

Effekter av kalking på forsuringsrammede krepsebestander

Overvåking av fem lokaliteter i Hedmark over en 10-15 års periode

Trond Taugbøl



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en ny, elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Norsk institutt for naturforskning

Effekter av kalking på forsurings- rammede krepsebestander

**Overvåking av fem lokaliteter i Hedmark
over en 10-15 års periode**

Trond Taugbøl

Taugbøl, T. 2005. Effekter av kalking på forsursrammede krepsbestander. Overvåking av 5 lokaliteter i Hedmark over en 10-15 års periode. - NINA Rapport 98, 50 pp.

Lillehammer, oktober 2005

ISSN: 1504-3312

ISBN: 82-426-1644-2

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Trond Taugbøl

KVALITETSSIKRET AV

Jon Museth

ANSVARLIG SIGNATUR

Trond Taugbøl (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Direktoratet for naturforvaltning

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Roy Langåker

FORSIDEBILDE

Utsetting av kreps i Digeren (foto: Trond Taugbøl)

NØKKEWORD

ferskvannskreps, *Astacus astacus*, forsuring, kalking, reetablering

KEY WORDS

freshwater crayfish, *Astacus astacus*, acidification, liming, reintroduction

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA Trondheim

NO-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Postboks 736 Sentrum

NO-0105 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 22 33 11 01

NINA Tromsø

Polarmiljøsenderet

NO-9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkelgården

NO-2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

<http://www.nina.no>

Sammendrag

Taugbøl, T. 2005. Effekter av kalking på forsuringsrammede krepsebestander. Overvåking av 5 lokaliteter i Hedmark over en 10-15 års periode. NINA Rapport 98, 50 pp.

Prosjektet har sett på effekten av å kalke forsura krepselokalteter når det gjelder:

- 1) å reetablere utdødde eller sterkt reduserte bestander gjennom nye utsetninger av kreps
- 2) å snu en negativ trend med hensyn til krepsebestandens tetthet og størrelsessammensetning.

Prosjektet har omfattet lokalitetene Rokosjøen (Løten kommune), Bæreia og Digeren (Kongsvinger kommune), Søndre Øyungen (Eidskog kommune) og Dølisjøen (Sør-Odal kommune), alle i Hedmark. Alle innsjøene var påvirket av forsuring og representerte en gradient når det gjaldt bestandsstatus for kreps: Før kalking var Digeren, S. Øyungen og Dølisjøen krepsetomme eller hadde kun sporadisk forekomst av kreps. I Bæreia var det relativt bra med småkreps, mens de større krepsene i stor grad var forsvunnet. I Rokosjøen var effekten av forsuring mer usikker, men mindre gjennomsnittsstørrelse på krepsen og minimal bruk av de sureste delene av sjøen, var en sannsynlig forsuringseffekt. Bæreia ble kalket første gang i 1991, Rokosjøen, Digeren og S. Øyungen i 1994 og Dølisjøen i 1996. Utsetting av kreps er foretatt i Digeren og S. Øyungen i 1995-97, og i Dølisjøen i 1996-97.

I alle lokalitetene har det vært en positiv utvikling av krepsebestanden etter kalking. En mer eller mindre markert økning i teine- og/eller dykkefangstene har blitt registrert 4-6 år etter første kalking. Det er liten tvil om at det var forsuring som var årsaken til at krepsebestandene var utryddet eller redusert. Kalking og utsetting av kreps har vært vellykkede tiltak for å styrke og reetablere bestandene, men en generell trend er at fangstene stagnerte etter den første relativt lille økningen. Bestandsutviklingen har i så måte vært dårligere enn forventet i alle lokalitetene.

Krepsebestanden i Rokosjøen har hatt en positiv utvikling etter kalking. De østlige deler av innsjøen, hvor det tidligere bare var sporadisk forekomst av kreps, gir nå like store teinefangster som i den vestlige delen. Over hele innsjøen er den generelle trenden fra dykkefangstene økt rekruttering. Den markerte forbedringen kom 4 år etter første kalking. Gjennomsnittstørrelsen på krepsen i teinefangstene ble markert større i perioden 1994-2000. Fra 2001 gikk størrelsen på krepsen i prøvefisket ned trolig som følge av at det ble åpnet for ordinært krepsefiske for første gang siden slutten av 1980-tallet. Det er imidlertid bekymringsfullt at: 1) gjennomsnittstørrelsen på krepsen i teinefangstene er vedvarende lav også i 2002-2004, til tross for at prøvefisket er foretatt før krepsestasjonen starter, og 2) dykkefangsten i den østlige delen i 2004 er lavere enn på mange år. Rokosjøen ble kalket i 1994-1998 og i 2002.

I Bæreia ble krepsebestanden, og spesielt kreps over 8-9 cm, kraftig redusert fra 80-tallet og fram til kalkingen startet i 1991. Årlig kalking siden 1994 har gitt en tilfredsstillende vannkvalitet, men forbedringen av krepsebestanden har vært mye mindre enn forventet. En markert økning i teinefangsten kom i 1995, fire år etter første kalking, men har deretter stagnert. Det er sannsynligvis andre årsaker enn forsuring som holder krepsebestanden nede. Bestanden må fortsatt betegnes som tynn og gjennomsnittstørrelsen er lav. Et positivt tegn er at dykkefangsten i 2004 var den høyeste siden 1988 og kan indikere en bedret rekruttering.

I Søndre Øyungen og utløpselva Grønnbekken har det vært en positiv utvikling av krepsebestanden etter kalkingen. En markert økning i teinefangstene skjedde i 1999, fem og fire år etter henholdsvis første kalking og utsetting av kreps, men fangstene har deretter stagnert. I Søndre Øyungen var krepsebestanden nærmest utryddet før kalking, mens det ganske overraskende viste seg fortsatt å være en livskraftig bestand i Grønnbekken. Etter kalking og utsetting av kreps i selve innsjøen har det også her etablert seg en selvreproduserende bestand som fortsatt må betegnes som tynn. I Grønnbekken kan bestanden nå karakteriseres som god, og det er en tendens til at gjennomsnittslengden på krepsen i teinefangsten er økende. Søndre

Øyungen ble kalket i 1994-95 og 2000-04. Vannkvaliteten synes å være tilfredsstillende, men det er usikkerhet knyttet til effekter av mulige surstøt-episoder.

I Digeren var krepsbestanden nærmest utryddet før kalking, men overraskende ble det påvist en tynn bestand i utløpselva Skinnarbølåa. Både i Digeren og Skinnarbølåa var det samme positive utvikling av krepsbestanden som i Søndre Øyungen og Grønnbekken, med markert økning i teinefangstene henholdsvis seks og fem år etter første kalking og utsetting av kreps. Siden 2001 synes det å igjen å være en tilbakegang. Bestanden i selve innsjøen kan nå karakteriseres som svært tynn, mens bestanden i utløpselva er tynn. Digeren ble sist kalket i 1998 og kalkingsprosjektet ble avsluttet i 2000. Den negative utviklingen de siste årene kan ha sammenheng med dette.

Også i Dølisjøen ble krepsbestanden ansett som nærmest utryddet før kalking, og det har vært en positiv utvikling etter kalking og utsetting. De første årene etter utsetting besto prøvefangsten i hovedsak av utsatt kreps. I 2001, fem år etter første kalking og utsetting av kreps, tilsa lengden på krepsen at det var innsjøens egenproduserte kreps som ble fanget. Bestanden må fortsatt betraktes som tynn, og det har ikke vært noen økning i teinefangsten siden 2001. Vannprøver i april 2001 avdekket en alvorlig surstøt-episode med pH-verdier under 5.5 i hele innsjøen. Det er usikkert i hvilken grad slike episoder påvirker den naturlige rekrutteringen, men tidligere forsøk i samme lokalitet før kalking indikerte stor dødelighet på rogn og yngel. Et positivt tegn er at dykkefangsten i 2004 viser økt rekruttering. Dølisjøen ble kalket i 1996, 1997, 1998 og 2002.

Bestandsutviklingen hos kreps går sent, og videre oppfølging, inkludert vannkvalitetsmålinger, er viktig for å få best mulig kunnskap om effektene av kalkingen. Spesielt interessant er det å sjekke i hvilken grad det forekommer surstøtepisoder på senvinter/vår. Vi anbefaler også at det gjennomføres undersøkelser av zooplanktonsamfunnet for å få indikasjoner på om det fortsatt er forsuringsproblemer. Zooplankton har vist seg å være gode indikatorer i en slik sammenheng.

I løpet av prosjektet har det blitt avdekket nye problemstillinger og kunnskapsbehov. Det er spesielt tre forhold det bør skaffes mer kunnskap om:

- Krepsens habitatvalg gjennom senvinter/vår i relasjon til surstøt-episoder.
- Reproduksjon i kalka lokaliteter - effekt av surstøtepisoder.
- Utlegging av kalksteinsrøyser som mulig forbedringstiltak for kreps i forsura/kalka lokaliteter

Trond Taugbøl, Norsk institutt for naturforskning, Fakkeltårnet, 2624 Lillehammer.
trond.taugbol@nina.no

Abstract

Taugbøl, T. 2005. *Effects of liming on noble crayfish populations affected by acidification. Monitoring of 5 localities in Hedmark County over a 10-15 year period. NINA Rapport 50 pp.*

The project has monitored the effect of liming acidified noble crayfish localities with respect to: reestablishing exterminated or heavily reduced populations by restocking turning a negative trend regarding crayfish density and size composition.

The project has included five localities (Lake Rokosjøen, L. Bæreia, L. Digeren, L. Søndre Øyungen and L. Dølisjøen), all affected by acidification to a different extent: Before liming, the crayfish in L. Digeren, L. Søndre Øyungen and L. Dølisjøen were exterminated or extremely few. In L. Bæreia there was a relatively good abundance of smaller crayfish while the larger ones (> 90mm) had disappeared. In L. Rokosjøen the effect of acidification was more indistinct, but most likely the mean size of crayfish in trap catches had decreased and there were few crayfish in the eastern, most acidified part of the lake. L. Bæreia was limed first time in 1991, L. Rokosjøen, L. Digeren and L. Søndre Øyungen in 1994 and L. Dølisjøen in 1996. Crayfish were stocked in L. Digeren and L. Søndre Øyungen in 1995-1997 and in L. Dølisjøen in 1996-1997.

In all localities there have been positive effects on the crayfish population after liming. An increase in the trap- and/or diving-catches has been recorded 4-6 years after first liming. There is no doubt that acidification was the reason for exterminated or reduced populations. Liming and restocking of crayfish have been successful efforts, but in general the catches stagnated after the first relatively small increase, and as such the population development has been slower than expected in all localities.

In L. Rokosjøen there have been significant positive effects of the liming. Trap catches in the eastern part, where crayfish were almost non-existent before liming probably due to acid water from the inlet river, are now of the same size as in the western part. Diving catches have increased in all parts of the lake, indicating increased recruitment.

In L. Bæreia the effects of liming are more indistinct. Crayfish larger than 8-9 cm were absent in trap catches before liming, and this catch has only slightly increased. The abundance of smaller crayfish, registered by diving, increased slightly in 2004. The water quality seems to be acceptable due to the liming, so probably there are other reasons than acidification that suppress crayfish population development.

In L. Søndre Øyungen and its outlet river Grønnebekken the effects of liming have been positive. Surprisingly, a viable population was registered in R. Grønnebekken before liming, in spite of pH-values constantly around 5.5 or lower and a calcium-content just above 2 mg Ca/l. After liming and restocking of crayfish, a thin but self-reproducing population has been established in the lake. In R. Grønnebekken the crayfish density has increased and the population can now be considered as good.

In L. Digeren and its outlet river Skinnarbølåa, the situation and effects of liming are comparable with L. Søndre Øyungen. Surprisingly, crayfish were registered in the outlet river also here, in spite of pH and calcium-levels even lower than in L. Søndre Øyungen. After liming and restocking, a thin population has been established in the lake, and crayfish density in R. Skinnarbølåa increased. Since 2001 the positive trend seems to be reversed, possibly because the liming project terminated in 2000.

Also in L. Dølisjøen there have been positive effects of liming and restocking of crayfish. A thin but self-reproducing population is now established. Water quality analyses in April 2001 revealed, however, a serious episode of acidification with pH below 5.5 in the whole lake. In June

and October pH was above 6.5. There are uncertainty to what extent such episodes of acidification during late winter/early spring cause problems for crayfish reproduction. Previous studies in L. Dølisjøen have indicated great mortality on egg and juveniles during such conditions.

The population development in crayfish is slow and further monitoring, including water quality analyses, is important to gain knowledge on the effects of liming. Of special interest is to reveal the possible spring acidic episodes, probably present in all localities. We also recommend to investigate the zooplankton community as an indicator of water quality recovery from acidification.

The project has revealed several gaps of knowledge and we recommend further studies within these fields:

- Habitat choice of crayfish during late winter and spring in relation to acidic episodes
- Reproduction of crayfish in acidified and limed localities – effects of acidic episodes
- Use of chalk stone tips as substrate improvement/hiding places for crayfish in acidified and limed localities.

Trond Taugbøl, Norwegian Institute for Nature Research, Fakkeltårnet, Storhove,
N-2624 Lillehammer.
trond.taugbol@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	5
Innhold	7
Forord	9
1 Innledning	10
1.1 Prosjektets mål og problemstillinger.....	10
1.2 Omfang og oppbygging av rapporten - navnebruk.....	10
2 Om kreps, kalsium og forsuring	11
3 Prosjektlokaliteter og metoder	12
3.1 Prosjektlokaliteter.....	12
3.2 Generelt om metoder.....	14
3.2.1 Vannkjemi.....	14
3.2.2 Krepseforekomst.....	14
3.2.2.1 Teinefangst.....	14
3.2.2.2 Dykking.....	15
3.2.2.3 Vurdering av krepsebestand ut i fra fangst pr. innsats.....	16
4 Rokosjøen (Løten kommune)	17
4.1 Status for krepseforekomst og vannkjemi fram til kalking.....	17
4.2 Mål og problemstillinger for Rokosjøen.....	17
4.3 Undersøkelsesopplegg.....	18
4.4 Resultater og diskusjon.....	18
4.4.1 Vannkjemi.....	18
4.4.2 Utvikling i krepsebestanden.....	20
5 Bæreia (Kongsvinger kommune)	23
5.1 Status for krepseforekomst og vannkjemi fram til kalking.....	23
5.2 Mål og problemstillinger for Bæreia.....	23
5.3 Undersøkelsesopplegg.....	24
5.4 Resultater og diskusjon.....	24
5.4.1 Vannkjemi.....	24
5.4.2 Utvikling i krepsebestanden.....	25
6 Søndre Øyungen (Eidskog kommune)	28
6.1 Status for krepseforekomst og vannkjemi fram til kalking.....	28
6.2 Mål og problemstillinger for Søndre Øyungen.....	28
6.3 Undersøkelsesopplegg.....	28
6.4 Resultater og diskusjon.....	29
6.4.1 Vannkjemi.....	29
6.4.2 Utvikling i krepsebestanden.....	31
7 Digeren (Kongsvinger kommune)	33
7.1 Status for krepseforekomst og vannkjemi før kalking.....	33
7.2 Mål og problemstillinger for Digeren.....	33
7.3 Undersøkelsesopplegg.....	33
7.4 Resultater og diskusjon.....	34
7.4.1 Vannkjemi.....	34

7.4.2	Utvikling i krepsebestanden.....	36
8	Dølisjøen (Sør-Odal kommune)	38
8.1	Status for krepseforekomst og vannkjemi fram til kalking	38
8.2	Mål og problemstillinger for Dølisjøen	38
8.3	Undersøkelsesopplegg	38
8.4	Resultater og diskusjon.....	39
8.4.1	Vannkjemi.....	39
8.4.2	Utvikling i krepsebestanden.....	41
9	Sammenfattende diskusjon	43
9.1	Utvikling i krepsebestanden etter kalking	43
9.2	Hva er god nok vannkvalitet for krepsen?	44
9.3	Oppfølging og kunnskapsbehov.....	45
10	Referanser	47
11	Vedlegg.....	50

Forord

Dette prosjektet er finansiert av Direktoratet for naturforvaltning (DN) og er en direkte oppfølging av tidligere prosjekter i de samme lokalitetene som pågikk i perioden 1995-2001, også disse finansiert av DN.

Einar Kystvåg i BioLimno har vært engasjert til diverse prøvefiske, og en stor takk til ham for et utmerket samarbeid. Takk også til en rekke andre enkeltpersoner blant grunneiere, i forvaltningen og i andre forskningsinstitusjoner som har bidratt til prosjektet gjennom praktisk hjelp og fremskaffing av vannkjemidata.

Lillehammer, oktober 2005

Trond Taugbøl
Prosjektleder

1 Innledning

Forsuring er en alvorlig trussel mot det biologiske mangfoldet i våre vassdrag, og vår ferskvannskreps er blant de mest følsomme artene (Appelberg & Odelström 1990). En rekke bestander innenfor krepsens hovedutbredelsesområde på Østlandet har enten forsvunnet eller blitt sterkt redusert på grunn av forsuring (Taugbøl & Skurdal 1996). Vår art av ferskvannskreps, edelkreps (*Astacus astacus*), har internasjonal verneverdi. Den er inkludert både i den nasjonale og internasjonale rødlisten (DN 1999, IUCN 1998) og omfattes også av EU's Habitatdirektiv og Bern-konvensjonen. Trusselbildet omfatter en rekke andre forhold enn forsuring; den største trusselen mot edelkrepsen og de andre europeiske krepseartene er introduksjon av amerikanske krepsearter som er bærere av sykdommen krepsepest (Taugbøl & Skurdal 1999, Taugbøl 2004). Norge er ett av få europeiske land som i dag kun har forekomst av sin egen, opprinnelige art, noe som gir gode forutsetninger og et spesielt ansvar for å bevare arten. Innenfor bevaringsarbeidet er det viktig å gjøre en innsats for å reetablere og styrke krepsebestander som er forsvunnet eller svekket på grunn av forsuring eller andre forhold. Kalking er et godt virkemiddel for å reetablere og opprettholde liv i forsura vassdrag (Brandrud et al. 2000, DN 2004).

1.1 Prosjektets mål og problemstillinger

Dette prosjektet er en direkte oppfølging av tidligere undersøkelser; for noen av lokalitetene er det data helt tilbake til 1980-tallet (Taugbøl 1999a, 2002). For å få fram helhetsbildet inkluderer nærværende rapport også resultatene fra disse tidligere undersøkelsene og supplerer med data fra perioden 2002-2004.

Prosjektet omfatter lokalitetene Rokosjøen (Løten kommune), Bæreia og Digeren (Kongsvinger kommune), Søndre Øyungen (Eidskog kommune) og Dølisjøen (Sør-Odal kommune), alle i Hedmark. Alle innsjøene er påvirket av forsuring, og hensynet til krepsen er eller har vært hovedårsaken til kalkingen. Innsjøene representerte en gradient når det gjaldt bestandsstatus for kreps: Før kalking var Digeren, Dølisjøen og Søndre Øyungen krepsetomme, eller hadde kun sporadisk forekomst av kreps. I Bæreia var det relativt bra med småkreps, mens de store krepse i stor grad var forsvunnet. Rokosjøen hadde en tynn-middels bestand. Her var det mer uklart om forsuringen hadde hatt noen effekt, men trolig var både størrelsen på krepsen og fordelingen i innsjøen påvirket. Bæreia ble kalket første gang i 1991, Rokosjøen, Digeren og S. Øyungen i 1994, og Dølisjøen i 1996. I Digeren ble kalkingsprosjektet (inkludert vannkvalitetsmålinger) avsluttet i 2000, mens i de andre lokalitetene er det fortsatt en løpende vurdering av kalkingsbehov basert på vannkvalitetsmålinger.

Prosjektets hovedmål har vært å undersøke effekten av å kalke krepselokalteter når det gjelder:

- 1) å re-etablere utdødde eller sterkt reduserte bestander ved hjelp av utsettinger (Digeren, S. Øyungen og Dølisjøen)
- 2) å snu en negativ trend med hensyn til krepsebestandens tetthet og størrelses-sammensetning (Bæreia og Rokosjøen).

En nærmere presisering av målsetting og problemstillinger for de enkelte lokaliteter er gitt i kapitlene 4-8.

1.2 Omfang og oppbygging av rapporten - navnebruk

I Kap. 2 gis en kort redegjørelse om kreps i forhold til kalsium og forsuring som er viktige faktorer når det gjelder krepsens forekomst og utbredelse. I Kap. 3 gis en samlet presentasjon av

forsøkslokalitetene og metoder som er anvendt i undersøkelsene. Deretter presenteres kapittelvis (Kap. 4-8) de fem forsøkslokalitetene med status for vannkjemi og krepseforekomst før kalking, problemstillinger og utviklingen av krepsebestandene etter kalking. Til slutt (Kap. 9) gis en oppsummerende diskusjon samt påpeking av kunnskapsbehov i forhold til forsuring, kreps og kalking.

I Norge har vi som nevnt kun én art ferskvannskreps, nemlig edelkrepsen (*Astacus astacus*). I dagligtale omtales den kun som kreps, og denne betegnelsen bruker vi også i rapporten når vi snakker om "vår" art. Betegnelsen kreps brukes også i mer generelle vendinger, og kan da omfatte ulike arter ferskvannskreps som en felles gruppe. Når det henvises spesielt til andre, fremmede krepsearter i denne rapporten brukes artens eget navn.

2 Om kreps, kalsium og forsuring

Krepsen er omgitt av et hardt, ytre skall hvor kalsium er et viktig byggelement. Når krepsen vokser, må den skifte skall. Før skallskiftet blir endel kalsium trukket ut av det gamle skallet og lagret i de såkalte krepsesteinene (gastrolitter) i krepsens mave (Willig & Keller 1973). Etter skallskiftet blir dette kalsiumlageret brukt til å bygge opp det nye skallet. I tillegg må krepsen også ta opp kalk direkte fra vannet for å gjøre det nye skallet hardt og robust (Adegboye et al. 1975, Malley 1980, Wheatly & Gannon 1995). Det må derfor være en viss kalsiummengde i vannet for at krepsen skal kunne leve der. Det finnes lite dokumentasjon på minimumsnivået som trengs. For en annen europeisk krepseart, *Austropotamobius pallipes*, hevdes det at kalsiumkonsentrasjonen må være >5 mg Ca/l (Jay & Holdich 1977, 1981). Vi vet imidlertid fra norske og finske lokaliteter at det kan være gode edelkrepsbestander ved ca. 2 mg Ca/l (Jussila et al. 1995, denne rapporten). Også ferskvannskreps av slekten *Orconectes* kan finnes i vann med så lave kalsiumverdier (France 1987). Ved lavere verdier vil trolig krepsen få store problemer. Generelt er norske vassdrag svært kalsiumfattige, og nettopp lav kalsiumkonsentrasjon er trolig en av de viktigste faktorene som begrenser krepsens utbredelse.

Krepsen er blant våre mest forsuringfølsomme organismer, og generelt vil pH-verdier under 6 gi forsuringsskader (Appelberg & Odelström 1990). Rogn og yngel-stadiene er de mest følsomme. Eksperimentelt er det for disse stadiene påvist fysiologiske forstyrrelser ved pH-verdier 5.6 - 5.8, med økt dødelighet som resultat. Ved rognutleggingen vil surt vann påvirke selve festingen av rogn til krepsens haleføtter. Rogn vil dermed lettere mistes under den lange perioden (oktober - juni) som de må bæres under halen fram mot klekking. Hvis rogn utsettes for surt vann i perioden fram til klekking er det også påvist økt dødelighet, spesielt i forbindelse med den nyklekte yngelens første skallskifte (Appelberg 1984, Appelberg & Odelström 1990).

Etter skallskifter har både yngel og voksen kreps et behov for raskt å kalsifisere skallet, dvs. gjøre skallet hardt. Dette for å komme i gang med næringsopptak samt for å få bedre beskyttelse mot fisk og andre fiender som spiser kreps. Kalsifiseringsprosessen krever, som tidligere nevnt, opptak av kalsium fra vannet. Denne prosessen er svært pH-følsom ved at surt vann blokkerer opptaksmekanismen. Forsøk med en amerikansk krepseart viste at kalsium-opptaket ble betydelig hemmet ved pH lavere enn 5.75 (Malley 1980). For krepseyngel er det påvist at ved pH 5.6 var opptakshastigheten av kalsium halvert i forhold til ved nøytralt vann (Appelberg & Odelström 1990). Hvis kalsiuminnholdet i vannet er lavt, f.eks. $<2-3$ mg Ca/l som er vanlig i svært mange norske krepselokaliteter, vil effekten av forsuringen forsterkes.

Svenske laboratorieforsøk og felterfaringer konkluderer med at voksen kreps i mindre grad er følsom for forsuring, selv under skallskiftet, og at det er rekrutteringen, dvs. egg og ungeproduksjonen, som blir ødelagt (Appelberg & Odelström 1990). I litteraturen har vi ikke funnet beskrevet tilfeller der det i størst grad er den voksne delen av krepsebestanden som blir borte eller sterkt redusert. I Søndre Billingen og Bæreia i Hedmark ble det imidlertid tidlig på 1990-

tallet observert en sterk tilbakegang i bestanden av voksen kreps (>90 mm), mens småkrepsen fortsatt fantes i relativt bra mengde (Taugbøl 1994). Det var ikke overbeskatning av store individer her, men pH og kalsium-nivået tilsa at forsurening trolig var et problem. Det ble spekulert i om forsuringen hadde gitt en bestandsrespons der voksne individer i hovedsak ble rammet. Videre har det vært et spørsmål om det var et for-stadium til denne bestandsresponsen som ble observert i Rokosjøen, i og med at gjennomsnittsstørrelsen på krepsen i fangstene syntes å ha blitt mindre (Taugbøl & Linløkken 1995). Ved å kalke Bæreia og Roksojøen og undersøke effektene på krepsebestanden, har vi i dette prosjektet kunnet se nærmere på denne problematikken.

3 Prosjektlokaliteter og metoder

3.1 Prosjektlokaliteter

En oversikt over beliggenheten til prosjektlokalitetene er gitt i **figur 1**. Rokosjøen ligger i Løten kommune og drenerer via Rokoelva/Svartelva til Mjøsa. Bæreia og Digeren ligger begge i Kongsvinger kommune. Bæreia drenerer via Vrangselva til Sverige, mens Digeren dreneres av Skinnarbølåa til Vingersjøen og videre ut i Glomma. Søndre Øyungen ligger i Eidskog kommune og drenerer også via Vrangselva til Sverige. Dølisjøen ligger i Sør-Odal kommune og dreneres av Sloa til Glomma.



Fig. 1. Oversikt over beliggenheten til prosjektlokalitetene

Tabell 1 gir en fysisk beskrivelse av prosjektlokalitetene samt oversikt over kalkingshistorie og registrerte minimumsverdier for pH og kalsium før kalking. Verdiene for de enkelte lokaliteter kan ikke uten videre sammenlignes fordi de kan være registrert ved forskjellige årstider, men de er tatt med for å vise at for alle lokalitetene har pH og kalsium-nivået vært kritisk for krep-sen.

En oversikt over krepseforekomst før kalking og fiskearter i de ulike lokalitetene er gitt i **tabell 2**.

Tabell 1. Fysisk beskrivelse, kalkingshistorie t.o.m. 2004 og registrerte minimums-verdier for pH og kalsium i prosjektlokalitetene før kalking (årstall og referanse for registreringen er angitt).

Lokalitet (NVE-nr.)	H.o.h (m)	Innsjø- areal (km ²)	Nedbør- felt (km ²)	Middel- dyp (m)	Kalkings- historie (antall tonn CaCO ₃)	Registrerte min.- verdier for pH og kalsium (mg/l) før kalking
Rokosjøen (253)	215	3,36*	96	6,3	20.10.94: 42 05.10.95: 82 24.06.96: 123 12.06.97: 116 17.06.98: 116,1 06.08.02: 100	1994: pH 5.7; Ca 2.5 (Taugbøl & Linløkken 1995)
Bæreia (4203)	231	1,38	11	7,5	1991: 60 1994: 27 1995: 19 01.08.96: 19,9 08.08.97: 19 04.06.98: 19,6 28.06.99: 19 26.06.00: 19 25.06.01: 40,2 15.10.02: 50,5 30.06.03: 39,4 17.06.04: 20	1989: pH 5.8; Ca 1.8 (Rognerud 1992)
Søndre Øyungen (369)	194	1,36	22	9,1	11.11.94: 248 04.09.95: 47 26.06.00: 48 25.06.01: 30,4 15.10.02: 30,2 30.06.03: 30 17.06.04: 34,3	1993/94: pH 5.5; Ca 2.3 (Skaug 1994, Hindar & Skiple 1995)
Digeren (155)	236	2,64	48	17,5	21.10.94: 150 28.09.95: 120 17.06.96: 132 17.10.97: 120 24.06.98: 106,6 Avsluttet 2000	1993: pH 5.4; Ca 1.6 (Skaug 1994, Hindar & Skiple 1995)
Dølisjøen (153)	170	1,50	25	6,5	26.06.96: 110 19.06.97: 104 25.06.98: 105,7 07.08.02: 100,2	1995: pH 4.8; Ca 2.2 (Taugbøl et al. 1996)

*inkludert Vesle Rokosjøen (ca. 3,2 km² uten denne)

Tabell 2. Oversikt over krepseforekomst (jf. pkt 3.2.2) og fiskearter i prosjektlokalitetene

Lokalitet	Forekomst av kreps per 1994	Fiskearter
Rokosjøen	tynn-middels bestand	abbor, mort, hork, laue, gjedde, lake
Bæreia	middels-god bestand av småkreps. Få kreps > 90 mm	abbor, mort, gjedde, lake, ørret (tynn bestand, utsatt)
S. Øyungen	utdødd eller svært sporadisk forekomst	abbor, hork, steinulke, krøkle, ørekyte, nipigget stingsild, ørret (tynn bestand)
Digeren	utdødd eller svært sporadisk forekomst	abbor, mort, gjedde, lake, ørret (tynn bestand)
Dølisjøen	utdødd eller svært sporadisk forekomst	abbor, mort, hork, brasme, gjedde, krøkle, lake, ørret (få individer, utsatt)

3.2 Generelt om metoder

3.2.1 Vannkjemi

Vannkemiske data fra forsøkslokalitetene er skaffet tilveie på flere måter:

- a) ved direkte analyse ute i lokalitetene ved bruk av Hydrolab-sonde (H-20 Multiprobe).
- b) ved egen vannprøvetaking og senere analyse ved HIAS-Vannlaboratoriet og Høgskolen i Hedmark, avd. Blæstad (Rokosjøen) og ved Næringsmiddeltilsynet Glåmdal (Bæreia, Søndre Øyungen, Digeren og Dølisjøen).
- c) ved tilgang på data fra Norsk institutt for vannforskning (Digeren, Søndre Øyungen, Bæreia og Dølisjøen) (A. Hindar, primærdata fra upubl. manus, Rognerud 1992).
- d) fra tidligere publiserte arbeider i Rokosjøen (Taugbøl & Linløkken 1995), Digeren og Søndre Øyungen (Skaug 1994, Engen et al. 1995, Berg & Gulliksen 1996).
- e) fra rutinemessige vannprøver i forbindelse med kalkingsvirksomheten; i regi av fylkesmannen i Hedmark og kommunene og analysert ved diverse laboratorier (NIVA, Åsnes vdg. skole, Øst-Lab, LabNett).

Ved presentasjon av vannkjemi-seriene for de ulike lokalitetene er året delt opp enten i halvår (V og H) eller tredjedels år (V, S og H), og det er brukt gjennomsnitt av enkeltmålinger innenfor perioden.

3.2.2 Krepseforekomst

Krepseforekomst er undersøkt både ved teinefangst og dykking. Fangst per innsats ved teinefangst (K/TN, antall kreps per teinenatt) eller dykking (K/TD, antall kreps per time dykk), er brukt som et relativt estimat på tettheten av kreps. All fanget kreps ble lengdemålt (totallengde fra pannespiss til ytterst på midtre haleflik) og kjønnsbestemt før de ble sluppet tilbake til innsjøen.

3.2.2.1 Teinefangst

Ved teineundersøkelsene er det benyttet sammenleggbare, sylindrerformede teiner (diam. 24 cm, lengde 48 cm) med to åpninger (5x5 cm) og maskevidde 12 mm. De ble satt om kvelden og tømt morgenen etter. Fangbarheten til krepsen i forhold til teiner varierer mye over tid og er først og fremst avhengig av skallskiftefase og temperatur (Appelberg & Odelström 1985, Skurdal et al. 1985). Skallskiftene foregår normalt i løpet av juli-august. Like før, under og etter

skallskiftet (totalt ca. en uke), er krepsen i svært liten grad fangbar med teiner. Skallskiftetidspunktet kan variere fra lokalitet til lokalitet avhengig av temperaturforholdene, noe som kan gjøre det vanskelig å sammenligne teinefangster fra ulike lokaliteter. Krepsens aktivitet og næringsopptak er også svært temperaturavhengig, og ved temperaturer under 8-10°C er krepsen lite fangbar med teiner. For å minimalisere effekten av skallskifter og lav temperatur er prøvefisket i hovedsak gjennomført i perioden fra slutten av august til midten av september.

Det er videre kjent at en rekke andre faktorer også påvirker teinefangsten og dermed også sammenligningen mellom ulike lokaliteter og/eller fangsttidspunkt. Slike faktorer er f.eks. teinetype, maskevidde, bunnsubstrat, månesyklus, tilstedeværelse av predatorfisk og åtetype (jf. Taugbøl et al. 1997 og referanser her). Påvirkning av slike faktorer er minimalisert ved å bruke standard teinetype og karpefisk som åte (med noen få unntak av praktiske grunner). Effekten av disse faktorene er for øvrig sterkt underordnet effekten av temperatur og skallskifte.

Teinefangst av kreps er også størrelses- og kjønnsselektiv med favorisering av hanner og større kreps sammenlignet med bestanden for øvrig (Qvenild & Skurdal 1988). Kreps mindre enn 75 mm fanges i svært liten grad i teiner, selv om maskevidden er 12 mm.

Antall kreps per teinenatt (K/TN) gir et relativt mål på tettheten av kreps i en lokalitet. K/TN kan brukes til å sammenligne ulike krepselokaliteter og til å følge en bestandsutvikling over tid (Appelberg & Odelström 1985). Ofte ønsker man ved hjelp av K/TN å si om det er en tynn, middels eller god krepsebestand. Usikkerheten og variasjonen i K/TN er imidlertid stor, spesielt fordi det som regel ikke er ressurser til å foreta prøvefiske ved flere tidspunkt. K/TN-verdien avhenger av alle de faktorene som påvirker teinefangsten, som nevnt ovenfor. Det er derfor viktig å foreta teinefisket under mest mulig sammenlignbare forhold. Men uansett vil det være stor tilfeldig variasjon, og tolkningen av K/TN-data må gjøres med varsomhet. K/TN-tallet må ses i sammenheng med krepsens lengdefordeling, beskatningen av bestanden, samt andre fysiske, kjemiske og biologiske data om lokaliteten. Ofte vil supplerende dykkeundersøkelser gi nødvendig tilleggsinformasjon, jf. situasjonen i Bæreia (Kap. 5). Kun prøvefiske med teiner ville her forledet en til å tro at bestanden var nærmest utryddet. Hvis en god krepsebestand beskattes hardt, vil en stor andel av krepsen over minstemålet (95 mm) tas ut i løpet av krepsesesongen, og K/TN ved et prøvefiske etter sesongen kan bli lav (Skurdal et al. 1993). En slik krepsebestand vil allikevel være "bedre" enn en ubeskattet bestand med samme lave K/TN. Gjennomsnittsstørrelsen på krepsen i teinefangsten er også viktig å vurdere. Det kan være en relativ høy K/TN, men hvis en stor andel er under minstemålet (før krepsesesongen starter), har det stor betydning for hvor attraktiv bestanden er for beskatning.

3.2.2.2 Dykking

Dykking som fangstmetode er, i forhold til teinefangst, mye mindre påvirket av skallskifter og temperatur, og gjør det mulig å fange kreps også ved lave temperaturer. Videre vil en ved dykking fange kreps av mindre størrelse enn ved teinefangst. I dette prosjektet er dykkingen av praktiske grunner gjennomført på dagtid, og da ligger krepsen normalt i skjul under steiner, røtter, i huler, etc. Ved dagdykk er de store krepsene mindre fangbare enn ved nattdykk, sannsynligvis fordi de største krepsen har de vanskeligst tilgjengelige skjulestedene på dagen (f.eks. under de største steinene og i de dypeste hulene). Dykkfangst og teinefangst er ikke sammenlignbare estimater for krepsetettheten, men er viktige for å utfylle hverandre, jf. erfaringen fra Bæreia (Kap. 5) hvor det ikke ble fanget noe kreps med teiner, men mye småkreps ved dykking. Typisk er gjennomsnittsstørrelsen for dykkefanget kreps på dagtid i intervallet 55-75 mm, mens teinefangsten ofte er i intervallet 85-95 mm.

Antall kreps fanget per tidsenhet kan, på samme måte som K/TN ved teinefangst, brukes til å overvåke bestandsutviklingen over tid eller sammenligne lokaliteter (f. eks. Taugbøl 1999a,b). Ofte brukes én time som enhet og fangster tatt ved kortere dykketid omregnes da til fangst pr. time ($K/TD = \text{antall kreps fanget pr time dykk}$). Usikkerheten og variasjonen i K/TD er stor, på samme måte som for K/TN, og supplerende teineundersøkelser samt annen informasjon om lokaliteten er ofte nødvendig for å gi et riktig bilde av bestanden. Et av de største problemene

med å sammenligne K/TD-verdier er den store variasjonen mellom ulike bunnforhold, dvs. ulik fangbarhet på ulikt substrat. Dette er spesielt gjeldende for dagdykk da krepsen må letes fram under stokk og stein. Ved sammenligning mellom år bør samme stasjon innen lokaliteten brukes og ved sammenligning av lokaliteter bør det tilstrebes å finne stasjoner med relativt like bunnforhold. Forskjeller i erfaring hos ulike dykkere kan også gi store forskjeller i fangst og observasjoner.

3.2.2.3 Vurdering av krepsebestand ut i fra fangst pr. innsats

Det er altså vanskelig å gi noen klare kriterier for å bedømme en krepsebestand utfra antall kreps pr. teinenatt (K/TN), eller antall kreps pr. time dykk (K/TD). Som en tommelfingerregel, basert på egen, lang erfaring med teine- og dykkfangst i ulike lokaliteter, mener vi allikevel at følgende generelle beskrivelse kan brukes:

For K/TN:

K/TN < 0.5: Svært tynn bestand

0.5 < K/TN < 2.5: Tynn til middels bestand

2.5 < K/TN < 5: God bestand

K/TN > 5: Svært god bestand

For K/TD:

K/TD < 10: Svært tynn bestand

10 < K/TD < 50: Tynn til middels bestand

50 < K/TD < 100: God bestand

K/TD > 100: Svært god bestand

Det presiseres imidlertid at annen bakgrunnsinformasjon om lokaliteten og generelt god kunnskap om krepsens biologi er nødvendig som bakgrunn for vurderingen. Videre at teinefangsten foretas på et tidspunkt da fangbarheten er minst mulig redusert p.g.a. skallskifte eller temperatur. Det beste grunnlaget for å vurdere en lokalitet er å ha både K/TN og K/TD-data.

4 Rokosjøen (Løten kommune)

Krepsebestanden i Rokosjøen har hatt en positiv utvikling etter kalking. De østlige deler av innsjøen, hvor det tidligere bare var sporadisk forekomst av kreps, gir nå like store teinefangster som i den vestlige delen. Over hele innsjøen er den generelle trenden fra dykkefangstene en økt rekruttering. Den markerte forbedringen kom 4 år etter første kalking. Gjennomsnittstørrelsen på krepsen i teinefangstene ble markert større i perioden 1994-2000. Fra 2001 gikk størrelsen på krepsen i prøvefisket ned trolig som følge av at det ble åpnet for ordinært krepsefiske for første gang siden slutten av 1980-tallet. Det er imidlertid bekymringsfullt at: 1) gjennomsnittstørrelsen på krepsen i teinefangstene er vedvarende lav også i 2002-2004, til tross for at prøvefisket er foretatt før krepssesongen starter, og 2) dykkefangsten i den østlige delen i 2004 er lavere enn på mange år. Rokosjøen ble kalket i 1994-1998 og i 2002.

4.1 Status for krepseforekomst og vannkjemi fram til kalking

Krepsebestanden i Rokosjøen hevdes å stamme fra Svartelva som drenerer Rokosjøen ned til Mjøsa. I Svartelva ved Klevfoss ble det satt ut kreps rundt 1890 (Huitfeldt-Kaas 1918), og fra rundt 1930 og oppover til 1960-70-tallet var Svartelva utvilsomt en av Norges beste krepseelver. Utsetting i Rokosjøen med kreps fra Svartelva ble gjort tidlig på 1940-tallet samt i begynnelsen av 50-årene av lokale fiskere. Man antar at utsettingene dreide seg om ca 1000 kreps. Det tok endel år før bestanden hadde bygd seg opp, og først fra midten på 1960-tallet ble krepsefiske vanlig i Rokosjøen. Flere lokale fiskere hevder at fangsten av kreps i antall ikke var noe særlig dårligere på slutten av 80- og begynnelsen av 90-tallet enn den var 1960-70-tallet, men at gjennomsnittstørrelsen har gått ned. Dette til tross for at fisket etter kreps trolig var hardere før, det vil si at størrelsesreduksjonen ikke skyldtes overbeskatning (Taugbøl & Linløkken 1995).

I Rokosjøen ble det i løpet av 1994 foretatt en grundig undersøkelse både av krepsebestanden og vannkvaliteten for å få status før kalking (Taugbøl & Linløkken 1995). I perioder var pH helt ned mot 5.7 og kalsiuminnholdet 3 mg/l. Det var liten tvil om at vannkvaliteten var nede på nivåer som kan medføre skader på krepsebestanden, men altså ingen åpenbare negative effekter som følge av forsuringen. En mulig størrelsesreduksjon er imidlertid nevnt som mulig effekt, og likedan ble det antatt at den ujevne fordelingen av krepsen i innsjøen, med svært lite kreps nær innløpselva i øst og gode forekomster lenger vest, kunne være forårsaket av surere vann i den østlige delen (Taugbøl & Linløkken 1995). Kalking startet i Rokosjøen høsten 1994 for å forebygge at det skulle oppstå markerte skader på krepsebestanden.

4.2 Mål og problemstillinger for Rokosjøen

I Rokosjøen har målet vært å undersøke kalkingens effekt på en krepsebestand som ikke har vært åpenbart skadet av forsuring, men hvor både tetthet, størrelse og fordeling av krepsen i innsjøen trolig kunne være berørt. Problemstillinger knyttet til kalkingen har derfor vært:

- Vil det bli mer kreps i de østlige deler når vannkjemien bedres, eller med andre ord: er det sannsynlig at surt vann har vært begrensende for krepseforekomsten her?
- Øker tettheten av kreps?
- Øker størrelsen på krepsen i teinefangstene?

4.3 Undersøkelsesopplegg

Oversikt over prøvestasjonene i Rokosjøen er vist i **figur 2**.



Figur 2. Oversikt over prøvestasjonene i Rokosjøen. Krepseforekomst er undersøkt i de gråskraverte områdene 1-6.

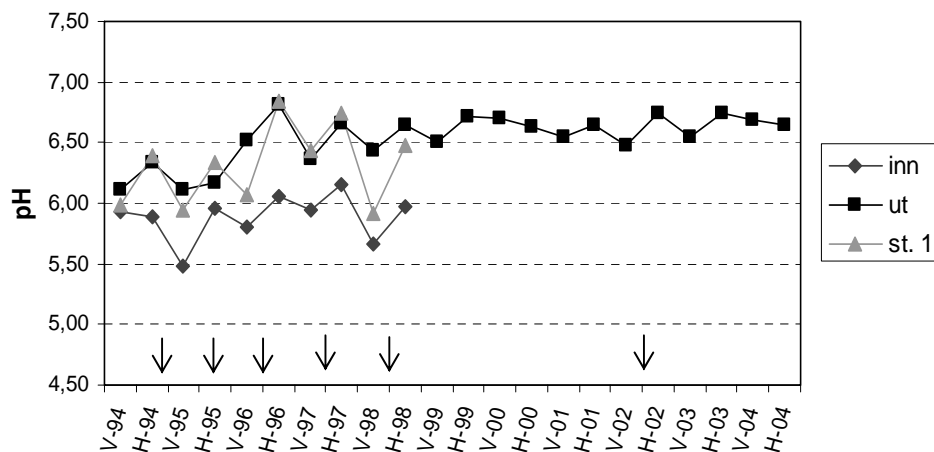
Krepseforekomst er undersøkt ved teinefangst og dykking hvert år i perioden 1994-2004, med unntak av 2000, 2002 og 2003 hvor det kun ble brukt teiner. Til og med 2001 ble alle stasjonene undersøkt; i 2002-2004 har prøvefisket blitt gjennomført på stasjonene 1, 5 og 6. En fullstendig oversikt over fangststinsats og fangst t.o.m. 2001 finnes i Taugbøl (2002) og for 2002-2004 bak i denne rapporten.

Rokosjøen ble kalket hvert år i perioden 1994-1998, og deretter i 2002 (**tabell 1**).

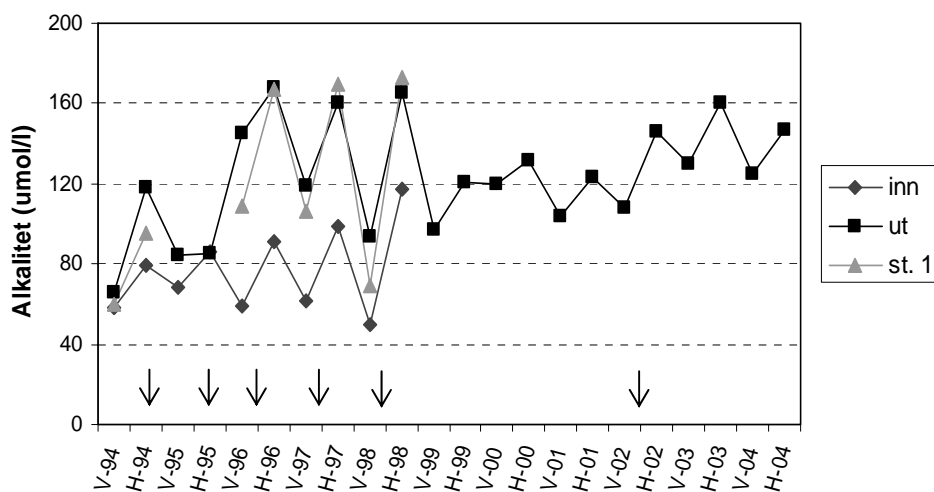
4.4 Resultater og diskusjon

4.4.1 Vannkjemi

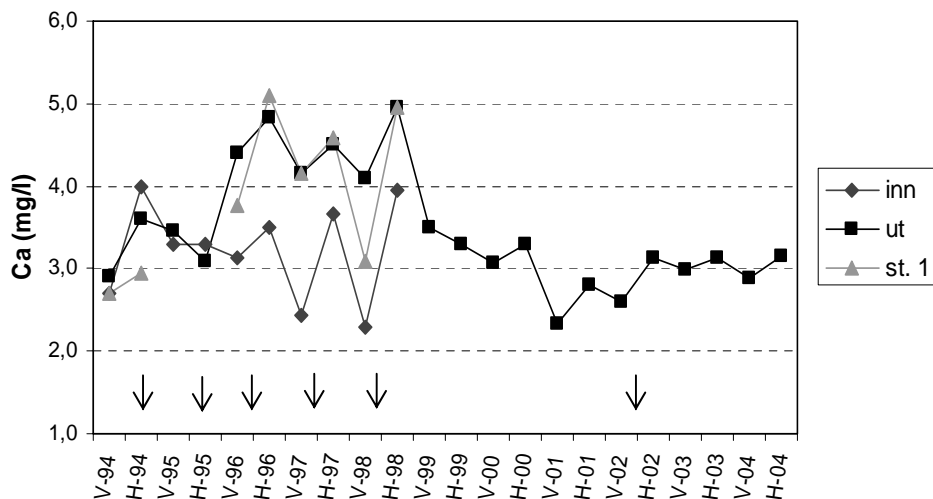
pH, alkalitet og kalsium i innløp, utløp og på stasjon 1, helt øst i innsjøen, er vist i **figurene 3, 4 og 5** for perioden vår-1994 til høst-2004. pH i innsjøutløpet har de siste årene vært stabil på omkring 6,5, mens alkalitet har stabilisert seg på rundt 120-160 $\mu\text{mol/l}$. Dette er en klar forbedring i forhold til situasjonen midt på 1990-tallet når kalkingen startet. Det at nivået har holdt seg stabilt siden siste kalking i 1998, med kun en re-kalking i 2002, kan også indikere at forsurings-tilførselen har blitt mindre. Når det gjelder kalsiuminnholdet har dette de siste årene ligget rundt 3 mg Ca/l, dvs. ikke markert forskjellig fra det det var før kalkingen startet.



Figur 3. pH i innløp, utløp og på stasjon 1 i Rokosjøen i perioden vår-94 til høst-01. Pilene markerer tidspunkt for kalking.



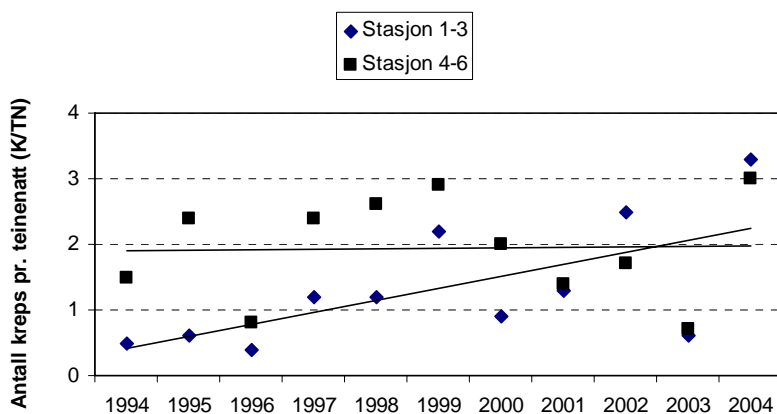
Figur 4. Alkalitet i innløp, utløp og på stasjon 1 i Rokosjøen i perioden vår-94 til høst-01. Pilene markerer tidspunkt for kalking.



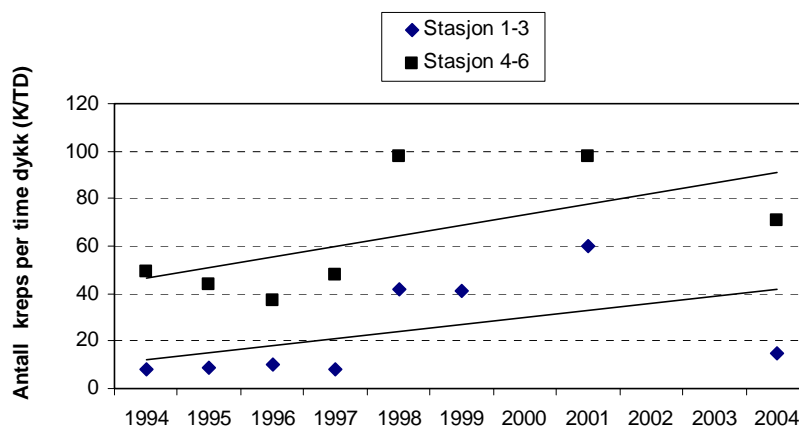
Figur 5. Kalsium i innløp, utløp og på stasjon 1 i Rokosjøen i perioden vår-94 til høst-04. Pile-ne markerer tidspunkt for kalking.

4.4.2 Utvikling i krepsebestanden

Fangst per innsats ved prøvafiske i perioden 1994-2004 er vist i **figurene 6 og 7**. Fangsten er slått sammen for stasjonene 1-3 (østlige del) og 4-6 (vestlige del). Hvis vi ser på teinefangsten (**figur 6**) er det ingen trend til økning i den vestlige delen, mens det har vært en klart økende trend i den østlige delen. Dette styrker hypotesen vår at surt vann var begrensende for krepseforekomsten i den østlige delen. For dykkefangsten (**figur 7**) har det vært en økning hele perioden sett under ett både for den vestlige og østlige delen.

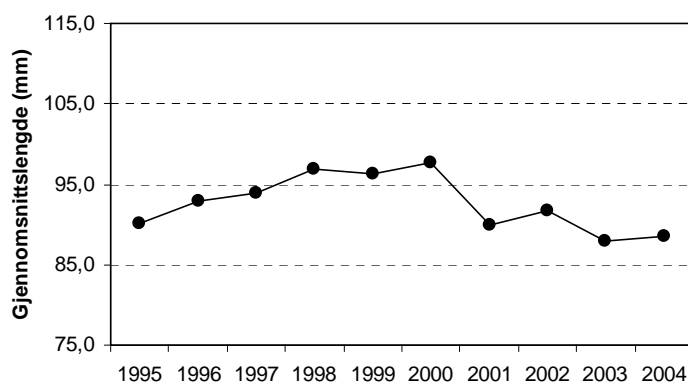


Figur 6. Antall kreps per teinenatt (K/TN) på st. 1-3 (østlig del) og 4-6 (vestlig del) i perioden 1994 – 2004 med trendlinjer inntegnet.



Figur 7. Antall kreps per time dykk (K/TD) på st. 1-3 (østlig del) og 4-6 (vestlig del) i perioden 1994 – 2004 med trendlinjer inntegnet.

Krepsen i teinefangstene ble markert større utover i forsøksperioden til og med 2000 (**figur 8**). Dette styrket hypotesen vår om at forureningen i Rokosjøen hadde ført til en redusert gjennomsnittstørrelse på krepsen (enten p.g.a. økt dødelighet på store individer eller redusert vekst). Fra 2001 ble imidlertid gjennomsnittstørrelsen igjen kraftig redusert, men dette skyldes nok i hovedsak at det ble åpnet for ordinært krepsefiske, for første gang siden slutten av 1980-tallet. Dermed blir en stor andel av de store krepsene tatt ut.



Figur 8. Gjennomsnittslengden til kreps i teinefangster i Rokosjøen i perioden 1994 – 2004.

I forhold til problemstillingene for Rokosjøen som nevnt innledningsvis, kan vi konkludere som følger:

- Forekomsten av kreps i de østlige deler (st. 1-3) har hatt en markert økning og er nå like stor som i de vestlige deler (st. 4-6), vurdert ut i fra teinefangstene. Det er derfor sannsynlig at surt vann fra innløpselva var årsak til at det var en lavere tetthet av kreps her før kalking.

- Vurdert ut fra dykkefangstene har det vært en økt rekruttering av kreps i hele innsjøen, noe som indikerer at kalkingen har hatt en positiv effekt over hele innsjøen. Den markerte økningen kom fire år etter første kalking.
- Teinefangstene i den vestlige delen viser imidlertid ingen økende trend i denne delen. Det er videre bekymringsfullt at dykkefangsten i den østlige delen i 2004 var like lav som før kalkingen.
- Gjennomsnittsstørrelsen på krepsen økte fram til 2000, og dette ble tolket som en effekt av kalkingen. Størrelsen ble redusert i 2001 som følge av at det ble åpnet for krepsefiske. En fortsatt redusert gjennomsnittsstørrelse også i prøvefisket i 2002-2004 gir imidlertid grunn til bekymring, fordi prøvefisket de siste tre årene ble gjennomført før krepsefisesesongen, og da burde ikke effekten av krepsefiske være så markert.

5 Bæreia (Kongsvinger kommune)

I Bæreia ble krepsebestanden, og spesielt kreps over 8-9 cm, kraftig redusert fra 80-tallet og fram til kalkingen startet i 1991. Årlig kalking siden 1994 har gitt en tilfredsstillende vannkvalitet, men forbedringen av krepsebestanden har vært mye mindre enn forventet. En markert økning i teinefangsten kom i 1995, fire år etter første kalking, men har deretter stagnert. Det er sannsynligvis andre årsaker enn forsuring som holder krepsebestanden nede. Bestanden må fortsatt betegnes som tynn og gjennomsnittsstørrelsen er lav. Et positivt tegn er at dykkefangsten i 2004 var den høyeste siden 1988 og kan indikere en bedret rekruttering.

5.1 Status for krepseforekomst og vannkjemi fram til kalking

I Bæreia finnes gode data fra prøvefiske etter kreps før kalking (Taugbøl et al. 1989, Taugbøl 1995). Fra å være et svært godt krepsevann som ga gode fangster av kreps over minstemålet fram til siste halvdel av 80-tallet, utviklet Bæreia seg til et vann hvor stor kreps nærmest var forsvunnet, men hvor det fortsatt var relativt bra med småkreps (opptil 70-80 mm). Fangst av voksen kreps ved prøvefiske endret seg fra 3-4 kreps pr. teinenatt i 1980 til kun sporadisk forekomst i 1990. Selv om det fortsatt fantes relativt bra med småkreps registrert ved dykking, ble også denne fangsten halvert i forhold til tidligere. På slutten av 70 -tallet var pH i Bæreia >6 (Kongsvinger kommune, udatert notat). I 1988 ble pH målt til 5.79 og Ca til 1.75 mg/l. Dette er verdier som helt klart er kritiske for krepsebestanden. Alkaliteten var dengang helt nede på 23 µmol/l (Rognerud 1992), dvs. det var svært lite bufferevne igjen mot forsuring. Bæreia ble kalket første gang i 1991 (tabell 1).

5.2 Mål og problemstillinger for Bæreia

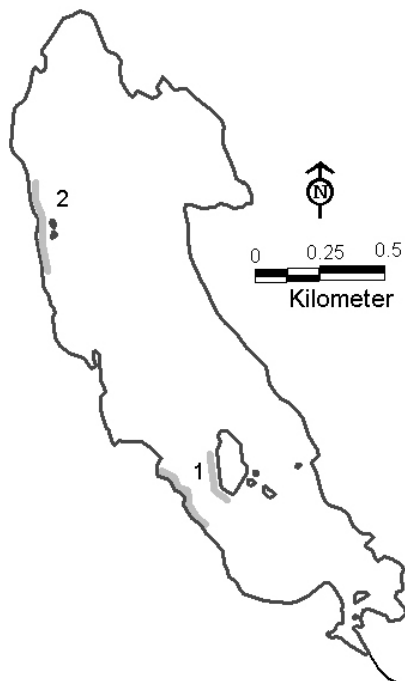
Hovedmålsettingen i Bæreia har vært å undersøke kalkingens effekt på en eksisterende krepsebestand. I motsetning til Rokosjøen hadde Bæreia en bestand som var sterkt redusert, høyst sannsynlig på grunn av forsuring. Det var interessant å se hvordan en såvidt sterkt redusert bestand ville respondere på kalkingen sammenlignet med den mindre påvirkede bestanden i Rokosjøen. I Bæreia syntes det å være den store krepsen som var mest utsatt for forsuringsproblemer, og som nevnt innledningsvis kjenner vi ikke til at en slik bestandsrespons er beskrevet i litteraturen tidligere. Den tradisjonelle forsuringseffekten er svikt i rekrutteringen.

Aktuelle spørsmål i Bæreia etter kalkingen har vært:

- Vil forekomsten av stor kreps (teinefangstene) øke?
- Vil størrelsen på krepsen i teinefangstene øke?
- Vil forekomsten av småkreps (dykkefangstene) også øke?
- Hvor lang tid går det før en eventuell bestandsrespons kommer?

5.3 Undersøkelsesopplegg

Oversikt over prøvestasjonene i Bæreia er vist i **figur 9**.



Figur 9. Oversikt over prøvestasjonene i Bæreia. Krepseforekomst er undersøkt i de gråskraverte områdene 1-2.

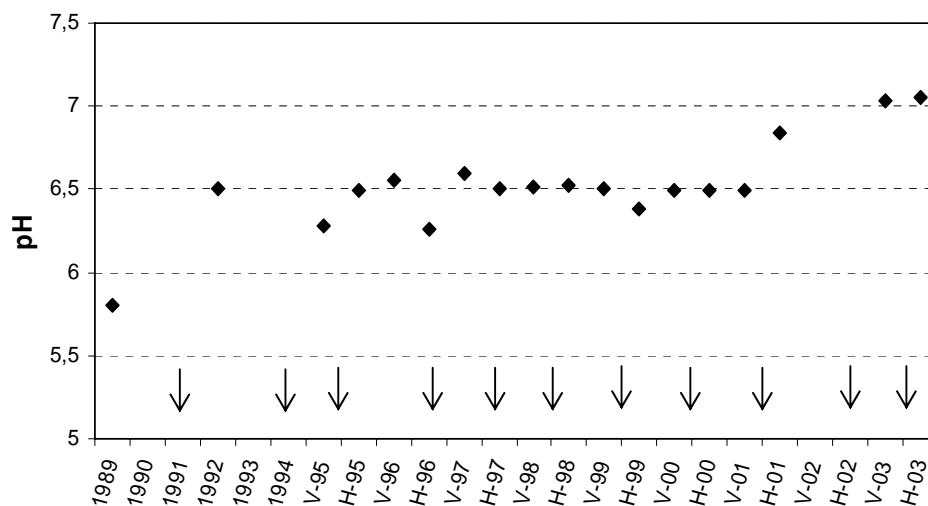
Krepseforekomst er undersøkt ved dykking i 1985, 1988-1998, 2001 og 2004. For teinefangst finnes data fra 1980, 1990, 1993-98, 2001 og 2004. En fullstendig oversikt over fangstinnsett og fangst t.o.m. 2001 finnes i Taugbøl (2002) og for 2004 bak i denne rapporten.

Bæreia ble kalket første gang i 1991 og deretter hvert år siden 1994 (**tabell 1**).

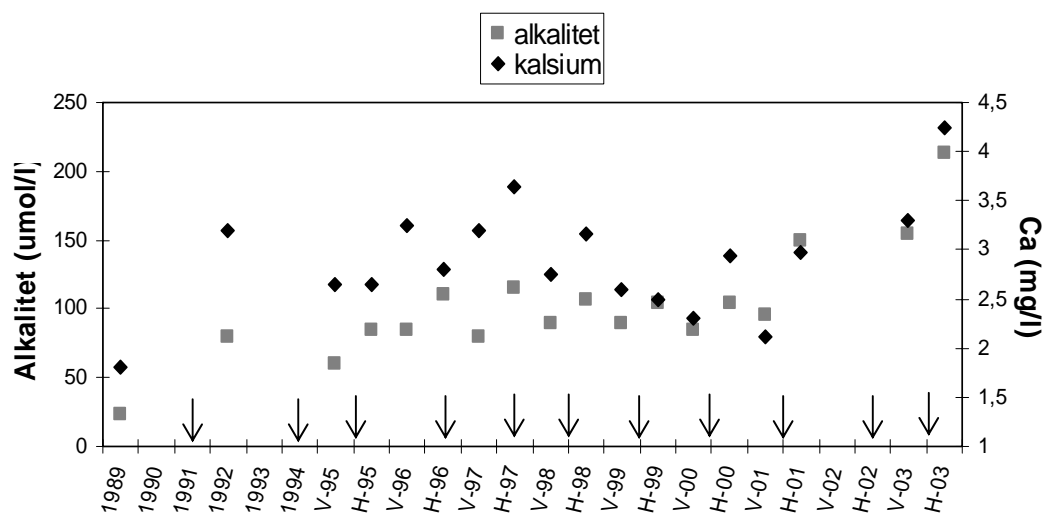
5.4 Resultater og diskusjon

5.4.1 Vannkjemi

Etter første kalking i 1991 holdt pH-verdien i utløpet seg stort sett stabilt rundt 6,5, men i 2003 ble det målt verdier rundt 7 (**figur 10**). Enkeltmålinger i strandnære områder i mars 1997 viste verdier såvidt under 6 (Taugbøl 1999a). Alkaliteten har siden første kalking i hovedsak ligget mellom 80 og 110 $\mu\text{mol/l}$, men med en markert økning i 2003 med over 200 $\mu\text{mol/l}$. Kalsium har variert mellom 2,1 – 3,7 mg Ca/l, men med en topp på over 4 mg Ca/l i 2003 (**figur 11**). Kalkingen synes derfor å opprettholde en tilfredsstillende vannkvalitet for krepsen, og det er lite sannsynlig at forsuring fortsatt er et hovedproblem for krepsen.



Figur 10. pH i utløp av Bæreia i perioden 1989 – 2004. Pilene markerer tidspunkt for kalking.



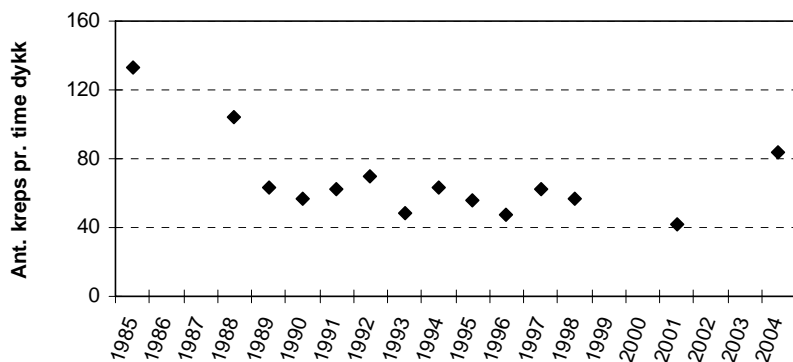
Figur 11. Alkalitet og kalsium i utløp av Bæreia i perioden 1989 – 2004. Pilene markerer tidspunkt for kalking.

5.4.2 Utvikling i krepsebestanden

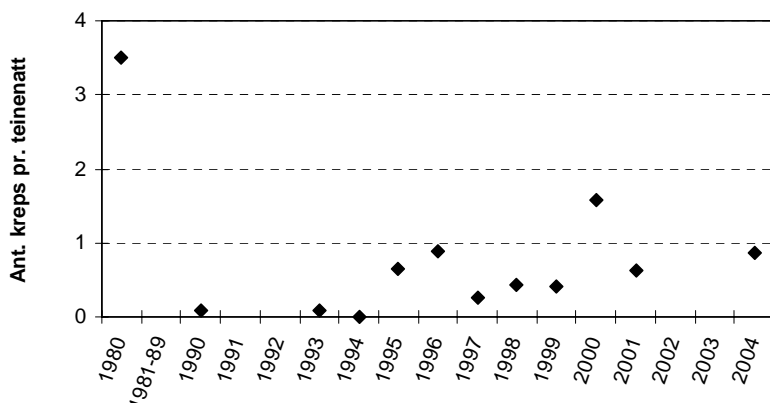
Dykkfangstene viser at krepsebestanden i Bæreia ble markert redusert fra 1988, men har vært noenlunde stabil siden 1989 med et lite oppsving ved siste undersøkelse i 2004. Før 1989 kunne bestanden betraktes som svært god med fangster per time dykk på mer enn 100 kreps.

Fra 1989 og framover til i dag kan bestanden, på bakgrunn av dykkingen, betrakes som midtels til god, med årlig variasjon i dykkfangstene på fra 40 til 80 kreps per time dykk (**figur 12**).

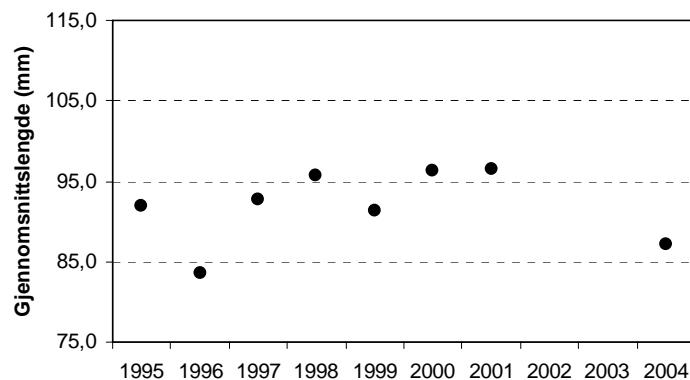
Teinefangstene gir et litt annet bilde (**figur 13**). Det er sammenfall med dykkfangstene i forhold til en markert reduksjon i bestanden fra 1989, men i motsetning til dykkingen ga teinefisket ingen eller svært lite kreps i perioden 1990-1994. Effekten av forsuren syntes altså å være at den store krepsen forsvant. Etter den første kalkingen i 1991 og deretter årlig kalking fra og med 1994 forventet vi en økning i både teine- og dykkfangster. Teinefangstene har hatt en liten økning siden 1994, men gir fortsatt ikke grunnlag for å betrakte bestanden som noe annet enn svært tynn (**figur 13**). Det er fortsatt langt igjen til fangstnivået tidlig på 80-tallet. Overbeskatning kan ikke være årsak til at gjenoppbyggingen tar så lang tid, fordi krepsen var fredet i perioden 1993-1997. Fra 1998 har det igjen vært åpnet for krepsfiske, men ifølge lokalkjente har det vært fisket i beskjeden grad fordi fangstene har vært dårlige. Noe betydning har nok krepsfisket hatt, særlig i forhold til at størrelsen på krepsen i prøvefiske ble markert redusert i 2004 sammenlignet med tidligere år (**figur 14**). Med den vannkvaliteten som nå er i Bæreia, er det lite sannsynlig at det er forurensning som fortsatt skaper store problemer for den store krepsen. Oppsvinget i dykkfangsten i 2004 kan forhåpentligvis indikere at rekrutteringen er i ferd med å bli bedre, og at dette etter hvert også vil gjenspeile seg i teinefangstene.



Figur 12. Antall kreps fanget per time dykk i Bæreia i perioden 1985 – 2004.



Figur 13. Antall kreps per teinenatt ved prøvefiske i Bæreia i 1980 og i perioden 1990 – 2004.



Figur 14. Gjennomsnittslengde for teinefanget kreps ved prøvefiske i Bæreia. Årene før 1995 er utelatt fordi det da ble brukt teiner med større maskevidde.

I forhold til problemstillingene for Bæreia som nevnt innledningsvis, kan vi konkludere som følger:

- Forekomsten av stor kreps (teinefangster) har økt etter kalking, men utviklingen har gått sent. En markert økning i teinefangstene kom i 1995, fire år etter første kalking, men har deretter stagnert.
- Gjennomsnittsstørrelsen på krepsen i teinefangstene har ikke vist noen markert økning, og bestanden må fortsatt karakteriseres som svært småvokst.
- Forekomsten av små kreps (dykkefangst) lå lenge på samme nivå som før kalking, men i 2004 ble det registrert et oppsving som kanskje kan indikere bedret rekruttering
- Bestandsresponsen etter kalking har vært liten og synes å ha stagnert til tross for en vannkvalitet som burde være tilfredsstillende for kreps.
- Trolig er det andre årsaker enn forsurening som holder krepsebestanden i Bæreia nede.

6 Søndre Øyungen (Eidskog kommune)

I Søndre Øyungen og utløpselva Grønnbekken har det vært en positiv utvikling av krepsebestanden etter kalkingen. En markert økning i teinefangstene skjedde i 1999, fem og fire år etter henholdsvis første kalking og utsetting av kreps, men fangstene har deretter stagnert.

I Søndre Øyungen var krepsebestanden nærmest utryddet før kalking, mens det ganske overraskende viste seg fortsatt å være en livskraftig bestand i Grønnbekken. Etter kalking og utsetting av kreps i selve innsjøen har det også her etablert seg en selvreproduserende bestand som fortsatt må betegnes som tynn. I Grønnbekken kan bestanden nå karakteriseres som god, og det er en tendens til at gjennomsnittslengden på krepsen i teinefangsten er økende. Søndre Øyungen ble kalket i 1994-95 og 2000-04. Vannkvaliteten synes å være tilfredsstillende, men det er usikkerhet knyttet til effekter av mulige surstøt-episoder.

6.1 Status for krepseforekomst og vannkjemi fram til kalking

I Søndre Øyungen var det en relativt god krepsebestand fram mot 1980-tallet (Anne Gunn Pramm, grunneier, pers. medd.). Ved prøvefiske i 1988 og 1993 ble det kun påvist sporadisk forekomst av kreps. Ingen kreps (bortsett fra ett stort individ i 1988) ble fanget ved dykking, og kun to kreps ble fanget ved prøvefiske med 50 teiner i 1993 (Taugbøl 1994). Vannkjemien er godt undersøkt som ledd i en regional undersøkelse (Rognerud 1992), gjennom prosjektoppgaver ved HiH-Blæstad (Skaug 1994, Engen et al. 1995), og ved at kalkingen har vært et ledd i testing av kalkingsstrategi med Norsk institutt for vannforskning (NIVA) som prosjektansvarlig (Hindar & Skiple 1995). I 1988 ble pH målt til 5.55, kalsium til 2.15 mg Ca/l og alkalitet til 17 $\mu\text{mol/l}$ (Rognerud 1992), og samme lave nivået ble også målt før første kalking høsten 1994 (Engen et al. 1995). Med stor sannsynlighet ble det derfor antatt at krepsen i Søndre Øyungen, og også utløpselva Grønnbekken, hadde forsvunnet som følge av forsurening.

6.2 Mål og problemstillinger for Søndre Øyungen

For Søndre Øyungen har målsettingen vært å reetablere en krepsebestand i en kalket lokalitet der den opprinnelige bestanden er tilnærmet utryddet som følge av forsurening.

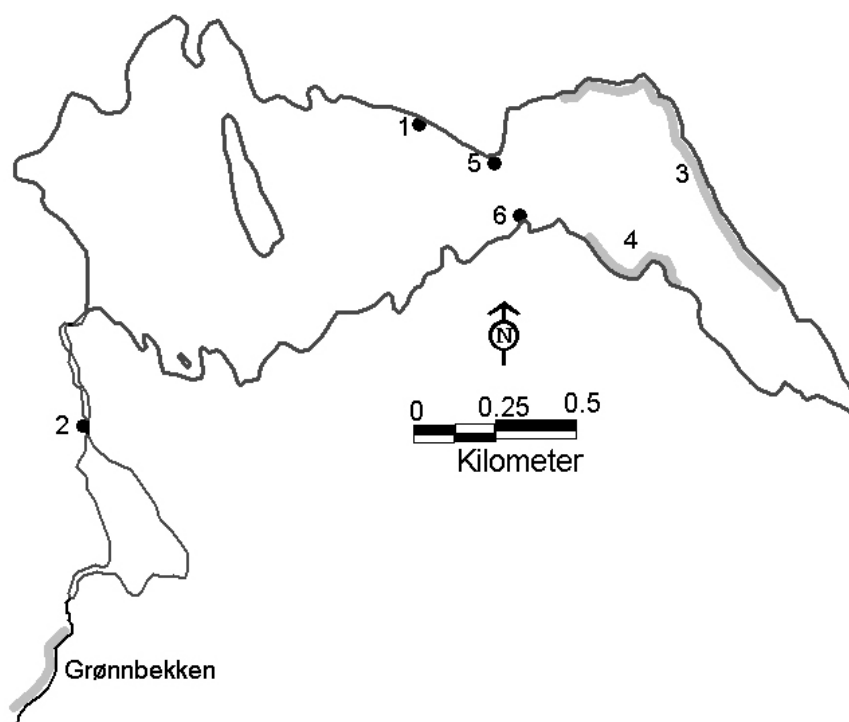
Aktuelle spørsmål etter kalking og utsetting har vært:

- Vil det etablere seg en selvreproduserende bestand, og hvor raskt vil en eventuell bestandsutvikling skje?

Videre ønsket vi å få mer erfaring med bruk av yngel som utsettingsmateriale. Et annet forhold som tidligere har blitt belyst i Søndre Øyungen er forekomsten av surstøt-episoder i strandnære områder på senvinter/vår (Taugbøl 1999a).

6.3 Undersøkellesopplegg

Oversikt over prøvestasjonene i Søndre Øyungen er vist i **figur 15**.



Figur 15. Oversikt over prøvestasjonene i Søndre Øyungen. Krepseforekomst er undersøkt i de gråskraverte områdene i innsjøen og Grønnbekken samt på stasjon 6. Krepser er satt ut på stasjonene 2, 3, 5 og 6 (yngel på 5 og 6). Surstøtsepisoder er undersøkt på stasjon 1.

Krepseforekomst er undersøkt ved dykking i 1988, 1993, 1997-98, 2001 og 2004. For teinefangst finnes data fra 1993, 1995-2001 og 2004. En fullstendig oversikt over fangsttinnings- og fangst t.o.m. 2001 finnes i Taugbøl (2002) og for 2004 bak i denne rapporten.

Krepser ble satt ut i S. Øyungen i 1995, 1996 og 1997, totalt 5597 kreps, fordelt på 3800 yngel og 1797 voksne kreps. Den voksne krepsen stammer fra Sperillen/Ådalselva, mens yngelen er avkom av stamkrepser fra Setten og Øgderen i Haldenvassdraget. En detaljert oversikt over utsettingene er gitt i Taugbøl (2002).

Søndre Øyungen er kalket i 1994-1995 og 2000-2004 (tabell 1).

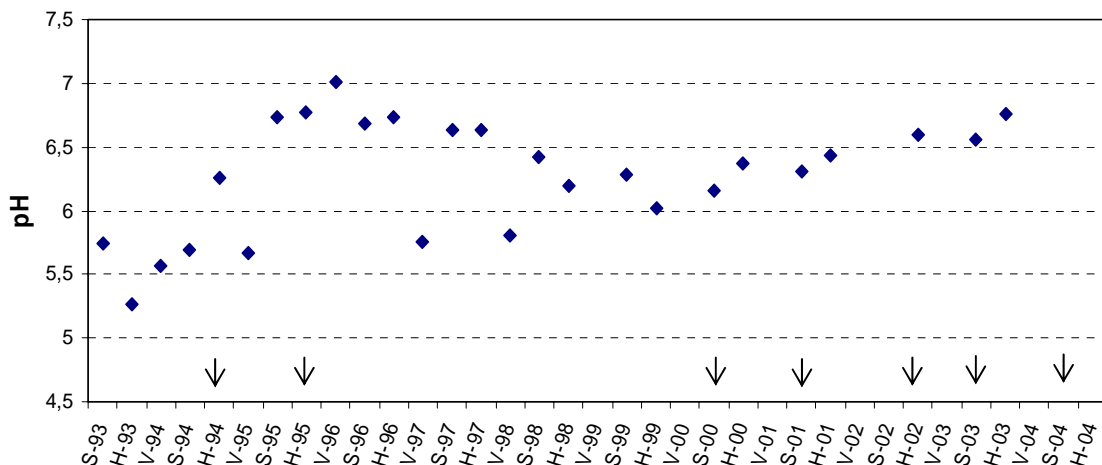
6.4 Resultater og diskusjon

6.4.1 Vannkjemi

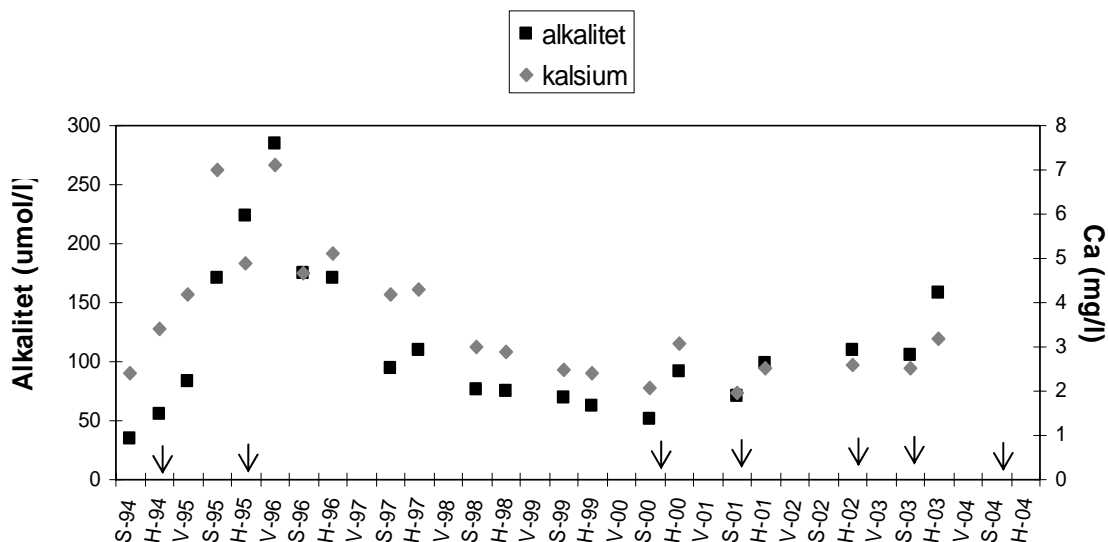
I Søndre Øyungen er effekten av kalkingen svært tydelig fordi det finnes mye vannkjemidata før første kalking. I Søndre Øyungen var pH stabilt under 6, kalsium ca. 2,5 mg Ca/l og alkaliteten godt under 50 $\mu\text{mol/l}$ før kalkingen. Etter kalking har pH, med visse unntak i snøsmeltingsperioden, vært godt over 6, og det har vært tildels svært høye kalsium og alkalitetsverdier (**figurene 16 og 17**). Søndre Øyungen har blitt kalket i to perioder. Den første gangen i 1994 ble det kalket med en meget stor dose som for det meste (80%) ble spredd i strandsonen.

Denne store dosen og videre oppløsning herfra førte til at pH, alkalitet og kalsiumverdiene ble kunstig høye, med f.eks kalsium på rundt 7 mg Ca/l, og alkalitet på nærmere 300 $\mu\text{mol/l}$. Etter hvert som verdiene sank utover på slutten av 1990-tallet, ble det rekalket i 2000-2004.

Selv om pH generelt holder seg godt over 6, viste målinger i mars/april både i 1997 og 1998 verdier på rundt 5.8 (**figur 16**). Det er uvisst hvilke effekter slike kortvarige surstøtsepisoder kan ha på krepsbestanden og om dette er årvisse hendelser. Det er ikke foretatt vannkjemi-målinger på senvinter/vår etter 1998.



Figur 16. pH i utløp av Søndre Øyungen i perioden sommer-93 til høst-03. Pilene markerer tidspunkt for kalking.



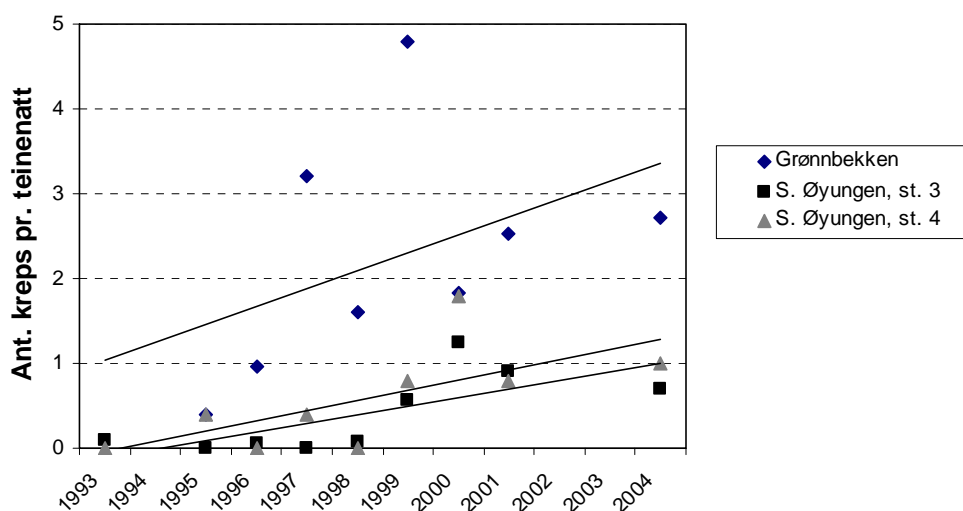
Figur 17. Alkalitet og kalsium i utløp av Søndre Øyungen i perioden sommer-93 til høst-03. Pilene markerer tidspunkt for kalking.

6.4.2 Utvikling i krepsebestanden

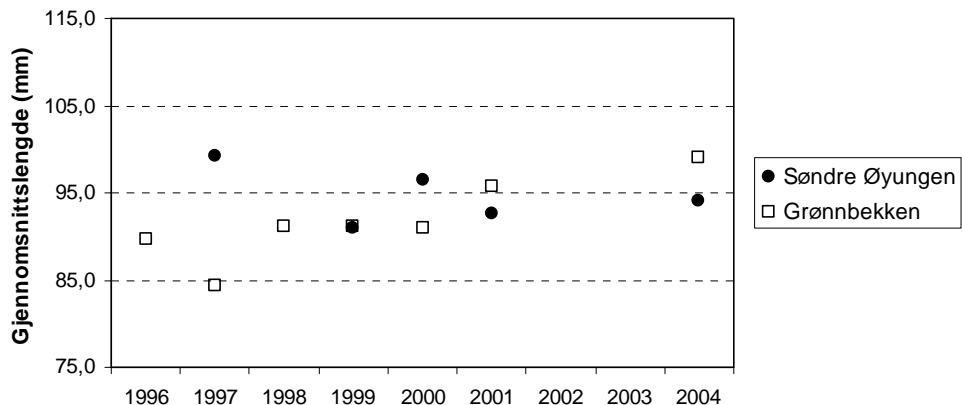
Prøvefisket med teiner viser en positiv utviklingstrend for krepsebestanden i Søndre Øyungen. Fram til og med 1998 var det kun sporadiske fangster, men så kom det et markert omslag i 1999, trolig som følge av at avkom fra den utsatte krepsen hadde nådd fangbar størrelse. Siden 1999 har det imidlertid ikke vært noen ytterligere økning i teinefangsten (**figur 18**). Gjennomsnittsstørrelsen på krepsen i fangstene har heller ikke økt (**figur 19**).

I Grønbekken (utløpsbekken) viste det seg å være en livskraftig krepsebestand helt fra starten av undersøkelsene (**figur 18**). Med de lave pH-verdiene som ble målt i vassdraget før kalking var det svært overraskende at en slik god krepsebestand hadde blitt opprettholdt. Utsettingen i 1995 besto av kreps > 90 mm, mens hele 75% av den store fangsten ved prøvefisket i 1997 var kreps < 90 mm, dvs. de kunne ikke stamme fra utsettingen. Den gode forekomsten kunne heller ikke ha noen direkte sammenheng med kalkingen. Det synes allikevel klart at bestanden i Grønbekken har blitt ytterligere styrket som følge av kalkingen, og kan nå karakteriseres som en god bestand (**figur 18**). Størrelsen på krepsen i teinefangsten viser også en økende tendens (**figur 19**).

Dykkeundersøkelsene har vært konsentrert om den ene utsettingsplassen for yngel (st. 6), men her har kun et fåtall kreps (2-10 K/TD) hittil blitt observert.



Figur 18. Antall kreps per teinenatt ved prøvefiske på to stasjoner i Søndre Øyungen og i Grønbekken (utløp) i perioden 1993-2004. Trendlinjer er inntegnet.



Figur 19. Gjennomsnittslengde for teinefanget kreps ved prøvefiske i S. Øyungen og Grønnbekken (utløp) i perioden 1996-2004.

I forhold til problemstillingene for Søndre Øyungen som nevnt innledningsvis, kan vi konkludere som følger:

- Det har etablert seg en selvreproduserende bestand i innsjøen, med basis i rekruttering fra utsatt kreps.
- Markert økning i teinefangsten skjedde i 1999, 4 år etter første utsetting av voksen kreps (avkom fra disse er da 4 somre), 3 år etter første utsetting av yngel (som da også er 4 somre) og 5 år etter første kalking.
- Gjennomsnittslengden i 1999 som er så vidt over 90 mm, viser at fangsten i hovedsak må bestå av rekruttert kreps og yngel, ikke voksen, utsatt kreps. Det tyder på god vekst. Det er imidlertid bekymringsfullt at det ikke har vært noen videre bestandsutvikling siden 1999.

7 Digeren (Kongsvinger kommune)

I Digeren var krepsebestanden nærmest utryddet før kalking, mens det veldig overraskende ble påvist en tynn bestand i utløpselva Skinnarbølåa. Både i Digeren og Skinnarbølåa var det samme positive utvikling av krepsebestanden som i Søndre Øyungen og Grønnbekken, med markert økning i teinefangstene henholdsvis seks og fem år etter første kalking og utsetting av kreps. Siden 2001 synes det å igjen å være en tilbakegang. Bestanden i selve innsjøen kan nå karakteriseres som svært tynn, mens bestanden i utløpselva er tynn. Digeren ble sist kalket i 1998 og kalkingsprosjektet ble avsluttet i 2000. Den negative utviklingen de siste årene kan ha sammenheng med dette.

7.1 Status for krepseforekomst og vannkjemi før kalking

I Digeren var det en relativt god krepsebestand fram til 1980-tallet (Westye Egeberg og Thorvald Løvenskjold, grunneiere, pers. medd.). Ved dykkeundersøkelser i 1985 ble det ikke påvist kreps (Taugbøl et al. 1989), og vi antok at bestanden var utdødd. Vannkjemien før kalking er godt undersøkt gjennom prosjektoppgaver ved HiH-Blæstad (Skaug 1994, Engen et al. 1995), og ved at kalkingen er et ledd i testing av kalkingsstrategi med NIVA som prosjektansvarlig (Hindar & Skiple 1995). Før kalking ble det registrert pH-verdier ned mot 5.4 og kalsium-verdier rundt 1.6 mg Ca/l. Dette er en vannkvalitet som høyst sannsynlig er årsaken til at krepsebestanden forsvant. Digeren ble kalket første gang høsten 1994.

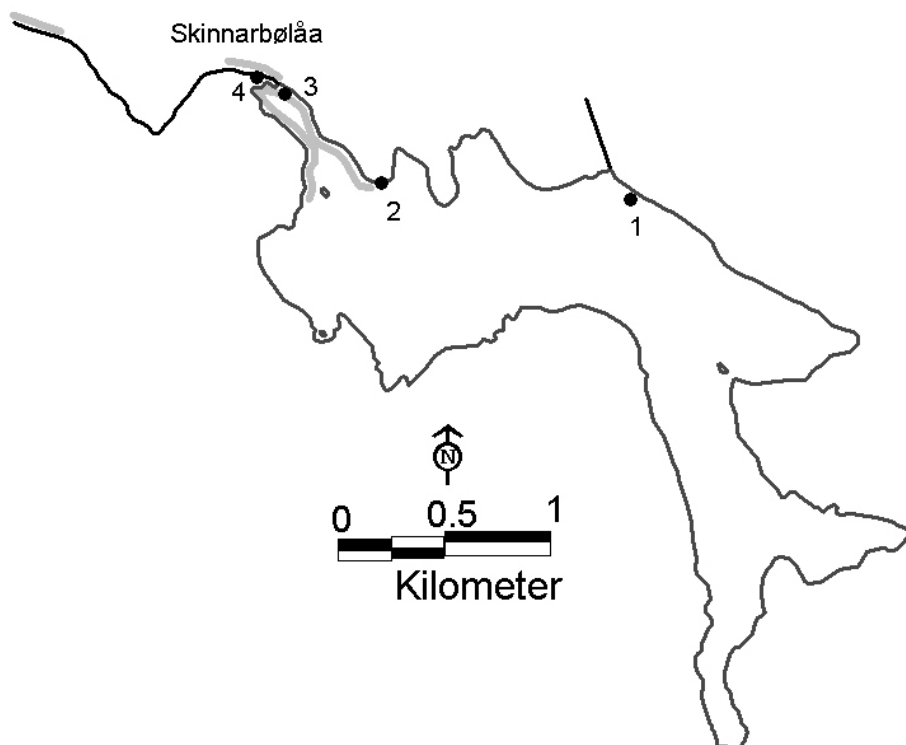
7.2 Mål og problemstillinger for Digeren

Målsettingen for Digeren har vært, i likhet med Søndre Øyungen, å reetablere en krepsebestand i en kalket lokalitet der den opprinnelige bestanden er sterkt redusert eller utdødd som følge av forsurening. Digeren og Søndre Øyungen er forskjellige med hensyn på fiskeforekomst (mindre fisk, færre arter i Digeren), vannkvalitet (mindre kalsium i Digeren) og de er kalket på ulike måter (jf. **tabell 1**). Søndre Øyungen ble kalket på "svensk måte", dvs. med større kalkdose enn hva som har vært vanlig i Norge (Hindar & Skiple 1995). Det var interessant å se utviklingen i krepsebestandene i lys av disse forskjellene. Digeren som kalkingsprosjekt ble imidlertid avsluttet i 2000, og fokus for Digeren ble dermed mer å se hvordan dette eventuelt ville reversere en bestandsutvikling.

Også i Digeren har vi satt ut yngel i tillegg til voksen kreps for å få mer erfaring med denne typen utsettingsmateriale, og videre er forekomsten av surstøt-episoder i strandnære områder på senvinter/vår belyst også her (Taugbøl 1999a).

7.3 Undersøkellesopplegg

Oversikt over prøvestasjonene i Digeren er vist i **figur 20**.



Figur 20. Oversikt over prøvestasjonene i Digeren. Krepseforekomst er undersøkt i de gråskraverte områdene i innsjøen og Skinnarbølåa. Krepser er utsatt på stasjonene 2 (yngel), 3 og 4. Surstøt-episoder er undersøkt på stasjonene 1 og 2.

Krepseforekomst er undersøkt ved dykking i 1985, 1997-98, 2001 og 2004. For teinefangst finnes data fra perioden 1995-2001 og 2004. En fullstendig oversikt over fangstinnsetts og fangst t.o.m. 2001 finnes i Taugbøl (2002) og for 2004 bak i denne rapporten.

Kreps ble satt ut i Digeren i 1995, 1996 og 1997; totalt 5731 kreps, fordelt på 3800 yngel og 1931 voksne kreps. Den voksne krepsen stammer fra Einavann og Sperillen/ Ådalselva, mens yngelen er avkom av stamkrepser fra Setten og Øgderen i Haldenvassdraget. En detaljert oversikt over utsettingene finnes i Taugbøl (2002).

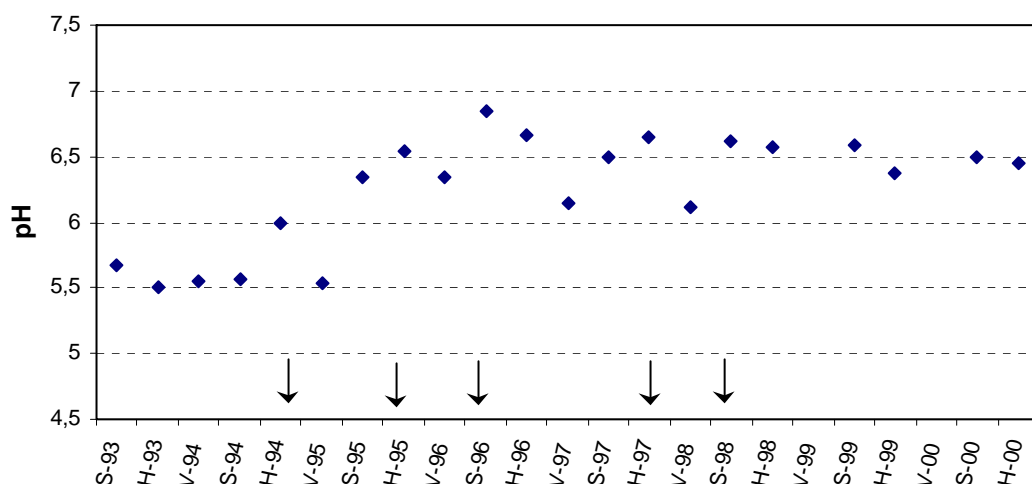
Digeren ble kalket årlig i perioden 1994-1998 (tabell 1).

7.4 Resultater og diskusjon

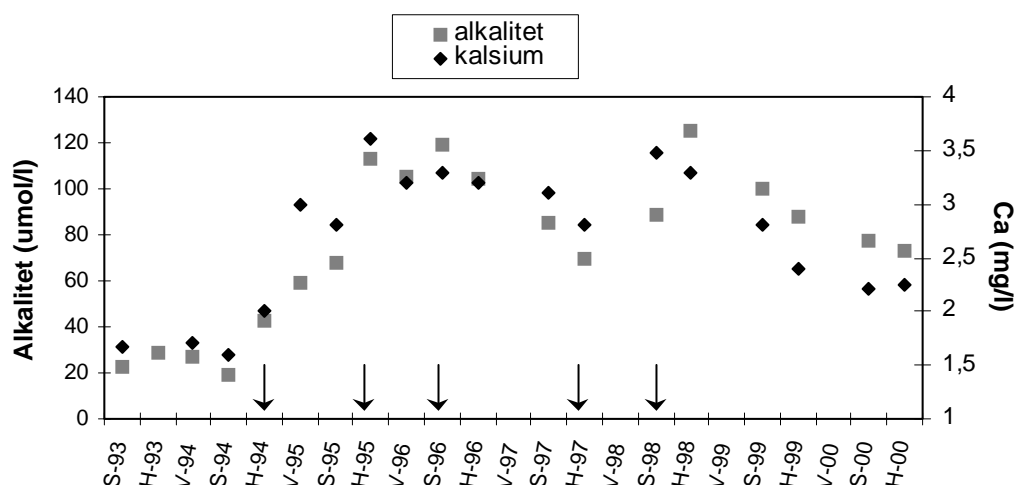
7.4.1 Vannkjemi

Også i Digeren var effekten av kalkingen svært tydelig fordi det var gode vannkjemidata fra perioden før første kalking. I Digeren var pH rundt 5.5, kalsium under 2 mg Ca/l og alkaliteten helt nede på ca. 20 $\mu\text{mol/l}$ før kalkingen. Etter kalking har pH, med ett ekstremunntak våren 1995, vært over 6. pH holdt seg rundt 6.5 fram til og med 2000. Siden den gang har vannkjemi ikke blitt målt fordi kalkingsprosjektet ble avsluttet.

Kalsiuminnholdet holdt seg lenge rundt 3-3.5 mg Ca/l, men var på vei nedover mot 2 mg i 2000. Alkaliteten viste også en avtagende trend (**figurene 21 og 22**).



Figur 21. pH i utløp av Digeren i perioden sommer-1993 til høst-00. Pilene markerer tidspunkt for kalking.



Figur 22. Alkalitet og kalsium i utløp av Digeren i perioden sommer-1993 til høst-00. Pilene markerer tidspunkt for kalking.

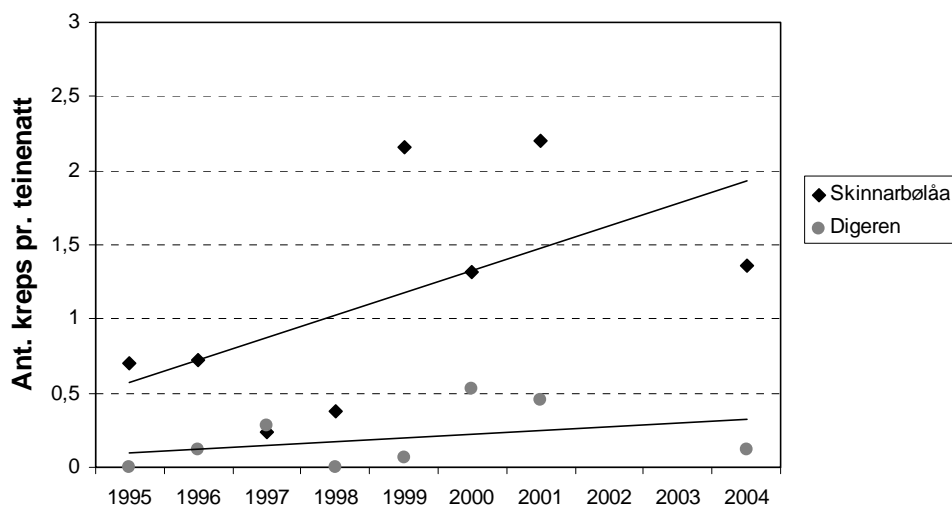
Også i Digeren har vi tidligere (1995-98) undersøkt pH i strandnære områder (stasjonene 1 og 2) på senvinter/vår for å se om dette er områder som er vanskelig å avsyre under snøsmelting/surstøt-episoder. Det var interessant å sammenligne Digeren og Søndre Øyungen når det gjaldt disse forholdene, fordi kalkingsstrategien var forskjellig. I Søndre Øyungen ble svært mye av kalken spredd og sedimentert i strandsonen, og det kunne derfor være sannsynlig at avsyringseffekten på de strandnære områdene var bedre. Som nevnt i forrige kapittel var pH-forholdene i strandsonen i Søndre Øyungen generelt bra etter kalkingen, og det samme bildet dannet seg for Digeren. Med unntak av ekstremsituasjonen i slutten av april 1995 med pH-verdier under 5, var pH over 6 både i utløp og i strandsonen. pH i innløpet lå stort sett hele tiden under 5.5 (Taugbøl 1999a). Det er ikke foretatt pH-målinger i strandsonen etter 1998, så det er uvisst hvordan forholdene har vært de siste årene. Måling av pH under isen i Dølisjøen i april 2001, jf. neste kapittel, viste imidlertid urovekkende verdier, samtidig som de regulære vår/forsommer- og høstprøvene var gode.

Fordi vannkjemi ikke har blitt analysert i Digeren siden 2000, er det nå stor usikkerhet om forurensingssituasjonen.

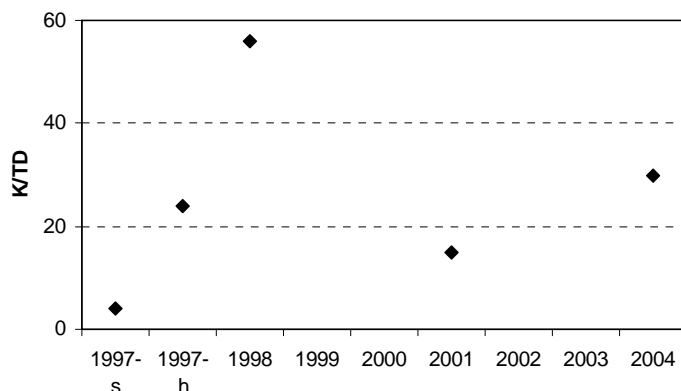
7.4.2 Utvikling i krepsebestanden

Prøvefisket med teiner i 1995 bekreftet at det med stor sannsynlighet ikke fantes kreps igjen i selve Digeren. I Skinnarbølåa (utløpselva) ble det imidlertid fanget endel kreps (**figur 23**). Fisket foregikk før utsettingene slik at krepsen var av elvas egen bestand. Dette er en parallell til situasjonen i Søndre Øyungen hvor det også, meget overraskende, ble funnet en relativt bra krepsebestand i utløpsbekken, til tross for svært lave pH-verdier og lite kalsium over en årrekke. I 1996-97 ble det fanget noen få kreps med teiner også i Digeren, men denne fangsten bestod sannsynligvis av den utsatte krepsen og fangsten var nede på null igjen i 1998. Til tross for utsettinger også i Skinnarbølåa, skjedde det ingen økning i krepsefangsten her på de første årene (**figur 23**). Det har trolig sammenheng med noe som er observert i en rekke andre utsettingsforsøk, nemlig at voksen kreps i svært stor grad vandrer avsted når den blir satt ut i en ny lokalitet (Taugbøl 1996, 2001).

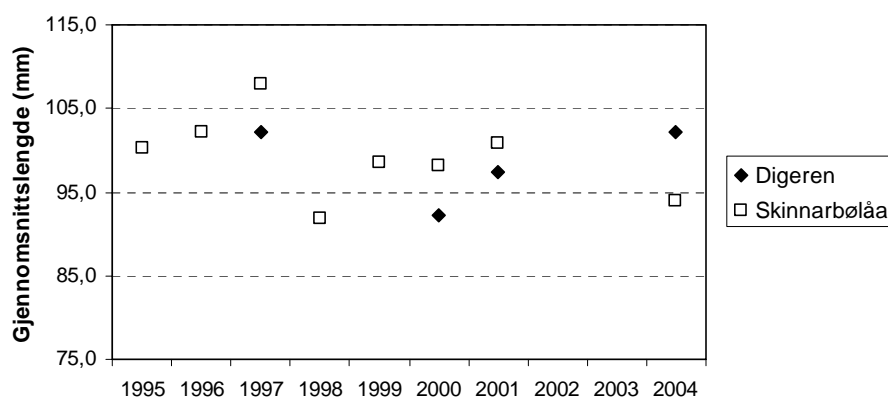
Først i 1999 i Skinnarbølåa og i 2000 i selve Digeren skjedde det en relativt tydelig økning i krepsefangsten. Resultatene i 2004 viser imidlertid at oppgangstrenden ikke har fortsatt, og det var en nedgang i teinefangsten både i Skinnarbølåa og Digeren (**figur 23**). I dykkefangsten var det ikke samme nedgang, men til gjengjeld var det forrige resultatet i 2001 svært lavt. Det fryktes at den dårlige utviklingen i krepsebestanden kan ha sammenheng med at Digeren ikke er kalket siden 1998 (kalkingsprosjektet her er formelt avsluttet). Når det gjelder gjennomsnittstørrelsen på krepsen i teinefangstene, er det en synkende trend i Skinnarbølåa, men ingen klar tendens i Digeren (**figur 24**).



Figur 23. Antall kreps per teinenatt ved prøvefiske i Digeren og Skinnarbølåa (utløp). Trendlinjer er inntegnet.



Figur 24. Antall kreps fanget per time dykk i Digeren i perioden 1997-2004.



Figur 25. Gjennomsnittslengde for teinefangst kreps ved prøvafiske i Digeren og Skinnarbølåa (utløp) i perioden 1995-2004.

I forhold til problemstillingene for Digeren som nevnt innledningsvis, kan vi konkludere som følger:

- Det har etablert seg en selvreproduserende bestand i innsjøen, med basis i rekruttering fra utsatt kreps.
- Økning i teinefangsten, om enn beskjeden, skjedde i 2000, 5 år etter første utsetting av voksen kreps (avkom fra disse er da 5 somre), 4 år etter første utsetting av yngel (som da også er 5 somre) og 6 år etter første kalking.
- Gjennomsnittslengden i 2000 viser at fangsten i hovedsak må bestå av rekruttert kreps og yngel, ikke voksen, utsatt kreps. Økningen i teinefangsten var mindre og kom ett år senere enn i S. Øyungen.
- I Digeren er det vist at krepsen når en gjennomsnittslengde på 95 mm på 6 somre (Taugbøl 2002). Dette er lavere vekst enn i S. Øyungen (jf. Kap. 6).
- Dårligere vekst og senere bestandsutvikling i Digeren enn i S. Øyungen er trolig et resultat av at det i S. Øyungen var mer kalsium i utgangspunktet og i tillegg er brukt en høyere kalkingsdose.
- Den reverserte utviklingen i teinefangsten i Digeren i 2004 er bekymringsfull og kan være et resultat av dårligere vannkvalitet fordi kalkingsprosjektet er avsluttet.

8 Dølisjøen (Sør-Odal kommune)

I Dølisjøen ble krepsebestanden ansett som nærmest utryddet før kalking, og det har vært en positiv utvikling etter kalking og utsetting. De første årene etter utsetting besto prøvefangsten i hovedsak av utsatt kreps. I 2001, fem år etter første kalking og utsetting av kreps, tilsa lengden på krepsen at det var innsjøens egenproduserte kreps som ble fanget. Bestanden må fortsatt betraktes som tynn, og det har ikke vært noen økning i teinefangsten siden 2001. Vannprøver i april 2001 avdekket en alvorlig surstøt-episode med pH-verdier under 5.5 i hele innsjøen. Det er usikkert i hvilken grad slike episoder påvirker den naturlige rekrutteringen, men tidligere forsøk i samme lokalitet før kalking indikerte stor dødelighet på rogn og yngel. Et positivt tegn er at dykkefangsten i 2004 viser økt rekruttering. Dølisjøen ble kalket i 1996, 1997, 1998 og 2002.

8.1 Status for krepseforekomst og vannkjemi fram til kalking

Dølisjøen hadde fram til midten av 80-tallet en god krepsebestand. Deretter ble bestanden gradvis redusert, og på begynnelsen av 90-tallet ble det ikke fanget en eneste kreps ved prøvefiske (Torsten Herud, grunneier, pers. medd). Det ble derfor antatt at bestanden på det nærmeste var utdødd i 1994. Allerede i 1993 begynte de første forsøkene med å se på overlevelse av rogn fra gyting om høsten og fram til klekking neste sommer. Ingen rogn overlevde fram til yngel. Disse funnene indikerte at svikt i rekrutteringen som følge av stor dødelighet på rogn, kunne være årsak til at krepsebestanden var forsvunnet. Det var ingen dødelighet blant mordyrene (Taugbøl 1999a). I 1988 ble pH i innsjøen målt til 5.95 og kalsium til 3.2 mg Ca/l (Rognerud 1992). I løpet av 1994 ble pH målt til 5.7. Utfra disse målingene ble det antatt at foruring var den mest sannsynlige årsak til sviktende rekruttering. Dølisjøen ble kalket første gang i 1996.

8.2 Mål og problemstillinger for Dølisjøen

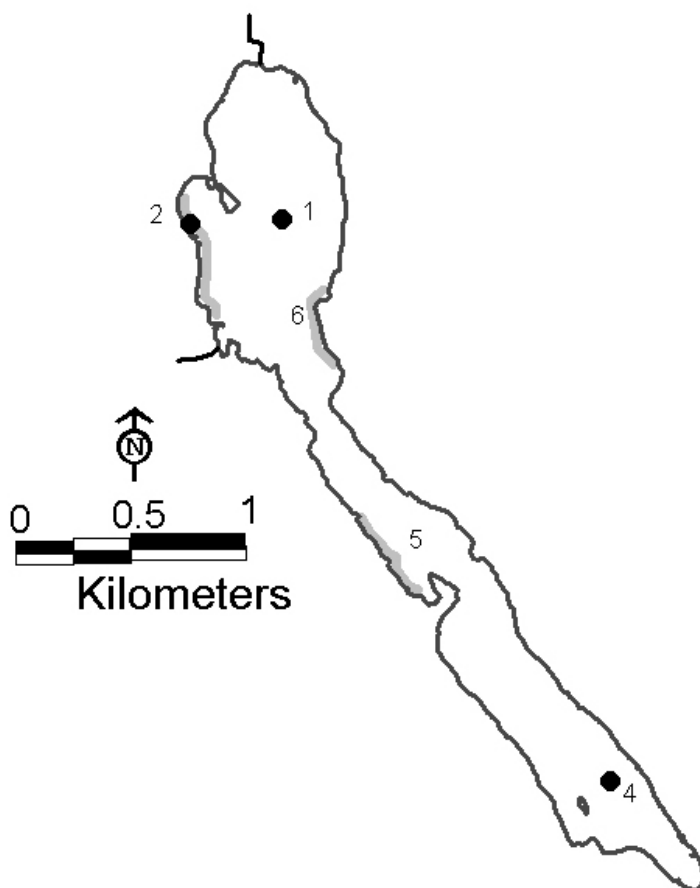
Dølisjøen er en tredje type lokalitet hvor målet har vært å reetablere en krepsebestand som har vært tilnærmet utryddet. Det viktigste spørsmålet etter kalking og utsetting har vært det samme som for de andre lokalitetene:

- Vil det etablere seg en selvreproduserende bestand, og hvor raskt vil en eventuell bestandsutvikling skje?

I forhold til de to andre innsjøene (Søndre Øyungen og Digeren) er Dølisjøen svært fiskerik (Taugbøl 1999a). Forekomsten av surstøt-episoder i strandnære områder på senvinter/vår er også belyst i Dølisjøen (Taugbøl 2002).

8.3 Undersøkellesopplegg

Oversikt over prøvestasjonene i Dølisjøen er vist i **figur 26**.



Figur 26. Oversikt over prøvestasjonene i Dølisjøen. Krepseforekomst er undersøkt i de gråskraverte områdene. Krepser er utsatt på stasjonene 2, 5 og 6. Surstøtsepisoder er undersøkt på stasjonene 1, 2 og 4, samt inn- og utløp.

Krepseforekomst er undersøkt ved dykking i 1988, 2000-2001 og 2004. For teinefangst finnes data fra 1997-98, 2000-2001 og 2004. En fullstendig oversikt over fangstinnsats og fangst t.o.m. 2001 finnes i Taugbøl (2002) og for 2004 bak i denne rapporten.

Kreps ble satt ut i Dølisjøen i 1996 og 1997; totalt 1752 kreps, alle voksne fra Einavann og Sperillen/Ådalselva. En detaljert oversikt over utsettingene er gitt i Taugbøl (2002).

Dølisjøen ble kalket i 1996, 1997, 1998 og 2002 (**tabell 1**).

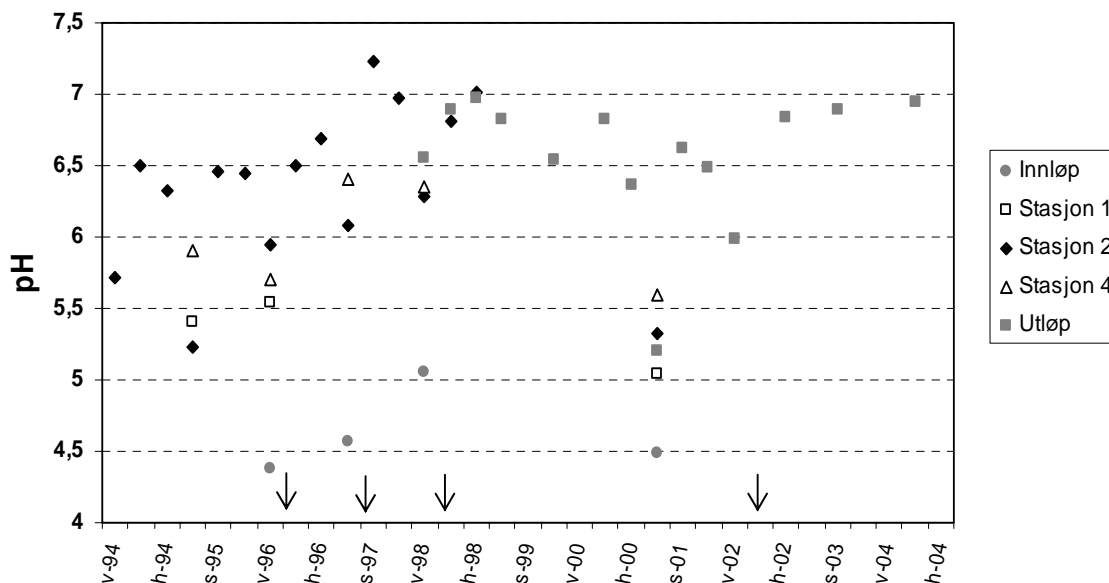
8.4 Resultater og diskusjon

8.4.1 Vannkjemi

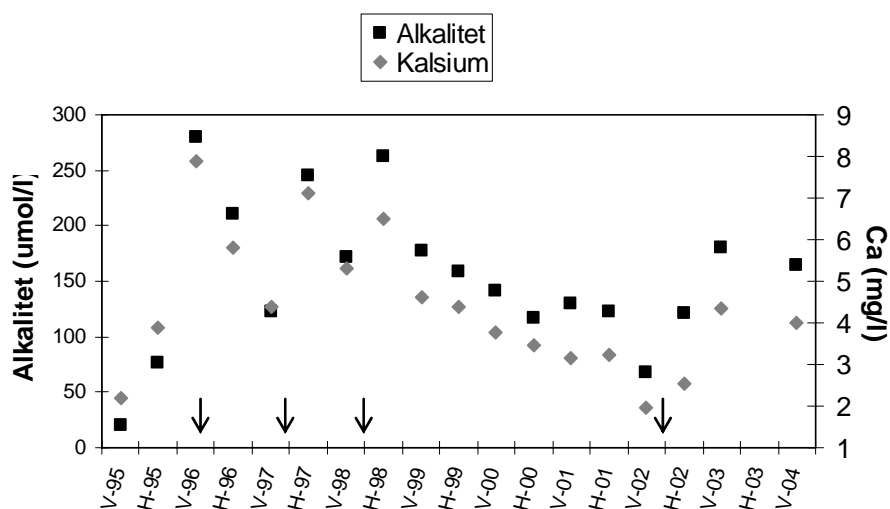
Det typiske for vannkjemien i Dølisjøen før kalking var kraftig forsurening på servinter/vår (mars-april) med pH-verdier ned mot og også under 5, og stabil pH mellom 6 og 6.5 resten av året. Også etter første kalking var det en markert surstøtsepisode i mars-97 med pH ned mot 5.5, men generelt så kalkingen ut til å ta brodden av de verste episodene. Etter siste kalking i 1998 gikk det helt fram til 2001 før pH igjen ble målt i mars/april, og det samme bildet som før kal-

king gjentok seg: hele innsjøen hadde svært lave pH-verdier, fra 5.6 og lavere. I utløpet ble pH målt til 5.2. I juni, mindre enn to måneder senere var pH i utløpet 6.6 og samme høye verdi ble også målt høsten 2001. Siden 2001 har pH-verdiene ligget tett opp mot 7, men det understrekes at det ikke har blitt målt i mars/april når surstøtepisodene opptrer (**figur 27**).

Alkalitet og kalsium-nivået i Dølisjøen før kalking var relativt høyt sammenlignet med de andre prosjektlokalitetene. Kalsium var ca. 3-4 mg Ca/l og alkaliteten rundt 75 $\mu\text{mol/l}$. Etter kalking var det en kraftig økning i kalsium og alkalitet. Etter kalkingen i 1998 sank verdiene ned mot nivået før kalking, men re-kalkingen i 2002 ga igjen en markert økning (**figur 28**).



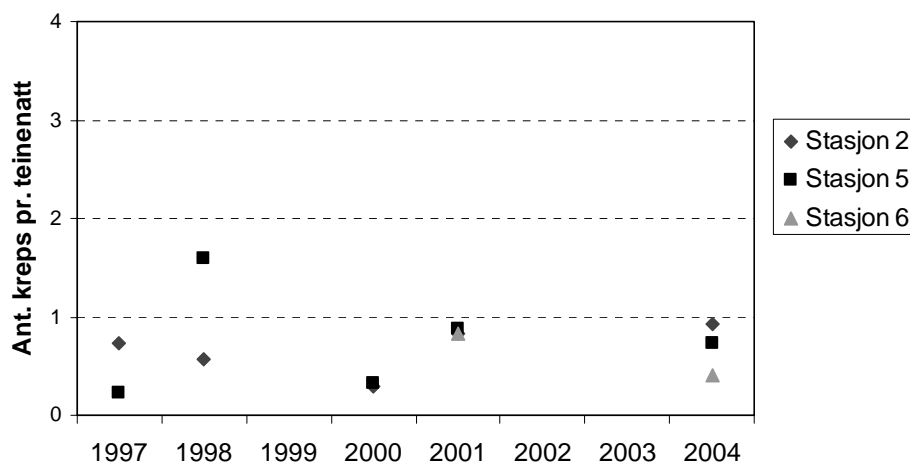
Figur 27. pH på ulike stasjoner i Dølisjøen i perioden 1994-2004. Pilene markerer tidspunkt for kalking.



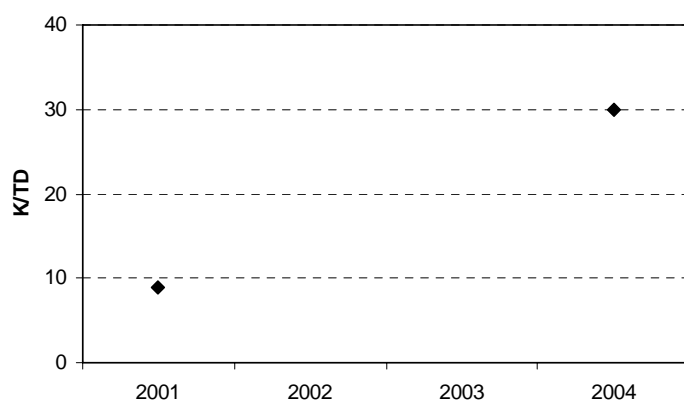
Figur 28. Alkalitet og kalsium i Dølisjøen i perioden vår-95 til høst-01. Prøvene er tatt på stasjon 2 til og med vår-98 og i utløp resten av perioden. Pilene markerer tidspunkt for kalking.

8.4.2 Utvikling i krepsebestanden

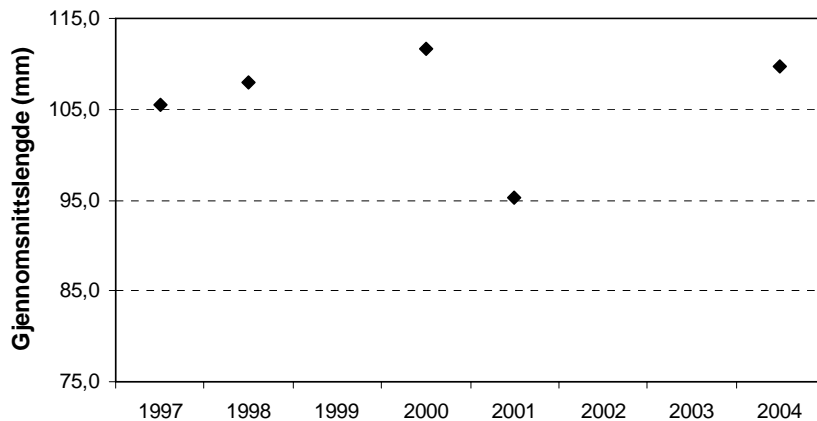
Prøvefiske ble foretatt etter utsettingene, og fangstene i 1997-98 og 2000 bestod høyst sannsynlig i hovedsak av gjenfangster (**figur 29**). Gjennomsnittslengden på fangsten indikerer også dette; en økning fram til 2000 fordi de utsatte krepsene vokser, og deretter en markert nedgang som følge av at ny-rekruttert kreps kommer inn i fangstene (**figur 31**). I 2004 var det igjen en markert økning i gjennomsnittslengden noe som kunne indikere sviktende rekruttering, men dykkefangsten økte heldigvis kraftig fra 2001 til 2004 og indikerer at rekrutteringen er på riktig vei (**figur 30**).



Figur 29. Antall kreps per teinenatt ved prøvefiske på ulike stasjoner i Døllisjøen. Trendlinjer er inntegnet.



Figur 30. Antall kreps fanget per time dykk på st. 2 i Døllisjøen i 2001 og 2004.



Figur 31. Gjennomsnittslengde for teinefanget kreps ved prøvefiske i Dølisjøen.

I forhold til problemstillingene for Dølisjøen som nevnt innledningsvis, kan vi konkludere som følger:

- Det har etablert seg en selvreproduserende bestand i innsjøen, med basis i rekruttering fra utsatt kreps.
- Innsjøens egenproduserte kreps kom inn i fangstene i 2001, fem år etter første kalking og utsetting, og var da fem somre gammel.
- Det er skuffende at utviklingen i fangst per innsats ved teinefisket ikke viser noen økende trend, men positivt at dykkefangsten er økende.
- Videre er det positivt at det fanges kreps på alle prøvestasjonene, noe som viser at krep- sen er etablert i store deler av innsjøen. Bestanden må fortsatt betraktes som tynn.

9 Sammenfattende diskusjon

9.1 Utvikling i krepsebestanden etter kalking

I alle lokalitetene har det vært en positiv utvikling av krepsebestanden etter kalking. En mer eller mindre markert økning i teine- og/eller dykkefangstene har blitt registrert 4-6 år etter første kalking. Det er liten tvil om at det var forsuring som var årsaken til at krepsebestandene var utryddet eller redusert. Kalking og utsetting av kreps har vært vellykkede tiltak for å styrke og reetablere bestandene, men en generell trend er at fangstene stagnerte etter den første økningen. Bestandsutviklingen har i så måte vært dårligere enn forventet i alle lokalitetene. Også i andre reetableringsforsøk der krepsen har vært utryddet, har det vært en tilsvarende langsom bestandsutvikling (Taugbøl 2004). Dette kan trolig skyldes at det trengs rekruttering av flere generasjoner kreps (over kanskje 15-20 år) for å få bestanden opp på et høyt nivå, så lenge utsettingsantallet er relativt lavt (hvilket det har vært i våre forsøk). Men i Bæreia hvor det i utgangspunktet var relativt mye små kreps, også i de størrelser hvor hunnene er kjønnsmodne, kan ikke dette være forklaringen på liten bestandsrespons.

Vannkvaliteten synes å være tilfredsstillende for kreps i alle lokalitetene (trolig med unntak av Digeren der kalkingsprosjektet og vannmålinger ble avsluttet i 2000). Det er derfor sannsynlig at det kan være andre faktorer enn forsuring som bidrar til å holde bestandsutviklingen nede. Endringer i fiskesamfunnet, f.eks. økt forekomst av krepsespisende fisk, kan være en slik faktor. Abborbestanden øker ofte i antall i forbindelse med forsuring og kalking og kan bli så tallrik at den holder en krepsebestand effektivt nede gjennom predasjon (Appelberg & Odelström 1990, Appelberg 1990). Hork er en annen art som har potensiale som krepsepredator. I f.eks. Rokosjøen og Søndre Øyungen finnes store mengder hork som bruker de samme skjulestedene som småkreps (påvist ved dykkeundersøkelsene). I prosjektet har vi imidlertid ikke hatt ressurser til å undersøke endringer i fiskesamfunnet og eventuelle effekter på krepsebestanden. Vi skal heller ikke glemme mulige effekter av surstøt-episoder på senvinter/vår, som vi tidligere har antatt var årsaken til at krepsen i Dølisjøen forsvant og som også ble påvist i Dølisjøen i 2001 (jf. pkt 9.2).

Rokosjøen og Bæreia

I Rokosjøen var hypotesen at forsuringen hadde ført til en størrelsesreduksjon på krepsen og muligens også en redusert tetthet og skjev fordeling av krepsen i innsjøen (lite kreps i de østlige deler nær innløpselva). Etter kalking har forekomsten av kreps i de østlige deler hatt en markert økning og er nå like stor som i de vestlige deler, vurdert ut i fra teinefangstene. Det er derfor sannsynlig at surt vann fra innløpselva var årsak til at det var en lavere tetthet av kreps her før kalking. Vurdert ut i fra dykkefangstene har det vært en økt rekruttering av kreps i hele innsjøen. Den markerte økningen kom fire år etter første kalking. Gjennomsnittsstørrelsen på krepsen økte fram til 2000, og dette ble tolket som en effekt av kalkingen. Størrelsen ble redusert i 2001 som følge av at det ble åpnet for krepsefiske. Gjennomsnittsstørrelsen ble imidlertid ytterligere redusert også i 2002-2004 til tross for at det da ble prøv fisket før krepsefesongen, og da burde ikke effekten av krepsefisket være så markert. Det kan tyde på at kalkingen ikke har hatt noen særlig effekt på størrelsen på krepsen, dvs at bestanden er småvokst av andre årsaker.

I Bæreia var den antatte forsuringseffekten at stor kreps (>95 mm) nærmest var forsvunnet (ingen kreps i teinefangstene), mens forekomsten av mindre kreps (observert ved dykking) var omtrent halvert i forhold til tidligere (men fortsatt relativt god). Forekomsten av stor kreps (teinefangster) har økt etter kalking, men utviklingen har gått sent. En markert økning i teinefangstene kom i 1995, fire år etter første kalking, men har deretter stagnert. Gjennomsnittsstørrelsen på krepsen i teinefangstene har ikke vist noen markert økning, og bestanden må fortsatt karakteriseres som småvokst. Forekomsten av små kreps (dykkefangst) lå lenge på samme nivå

som før kalking, men i 2004 ble det registrert et oppsving som kanskje kan indikere bedret rekruttering. Resultatene fra Bæreia støtter til en viss grad hypotesen om at forsuring kan gi en bestandsrespons der de store individene forsvinner, i og med at det etter kalking igjen fanges kreps i teiner (om enn i beskjeden grad). Muligens kan en slik respons ha sammenheng med at kalsifiseringsproblemene øker med krepsestørrelsen.

Forekomsten av små kreps i Bæreia har holdt seg på noenlunde samme nivå helt siden 1989, dvs. halvert i forhold til tidligere på 1980-tallet, men fortsatt en middels bra forekomst. Årsaken til at det hele tiden har kunnet være en middels forekomst av småkreps, til tross for at den større krepsen nærmest var forsvunnet, skyldes at hunnene blir kjønnsmodne allerede fra ca. 70 mm. Hunnene kan dermed reprodusere 1-2 ganger før de når det som ser ut til å være kritiske størrelser. Det er sannsynlig at mangelen på store individer skyldes økt dødelighet og ikke stagnasjon i vekst. Hvis vekststagnasjon hadde vært årsaken, burde tettheten av småkreps øke. Dykkefangstene tyder ikke på at det er tilfellet.

Søndre Øyungen, Digeren og Dølisjøen

I disse innsjøene var krepsen utryddet eller hadde en svært sporadisk forekomst før kalkingen tok til, og ved hjelp av utsettinger var målet å reetablere en krepsebestand. I alle lokalitetene har det etablert seg en selvreproduserende bestand. De markerte økningene i teinefangstene kom 4-5 år etter utsettingene av voksen kreps og indikerte at rekrutter kom inn i fangstene. Det vil si at krepsen trengte 4-5 somre for å nå fangbar størrelse. Etter den første markerte økningen i fangstene har imidlertid bestandsutviklingen stagnert, og bestandene må fortsatt betegnes som svært tynne eller tynne. I Digeren synes den også å være i tilbakegang, og kan være et resultat av dårligere vannkvalitet fordi kalkingsprosjektet er avsluttet.

I utløpselvene til Digeren (Skinnarbølåa) og Søndre Øyungen (Grønnbekken) ble det svært overraskende påvist tynne, men livskraftige krepsebestander før kalkingen tok til. Når bestandene var forsvunnet i selve innsjøene antok vi i utgangspunktet at de også var borte i utløpselva. Men bestandene her har altså klart å overleve med en vannkjemi der pH konstant har ligget på rundt 5.5 eller lavere og med kalsium-verdier under (Digeren) og såvidt over (S. Øyungen) 2 mg Ca/l. Det kan altså synes som om krepsebestander i rennende vann klarer seg bedre i forhold til forsuring enn kreps som lever i innsjøen, men det er uvisst hvilke faktorer i rennende vann som kan ha betydning her. Også i forhold til lave temperaturer klarer krepsen seg bedre i rennende vann. Temperatur er en viktig begrensende faktor for utbredelsen og de nordligste krepsebestandene i Skandinavia finnes først og fremst i rennende vann (Fürost & Eriksson 1983, Pursianen & Erkamo 1991). De tynne bestandene i Skinnarbølåa og Grønnbekken har hatt en sterk positiv utvikling etter kalkingen, noe som indikerer at de var hemmet av forsuring. Bestandene kan nå betraktes som henholdsvis tynn-middels og gode bestander.

9.2 Hva er god nok vannkvalitet for krepsen?

Som en hovedregel for å unngå forsuringsskader på en krepsebestand, bør pH være over 6. Dette er konklusjonen etter mange års kalkingsvirksomhet i Sverige (Appelberg 1992, Fiskeriverket 1993). Det er ikke tilstrekkelig at hovedvannmassene oppnår en akseptabel pH. Krepsen er bunndyr og utnytter i hovedsak de grunne, strandnære områdene. Det er nettopp disse områdene som kan være mest utsatt for forsuring under såkalte surstøtsepisoder. Kalking med hensyn på kreps bør derfor tilstrebe i størst mulig grad å avsyre de strandnære områdene. Det synes ikke enkelt å få til dette ved kalking direkte i innsjøen. S. Øyungen ble kalket etter "svensk metode" i 1994, dvs. med mye mer kalk enn hva som er vanlig i Norge, og med mes-teparten av kalken (80%) spredt i strandsonen. Målinger på senvinter/vår etter kalkingen viste at det fortsatt var episoder med pH under 6, og S. Øyungen skilte seg lite ut fra Digeren og Dølisjøen i denne sammenhengen selv om den altså var tilført mye mer kalk i strandsonen. Episodene etter kalkingen var imidlertid kortvarige og langt mindre alvorlige enn før kalkingen. Generelt holdt vannkvaliteten et akseptabelt nivå i alle lokalitetene. Etter 1998 har målinger på

senvinter/vår kun blitt gjennomført i Dølisjøen i 2001, og resultatet var urovekkende: pH-verdier fra 5.6 og lavere i hele innsjøen. I de rutinemessige vannprøvene tatt i juni og oktober var imidlertid pH godt over 6. Det er derfor grunn til å tro at samme problem med surstøt-episoder fortsatt kan være tilstede, både i Dølisjøen og de andre lokalitetene.

Det er usikkert i hvilken grad slike kortvarige surstøtsepisoder er til skade for krepsbestanden. Reproduksjonsforsøkene i Dølisjøen før kalking, der det ikke lyktes å få fram 2. stadium-ungel, indikerer at slike episoder kan være svært alvorlige (Taugbøl 1999a). Selv om overlevelse og vekst på utsatt ungel har vist seg å være god, er det usikkerhet om vannkvaliteten er god nok til at hele den forsørings-sårbare prosessen fra rognutlegging til klekking/2.stadium ungel forløper bra (dvs. perioden fra oktober – juni).

Sure episoder med pH under 6 trenger ikke bety at krepsen har store problemer. Det kan være svært gode krepsbestander også i innsjøer der pH faller under 6 i løpet av senvinter/vår. Harasjøen i Stange kommune er et godt eksempel i så måte (Taugbøl 1999b). Som nevnt, har også utløpselva i Søndre Øyungen beholdt en livskraftig krepsbestand til tross for at pH og kalsium før kalking var på henholdsvis rundt 5.5 og 2 mg Ca/l. En rekke andre faktorer i tillegg til pH og kalsium spiller trolig vesentlige roller i forhold til krepsbestandens overlevelse ved en forsuringssituasjon. Slike faktorer kan være biotiske, som predasjon og konkurranse, og abiotiske som f.eks mengde, form og forekomst i tid og rom av aluminiumsforbindelser, humus, m.m.

9.3 Oppfølging og kunnskapsbehov

Bestandsutviklingen hos kreps går sent, og det er viktig å følge opp utviklingen videre med jevne mellomrom (f.eks hvert 2. eller 3. år) for å få best mulig kunnskap om effektene av kalkingen. Samtidig er det viktig å følge opp med vannkvalitetsmålinger – for enkelte av lokalitetene har det vært mangler her de siste årene. Spesielt interessant er det å sjekke i hvilken grad det forekommer surstøt-episoder på senvinter/vår. Vi anbefaler også at det gjennomføres undersøkelser av zooplanktonsamfunnet for å få indikasjoner på om det fortsatt er forsøringsproblemer. Zooplankton har vist seg å være gode indikatorer i en slik sammenheng (Hesthagen et al. 2002).

I løpet av prosjektet har det blitt avdekket nye problemstillinger og kunnskapsbehov som det ikke har vært ressurser til å forfølge videre. Det er spesielt tre forhold vi vil påpeke at det bør skaffes mer kunnskap om:

Krepsens habitatvalg gjennom vinter og vår

Det er velkjent at krepsen, og spesielt hunner med rogn, oppholder seg på tildels svært grunne områder (< 0.5 m) om forsommeren for å utnytte den høyere temperaturen her. Spørsmålet er om de trekker til disse områdene først utpå forsommeren, eller om de oppholder seg her også på senvinter/vår. Det synes å kunne være svært store forskjeller i pH f.eks mellom 0.5 m dyp og 2-3 m dyp (Taugbøl 1999a), så rognbærende hunners habitatvalg på senvinter/vår kan trolig ha stor betydning i forhold til forsuringsskader på rekrutteringen. Habitatvalget dirigeres i stor grad av bunnforholdene, dvs. at krepsen velger habitat som gir godt skjul. I mange lokaliteter er det kun den øverste delen av strandsona som gir gode skjulmuligheter. Vannkvaliteten kan trolig også styre habitatvalget, dvs. at krepsen kan unngå eller trekke vekk fra områder med dårlig vannkvalitet (lav pH). Undersøkelser av krepsens habitatvalg på senvinter, vår og forsommer i ulike lokaliteter med ulik vannkjemi og fysiske forhold bør gjennomføres.

Reproduksjon i kalka lokaliteter. Effekt av surstøtsepisoder

I de kalkede forsøkslokalitetene forekommer trolig fortsatt surstøtsepisoder. Utsatt krepseyngel vokser godt, men det er uvisst hvordan surstøtsepisodene påvirker reproduksjonen. Kontrollerte burforsøk bør gjennomføres for å undersøke om de surstøtsepisoder som faktisk fore-

kommer i de kalkede vassdragene, er skadelig for reproduksjonen. Slik kunnskap er nødvendig for å vurdere kalkingsstrategi i forhold til kreps. Dersom kortvarige surstøt i strandnære områder er til stor skade, må det i større grad forsøkes å avsyre disse områdene.

Alternative forbedringstiltak for kreps

Det finnes ingen andre effektive tiltak enn kalking for å avbøte forsurende skader eller gjenopprette en vannkvalitet som gir levelige forhold for kreps. Et supplerende forbedringstiltak som bør utprøves, er å legge ut kalkstein i strandnære områder. Såvidt vi kjenner til er ikke slike tiltak utprøvd i forhold til kreps tidligere, men det er oppnådd gode resultater i forhold til å motvirke forsurende av gyteområder for ørret (Barlaup & Kleiven 1995). Kalkstein av relativt stor størrelse kan både tjene som skjul (som i seg selv er et bestandsfremmende tiltak), og muligens kan det også bli et mikroklima inne i kalksteinsrøyser med høyere pH og kalsium enn i de åpne vannmassene omkring.

10 Referanser

- Adegboye, J.D., Hagadorn, I.R. & Hirsch, P.F. 1975. Variations in haemolymph calcium associated with the moulting cycle in the crayfish. *Freshwater Crayfish* 2: 227-247.
- Appelberg, M. 1984. Early development of the crayfish *Astacus astacus* L. in acid water. *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 61: 48-59.
- Appelberg, M. 1990. Population regulation of the crayfish *Astacus astacus* L. after liming an oligotrophic, low-alkaline forest lake. *Limnologica* 20: 319-327.
- Appelberg, M. 1992. Liming as a measure to restore crayfish populations in acidified lakes. *Finnish Fish. Res.* 14: 93-105.
- Appelberg, M. & Odelström, T. 1985. Rekommendationer för provfiske efter kräftor. *Inf. Sötvattenslab. Drottningholm* 7.
- Appelberg, M. & Odelström, T. 1990. Kräftor i sura och kalkade vann. *Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm* 4: 1-25.
- Barlaup, B. & Kleiven, E. 1995. Kalking av innsjøer. *Store Hovvatn. Fisk. S.* 32-37 i: Direktoratet for naturforvaltning 1995. Kalking i vann og vassdrag. FoU-virksomheten. Årsrapporter 1994. DN-notat 1995-9.
- Berg, J.A. & Gulliksen, H. 1996. En limnologisk undersøkelse av tre forsured, humusrike innsjøer i Eidskog og Kongsvinger kommuner. Prosjektoppgave, HiH-Blæstad, 141 ss.
- Brandrud, T.E., Brettum, P., Dolmen, D., Halvorsen, G., Halvorsen, G.A., Lindstrøm, E.-A., Romstad, R. & Schnell, Ø. A. 2000. Effekter av kalking på biologisk mangfold. Undersøkelser i Tovdalsvassdraget 1997-98, de to første årene etter kalkingsstart. Utredning for DN 2000-4.
- Direktoratet for naturforvaltning 1999. Nasjonal rødliste for truede arter i Norge 1998. DN-rapport 1999-3.
- Direktoratet for naturforvaltning 2004. Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2003. Notat 2004-2.
- Engen, G., Fjeldheim, O.H. & Sigdestad, Aa. 1995. En limnologisk undersøkelse av tre forsured, humusrike innsjøer i Eidskog og Kongsvinger kommuner. Prosjektoppgave, HiH-Blæstad, 106 ss.
- Fiskeriverket 1993. Möjligheter att öka flodkräftbestånd i svenska vatten. *Inf. Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm* 2, 66 s.
- France, R.L. 1987. Calcium and trace metal composition of crayfish (*Orconectes virilis*) in relation to experimental lake acidification. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 44: 107-113.
- Fürst, M. & Eriksson, B. 1983. Climate and stream as limiting factors in the distribution of *Astacus astacus* L. *Freshwater Crayfish* 5: 268 (abstract).
- Hesthagen, T., Walseng, B. & Karlsen, L.R. 2002. Effekter av forsuring og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget, Østfold. NINA Oppdragsmelding 761: 42pp.
- Hindar, A. & Skiple, A. 1995. Kalkingsstrategi i grensevassdrag mellom Sverige og Norge. S: 125-131 i: Direktoratet for naturforvaltning 1995. Kalking i vann og vassdrag. FoU-virksomheten. Årsrapporter 1994. DN-notat 1995-9.

- Huitfeldt-Kaas, H. 1918. Ferskvandsfiskenes utbredelse og indvandring i Norge, med et tillæg om krebsen. Centraltrykkeriet, Kristiania.
- IUCN 1998. IUCN Red List of Threatened Animals. Cambridge.
- Jay, D. & Holdich, D.M. 1977. The pH tolerance of the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). Freshwater Crayfish 3: 363-370.
- Jay, D. & Holdich, D.M. 1981. The distribution of the crayfish, *Austropotamobius pallipes* in British waters. Freshw. Biol. 11: 121-129.
- Jussila, J., Henttonen, P. & Huner, J.V. 1995. Calcium, magnesium, and manganese content of noble crayfish (*Astacus astacus* (L.)) branchial carapace and its relationship to water and sediment mineral contents of two ponds and one lake in Central Finland. Freshwater Crayfish 10: 230-238.
- Malley, D.F. 1980. Decreased survival and calcium uptake by the crayfish *Orconectes virilis* in low pH. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 364-372.
- Pursiainen, M. & Erkamo, E. 1991. Low temperatures as limiting factor for the noble crayfish (*Astacus astacus*) populations. Finn. Fish. Res. 12: 179-185.
- Qvenild, T. & Skurdal, J. 1988. Does increased mesh size reduce nonlegalsized fraction of *Astacus astacus* in trap catches? Freshwater Crayfish 7: 277-284.
- Rognerud, S. 1992. Vannkvalitetsundersøkelse i Hedmark fylke. En regional undersøkelse av 220 innsjøer høsten 1988. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen. Rapport 4/92.
- Skaug, G. 1994. En limnologisk undersøkelse av to forsurrede innsjøer i Hedmark. Prosjektoppgave, HiH-Blæstad. 41 ss.
- Skurdal, J., Fjeld, E. & Taugbøl, T. 1985. Feltmetodikk ved studier av ferskvannskreps. Fauna 38: 77-82.
- Taugbøl, T. 1994. Krepseundersøkelser i 1993. Overvåking og tiltak i regi av krepsepestutvalget. Østlandsforskning, notat 08/94.
- Taugbøl, T. 1995. Krepseundersøkelser i 1994. Overvåking og tiltak i regi av krepsepestutvalget. Østlandsforskning, notat 03/95.
- Taugbøl, T. 1999a. Kreps i kalkede vann: Reetablering og utvikling av eksisterende bestander. Østlandsforskning, rapport 16/1999.
- Taugbøl, T. 1999b. Krepsen i Harasjøen: Vurdering av vannkvalitet og beskatning. Østlandsforskning, notat 01/99.
- Taugbøl, T. 2001. Reetablering av kreps etter krepsepest i Glomma- og Haldenvassdraget, 1989-2000. NINA Oppdragsmelding 690: 1-26.
- Taugbøl, T. 2002. Effekter av kalking på forsursrammede krepsebestander. NINA Oppdragsmelding 73: 1-38.
- Taugbøl, T. 2004. Reintroduction of noble crayfish *Astacus astacus* after crayfish plague in Norway. Bull. Fr. Pêche Piscic., 372-373: 315-328.
- Taugbøl, T., Qvenild, T. & Motzfeldt, M. 1989. Registrering og overvåking av krepsebestander i Sør-Hedmark. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavd., rapport 25.

-
- Taugbøl, T. & Linløkken, A. 1995. Vannkvalitet og kreps i Rokosjøen, Løten kommune, Hedmark. Status før kalking. Østlandsforskning, rapport 06/95.
- Taugbøl, T. & Skurdal, J. 1996. Ferskvannskreps i Norge. Kunnskapsstatus og forvaltningserfaring. Østlandsforskning, rapport 13/96.
- Taugbøl, T., Wærvågen, S.B. & Linløkken, A.N. 1996. Kreps i kalkede vann: Re-etablering og utvikling av eksisterende bestander. Årsrapport 1995. Østlandsforskning, notat 08/96, 62 s. + vedlegg.
- Taugbøl, T., Skurdal, J., Burba, A., Munoz, C. & Sàez-Royuela, M. 1997. A test of crayfish predatory and nonpredatory fish species as bait in crayfish traps. *Fisheries Management and Ecology* 4: 127-134.
- Taugbøl, T. & Skurdal, J. 1999. The future of native crayfish in Europe – How to make the best of a bad situation? *Crustacean Issues* 11: 271-279.
- Wheatly, M.G. & Gannon, A.T. 1995. Ion regulation in crayfish: Freshwater adaptations and the problem of molting. *American Zoologist* 35: 49-59.
- Willig, A. & Keller, R. 1973. Molting hormone content, cuticle growth and gastrolith growth in the molt cycle of the crayfish *Orconectes limosus*. *Journal of Comparative Physiology* 86: 377-388.

11 Vedlegg

Oversikt over fangst og fangstinnsetts ved prøvafiske 2002-2004

Teinefangst

Lokalitet	År	Dato (mnd, dag)	Stasjon	Teine- netter	Teine- type	Ant. kreps	K/TN	K/TN, samlet
Rokosjøen	2002	805	1	15	1	37	2,5	
Rokosjøen	2002	805	5	15	1	19	1,3	
Rokosjøen	2002	805	6	15	1	31	2,1	
Rokosjøen	2002	805		45	1	87		1,9
Rokosjøen	2003	806	1	15	1	9	0,6	
Rokosjøen	2003	806	5	15	1	11	0,7	
Rokosjøen	2003	806	6	15	1	10	0,7	
Rokosjøen	2003	806		45	1	30		0,7
Rokosjøen	2004	806	1	15	1	50	3,3	
Rokosjøen	2004	806	5	15	1	36	2,4	
Rokosjøen	2004	806	6	15	1	55	3,7	
Rokosjøen	2004	806		45	1	141		3,1
Bæreia	2004	904	1	25	1	6	0,24	
Bæreia	2004	904	2	25	1	37	1,48	
Bæreia	2004	904		50	1	43		0,86
S. Øyungen	2004	906	3	40	1	28	0,7	
S. Øyungen	2004	906	4	10	1	10	1	
S. Øyungen	2004	906		50	1	38		0,76
Grønnbekken	2004	908	1	25	1	68	2,72	2,72
Digeren	2004	831	1	50	1	6	0,12	0,12
Skinnarbølåa	2004	903	1	25	1	34	1,36	1,36
Dølisjøen	2004	830	5	15	1	11	0,73	
Dølisjøen	2004	830	2	13	1	12	0,92	
Dølisjøen	2004	830	6	15	1	6	0,4	
Dølisjøen	2004	830		43	1	29		0,67

Dykkefangst

Lokalitet	År	Dato (mnd, dag)	Stasjon	Dykketid (min.)	Ant. kreps	K/TD	K/TD, sam- let
Rokosjøen	2004	806	1	20	5	15	
Rokosjøen	2004	806	5	20	17	51	
Rokosjøen	2004	806	6	20	30	90	
Rokosjøen	2004	806		60	52		52
Bæreia	2004	831	2	20	28	84	84
S. Øyungen	2004	831	6	20	2	6	6
Digeren	2004	831	1	20	10	30	30
Dølisjøen	2004	830	2	20	10	30	30

NINA Rapport 98

ISSN:1504-3312

ISBN: 82-426-1644-2



Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: 9500 37 687

<http://www.nina.no>