Bunnforhold: Stein i ulike størrelser dominerer. Øverste halvdel har en del mellomstore til små steiner, nedre halvdel består i stor grad av mudder og grus.	
Vannstandsendringer: Liten flomvariasjon. Går ikke tørr om sommeren.	

Tabell 3. Karakteristikk av Kjønnstadseter-bekken.

Navn på ovenforliggende vann:	Ingen
Kommer fra kalkpåvirket vann:	Nei
Nedslagsfelt (daa.):	1050
Årlig middelavrenning (mm/år):	600
Total årlig avrenning (m <sup>3</sup> /år):	630000
Aktuell pH over kalksted:	4,6
Tilførte mengder kalk i 1988 (tonn):	18
Tilførte mengder kalk i 1989 (tonn):	18
Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn):	31
Tilførte mengder kalk i 1991 (tonn):	0
Tilførte mengder kalk i 1992 (tonn):	0
Tilførte mengder kalk i 1993 (tonn):	0
Tilførte mengder kalk i 1994 (tonn):	31
Stigningsgrad: Bratt over den fiskeførende del, liten i den fiskeførende del.	
Gjennomsnittlig bredde:	ca. 2 meter
Gjennomsnittlig dybde:	ca. 0,5 meter
Bunnforhold: Mellomstore og mindre stein øverst, gradvis økende innslag av sand og grus. Mesteparten av den fiskeførende delen er et meandrerende parti med sand/grusbunn med noe innslag av små og mellomstore stein.	
Vannstandsendringer: Relativt stor flomvariasjon. Går ikke tørr om sommeren, men vannet kan være stillestående i kulpene.	

Tabell 4. Karakteristikk av Sæterbekken.

Navn på ovenforliggende vann:	Ingen
Kommer fra kalkpåvirket vann:	Nei
Nedslagsfelt (daa.):	1600
Årlig middelavrenning (mm/år)	750
Total årlig avrenning (m <sup>3</sup> /år)	1200000
Aktuell pH over kalksted:	4,6
Tilførte mengder kalk i 1988 (tonn):	32
Tilførte mengder kalk i 1989 (tonn):	32
Tilførte mengder kalk i 1990 (tonn):	0
Tilførte mengder kalk i 1991 (tonn):	35,4
Tilførte mengder kalk i 1992 (tonn):	0
Tilførte mengder kalk i 1993 (tonn):	0
Tilførte mengder kalk i 1994 (tonn):	30
Stigningsgrad:	Jevn, og moderat
Gjennomsnittlig bredde:	ca. 3 meter
Gjennomsnittlig dybde:	< 0,5 meter
Bunnforhold: Mellomstore og mindre stein hele veien. Noe innslag av sand/grus nederst.	
Vannstandsendringer: Moderat flomvariasjon. Går ikke tørr om sommeren.	

Tabell 5. Karakteristikk av Hattmyrbekken.

Navn på ovenforliggende vann:	Kroktjern,
Kommer fra kalkpåvirket vann:	Ja
Nedslagsfelt (daa.)	3800
Årlig middelavrenning (mm/år):	750
Total årlig avrenning (m <sup>3</sup> /år):	2850000
Aktuell pH over kalksted:	ca. 4,7
Tilførte mengder kalk i 1989 (tonn):	41
Stigningsgrad:	Relativt liten
Gjennomsnittlig bredde:	ca. 3 meter
Gjennomsnittlig dybde:	< 0,5 meter
Bunnforhold: Stein i ulike størrelser øverst. Et langt strekk gjennom myr med mudder og sandbunn, nederst store stein/fjell.	
Vannstandsendringer : Moderat flomvariasjon. Går ikke tørr om sommeren.	

Tabell 6. Karakteristikk av Raudbekken.

Navn på ovenforliggende vann:	Ingen,
Kommer fra kalkpåvirket vann:	Nei
Nedslagsfelt (daa.)	2000
Årlig middelavrenning (mm/år):	450
Total årlig avrenning (m <sup>3</sup> /år):	900000
Aktuell pH over kalksted:	ca. 4,7
Tilførte mengder kalk i 1991 (tonn):	5
Tilførte mengder kalk i 1992 (tonn):	3
Tilførte mengder kalk i 1993 (tonn):	0
Tilførte mengder kalk i 1994 (tonn):	25
Stigningsgrad:	Relativt liten
Gjennomsnittlig bredde:	ca. 2 meter
Gjennomsnittlig dybde:	ca. 0,5 meter
Bunnforhold: Noe mellomstore, men mest småstein og grus i den aktuelle strekningen.	
Vannstandsendringer : Stor flomvariasjon. Går ikke helt tørr om sommeren.	

Tabell 7. Karakteristikk av Bemla.

Navn på ovenforliggende vann:	Ingen
Kommer fra kalkpåvirket vann:	Nei
Nedslagsfelt (daa.)	19550
Årlig middelavrenning (mm/år):	450
Total årlig avrenning (m <sup>3</sup> /år):	8797500
Aktuell pH over kalksted:	ca. 4,4
Tilførte mengder kalk i 1991 (tonn):	33
Tilførte mengder kalk i 1992 (tonn):	10
Tilførte mengder kalk i 1993 (tonn):	0
Tilførte mengder kalk i 1994 (tonn):	164
Stigningsgrad:	Moderat
Gjennomsnittlig bredde:	ca. 8 meter
Gjennomsnittlig dybde:	ca. 0,5 meter
Bunnforhold: Noe stor stein/fjell, domineres av mellomstor stein. Lite småstein og grus. Ikke mudder eller jordbunn.	
Vannstandsendringer : Meget stor flomvariasjon. Går ikke helt tørr om sommeren.	

Ovennevnte bekker ble benyttet som grunnlag for leting etter gytegroper, undersøkelser av invertebratfaunaen og løselighet av korallgrus (rekalkingsmengder).

De øvrige bekkene ble benyttet i "Praktiske erfaringer med korallgruskalkinger", og er gitt en fylligere beskrivelse der. Bekkene danner grunnlaget for beregninger over anbefalt mengde korallgrus ved første gangs kalking. Vannkjemiske data er forøvrig også benyttet fra noen av de bekkene for en vurderingen av rekalkingsmengder og -hyppighet.

## 4.2. Biologiske opplysninger

### Fjellhamarbekken

Gytebekk for Fjellsjøen. Tidligere god gytebekk, som er redusert pga. forsuring, men har neppe vært helt uten ørret. Det er satt ut noe ørret i vassdraget. Man antar at det hele tiden har vært noe gyting i bekken. Ørret og ørekyte har vært observert, og påvist vha. elektrofiske (Akershus JFF upubl.) etter at kalkingene startet.

Det finnes ørret og ørekyte i bekken.

### Tomtebekken

Gytebekk for Heggetjern. Tidligere god gytebekk, som er redusert pga. forsuring, men har neppe vært helt uten ørret. Det er satt ut noe ørret i vassdraget. Man antar at det hele tiden har vært noe gyting i bekken. Ørretyngel har vært observert etter at kalkingene startet.

Det finnes kun ørret i bekken.

### Kjønnsstadseterbekken

Gytebekk for Hønsjøen. Tidligere god gytebekk. Ørreten var utdødd pga. forsuring. Det har ikke vært sett fisk i bekken etter forsuringen. Det er satt ut ørret i vassdraget.

Det finnes kun ørret i bekken.

### Hattmyrbekken/Kvernsjøelva

Hattmyrbekken renner ut i Kvernsjøelva, som så renner ut i Kvernsjøen. Man antar at det tidligere har vært gyting helt opp i Hattmyrbekken. Kvernsjøelva har imidlertid vært hovedgytebekken for Kvernsjøen. Ørreten var sterkt redusert, sannsynligvis utdødd pga. forsuring. Det er satt ut ørret i vassdraget. Det er usikkert om det har vært gyting de siste årene i Hattmyrbekken, men Kvernsjøelva ble elektrofisket i 1992 og 1993 (Akershus JFF 1992.). Tettheten i elva ble estimert til 7,5 ørret pr. 100 m<sup>2</sup>. Tre fjerdedeler av fisken var 0+, 15 prosent 1+ og hver tiende var 2+ eller eldre. De to største fiskene var 30 og 36 cm store (i august). Naturlig reproduksjon ble påvist begge årene.

Det finnes ørret og ørekyte i bekken/elva.

### Sæterbekken

Gytebekk for Kvernsjøen. Tidligere god gytebekk. Ørreten var sterkt redusert, sannsynligvis utdødd pga. forsuring. Det er satt ut ørret i vassdraget. Det er usikkert om det har vært gyting de siste årene.

Det finnes ørret og ørekyte i bekken.

### Raudbekken

Gytebekk for Bemla/Fallåavassdraget, som har stasjonær bekkeørret. Tidligere god gytebekk, som er redusert pga. forsuring, men har neppe vært helt uten ørret. Det er ikke satt ut ørret i vassdraget. Man antar at det hele tiden har vært noe gyting i bekken.

Det finnes kun ørret i bekken.

Elva ble elektrofisket i oktober 1992 (Ødegård et al. 1994). Estimert fisketetthet på den aktuelle strekningen var 4,0 ørret pr. 100 m<sup>2</sup>. Fiskene var fra 5,5 - 13 cm lange. Ingen var gytemodne.

### Bemla

Gytebekk for Bemla/Fallåavassdraget, som har stasjonær bekkeørret. Man antok at det var gyting også i hovedelva, og at dette er redusert pga. forsuring. Elva har ikke vært helt uten ørret. Det er ikke satt ut ørret i vassdraget. Man antok at det hele tiden har vært noe gyting i elva.

Det finnes ørret, men også noe abbor og gjedde kan vandre oppover et stykke fra nedre deler av vassdraget.

Elva ble elektrofisket i oktober 1992 (Ødegård m.fl. 1994). Estimert fisketetthet på den aktuelle strekningen var 4,8 ørret pr. 100 m<sup>2</sup>. På de 3 stasjonene (av 50 meter) ble det ikke funnet yngel. En tredjedel av fiskene var 5 - 10 cm, noe over halvparten 10 - 15 cm, og de øvrige 15 - 20 cm. To hannfisk på hhv. 16,5 og 20 cm var gytemodne.

## 5. Metode og materiale

### 5.1. Kalking

For alle de aktuelle bekkene var det søkt om midler til å kalke, uavhengig av denne undersøkelsen. Kalkingen foregikk på den måten som de lokale foreninger/lag selv mente var best, og før denne undersøkelsen ble påbegynt. Selve kalkingen foregikk av personer tilknyttet de lokale kalkere, på den tid de selv fant det formålstjenlig. Selve kalkingsprosedyrene er således ikke påvirket av dette prosjektet.

Kalken ble tilført bekkene på ettersommeren. Kalkingsmetodene varierte betraktelig. Noen bekker ble kalket ved at et billass kalk ble tippet direkte i bekken, andre benyttet helikopter, og noen steder ble kalken spredt manuelt.

### 5.2. Vannprøvetaking

Rapporten er dels basert på vannkjemiske målinger hentet fra undersøkelsen "Praktiske erfaringer med korallgruskalkinger" (Pedersen & Oppegård 1992) og fra vannprøver tatt i regi av dette prosjektet. Prøvetakingsmetodene har forøvrig vært like.

Vannprøver i alle bekkene ble tatt over og under kalkingsstedene. Hvor langt nedenfor kalkingsstedet vannprøven ble tatt, varierte derfor for ulike bekker. Vannprøven ovenfor (referanseprøven) ble hentet ca. 10 m ovenfor øvre kalkingssted. Vannet skulle således ikke være påvirket av korallgruskalkingen. Fordi flere av bekkene var kalket på to eller tre steder i bekken ble målingene under kalkingssted tatt i de nederste deler av bekken der kalkrester kunne påvises om høsten. Fordi fallet i bekkene varierte, vil også spredning av korallgrusen og dermed avstanden mellom prøvestasjonene over og under kalkingssted variere for de ulike bekkene. Men de samme prøvestasjonene ble benyttet hele året.

Alle vannprøvene fra de faste målestasjonene ble tatt ca. 5 cm fra overflaten, likevel slik at det var minimum 10 cm igjen til bunnen av bekken. Vannbeholderen ble fylt ved at flasken forsiktig ble ført sidelengs og oppstrøms bekken. Dette for å få vann fra en noe større del av lokaliteten. Alle prøvene ble tatt nedenfra bekken og oppover.

Vannprøver ble tatt en gang om høsten etter kalkingen, en til to ganger om våren under flom (antatt minimumsverdi), og en gang om sommeren. Våren regnes som den mest kritiske perioden på året, både fordi det da ofte er store mengder surt smeltevann i bekkene, og fordi de tidlige stadier av fiskene er mest ømfintlige for forsurening.

Det ble benyttet vannbeholdere av glass (500 ml), og av polyetylen (250 ml). Vannbeholderne var på forhånd nøye rengjorte. Før vannprøven ble tatt, ble beholderen skylt flere ganger i bekkene like nedenfor den aktuelle lokalitet. Vannprøvene ble oppbevart i kjøleskap, og analysert i løpet av to dager. Alle vannprøvene ble analysert ved Jordforsk - Senter for Jordfaglig Miljøforskning, avd. Landbrukets analysesenter NLH-Ås. Det ble analysert på pH, alkalitet og kalsium.

Resultatene fra vannprøvene som ble tatt i dette prosjektet, er gitt samlet som vedlegg. Resultatene fra vannprøvene som ble tatt i det forrige prosjektet, er samlet presentert i prosjektrapporten (Pedersen & Oppegård 1992), mens en del av de dataene er brukt også i denne rapporten.

Når det gjelder kalkens varighet, baserer undersøkelsen seg på 4 bekker hvorav en del data er fra "Praktiske erfaringer med korallgruskalkinger" (Pedersen & Oppegård 1992). Beregninger over rekalkingsmengder er hentet fra 9 ulike bekker (fra både dette og forrige prosjekt).

### 5.3. Beregninger av oppløslighet

Det er tatt utgangspunkt i at korallgrusen inneholder 93,4 %  $\text{CaCO}_3$ , i prosent av tørrvekten. Fuktinnholdet er satt til 7,5 %. Molekylvekten til  $\text{CaCO}_3$  er 100,09, og til kalsium 40,08. Når 1 gram kalsium er løst, må derfor 2,9 gram korallgrus brytes ned etter følgende formel:

$$\text{Ca (g)} \times \frac{\text{MW CaCO}_3}{\text{MW Ca}} \times \text{CaCO}_3\% \times \text{fukt}\% = \text{korallgrus (g)}$$

## 5.4. Gytegroper

For å kartlegge hvorvidt korallgrus benyttes som gytemedium, ble bekkene befart like etter at gytingen var antatt å være ferdig. Bekkene i Bjerke ble befart 20. oktober, i Nes 21. oktober og Tomtebekken og Fjellhamarbekken henholdsvis 19. og 22. oktober 1993. I enkelte av bekkene var det da ca. 1 cm tykt isdekke over kulpene. I Bemla var det vanskelige leteforhold pga. flom.

På bakgrunn av lokale kjentpersoner fra Hurdal JFF, Bjerke JFF og Skogbygda's JFF ble aktuelle gytestrekningsvalg ut. Disse ble grundig undersøkt, og gyting akseptert først når rognkorn ble funnet i gytegroper. Det ble lagt vekt på en skånsom oppgraving av gytegroper, slik at færrest mulig rognkorn ble ødelagt. For å få en viss grad av uavhengige opplysninger, ble kun data for en gytegrep benyttet pr. kulp eller pr. 2. meter ved lange strekninger. Det ble ofte observert flere gytegroper i samme kulp/område. Antall gytegroper i bekkene var derfor langt høyere enn de 25 som ble benyttet i datamaterialet.

Innslaget av korallgrus ble vurdert til nærmeste ti-prosent, målt som horisontal dekningsgrad av partikler mindre enn 5 cm på et areal på 0,5 x 0,5 meter i hver gytegrep. Hver av bekkene ble også gitt en vurdering av totalt innslag av korallgrus på tilgjengelige gytestrekningsvalg. Også denne ble vurdert til nærmeste ti-prosent, målt som horisontal dekningsgrad. Mengden av korallgrus vil i praksis fordele seg klumpvis nedover bekken. Et gjennomsnittsmål for hele den aktuelle strekningen vil derfor bare gi et grovt anslag på tilbudet av korallgrus. Ideelt sett burde tilbudsregistreringene vært gjort systematisk oppover hele strekningen. Det ble imidlertid vurdert til å

være for ressurskrevende for denne undersøkelsen.

Det ble benyttet Wilcoxon signed rank test for å vurdere forskjeller på innslag av korallgrus i gytegroper og gjennomsnittlig i de aktuelle bekkene forøvrig (Statistikkprogrammet JMP 3,0).

Bekkene ble avfisket med elektrofiske 6. juli 1994. Hensikten var å dokumentere overlevelse på yngelen. Det ble også gjort et anslag på tetthet av fiskeunger eldre enn yngel.

## 5.5. Invertebratinnsamling

Innsamlingen av invertebrater foregikk ved bruk av "sparkemetoden" (Frost m.fl. 1971). Bunnsubstratet ble sparket opp med beina i 30 sekunder, slik at noe av substratet og mye av bunndyrfaunaen fløt opp, og inn i håven. Håven hadde en maskevidde på 0,45 mm. Det ble tatt tre parallelle prøver henholdsvis over kalkingsstedet, på tilnærmet ren korallgrus, og nedenfor kalkingsstedet på bunn tilnærmet uten kalkpartikler. Det ble følgelig tatt ni prøver pr. bekk om våren (15./16. april 1993) og i tillegg ni prøver pr. bekk om sommeren (22. juni 1993). Det ble lagt stor vekt på å finne lokaliteter med tilnærmet likt substrat og vannhastighet. Det er viktig når man skal sammenligne ulike stasjoner (Brittain 1978). Totalt ble det tatt 184 sparkeprøver i de syv bekkene.

Bunndyrene ble talt opp, og taksonomisk bestemt til art, slekt, familie eller orden, avhengig av hvilken gruppe individet tilhørte. Det ble benyttet Wilcoxon rank sums (Kruskal Wallis) for å teste forskjeller mellom individtettheter for de ulike gruppene.

## 6. Resultater/diskusjon

### 6.1. Langtidseffekter

Langtidseffekter ble delvis belyst i prosjektet "Praktiske erfaringer med korallgruskalkinger" (Pedersen & Oppegård 1992). Nedenfor gjenngis en sammenstilling av de resultatene og resultatene fra denne undersøkelsen.

#### 6.1.1. Sæterbekken

Sæterbekken ble kalket i 1988 og 1989, hvert år med 32 tonn. Den ble ikke kalket i 1990. Bekken ble deretter kalket med 35,4 tonn korallgrus i 1991, men ble så ikke kalket før etter at vannprøver ble tatt høsten 1994.

Tabell 8. Tidligere pH-verdier om høsten.

Tid	Over kalksted	Under kalksted
1986	4,43	-
1988	4,60	6,18
1989	4,75	6,35
1990	4,81	6,65

Tabell 9. pH-verdier samt alkalitet (mekv/l) og kalsiumkonsentrasjon (mg/l) fra 1990/91. Alkalitet og kalsium ble målt om våren.

Tid	Over kalksted	Under kalksted	Forskjell
Høst	4,84	7,45	2,61
Vinter	5,01	7,22	2,21
Vår	4,69	6,09	1,4
Sommer	5,0	7,0	2,0
Alkalitet	<0,01	0,08	0,08
Kalsium	1,0	2,5	1,5

Tabell 10. pH-verdier fra denne undersøkelsen.

Tid	Over kalksted	Under kalksted	Forskjell
Okt.-92	4,85	6,51	1,66
Apr.-93	5,23	6,71	1,48
Mai-93	4,59	5,95	1,36
Jun.-93	5,16	7,25	2,09
Okt.-93	4,81	6,71	1,9
Apr.-94	4,68	5,47	0,79
Jul.-94	5,15	7,4	2,25
Sep.-94	4,8	6,83	2,03

Tabell 11. Alkalitetsverdier (mmol/l) fra denne undersøkelsen.

Tid	Over kalksted	Under kalksted	Forskjell
Okt.-92	0,00	0,12	0,12
Apr.-93	0,07	0,22	0,15
Mai-93	0,02	0,09	0,07
Jun.-93	0,06	0,74	0,68
Okt.-93	0,06	0,21	0,15
Apr.-94	0,02	0,05	0,03
Jul.-94	0,04	0,55	0,51
Sep.-94	0,02	0,11	0,09

Tabell 12. Kalsiumkonsentrasjoner (mg/l) fra denne undersøkelsen.

Tid	Over kalksted	Under kalksted	Forskjell
Okt.-92	1,68	3,47	1,79
Apr.-93	1,50	5,40	3,90
Mai-93	1,17	2,13	0,96
Jun.-93	1,94	15,67	13,73
Okt.-93	0,89	3,72	2,83
Apr.-94	0,65	1,59	0,94
Jul.-94	1,46	11,78	10,32
Sep.-94	0,90	3,52	2,62

På bakgrunn av anbefalingene gitt i prosjektet "Praktiske erfaringer med korallgruskalkinger", burde Sæterbekken kalkes første gang med 30 tonn. Bekken har mao. fått mye kalk. Totalt er bekken tilført 99,4 tonn kalk siden 1988.

Tabell 13. Oversikt over antatt mengde kalk igjen i Sæterbekken, og antatt mengde oppløst kalk pr. år. 32 tonn ble tilført i 1988, 32 tonn i 1989 og 35,4 tonn i 1991.

År	Kalk igjen (etter kalking)	Kalk løst pr. år*
1988	32,0	5,3
1989	58,7	9,8
1990	48,9	8,1
1991	76,1	12,7
1992	63,5	10,6
1993	52,9	8,8
1994	44,1	7,3

\* Oppløst mengde kalk pr. år vil sannsynligvis være noe lavere enn dette når det er kalket med "for store" mengder. Men beregningene gir likevel en pekepinn.

Resultatene fra denne bekken viser at man kan opprettholde tilstrekkelig effekt selv 2 og 3 år etter kalking. Det var tilfelle både i første fase, med siste kalking ettersommeren 1989 og god vannkvalitet tom. sommeren 1991 (2 år etter siste kalking), og i andre fase, med siste kalking ettersommeren 1991 og god vannkvalitet tom høsten 1994 (3 år etter siste kalking).

Antar man en oppløsning av kalken på 17 % pr. år (se fig. 2), innebærer det at det i alle årene har vært mer enn 30 tonn kalk i bekken, og dermed tilstrekkelig kalkmengde (tabell 13).

### 6.1.2. Kjønnstadseterbekken.

Kjønnstadseterbekken ble kalket i 1988, 1989 og 1990 med hhv. 18, 18 og 31 tonn korallgrus. Deretter ble den ikke kalket før etter vannprøvene i 1994.

Tabell 14. pH-verdier i Kjønnstadseterbekken.

Tid	Over kalksted	Under kalksted	Forskjell
Okt.-92	4,85	6,49	1,64
Apr.-93	4,92	6,85	1,93
Mai-93	4,72	6,05	1,33
Jun.-93	5,80	7,40	1,60
Okt.-93	4,90	6,54	1,64
Apr.-94	4,60	5,11	0,51
Jul.-94	5,76	7,54	1,78
Sep.-94	4,83	6,51	1,68

Tabell 15. Alkalitetsverdier (mmoll/l) i Kjønnstadseterbekken.

Tid	Over kalksted	Under kalksted	Forskjell
Okt.-92	0,00	0,13	0,13
Apr.-93	0,06	0,30	0,24
Mai-93	0,04	0,12	0,08
Jun.-93	0,22	1,60	1,38
Okt.-93	0,03	0,22	0,19
Apr.-94	0,02	0,04	0,02
Jul.-94	0,15	1,21	1,06
Sep.-94	0,02	0,11	0,09

Tabell 16. Kalsiumkonsentrasjoner (mg/l) i Kjønnstadseterbekken.

Tid	Over kalksted	Under kalksted	Forskjell
Okt.-92	1,65	4,17	2,52
Apr.-93	2,00	7,00	5,00
Mai-93	1,30	2,68	1,38
Jun.-93	3,22	32,77	29,55
Okt.-93	1,13	4,58	3,45
Apr.-94	1,03	1,44	0,41
Jul.-94	2,22	28,60	26,38
Sep.-94	1,12	3,78	2,66

På bakgrunn av anbefalingene gitt i prosjektet "Praktiske erfaringer med korallgruskalkinger" burde Sæterbekken kalkes første gang med 21 tonn. Bekken har mao. fått mye kalk. Totalt er bekken tilført 67 tonn kalk siden 1988.

Tabell 17. Oversikt over antatt mengde kalk igjen i Kjønnstadseterbekken, og mengde oppløst kalk pr. år. 18 tonn ble tilført i 1988, 18 tonn i 1989 og 31 tonn i 1990.

År	Kalk igjen (etter kalking)	Kalk løst pr. år*
1988	18,0	3,0
1989	33,0	5,5
1990	58,5	9,8
1991	48,8	8,1
1992	40,6	6,8
1993	33,9	5,6
1994	28,2	4,7

\* Oppløst mengde kalk pr. år vil sannsynligvis være noe lavere enn dette når det er kalket med "for store" mengder. Men beregningene gir likevel en pekepinne.

Avsyringseffekten under den kraftige vårflommen i april 1994 var noe lavere enn ønskelig. Likevel viser resultatene fra denne bekken at man kan opprettholde en tilstrekkelig avsyringseffekt selv 4 år etter siste kalking dersom bekken kalkes med tilstrekkelige mengder.

Antar man en oppløsning av kalken på 17 % pr. år (se fig. 2), innebærer det at det i alle årene har vært mer enn 21 tonn kalk i bekken, og dermed tilstrekkelig kalkmengde (tabell 17).

### 6.1.3. Raudbekken og Bemla

For å belyse langtidseffektene, inngikk ytterligere to bekker, som ikke ble kalket på to år. Analyseresultatene derfra viser imidlertid at de dessverre fikk for lite kalk i forkant av vannprøveserien, og dermed hele tiden har hatt noe svak avsyringseffekt. De er derfor ikke brukt i det videre arbeidet for å belyse langtidseffekter.

### 6.1.4. Konklusjon

Dataene for Kjønnstadseterbekken og Sæterbekken viser at korallgrus gir god langtidsvirkning, forutsatt at det benyttes tilstrekkelige mengder. Det er likevel ikke tilrådelig å vente flere år mellom hver rekalking. Årsaken er at den tidsperioden det benyttes mer kalk enn nødvendig har man en høyere oppløsning enn optimalt og tilslammings-effekten øker med tiden kalken er i bekken. Fordi det er unødvendig ressursbruk å overdosere, anbefales at det rekalkes minst en gang pr. år, eller oftere.



## 6.2. Anbefalt dosering ved rekalking

### 6.2.1. Basert på løselighetsberegninger

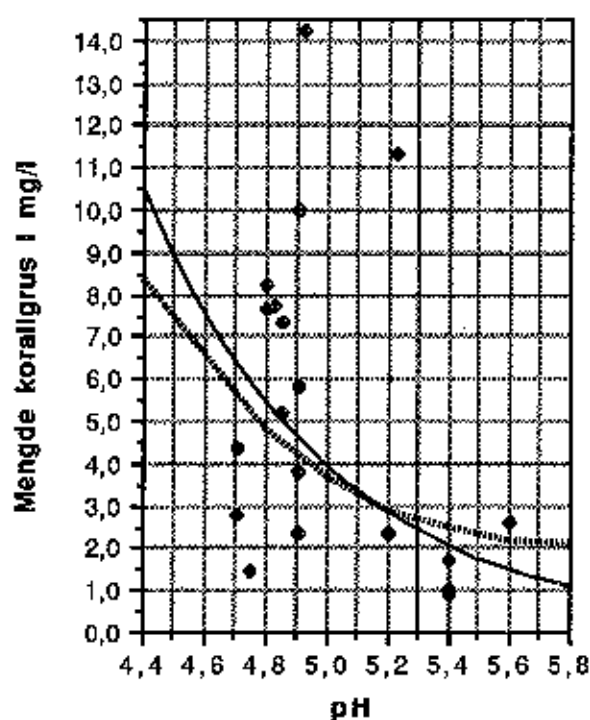
Det er tatt utgangspunkt kun i de bekkene som gjennom hele året har hatt en tilfredsstillende vannkvalitet nedenfor kalkingsstedet. Ingen av bekkene som er benyttet i de videre beregningene hadde pH lavere enn 5,3 eller alkalitet lavere enn 0,04 mmol/l nedenfor kalkingsstedet ved noen av målingene. Ovenfor kalkingsstedet hadde derimot alle bekker som ikke var påvirket av ovenforliggende kalket vann, minst en måling som viste pH mindre enn 4,8 (4,4 - 4,75) og alkalitet mindre enn 0,01.

Modellen er basert på 20 målinger, fordelt på 8 bekker og fire år.

For å beregne anbefalt mengde til rekalking, er det her tatt utgangspunkt i oppløst mengde kalsium, som gir beregnet mengde oppløst korallgrus.

Oppløsningshastigheten til en kalkpartikkel er i

..... : 1/6 av anbefalt førstegangs kalkmengde.  
 ♦ : Løst korallgrus i mg/l.



Figur 2. Korrelasjon mellom mengde oppløst korallgrus og 1/6 av tidligere anbefalt mengde tilført korallgrus ved førstegangskalking av bekker (se også figur 3).

praksis proporsjonal med  $H^+$ -konsentrasjonen ved pH under 5,5 (Jensen & Pedersen 1977, Sverdrup & Warfinge 1984). Rekalkingsmodellen bruker derfor pH som basis.

På bakgrunn av pH-verdier i bekkene, er det tidligere utarbeidet en beregningsmodell som viser anbefalt mengde korallgrus ved første gangs kalking i en bekk (Pedersen & Oppgård 1992). Samme modellgrunnlaget er her benyttet for å beregne anbefalt mengde korallgrus ved rekalkinger. Som man ser av figur 2 vil en interpolering av datamengden for oppløst kalk i denne undersøkelsen, være relativt lik kurven for 1/6 av anbefalt mengde ved første gangs kalkmengder. Dette gjelder spesielt i pH-intervallet 4,6 - 5,4, som i praksis vil være dominerende pH-verdier i aktuelle bekker. At kurvene følger hverandre relativt bra, vil forøvrig være en naturlig konsekvens av at oppløsningshastigheten til en kalkpartikkel er proporsjonal med pH.

Det er viktig å merke seg at figuren også viser at det er store forskjeller i mengden korallgrus som var løst. Dette understreker at hver bekk har ulike fysiske og kjemiske forutsetninger som kalkingsobjekt, og at det derfor vil være nødvendig med en god oppfølging med vannkjemiske målinger og påfølgende korrigeringer av kalkmengder.

### 6.2.2. Basert på erfaringer

Det var ønskelig å vurdere ovenforstående modell i lys av tidligere kalkinger, for å kunne supplere med empiriske uavhengige data. Til tross for at vi har opplysninger om ca. 70 andre bekker som har vært kalket med korallgrus, er ingen av de bekkene velegnet i denne sammenheng. Det skyldes at mange av bekkene er kalket med for lite korallgrus, i tillegg er noen kalket med altfor mye korallgrus, andre kommer fra ovenforliggende vann som kalkes, noen bekker er kalket med samme mengder hvert år uansett osv. I tillegg er mange av bekkene kalket i så få år, at vi ikke får data på noen utvikling, og i en del bekker ble det ikke tatt vannprøver både over og under kalkingsstedet våren 1994.

De 17 bekkene som danner grunnlag for forrige og denne undersøkelsen over korallgruskalkingene gir ikke uavhengige data for sammenligning. Men for de aktuelle bekkene synes modellen å være i samsvar med anbefalingene av årlige rekalkingsmengder (tabell 18).

Tabell 18. Oversikt over tidligere kalkinger og areal på nedbørsfelt for ulike bekker som er kalket med tilnærmet tilstrekkelige mengder. Kalk igjen er beregning av korallgrusmengder som er igjen i bekken pr. 1994 (ved at en sjettedel av kalkmengden løses pr. år), og anbefalt 1. gang er en anbefaling iht. figur 3. Res. angir resultater/vurderinger ut fra følgende vurdering: "+" akseptable pH-verdier, og "-" for lave pH-verdier. pH-verdiene er henholdsvis over og under kalkingsstedet, tatt våren 1994 (enkelte av bekkene kommer fra kalkpåvirket vann).

Bekkens navn	Areal (daa.)	Mengder korallgrus tilført pr. år						Kalk igjen	Anbefalt 1. gang	Res.	pH	
		1988	1989	1990	1991	1992	1993				Over	Under
Kvemsgjelva	8400	7	64,2	80	0	99,2	62,5	188	158	+	4,75	5,45
Sæterbekken	1600	32	32		35,4			44	30	+	4,68	5,47
Kjønnstadseterb.	1050	18	18	31				28	21	+	4,60	5,11
Tomtebekken	860		7,5	10	15	15		27	7	+	5,42	5,99
Fjellhamarb.	2800		12	12	10	0	10	25	27	+	5,44	5,72
Lustjembekken*	1200	15	0	0	32			24	31	+	4,43	5,99
Tollevtjernb.	1000	18	14,2	0	28			28	20	+	5,67	6,37
Hekkestjensb.	2350		10	10	10	10	10	27	21	#		6,2
Lomtjenselva	5050		10	10	10	10	10	40	61	#		5,9

\* I Lustjembekken ligger all korallgrusen forholdsvis konsentrert i nedre del. Det kan være årsaken til at bekken har høy pH-verdi til tross for at det er relativt små kalkmengder igjen i bekken.  
# pH ble ikke målt over kalkingsstedet. Kommer fra innsjøer som er kalket.

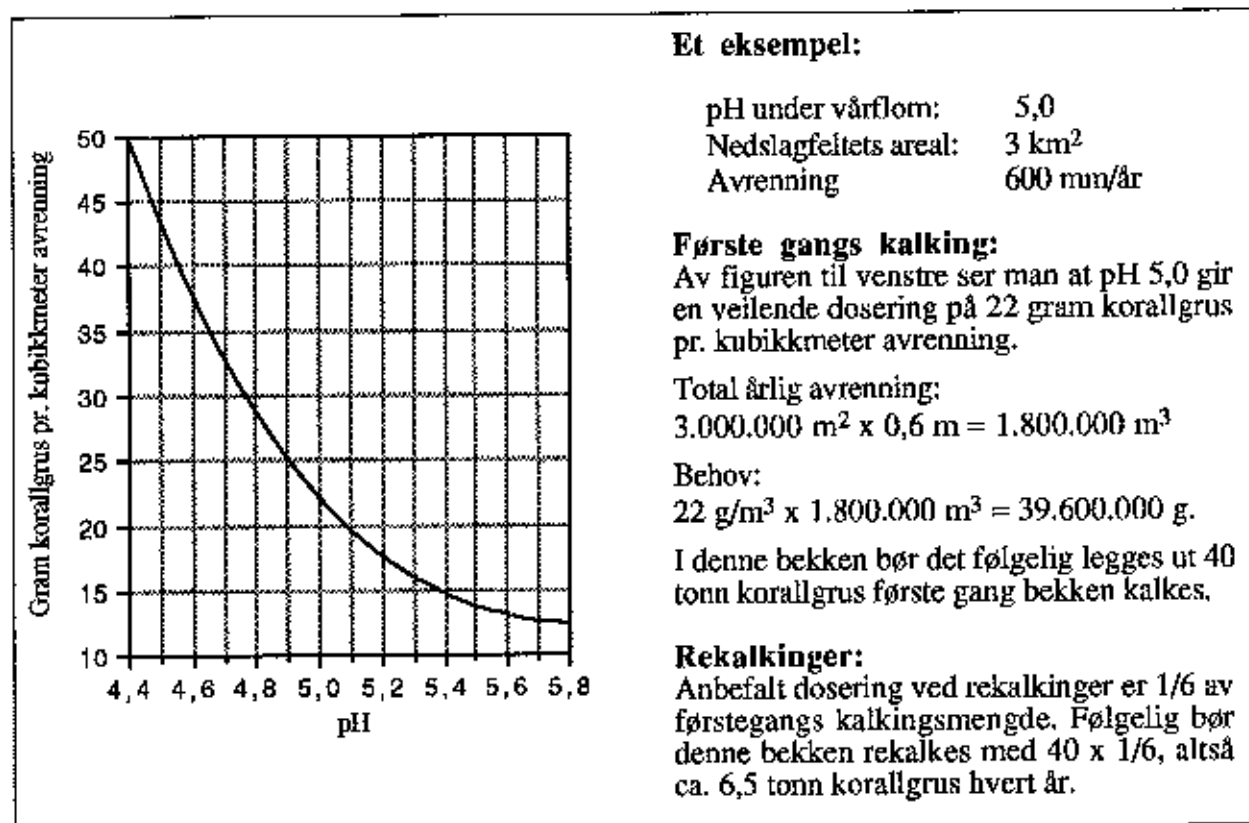
Vi vil dermed anbefale at det rekalkes med 1/6 av anbefalt førstegangs kalkmengde (figur 2). Men at framtidige anbefalinger følges opp med etterprøvinger fra aktuelle bekker, og eventuelt justeres i henhold til de empiriske resultatene.

### 6.2.3. Anbefalte mengder med korallgrus

På bakgrunn av foranstående vil vi anbefale å bruke modellen under (figur 3) som grunnlag for kalkingsberegninger ved bruk av korallgrus. Modellen viser anbefalt mengde ved førstegangs kalking og er hentet fra "Praktiske erfaringer med korallgruskalkinger" (Pedersen & Oppegård 1992). Samme modell kan også benyttes ved anbefalte mengder til rekalkinger, men det benyttes da 1/6 av mengden man be-

nyttet til førstegangskalking, hvert år. (Den årlige kalkmengden kan forøvrig med fordel tilføres bekken oftere enn en gang i året, fortrinnsvis like forut for flomperioder).

Det er viktig igjen å understreke at dette må betraktes som "tommelfinger-regler", og at årlige rekalkingsmengder må korrigeres i henhold til jevnlig vannkjemiske målinger. Hver bekk har ulike forutsetninger og egnethet for bruk av korallgrus. Modellen antas likevel å gi en god veiledning å starte ut fra.



Figur 3. Forslag til dosering ved bruk av korallgrus i bekker. Gjelder både for førstegangskalking og senere rekalkinger. Kurven er utarbeidet empirisk på bakgrunn av 17 bekker.

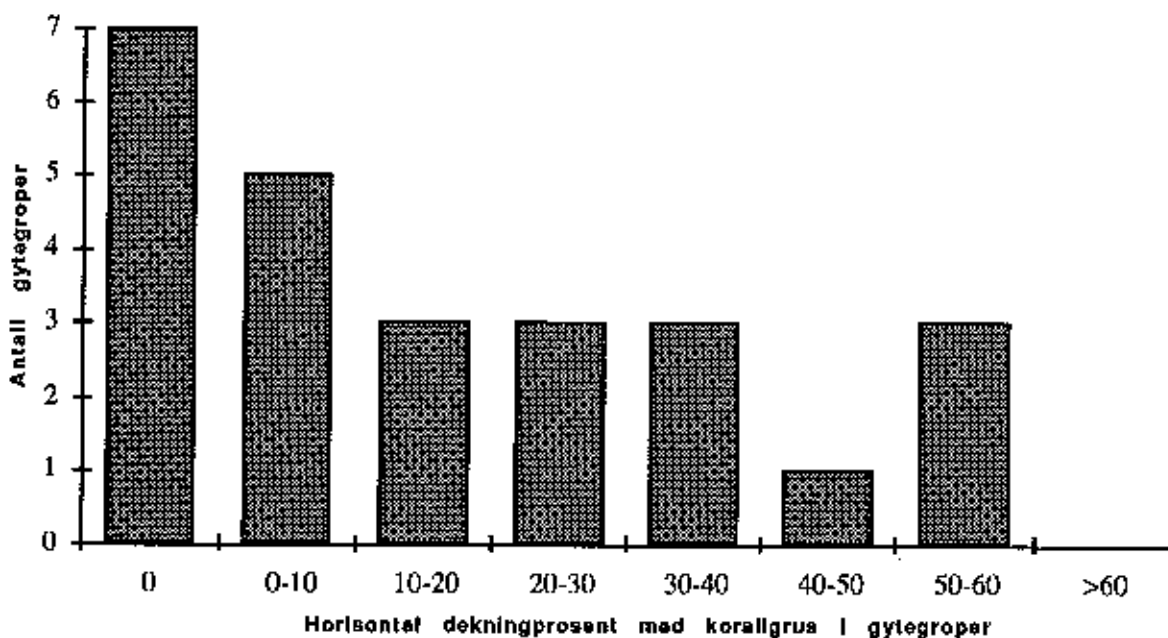
### 6.3. Gyting i korallgrus

For å undersøke om korallgrus brukes som gytesubstrat, ble de aktuelle bekkene befart under gytetida. Kvernsjøelva/Hattmyrbekken ble ikke undersøkt pga. vanskelige is- og snøforhold. Tabell 19 angir innslaget av korallgrus i hver av de undersøkte gytegrøpene samt det totale innslag av korallgrus på de aktuelle strekningene i hver av bekkene.

Med det grove mål på tilbudet av korallgrus som her ble benyttet, kunne vi ikke avdekke noen forskjell i mengde korallgrus i gytegrøpene i forhold til den aktuelle bekkestrekningen forøvrig ( $T+ = -14,500$   $p = 0,352$ ).

Figur 4 viser at selv om flesteparten av gytegrøpene hadde relativt lavt innslag av korallgrus, ble det funnet gytegrøper i områder der innslaget av grus besto av noe mer korallgrus enn naturlig bekkemateriale. Men det ble ikke funnet gytegrøper med høyere innslag av korallgrus enn 60 %.

Grus med høyere innslag av korallgrus enn 50-60 % synes også å være mer ustabil enn naturlig grus og grus med lavt innslag av korallgrus. Det er mulig at det blir for ustabil under f.eks. isgang vinterstid. Det synes også å være mye finpartikler i tilnærmet ren korallgrus.



Figur 4. Innslag av korallgrus i gytegrøper fra seks ulike bekker.

Tabell 19. Horisontal dekningsgrad\* av korallgrus i forhold til stedegen bekkegrus i de aktuelle bekkene. Innslaget av korallgrus i bekkene er vurdert på hele den tilgjengelige bekkestrekningen. Innslaget av korallgrus i gytegrøper er vurdert for hver enkelt gytegrøpe.

Navn på bekk	Korallgrus i bekkene	Korallgrus i gytegrøper
Kjønnstadseterbekken	4	0-0-0-0-4-5-4
Sæterbekken**	5	Ingen funnet
Tomtebekken	3	0-1-1-2-3-3-3-6-4-6-2-6
Fjellhamarbekken**	4	Ingen funnet
Raudbekken	1	1-1-1-2
Bemla+	1	0-0
Kvernsjøelva **	Ikke undersøkt	

\* 0: 0%, 1: 0-10%, 2: 10-20%, 3: 20-30%  
4: 30-40%, 5: 40-50%, 6: 50-60%, 7: 60-70%

\*\* Vanskelige leteforhold pga. is og snøforhold.  
+ Vanskelige leteforhold pga. flom.

Det har tidligere vært gjennomført studier for å se på økt overlevelse av rogn i surt vann ved innblanding av 5 - 10 kg skjellsand pr. kvadratmeter (Rosseland & Skogheim 1984b). Dødeligheten på yngelen i det forsøket var 80 % etter 3 uker i ukalket grus, og i underkant av 20 % i kalket grus. Forfatterne konkluderte imidlertid med at til tross for en positiv effekt på rogn, ville yngelen likevel dødd når den svømte opp av grusen fordi skjellsanden ikke klarte å avsyre bekkevannet i tilstrekkelig grad.

Bekkene i vårt forsøk ble fulgt opp med elektrofiske i begynnelsen av juli for å se på overlevelsen etter vårflommen.

#### **Kjønnstadseterbekken**

- God overlevelse. Mye yngel påvist i alle kulpene med registrerte gytegroper.
- Andre aldersgrupper påvist: 1+.
- Anslått tetthet av fisk eldre enn yngel: 1 fisk pr. 5 - 10 m<sup>2</sup>.

#### **Sæterbekken**

- Ingen fisk funnet (heller ingen gytegroper ble funnet). (Det er verdt å merke seg at både Sæterbekken og Kvernsjøelva renner inn nord i Kvernsjøen. Begge var uten gyting tidligere, og det kan være at den utsatte fisken i Kvernsjøen foreløpig kun gyter i hovedelva (Kvernsjøelva), selv om den mindre Sæterbekken også er egnet.)

#### **Kvernsjøelva/Hattmyrbekken**

- Ble ikke elektrofisket i 1994. Årsaken var dels at det ikke ble lett etter gytegroper pga. is- og snøforhold, og dels at Kvernsjøelva ble elektrofisket både i 1992 og 1993, der naturlig gyting ble dokumentert begge årene.
- Andre aldersgrupper påvist tidligere: 1+, 2+ og >2+.
- Anslått tetthet av fisk eldre enn yngel: 1 fisk pr. 10 m<sup>2</sup>.

#### **Fjellhamarbekken**

- God overlevelse. Mye yngel påvist i bekken. Det ble ikke funnet gytegroper, til tross for at det var mye yngel spredt over en stor del av bekken. (Det skyldes sannsynligvis kombinasjonen av at gytingen her foregår på små grusarealer innimellom større stein og

dermed er vanskelige å finne, i tillegg til at det stedvis var et tykt islag oppå bekken da letingen etter gytegroper pågikk.) En del yngel ble forøvrig også påvist i tilnærmet rene korallgruskulper.

- Andre aldersgrupper påvist: 1+ og 2+.
- Anslått tetthet av fisk eldre enn yngel: 1 fisk pr. 10 - 20 m<sup>2</sup>.

#### **Tomtebekken**

- God overlevelse. Mye yngel påvist i alle kulpene med registrerte gytegroper. En del yngel ble også påvist i en kulp med tilnærmet ren korallgrus.
- Andre aldersgrupper påvist: 1+, 2+ og >2+.
- Anslått tetthet av fisk eldre enn yngel: 1 fisk pr. 2 m<sup>2</sup>.
- Mye gytefisk ble forøvrig observert i bekken i forbindelse med letingen etter gytegroper.

#### **Raubekken**

- Varierende overlevelse. Mye yngel påvist i nedre del, men svært lite i midtre og øvre del, selv i kulpene med registrerte gytegroper.
- Andre aldersgrupper påvist: 1+, 2+ og >2+.
- Anslått tetthet av fisk eldre enn yngel: 1 fisk pr. 10 m<sup>2</sup>. (Gjelder kun strekningen nedstrøms den andre kryssningen med vei.)

#### **Bemla**

- Ingen yngel påvist.
- Andre aldersgrupper påvist: 1+, 2+ og >2+.
- Anslått tetthet av fisk eldre enn yngel: 1 fisk pr. 100 m<sup>2</sup>. Svært liten vannføring under elektrofisket. (Eldre fisk kan vandre til Bemla fra omkringliggende mindre gytebekker, bl.a. Raubekken. Selv om eldre fisk ble påvist i 1994, er det følgelig ikke bevis på vellykket gyting i Bemla de siste årene.)

Også vannkjemiske målinger viser at Raubekken og Bemla har fått mindre kalk enn de burde hatt. I de andre bekkene viste elektrofisket god overlevelse i de registrerte gytegroperne. Det viser ikke bare at gyting finner sted i koralgrusblandet gytegrus, men også at overlevelsen i den kritiske perioden om våren var god.

## 6.4. Påvirkninger av invertebratfaunaen

Det var ønskelig å kartlegge både om korallgrus har lave mengder invertebrater, og dermed reduserer produksjonen av næringsdyr for fisk, og om det er forskjeller mellom arter som finnes på korallgrus i forhold til naturlig bekkebunn på henholdsvis ukalkete og kalkete partier.

Som det framgår av figur 5 og tabell 20, var det relativt små forskjeller i mengde invertebrater på henholdsvis naturlig bekkebunn med ukalket vann, på tilnærmet ren korallgrus og på tilnærmet naturlig bekkebunn med kalket vann. For arter med larvestadier om våren var det en signifikant forskjell for fjærmygg og knott. Lavest individantall var det på korallgrusen. Høyest individantall var det på tilnærmet naturlig bekkebunn nedstrøms korallgrusen, dvs. med kalket vann. For de øvrige artene om våren, og for alle arter om sommeren kunne det ikke påvises noen signifikant forskjell. Man skulle forvente noe lavere tettheter nedenfor enn ovenfor kalkingene. Det skyldes at det omtrent ikke var fisk ovenfor, men en god del fisk nedenfor kalkingene som vil utøve et predasjonstrykk på invertebratene. Resultatene er derfor positive.

Resultatene må ses i lys av artenes økologi. Enkelte fjærmygg- og spesielt knottlarver er i liten grad mobile. Knottlarver fester seg til fast bunns substrat. Fjærmygg larver lever i bunns substratet. Korallgrusen er relativt ustabil, og vil derved redusere kvaliteten på habitatene i forhold til de krav disse artene setter. Arter som tilhører vårfluer, steinfluer, døgnfluer m.fl. er i større grad mobile, og vil lettere kunne vandre i vertikalretningen i korallgrusen ved f.eks. større masseforflytninger under flom.

Gruppen "annet" utgjorde for det meste vannmidd, vannlevende biller (familien *Elminthidae*) og årevinger (familien *Agriotypidae*).

Flere studier angir ulike invertebrat-arters tilstedeværelse som indikatorer på forsuringegrad (Økland & Økland 1980, Engblom & Lingdell 1983, Brittain & Saltveit 1984, Lien m.fl. 1989, Fjellheim og Raddum 1990 m.fl.).

Tabell 20. Statistiske forskjeller mellom mengde invertebrater i prøver tatt på naturlig bekkebunn over korallgrus, på tilnærmet ren korallgrus, og på tilnærmet naturlig bekkebunn nedenfor kalkingsstedet (kalket vann).

### Prøver tatt i april

	$\chi^2$	DF	p
Fjærmygg	7,2754	2	0,02*
Vårfluer	4,9730	2	0,08
Steinfluer	1,9734	2	0,37
Døgnfluer	1,7067	2	0,43
Annet	5,8745	2	0,053
Knott	10,3218	2	0,006*

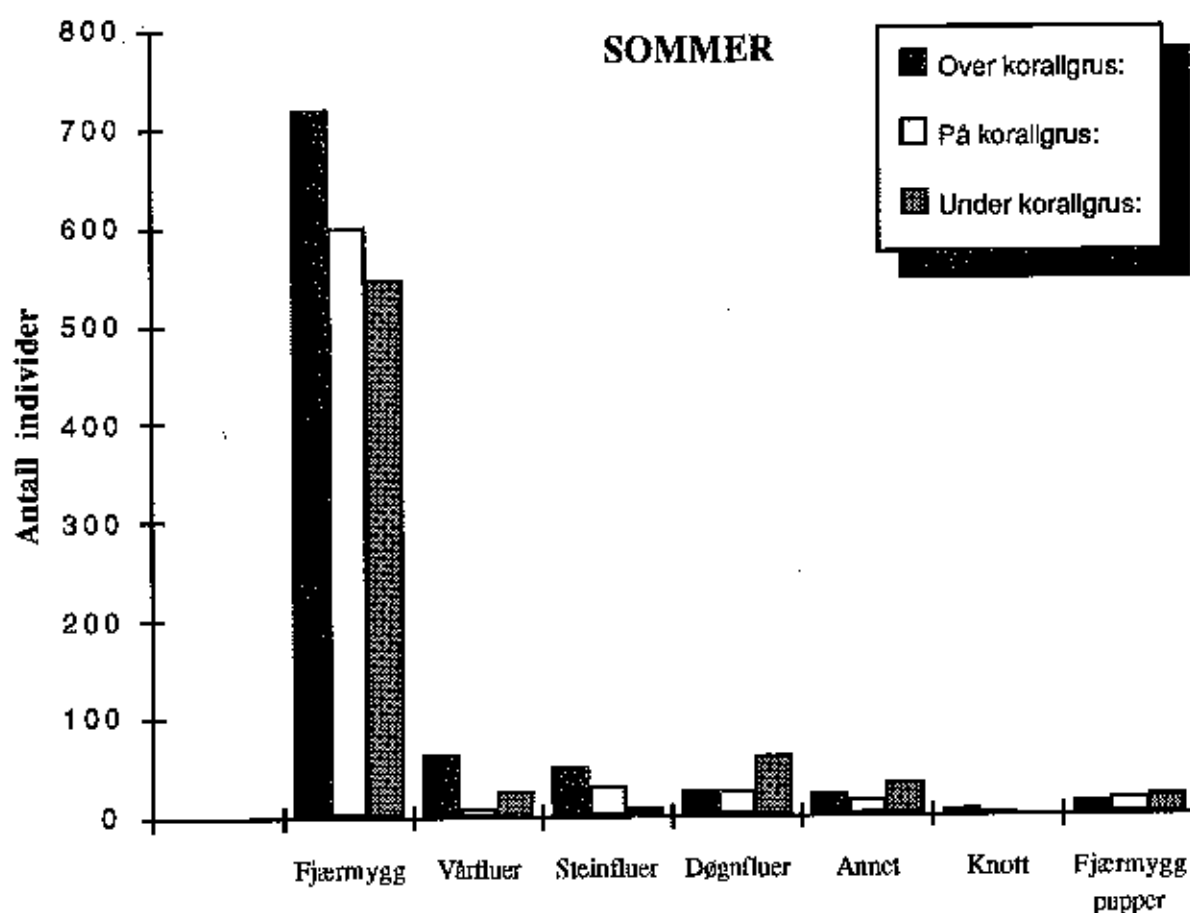
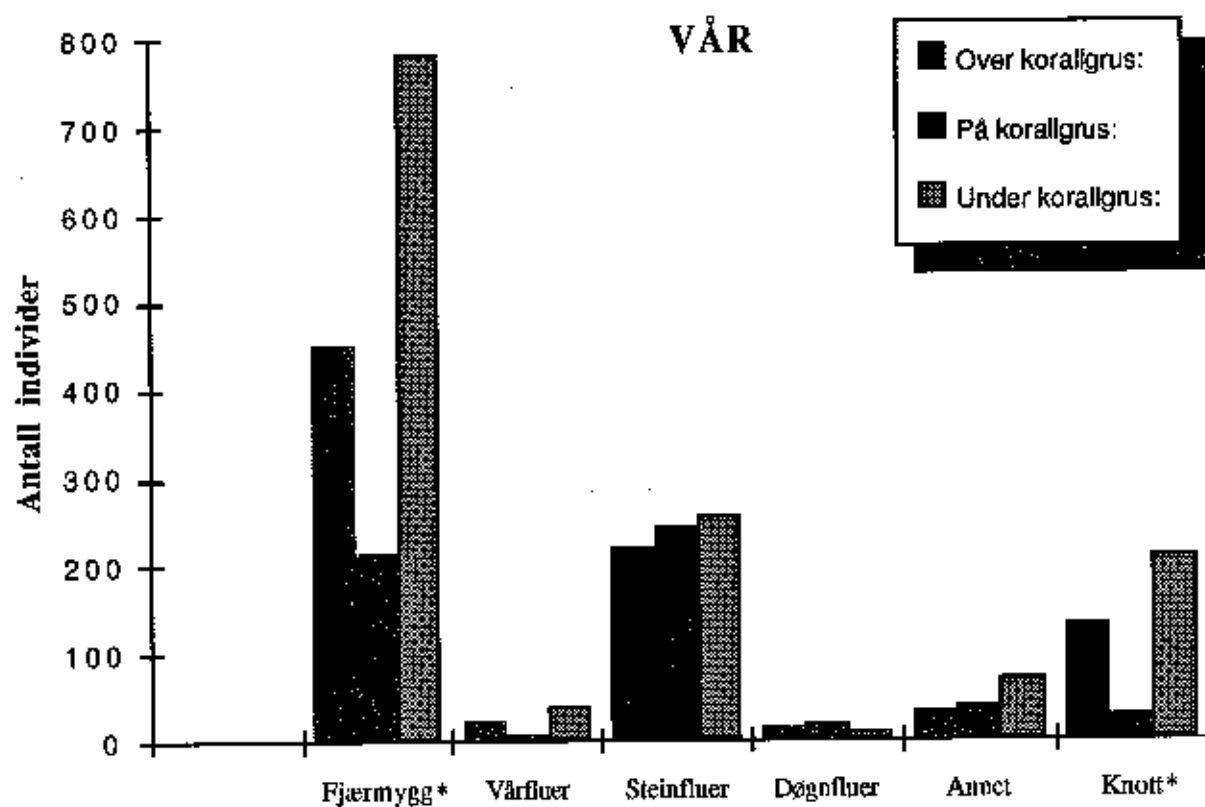
### Prøver tatt i juni

	$\chi^2$	DF	p
Fjærmygg	3,2749	2	0,19
Vårfluer	2,1517	2	0,34
Steinfluer	0,7752	2	0,67
Døgnfluer	2,2077	2	0,33
Knott	Svært liten N		
Fjærmyggpupper			
Annet	0,9906	2	0,61

\* Signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ).

Av de innsamlede invertebratene, ble døgnfluer og steinfluer artsbestemt. Dette er to grupper som er viet stor oppmerksomhet i forhold til pH-toleranse. En artsliste er gitt i tabell 21. Steinfluearter som ble funnet her (*Amphinemura borealis*, *Leuctra fusca*, *Nemuora cinera*, *Nemurella picteti* og *Taeniopteryx nebulosa*) har imidlertid stor toleranse for forsuring med en forsuringssindeks på 0 (Fjellheim og Raddum 1990). Døgnflueartene *Leptohlebia marginata* og *Leptohlebia vespertina* har også forsuringssindeks 0. Men *Baetis*-artene har forsuringssindeks på 1, og tåler dermed i liten grad pH lavere enn 5,5 (Fjellheim og Raddum 1990). *Baetis rhodani* brukes som en indikatorart i forsuringsovervåkingen, for å spore en tidlig forsuring før effektene på fisken melder seg (Kalkingsprosjektet 1985). I både Fjellhamerbekken, Tomtebekken og Sæterbekken ble *Baetis* sp. påvist på eller nedenfor korallgrusen, men ikke ovenfor.

Det må forøvrig tilføyes at det går mange år før man oppnår stabile forhold mellom de ulike organismene i et økosystem etter omfattende endringer som f.eks. kalkinger. Rekolonisering av utdøde arter skjer sent. For noen arter f.eks. flygende insekter kan rekolonise-



Figur 5. Mengde av ulike invertebrater i 7 bekker, hhv. over korallgrus, på tilnærmet ren korallgrus og på naturlig bekkebunn nedenfor korallgrusen (kalket vann). Resultatene er øverst fra prøver tatt i april, og nederst fra prøver tatt i juni. \* angir signifikante forskjeller.

Tabell 21. Oversikt over steinfluer og døgnfluer som ble funnet hhv over korallgrus, på tilnærmet ren korallgrus og på naturlig bekkebuinn nedenfor korallgrusen (kalket vann).

	Over korallgrus	På korallgrus	Nedenfor korallgrus
Fjellhamarbekken	<i>Nemuora cinera</i> , <i>Leptohlebia marginata</i> ,	<i>Baetis</i> sp., <i>Amphinemura borealis</i> , <i>Nemurella picteti</i> , <i>Capnopsis schilleri</i>	<i>Nemurella picteti</i>
Tomtebekken	<i>Capnopsis schilleri</i> , <i>Nemuora cinera</i>	<i>Capnopsis schilleri</i> , <i>Nemuora cinera</i> , <i>Leuctra fusca</i> , <i>Baetis</i> sp.,	<i>Nemurella picteti</i> , <i>Baetis</i> sp.
Kjønnsstadseterbkn.	<i>Capnopsis schilleri</i>	<i>Capnopsis schilleri</i> , <i>Nemuora cinera</i>	<i>Nemurella picteti</i> , <i>Nemuora cinera</i>
Sæterbekken	<i>Plecoptera</i> sp. (tidl.stadier)	Ingen	<i>Baetis</i> sp. <i>Nemuora cinera</i>
Hattmyrbekken	<i>Leptohlebia marginata</i> , <i>Nemuora cinera</i>	<i>Leptohlebia vespertina</i> , <i>Nemuora cinera</i> , <i>Capnopsis schilleri</i>	<i>Leptohlebia marginata</i> , <i>Taeniopteryx nebulosa</i>
Raudbekken	<i>Capnopsis schilleri</i> , <i>Nemuora cinera</i>	<i>Capnopsis schilleri</i> , <i>Nemuora cinera</i> , <i>Leuctra fusca</i>	<i>Nemurella picteti</i> , <i>Nemuora cinera</i> , <i>Leuctra fusca</i>
Bemla	<i>Leptohlebia marginata</i> , <i>Amphinemura borealis</i>	<i>Leptohlebia marginata</i> , <i>Amphinemura borealis</i> , <i>Nemuora cinera</i> , <i>Leuctra fusca</i> , <i>Nemurella picteti</i> , <i>Capnopsis schilleri</i>	<i>Amphinemura borealis</i> , <i>Nemuora cinera</i> , <i>Leuctra fusca</i> , <i>Nemurella picteti</i>

ringen skje raskt, mens andre arter som f.eks. snegler kan bruke meget lang tid, og i en del tilfeller aldri klare å rekolonisere et forsuret vassdrag. I bekker kan man i noen tilfeller forvente en reell økning i artsmangfoldet etter 4-6 år (Bergquist m.fl. 1992). Tiden vil naturligvis være svært avhengig av faunaen i tilstøtende vassdrag og effekten på spredningsbarrierer.

Det er tidligere vist at kalkinger av både vassdrag og innsjøer etter kalking, kan få bunndyr-samfunn som i stor grad likner bunndyrsam-

funn i nøytrale referansevann (Bergquist m.fl. 1992). Resultatene fra vår undersøkelse antyder at også korallgruskalkinger er effektive nok til å gjennskape levelige forhold for forsursfølsomme arter.

Et mangfold av evertebrater er viktig ikke bare i seg selv, men også som næring for fisk. For å ha et godt næringstilbud, bør det være mange ulike arter tilstede. Ulike arter har ulike klekkeskifter og er lettest å fange til ulike tider. Et stort artsmangfold representerer derfor et godt næringstilbud over en stor del av året.



## 6.5. Andre potensielle effekter

Det er flere forhold som bør avklares når det gjelder korallgruskalkingens påvirkninger på økosystemet.

Korallgrusen vil fylle opp kulper og hølør i bekken. Det er som tidligere nevnt store mengder korallgrus som trengs for å avsyre bekkene på en sikker og god måte. Gjennfyllingsgraden er derfor ikke ubetydelig. Dette vil spesielt gjøre seg gjeldende når man har kalket en del år. Det skyldes både at store kalkpartikler bruker mer enn ett år på å løses opp, og at en del kalk nedslammes og av den grunn ikke løses. Effektene av en slik oppfylling for ørretproduksjonen vil variere mye fra bekk til bekk. I bekker der ørreten vandrer ut i innsjøene allerede som yngel eller i løpet av sin første sommer, er konsekvensene relativt små. Problemene er størst i bekker der kulper og hølør er spesielt viktige, dvs. der fisken står lenge før den vandrer ut og bekkene samtidig er tørkeutsatt. Mink og andre predatorer vil også lettere kunne fange fisken når sprekker og

hulrom mellom større stein fylles igjen. Det er også en generell effekt at bekkibunnen i større grad blir homogen. Det er gjort flere undersøkelser over slike effekter, og disse beskriver effektene som utelukkende negative (Nuttall 1972, Anderson 1992).

Videre vil korallgruskalkinger føre til økt mengde og hyppighet av sedimenttransport. Det skyldes både tilførslene i seg selv og at den forholdsvis lave egenvekten på korallgrus gir lange transportavstander på forholdsvis store partikler. Effektene av dette vil være negative for bl.a. fastsittende og lite mobile arter som f.eks. knott.

Med korallgruskalkinger vil også floraen til en viss grad endres. Det skyldes både vannkjemiske endringer, og fysiske påvirkninger fra kalkpartiklene. Det ville vært ønskelig at det også ble gjort undersøkelser over disse effektene. Det kan synes som om bl.a. begroing av mose og grønske øker med forsuringen, men at dette igjen reduseres etter korallgruskalking.

## 7. Konklusjon

Det er svært vanskelig å avsyre bekker og elver på en sikker og god måte. Bruk av korallgrus gir en god nok avsyringseffekt. Det er mulig å bruke gode "tommelfinger-regler" både når det gjelder dosering ved førstegangs kalking, og senere rekalkinger. Det bør kalkes minst en gang i året, selv om kalkens effekter kan være god i mer enn ett år ved store nok mengder.

Våre resultater viser at ørreten aksepterer inntil ca. halvparten med korallgrus innblandet i gytesubstratet, men at ren korallgrus muligens kan være uegnet som gytesubstrat. Korallgrusen synes derfor å være positiv med hensyn til selve gytingen så lenge mengden korallgrus i bekken totalt sett er moderat.

Effektene av korallgruskalkinger på invertebratfaunaen synes å være små. Det blir en reduksjon av fjærmygglarver og knottlarver, men for de øvrige invertebratgruppene ble det bare funnet små forskjeller, og det er helt klart at korallgrusen ikke representerer noe "ørkenområde" for invertebratene. Artsmang-

foldet øker nedstrøms kalkingen, ved at forsuringfølsomme arter igjen kan leve i de kalkete bekkene.

En mer omfattende undersøkelse av ovenfornevnte faktorer sammen med andre økologiske effekter, bør gjennomføres på et vitenskapelig nivå. Denne undersøkelsen gir likevel gode indikasjoner på effektene i påvente av større vitenskapelige undersøkelser.

Selv om kalking med korallgrus har noen negative effekter på bekken som økosystem, synes de å være moderate. Alternativet er at bekken forblir sur og uegnet for fiskeproduksjon med påfølgende genetiske utarminger, redusert artsmangfold og endret flora.

Vår konklusjon er derfor at egnede bekker bør kalkes med korallgrus, men at det er ønskelig å redusere mengdene ved også å kalke med andre kalkingsmidler som ikke påvirker bekken fysisk der det er mulig, eksempelvis overdosere ovenforliggende vann, bruke kalkbrønn, kalkdoserer, terrengekalking o.l.

## 8. Litteratur

- Abrahamsen, H. og D. Matzow. 1984. Use of lime slurry for deacidification of running water. Verh. Internat. Verein Limnol. 22: 1981-1985.
- Akershus Jeger- og Fiskerforbund. Fiskedød i Kvernsjøelva og Steinbrottaldalsbekken. Notat. 1992. 3 sider.
- Bergquist B., E. Engblom & P.E. Lingdell. 1992. Förekomst och kolonisation av bottenfauna i kalkade vatn. Information från Sötvattenslaboratoriet 4: 79-108.
- Bjerle I., G.Rochelle, & H. Sverdrup. 1982. Limestone dissolution in acid lakes. Vatten 38. 156 - 163.
- Borgstrøm, R. & L.P. Hansen. 1987. Fisk i ferskvann. Landbruksforlaget. Oslo. 1987. 347 s.
- Brittain, J. E. 1978. Sparkemetoden - fordeler, uemper og anvendeser. Fauna 31:56-58.
- Direktoratet for naturforvaltning. 1990. Håndbok i kalking av surt vann. 2. utg. 52 s.
- Frost S. et al. 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. Can. J. Zool. 49:167-173.
- Fjellheim A. & G. G. Raddum. 1990. Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. The Science of the Total Environment 96: 57-66.
- Fjellheim A. & G. G. Raddum. 1993. Overvåking av bunndyr i Audna. Direktoratet for naturforvaltning.
- Jensen K.W. & E. Snekvik. 1972. Low pH levels wipe out salmon and trout populations in southern Norway. Ambio 1:223-225.
- Jensen A.T. & M.B. Pedersen 1977. Om kalkvirkningens grundproces. En sammenlignende undersøgelse af reaktiviteten af en blød og en hård dansk jordbrukskalk og tre dolomitter. Ugeskr. f. Agron. Hort., Forst., og Lic. 31. 647 - 651. Ikke sett. Sitert etter Kalkingsprosjektet 1985.
- Kalkingsprosjektet 1985. Kalking av surt vann. Rapp. fra Miljøverndepartementet og Direktoratet for naturforvaltning. 145s
- Hongve D. 1982. Titrimertriske bestemmelser av total CO<sub>2</sub> i surt vann. Limnos 3. 3-6.
- Kalkingsprosjektet 1985. Kalking av surt vann. Rapp. fra Miljøverndepartementet og Direktoratet for naturforvaltning. 145s
- Gunn, J. M. & W. Keller. 1980. Enhancement of the survival of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) eggs and fry in and acid lake through incubation in limestone. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 1522 - 1530.
- Nuttall P. M. 1972. The effects of sand-deposition upon the macroinvertebrate fauna of the River Camel, Cornwall. Freshwater Biology 2: 181-186.
- Oppegård B. 1988. Kalkingsplan for Akershus og Oslo. Fylkesmannen i Oslo og Akershus. 150 s.
- Overrein, L.N., H.M. Seip & A. Tollan. 1980. Acid precipitation - effects on forest and fish. Final rapport of the SNSF - project. 1972 - 1980. Oslo - Ås. 175 s.
- Pedersen H. B., B. Oppegård & J. H. Wilberg 1990. Aksjon 88 - Forsuringssituasjonen i Akershus. Akershus Jeger- og Fiskerforbund og Fylkesmannen i Oslo og Akershus. 84 s.
- Pedersen H. B. & B. Oppegård. 1992. Praktiske erfaringer med korallgruskalkinger. Akershus Jeger- og Fiskerforbund og Akershus fylkeskommune, miljøvernavdelingen. 32 s. ISBN 82-7473-028-3. ISSN 0802-0582.
- Rosseland, B.O. & Skogheim O.K. 1984a. Neutralization of acid water by shellsand filter and sea water additions. Effects on eggs, alevins and smolts of salmonids. Kalkingsprosjektets rapport 26.
- Rosseland, B.O. & Skogheim O.K. 1984b. Attempts to reduce effects of acidification on fishes in Norway by different mitigation techniques. Fisheries 9 (1): 10-16.
- Rosseland, B.O. Skogheim O.K., H.Abrahamsen & D. Matzow. 1984. Survival and reproduction of physiological stress of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in an acid river through slurry liming. Kalkingsprosjektets rapport 27.
- Rosseland B. O., I. Sevaldrud, D. Svalastog & I. P. Muniz. 1980. Studies of freshwater fish populations - effects of acidification on reproduction, population structure, growth and food selection I Drabløs & A. Tollan (red.) Ecological Impact of Acid Precipitation. SNSF-project. 383 sider.

- Skogheim O. K., B. O. Rosseland, E. Hoell & F. Kroglund. 1986. Effects on mortality and physiological stress on smolts of Atlantic salmon (*Salmon salar* L.) in the pH-range 5 - 8 after addition of soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) and limeslurry ( $\text{CaCO}_3$ ) to aluminiumrich acid water. *Water, Soil, Air Pollut.* (i trykk). (Ikke sett referert etter Borgstrøm & Hansen 1987).
- Sverdrup, H. & P. Warfvinge. 1984. A reacidification model for limed lakes. *Water Resources Research*. Ikke sett. Sitert etter Kalkingsprosjektet 1985. Kalking av surt vann. Rapport fra Miljøvern-departementet og Direktoratet for naturforvaltning. 145s.
- Sømme, I.D. 1941. *Ørretboka*. Jacob Dybwads forlag. Oslo. 591 sider.
- Økland J. & K. A. Økland. 1980. pH level and food organisms for fish: Studies of 1000 lakes in Norway. I: Drabløs D. & A. Tollan, (red.). *Ecological impact of acid precipitation*. SNSF-project. s. 324-325.

## VEDLEGG

*Oversikt over pH-målinger fra de ulike bekkene som inngikk i undersøkelsen.*

pH		nov-92	apr-93	mai-93	jun-93	okt-93	apr-94	jul-94	sep-94
Hattmyrbekken	Over K		6,05		6,18		4,75		
	Under K		6,54		6,98		5,45		
Tomtebekken	Over K		5,95		6,02		5,42		
	Under K		6,80		7,29		5,99		
Fjellhamarbekken	Over K		6,69		6,57		5,44		
	Under K		6,80		6,76		5,72		
Sæterbekken	Over K	4,85	5,23	4,59	5,16	4,81	4,68	5,15	4,8
	Under K	6,51	6,71	5,95	7,25	6,71	5,47	7,4	6,83
Kjønnsstadseterbekken	Over K	4,85	4,92	4,72	5,8	4,9	4,6	5,76	4,83
	Under K	6,49	6,85	6,05	7,4	6,54	5,11	7,54	6,51
Raudbekken	Over K	4,71	4,65	4,94	5	4,68	4,76	5,28	4,9
	Under K	5,29	5,56	5,45	6,72	5	4,95	6,2	5,55
Bemla	Over K	4,4	5,05	4,57	5,32	4,52	4,57	5,09	4,47
	Under K	4,85	5,16	4,75	6,7	4,62	4,7	6,38	4,68

*Oversikt over alkalitets-målinger fra de ulike bekkene som inngikk i undersøkelsen.*

ALKALITET (mmol/liter)		nov-92	apr-93	mai-93	jun-93	okt-93	apr-94	jul-94	sep-94
Hattmyrbekken	Over K		0,10		0,16		0,02		
	Under K		0,19		0,39		0,05		
Tomtebekken	Over K		0,08		0,16		0,04		
	Under K		0,24		0,59		0,07		
Fjellhamarbekken	Over K		0,18		0,19		0,05		
	Under K		0,22		0,55		0,06		
Sæterbekken	Over K	0	0,07	0,02	0,06	0,06	0,02	0,04	0,02
	Under K	0,12	0,22	0,09	0,74	0,21	0,05	0,55	0,11
Kjønnsstadseterbekken	Over K	0	0,06	0,04	0,22	0,03	0,02	0,15	0,02
	Under K	0,13	0,30	0,12	1,6	0,22	0,04	1,21	0,11
Raudbekken	Over K	0	0,03	0,04	0,06	0,03	0,12	0,09	0,03
	Under K	0,05	0,08	0,09	0,26	0,06	0,12	0,2	0,06
Bemla	Over K	0	0,07	0,01	0,09	0	0,02	0,04	0
	Under K	0	0,07	0,04	0,3	0,02	0,04	0,18	0,02

*Oversikt over kalsium-målinger fra de ulike bekkene som inngikk i undersøkelsen.*

KALSIMUM (mg/l)		nov-92	apr-93	mai-93	jun-93	okt-93	apr-94	jul-94	sep-94
Hattmyrbekken	Over K		2,10		2,37		0,72		
	Under K		3,70		7,67		1,23		
Tomtebekken	Over K		2,70		2,65		1,45		
	Under K		4,90		11,96		2,05		
Fjellhamarbekken	Over K		3,70		2,64		1,56		
	Under K		5,20		12,84		1,91		
Sæterbekken	Over K	1,68	1,50	1,17	1,94	0,89	0,65	1,46	0,9
	Under K	3,47	5,40	2,13	15,67	3,72	1,59	11,78	3,52
Kjønnstadseterbekken	Over K	1,65	2,00	1,3	3,22	1,13	1,03	2,22	1,12
	Under K	4,17	7,00	2,68	32,77	4,58	1,44	28,6	3,78
Raudbekken	Over K	2,88	2,00	2,61	2,27	2,23	1,4	1,99	3,22
	Under K	3,26	2,80	2,6	5,39	2,43	1,52	4,11	3,93
Bemla	Over K	1,62	2,50	1,26	2,67	1,3	0,94	1,77	1,79
	Under K	2,46	2,20	1,53	5,39	1,57	1,12	4,4	2,16



