

Rapport nr. 6/95

Vannkvalitet og kreps i Rokosjøen,
Løten kommune, Hedmark
- Status før kalking -

av

Trond Taugbøl, Østlandsforskning
Arne Linløkken, Høyskolen i Hedmark

ISBN NR. 82-7356-~~227-1~~ 294 - 8



Østlandsforskning
Eastern Norway Research Institute
P.Box 1066 Skurva
N-2601 Lillehammer, Norway

ØF - RAPPORT

Rapportnr: 06/95	ISBN nr: 82-7356-294-8	Dato: 28.04.95
-------------------------	-------------------------------	-----------------------

Tilgjengelighet:

Rapport: Åpen Tittelside: Åpen	Sider: 27 + vedlegg
---	----------------------------

Tittel: Vannkvalitet og kreps i Rokosjøen, Løten kommune, Hedmark. Status før kalking
Forfatter(e): Trond Taugbøl (ØF) og Arne Linløkken (Høyskolen i Hedmark)

Prosjekt: M-658 Rokosjøen	Prosjektansvarlig: Trond Taugbøl
	Prosjekt nr: M-658

Oppdragsgiver/finansieringskilde: Direktoratet for naturforvaltning
--

Resymè: Undersøkelsen gir en statusbeskrivelse for krepsebestanden og vannkjemi før kalking av innsjøen. Videre har vi testet hypotesen om at krepsens skjeve fordeling i innsjøen skyldes variasjoner i vannkvalitet.

Emneord:

Kreps (<i>Astacus astacus</i>)
Bestandsrespons
Vannkvalitet
Forsuring

© Dette eksemplar er fremstilt etter avtale med KOPINOR, Stenergate 1 0050 Oslo 1. Ytterligere eksemplarfremstilling uten avtale og strid med åndsverkloven er straffbart og kan medføre erstatningsansvar.

FORORD

Denne undersøkelsen er finansiert av Direktoratet for naturforvaltning (DN). Høyskolen i Hedmark, Avdeling for landbruks- og naturfag, Blæstad, har bidratt med betydelig egeninnsats når det gjelder vannanalyser.

Hensikten med prosjektet har vært å se på krepsens forekomst og fordeling i forhold til vannkvalitet, samt å samle inn basisdata om kreps og vannkvalitet som en status før kalking. DN har bevilget midler til videre overvåking av krepsebestanden og vannkvaliteten etter kalking (som ble utført i oktober 1994), slik at prosjektet i stor grad blir videreført i 1995.

Flere personer har vært involvert/engasjert i gjennomføringen av prosjektet. Vi takker spesielt Even Engelhardt og Arvid Karlsen for god innsats med vannprøvetaking, prøvefiske og intervjuer. Trond Erik Buttingsrud, student ved HHH-Eventad, har bidratt med praktisk hjelp, samt data fra sin prosjektoppgave. Gjesteforskerne Aloyzas Burba (Litauen), Maria Saez-Royuela og Camino Munoz (Spania) har også bidratt med praktisk hjelp under sitt opphold i september 1994. Takk til dere alle!

Lillehammer/Blæstad, april 1995

Trond Taugbøl

Arne Linløkken

INNHold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
1.1. Bakgrunn og problembeskrivelse	6
1.2. Navnebruk - definisjoner	6
1.3. Litt om kreps, kalsium og forsuring	6
1.4. Om bestandsresponser hos kreps i forbindelse med forsuring	7
2. Beskrivelse av Rokosjøen	8
3. Metoder	8
3.1. Valg av prøvestasjoner	8
3.2. Undersøkelse av vannkvalitet	8
3.3. Undersøkelse av krepseforekomst	10
3.3.1. Vurdering av skallfaser	10
3.4. Undersøkelse av fiskeforekomst	10
3.5. Intervjuer med lokale fiskere og krepseinteresserte	11
4. Resultater og diskusjon	11
4.1. Vannkvalitet	11
4.1.1. pH	11
4.1.2. Kalsium	13
4.1.3. Alkalitet	14
4.1.4. Farge	15
4.1.5. Aluminium	16
4.1.6. Konduktivitet og turbiditet	17
4.2. Oppsummering - vannkvalitet	18
4.3. Krepse situasjonen i "gamle dager"	18
4.4. Oversikt over krepsefangsten	18
4.4.1. Størrelsen på teinefanget kreps i Rokosjøen sammenlignet med andre lokaliteter	19
4.5. Fordeling av kreps i innsjøen	20
4.5.1. Dykkfangst	20
4.5.2. Teinefangst	21
4.6. Fiskeundersøkelser	22
4.7. Bestandsparametre hos kreps	23
4.7.1. Rekruttering - reproduksjon	23
4.7.2. Skallskifteperioder	23
5. Sammenfattende diskusjon og oppsummering	24
5.1. Hva styrer krepsens fordeling i Rokosjøen?	24
5.2. Har forsuringen hatt negativ effekt på krepsebestanden i Rokosjøen?	25
6. Referanser	27
Vedlegg	28

Sammendrag

Hensikten med undersøkelsen har vært å fremskaffe en status for krepsebestanden og vannkvaliteten i Rokosjøen, Løten kommune, Hedmark, før kalking, samt teste hypotesen om at krepsens skjeve fordeling i innsjøen skyldes variasjon i vannkvalitet.

Rokosjøen er en betydelig humuspåvirket innsjø som også har klare indikasjoner på at den er forsuringsbelastet. I prøvetakingsperioden fra mai til september har imidlertid pH-verdiene hele tiden vært over 6, bortsett fra tidlig i mai. Selv om det var markerte forskjeller i vannkjemi mellom inn- og utløpselva, fant vi ingen tilsvarende gradient ute i selve innsjøen. Oppfølgingsundersøkelser våren 1995 tyder imidlertid på at en slik gradient kan være tilstede på senvinteren/tidlig vår. Dette blir fulgt opp nærmere i løpet 1995.

Undersøkelsen bekrefter at den vest/sørvestlige delen av Rokosjøen har 3-5 ganger mer kreps enn den øst/nordøstlige delen, og det var indikasjoner på at den østligste delen i langt mindre grad brukes som rekrutteringsområde. Vannkjemi-dataene fra prøveperioden gir ingen holdepunkter for at fordelingen er relatert til forskjeller i vannkvalitet, men som nevnt indikerer oppfølgingsundersøkelsene på senvinteren 1995 at det er klare pH-forskjeller også ute i innsjøen. Vi fastholder derfor hypotesen om at lavere pH og muligens også kalsium i den østlige delen gjør dette området mindre attraktivt for krepsen. Det var mer predatorfisk, bl.a. abbor og hork, i den østlige delen hvor det var minst kreps, og også det kan bidra til den skjeve fordelingen av krepsen.

Det kan ikke dokumenteres noen klar forsuringskade på krepsebestanden sålangt. Det synes å være enighet blant fiskere i innsjøen at kroppsstørrelsen på krepsen i fangstene i gjennomsnitt har blitt mindre i løpet av de siste årene. Sammenlignet med andre lokaliteter er gjennomsnittstørrelsen på kreps fanget med teiner i Rokosjøen relativt liten, og redusert vekst/økt dødelighet på store individer kan dermed tenkes å være en forsuringsseffekt. Observasjoner av hunner med høyt antall halerogn på forsommeren indikerer imidlertid at reproduksjonen foreløpig er minimalt påvirket av forsuring, i hvert fall i den vestlige delen hvor hunnene ble funnet. Kreps på 60-70 mm har gjennomgått 3 skallskifter i løpet av sommeren, noe som indikerer gode vekstforhold.

Selv om det ennå ikke kan dokumenteres noen klare forsuringskader på krepsebestanden, viser vannkjemien klare tegn på forsuring og er av en sånn kvalitet at det kan forventes skader. Det er fornuftig å kalke før skader oppstår, fordi svenske erfaringer viser at det ofte er vanskelig å gjenopprette en krepsebestand dersom den først har blitt kraftig redusert. Kalkingen høsten 1994 skjedde derfor i rett tid.

1. Innledning

1.1. Bakgrunn og problembeskrivelse

Rokosjøen i Løten kommune i Hedmark har vært og er fortsatt en viktig krepselokalisitet hvor det årlig foregår et betydelig krepsefiske. I de senere årene er det imidlertid hevdet fra lokalt hold at det har vært en markert tilbakegang i krepsebestanden og/eller at krepsen generelt er mindre enn den var før. Dette til tross for at beskatningen ikke har økt, snarere tvert imot. Forsuring antas å være hovedårsaken til nedgangen i bestands- og individstørrelse. I perioder er det registrert pH-verdier godt under 6. Svenske undersøkelser viser klart at en krepsebestand blir negativt påvirket dersom pH-verdien synker under 6 (Appelberg & Odelström 1990). Det ble utarbeidet en kalkingsplan for Rokosjøen (Linløkken, udatert) med målsetting å kalke innsjøen i løpet av høsten 1994 (hvilket er gjort). Bevaring og styrking av krepsebestanden var hovedårsaken til kalkingen.

Tidligere undersøkelser har vist store forskjeller i hvordan krepsen fordeler seg i Rokosjøen (Taugbøl 1994). I østre delen av innsjøen (nær innløpselva) finnes det nesten ikke kreps, mens i de mer vestlige deler er det høy tetthet mange steder. Begge steder er det gode krepsehabitat, slik at forskjellen ikke kan forklares utfra skjulmuligheter. Vår hypotese er at krepsens fordeling i vannet (horisontal variasjon) gjenspeiler variasjon i vannkvalitet/ forsuringspåvirkning.

Hensikten med dette prosjektet har vært å teste denne hypotesen, og samtidig også samle inn annen kunnskap (historisk og av nyere dato) om krepsen i Rokosjøen, for å få en best mulig forståelse av krepsesituasjonen slik den er før vannet kalkes. Videre skal vannkvaliteten dokumenteres før kalking. Denne kunnskapen vil være viktig ved oppfølgende undersøkelser for å vurdere effekten av kalkingen.

1.2. Navnebruk - definisjoner

I Norge har vi 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. I den grad det henvises spesielt til andre, fremmede krepsearter brukes artens eget navn.

1.3. Litt om kreps, kalsium og forsuring

Innledningsvis vil vi si litt om kreps i forhold til kalsium og forsuring som begge er svært viktige faktorer når det gjelder krepsens forekomst og utbredelse.

Krepsen er omgitt av et hardt, ytre skall hvor kalsium er et viktig byggelement. Når krepsen vokser, må den skifte skall. Mye av kalsiumet/kalken i det gamle skallet blir tatt vare på og brukt til å bygge opp det nye skallet, men i tillegg trenger krepsen å ta opp kalk direkte fra vannet for å gjøre det nye skallet hardt og robust. 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 vann at det kan være gode krepsebestander ved ca. 2 mg Ca/l. Ved noe særlig lavere verdier vil trolig krepsen få store problemer. Generelt er norske vassdrag svært kalsiumfattige, og nettopp lav kalsiumkonsentrasjon er en av flere faktorer som begrenser krepsens utbredelse.

Krepsen er blant våre mest forsuringfølsomme organismer, og generelt vil pH-verdier under 6 gi forsuringsskader (Appelberg & Odelström 1990). Egg og yngelstadiene er de mest følsomme. Eksperimentelt er det påvist fysiologiske forstyrrelser med økt dødelighet som resultat, ved pH-verdier 5,6 - 5,8 (Appelberg 1984). Ved eggutleggingen vil surt vann påvirke selve festingen av eggene til krepsens haleføtter. Eggene vil dermed lettere mistes under den lange perioden (oktober - juni) som de må bæres under halen fram mot klekking. Også i forbindelse med selve klekkingen er det påvist at surt vann gir økt dødelighet (Appelberg & Odelström 1990). Etter skallskifter har såvel yngel som voksen kreps, et sterkt behov for raskt å kalsifisere skallet, dvs. gjøre skallet hardt. Dette for raskere å komme i gang med næringsopptak samt for å få bedre beskyttelse mot fisk og andre fiender som spiser krepseyngel. Kalsifiseringsprosessen krever, som tidligere nevnt, opptak av kalsium fra vannet. Denne prosessen er ekstremt pH-følsom ved at lav pH blokkerer opptaksmekanismen (Malley 1980). Ved pH 5,6 er opptakshastigheten for kalsium blitt målt til kun ca. halvparten av hva den er ved nøytralt vann (Appelberg & Odelström 1990). Hvis kalsiuminnholdet i vannet i utgangspunktet er lavt (f.eks. < 2-3 mg Ca/l, som tilfellet er i svært mange norske krepselokaliteter) vil effekten av forsuringen forsterkes.

1.4. Om bestandsresponser hos kreps i forbindelse med forsuring

Svenske laboratorieforsøk og felterfaringer konkluderer med at voksen kreps i mindre grad er følsom for forsuring, selv under skallskiftingen, 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 2 vann i Hedmark (Billingen og Bæreia; Taugbøl 1994) har vi imidlertid observert en sterk tilbakegang i bestanden av voksen kreps (>80-90 mm), mens småkrepsen fortsatt finnes i relativt bra mengde. Det har ikke vært overbeskatning av store individer, men pH-verdier og kalsium-nivå tilsier at forsuringen må skape store problemer. Spørsmålet er da om forsuringen, koblet mot andre forhold som f.eks svært lav kalsiumkonsentrasjon, kan gi en bestandsrespons der voksne individer i hovedsak blir rammet? Og det er spørsmål om det kan være et forstadium til denne bestandsresponsen vi ser i Rokosjøen, i og med det at krepsen synes å ha blitt mindre (dvs. enten at stor kreps har fått økt dødelighet eller stagnert vekst). Dette prosjektet isolert sett har ingen mulighet til å besvare disse spørsmålene, men i denne sammenhengen er det viktig å få dokumentert status for bestanden før kalking, og så får videre oppfølging etter kalking (både i Rokosjøen, Bæreia og Billingen) påvise om det skjer endringer i størrelsessammensetningen som kan indikere at den voksne krepsen hadde problemer med forsuringen/lavt kalsium-nivå før kalkingen.

2. Beskrivelse av Rokosjøen

Rokosjøen ligger 215 m o.h. i Løten kommune i Hedmark og dreneres via Svartelva og ut i Mjøsa. Innsjøen har et overflateareal på 335,6 hektar og et nedbørfelt på 96 km². Middeldypet er beregnet til ca. 6,3 m. Mye av innsjøens strandlinje og strandnære områder består av stein, og skaper dermed et godt fysisk habitat for kreps. Rokosjøen regnes for å være utsatt for forsurening - i perioder er det målt pH-verdier godt under 6. Kalsium, alkalitet og farge ble i 1993 målt til henholdsvis 2,7 mg Ca/l, 139 µmol/l og 87 mg Pt/l (Linløkken, udatert).

3. Metoder

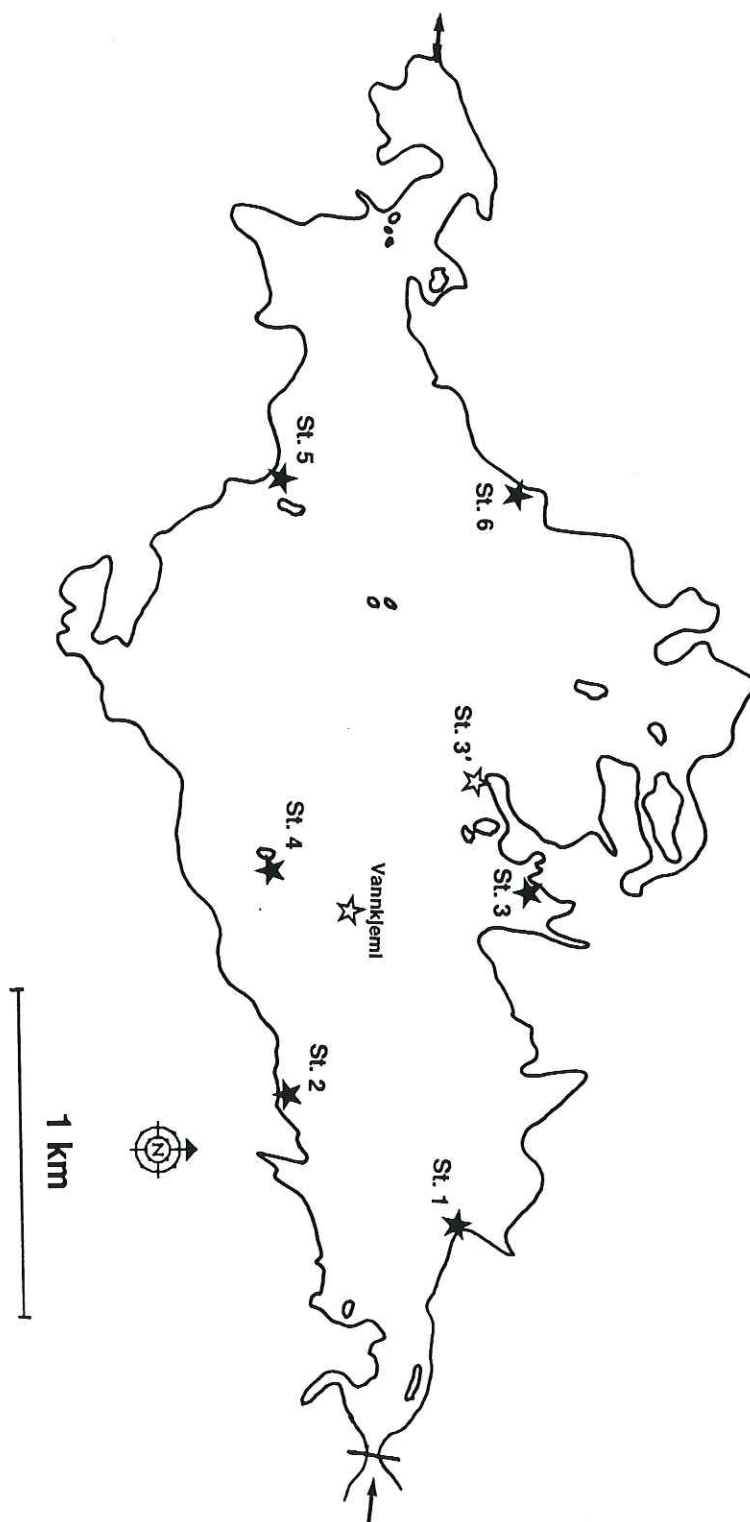
3.1. Valg av prøvestasjoner

Det ble valgt ut seks stasjoner rundt innsjøen, i en gradient fra øst (hvor det finnes lite kreps) til vest (hvor det finnes mer kreps). Stasjonene er valgt ut slik at de er mest mulig like med tanke på bunnsubstrat, dvs. på alle stasjonene er det rikelig med stein som gir godt skjul for krepsen, og gode muligheter for å fange den ved dykking. I tillegg hadde vi en stasjon midt ute i innsjøen, samt i inn- og utløpselva, hvor kun vannkjemi ble målt (Fig. 1). Stasjon 3 ble noe endret etter undersøkelsen den 24. mai (jfr. Fig. 1).

3.2. Undersøkelse av vannkvalitet

Ved hver dykkeundersøkelse, samt én gang tidlig i mai (totalt 5 ganger), ble det tatt vannprøver på de seks stasjonene (1 og 3 m dyp) (den 1.8. kun på stasjon 1 og 4). Disse prøvene ble forsøkt tatt nær bunnen, dvs. over tilnærmet 1 og 3 meters dyp. I tillegg ble det tatt prøver på 1, 3, 5, 10 og 15 m dyp på stasjonen ute i innsjøen, samt i inn- og utløpselva til Rokosjøen. Inn- og utløpsmålingene ble foretatt hver uke i perioden 13. mai - 24. juni.

Parametre som ble målt var: pH, kalsium, ledningsevne, alkalitet, turbiditet, farge og aluminium (reaktivt og labilt/ikke-labilt). De tre sistnevnte parametrene ble kun målt 4 ganger (dvs. ikke den 9.9.). Laboratoriet ved Høyskolen i Hedmark på Blæstad har foretatt vannanalysene.



Figur 1. Oversikt over Rokosjøen med prøvefiskestasjoner (fylt stjerne). Stasjon for kun vannkjøli og et "første utkast" til stasjon 3 er markert med åpen stjerne

3.3. Undersøkelse av krepsforekomst

Krepsforekomsten er undersøkt både ved dykking og ved teinefangst. Ved dykkeundersøkelsene ble det dykket 20 min. på hver stasjon, og antall kreps fanget på denne tiden er brukt som et relativt estimat på tettheten. Ved teineundersøkelsen ble det brukt til sammen 60 teiner (maskevidde 12 mm); 10 pr. stasjon. De ble satt om kvelden og tømt morgenen etter.

Prøvefiske med dykking og teiner ble gjennomført henholdsvis fire og to ganger i løpet av sommeren/høsten 1994 (dykking: 24.5, 27.6, 1.8 og 9.9, og teinefangst: 30.6 og 9.9).

All krepsen som ble fanget, ble lengdemålt og kjønnsbestemt før de ble sluppet tilbake til innsjøen. Hos dykkfanget kreps ble også skallfasen vurdert (se neste pkt.).

3.3.1. Vurdering av skallfaser

For å vokse må krepsen skifte skall. Veksten blir dermed avhengig både av lengdeøkning pr. skallskifte og antall skallskifter. Under skallskiftet er også krepsen svært lite fangbar i teiner. Kunnskap om når og hvor ofte skallskiftene skjer, er dermed viktig både for å vurdere teinefangst og vekst.

I denne undersøkelsen har vi vurdert skallfaser på dykkfanget kreps for å forsøke å bestemme antall og tidspunkt for skallskifteperioder. Vi har brukt en enkel kategorisering: "litt myk, gammel" (LMG), "myk, gammel" (MG), "myk, skifta" (MS), "litt myk, skifta" (LMS) og "hard" (H). Krepsen gjennomgår disse stadiene kronologisk ved at en kreps med hardt skall begynner å mykne i skallet nederst på sidene av brystpartiet. Det er tydelig å se at det er en "gammel" kreps og ikke nyskifta fordi skallet er mørkt og skittent. Så blir skallet enda mykere (MG), og selve skiftet skjer ved at krepsen kryper ut av det gamle skallet. Nå er krepsen helt myk (MS) og forblir det noen få dager. Deretter vurderes den som "litt myk, skifta" (LMS) i en uke eller kanskje to, for deretter igjen å bli "hard" (H).

3.4. Undersøkelse av fiskeforekomst

Fiskeforekomsten ble undersøkt først og fremst med tanke på om forskjeller her kunne bidra til å forklare forskjeller i krepsens fordeling. Det ble også tatt blodprøver av et utvalg abbor for måling av plasmakloridkonsentrasjon for å registrere eventuelt stress på grunn av surt vann (Leivestad et al. 1980).

Det ble satt bunngarn av typen oversiktsgarn, Nordisk serie, med 12 ulike maskevidder og et samlet garnareal på 45 m² (1,5 x 2,5 m felt pr. maskevidde, maskevidder 5, 6.25, 8, 10, 12.5, 16, 19.5, 24, 29, 39, 43, 55 mm). Det ble satt én serie fra land og utover mot 5-10 m dyp ved stasjonene 1 og 4 (der det ble antatt å være minst og mest kreps) den 5. og 8. mai. Den 5. mai ble det også satt et oversiktsgarn ved stasjon 5. Fisken ble artsbestemt, lengdemålt, veid, kjønnsbestemt, og det ble tatt prøver for aldersbestemmelse. Den 5.-6. mai ble det fisket etter abbor for blodprøve/stressmåling med en tunnelruse på hver av stasjonene 1 og 4.

Under dykkeundersøkelsen ble det også registrert hvilke fiskearter og antall fisk

som visuelt ble observert i løpet av dykkeperioden. Dette som et relativt estimat på tettheten av de ulike artene på de forskjellige stasjonene.

3.5. Intervjuer med lokale fiskere og krepseinteresserte

Når det gjelder å vurdere trender og utviklingstrekk for en krepsebestand, er det viktig med data som strekker seg over mer enn noen få år. Kunnskaper hos lokale fiskere og naturinteresserte kan ofte være det eneste som finnes om situasjonen fra mange år tilbake. Lokale personer kan ofte også bidra med viktige kunnskaper om når en bestand ble etablert og hvordan fangsten har foregått. Slike kunnskaper kan være et nyttig korrektiv ved tolking av resultater fra dagens undersøkelser. For å få bedre kunnskap om krepsebestanden i Rokosjøen (etablering, bestandsutvikling, tidligere kontra nåværende fangst, hvor i vannet det fantes kreps, etc.) ble sju personer (fiskere, grunneiere og oppsynsmenn), som alle har interesse for kreps, intervjuet.

4. Resultater og diskusjon

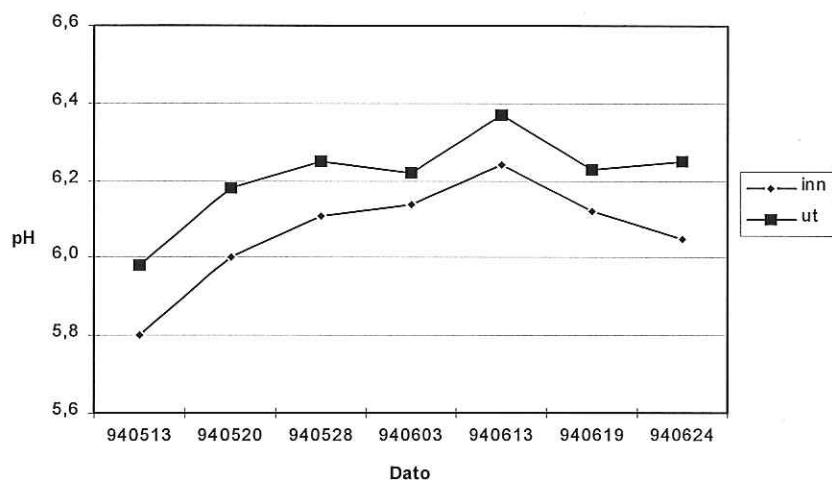
4.1. Vannkvalitet

Vi har primært vært interessert i å undersøke om det finnes en horisontal variasjon i vannkvalitet som kan forklare forskjeller i krepsens fordeling i vannet. Resultatene er derfor presentert med de ulike stasjonene som horisontal akse.

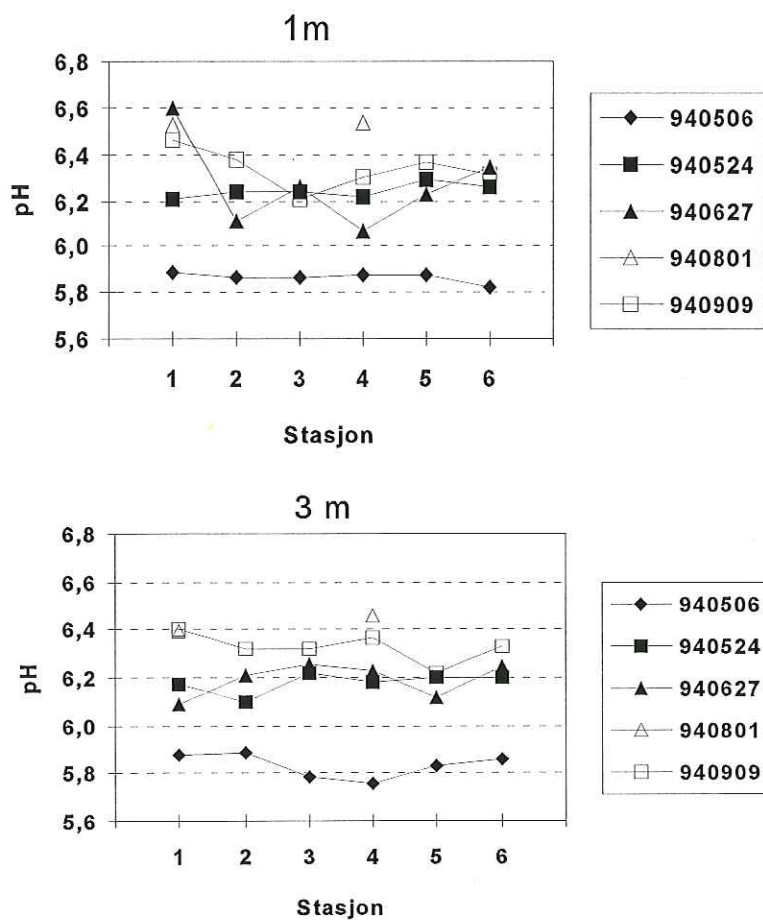
Den store betydningen som pH og kalsium har for kreps, er beskrevet innledningsvis under pkt. 1.3., og det var først og fremst variasjoner i disse parametrene vi ville forvente kunne relateres til krepsens fordeling i Rokosjøen. Det er derfor lagt mest vekt på å figur-presentere pH og kalsium-verdiene. For disse parametrene presenteres verdiene for inn- og utløp, stasjonsvariasjonen for hvert prøvetidspunkt og på ulikt dyp (1 og 3 m), samt gjennomsnitt, minimum og maksimum-verdier for hele måleperioden. For de andre parametrene presenteres kun gjennomsnitt, minimum og maksimum-verdier på de seks hovedstasjonene. Alle primærdata er imidlertid gitt i vedleggene 1-3. Data fra vannkjemistasjonen ute i innsjøen skilte seg ikke vesentlig ut fra hovedstasjonene langs stranden, og er kun gitt i vedlegg 3.

4.1.1. pH

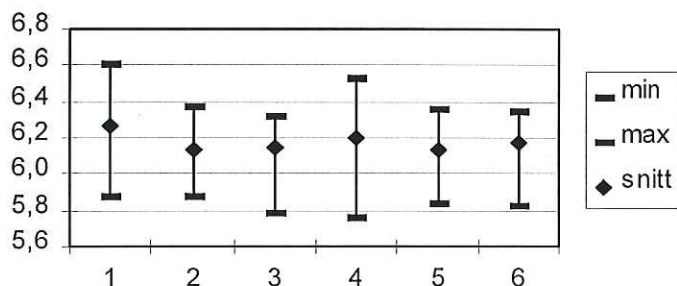
Det var en klar forskjell i pH mellom innløp og utløp. I perioden 13. mai - 24. juni var pH hele tiden 0.1 - 0.2 enheter høyere i utløpet (intervall: 5,98 - 6,37) enn i innløpet (intervall: 5,80 - 6,24) (Fig. 2). Vi forventet at vi ville finne en tilsvarende gradient ute i selve innsjøen, med lavest pH i den østlige delen nær innløpet, men dette lot seg ikke påvise i prøvetakingsperioden. Det var ingen tendens til at pH var lavere i den østlige delen, verken på forskjellig dyp eller til ulike tider i perioden 6. mai - 9. september (Fig. 3 og 4). pH var klart lavere i innsjøen ved målingen den 6. mai sammenlignet med resten av perioden, men verdien var like lav på alle stasjonene (Fig. 3). I snitt for hele måleperioden var pH-verdien på de ulike stasjonene omlag 6,2 (Fig. 4).



Figur 2. pH-verdier i inn- og utløp til Rokosjøen i perioden 13. mai - 24. juni.



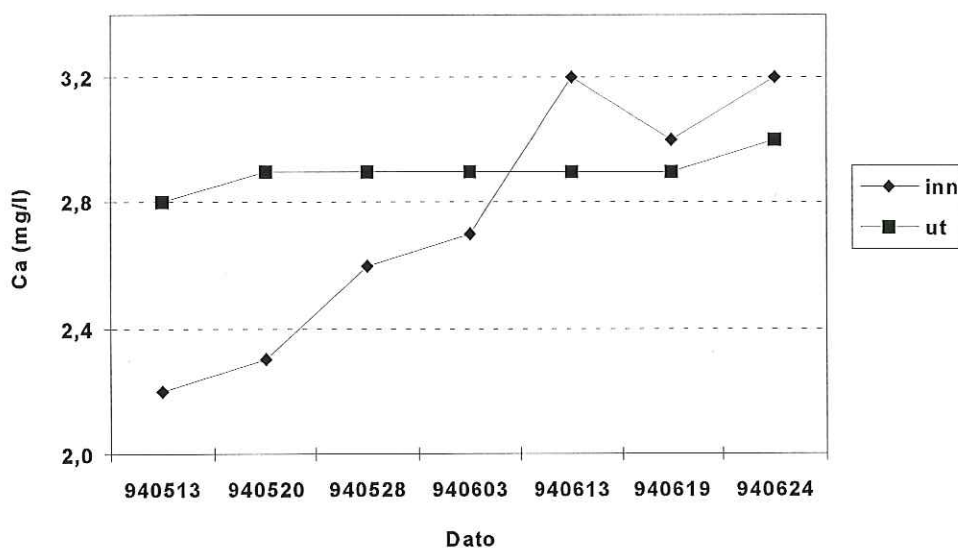
Figur 3. pH-verdier på de ulike stasjonene til ulike tider på henholdsvis 1 m og 3 m dyp.



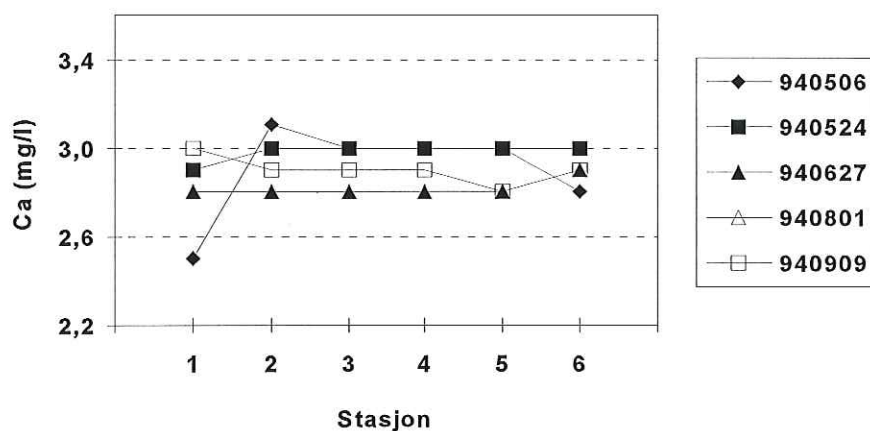
Figur 4. Gjennomsnitt, minimum og maksimum pH-verdier på de ulike stasjonene i perioden 6.5.94 - 9.9.94.

4.1.2. Kalsium

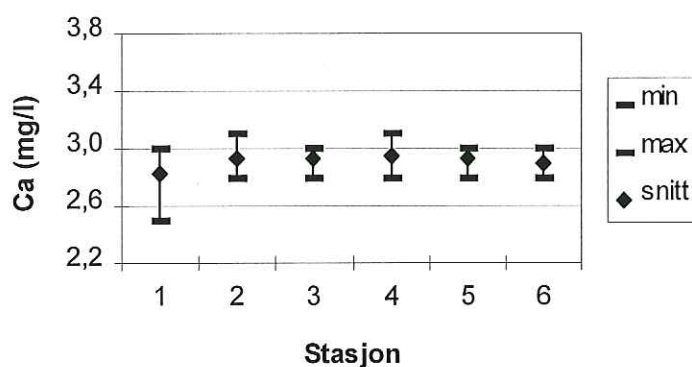
Også for kalsium syntes det å være en forskjell mellom inn- og utløp, med lavere kalsiumkonsentrasjon i innløpet i mai måned (2,2 - 2,7 mg Ca/l i innløp mot 2,8 - 2,9 i utløp) (Fig. 5). Ute i innsjøen var det imidlertid, på samme måte som for pH, ingen markerte forskjeller å spore mellom de ulike stasjonene til ulike tider (Fig. 6). I snitt for hele måleperioden var kalsium-konsentrasjonen på de ulike stasjonene 2,8 - 2,9 mg Ca/l (Fig. 7).



Figur 5. Kalsium-verdier i inn- og utløp til Rokosjøen i perioden 13. mai - 24. juni.



Figur 6. Kalsium-verdier på de ulike stasjoner til ulike tider på 1 m dyp.

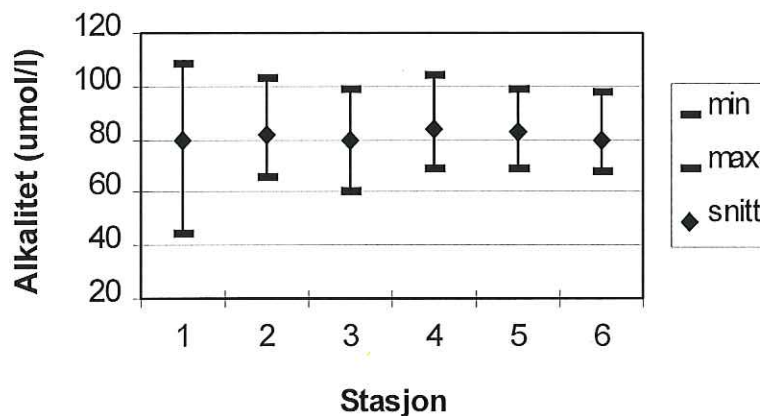


Figur 7. Gjennomsnitt, minimum og maksimum kalsium-verdier på de ulike stasjonene i perioden 6.5.94 - 9.9.94.

4.1.3. Alkalitet

Alkaliteten sier noe om vannets evne til å motstå/nøytralisere forsuring. Alkaliteten dannes i hovedsak ved forvittringsreaksjoner i nedbørsfeltet, og kalsiumkarbonat er det viktigste forvittringsproduktet. Det er derfor god sammenheng mellom alkalitet og kalsiumkonsentrasjon. Mye kalsium/kalk i berggrunnen i nedbørsfeltet og dermed i vannet, gir høy alkalitet og god motstandsevne mot forsuring. Motsatt betyr lav alkalitet at vannet har liten evne til å motstå forsuring. Alkaliteten forbrukes av sterke syrer, f.eks ved tilførsel av sur nedbør. Lav alkalitet kan dermed indikere at vannet allerede er forsuringsspåvirket, og en stadig reduksjon av alkalitet over tid viser at vannet er i ferd med å miste sin "motstandskraft" mot forsuringen. Surhetsgraden i vannet (pH) er i hovedsak styrt av alkaliteten, men påvirkes også av humusinnholdet.

Alkaliteten i Rokosjøen var i gjennomsnitt på 80-90 $\mu\text{mol/l}$ på de ulike stasjonene gjennom forsøksperioden (Fig. 8). Dette indikerer at innsjøen fortsatt har bufferevne igjen, og ikke er i en akutt forsureningssituasjon. I 1993 ble imidlertid alkaliteten målt til 139 $\mu\text{mol/l}$ (jfr. Kap. 2). Så høy verdi ble ikke målt en eneste gang gjennom hele forsøksperioden, og heller ikke på første prøvetaking etter kalkingen den 20. oktober (jfr. primærdata i vedlegg 1-3). Det er en indikasjon på at bufferevnen var i ferd med å forbrukes.

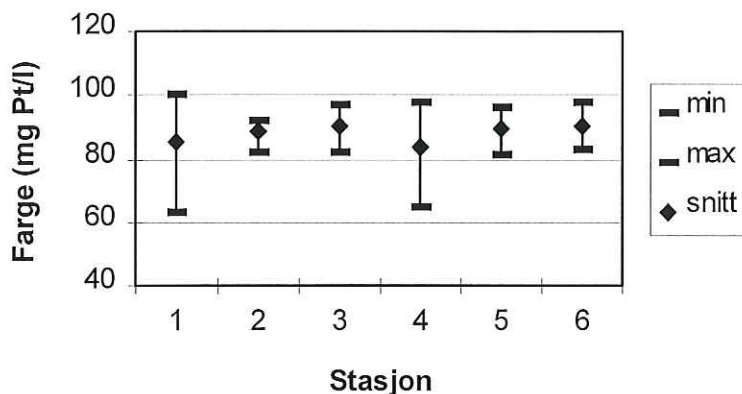


Figur 8. Gjennomsnitt, minimum og maksimum alkalitet på de ulike stasjonene i perioden 6.5.94 - 9.9.94.

4.1.4. Farge

Fargetallet brukes primært som mål på humusinnholdet i vannet. Humus er dødt organisk stoff som tilføres vannet fra skog- og myrområder i nedbørsfeltet. Spesielt myrområdene tilfører mye humus. Som allerede nevnt, påvirker humusinnholdet surhetsgraden (pH) i vannet. Mye humusstoffer i et vann, slik vi typisk finner det i et skogstjern med myrområder rundt, gir en lav pH (godt nede på 5-tallet). Dette er imidlertid en naturlig situasjon og skyldes ikke forurensning. For å sette et skille mellom spesielt humusrike innsjøer og de som er (noe) mindre påvirket av humus brukes ofte et fargetall på 100 mg Pt/l som grense (Rognerud 1992).

I Rokosjøen lå fargetallet i snitt på 80-90 mg Pt/l for hele forsøksperioden (Fig. 9). Det viser at innsjøen ligger helt opp mot grensen til å bli betraktet som en spesielt humuspåvirket innsjø, og pH må dermed i en viss grad være styrt av humusinnholdet. I en regional undersøkelse av 220 innsjøer i Hedmark viste det seg at dersom humusinnholdet var mer enn 80 mg Pt/l var pH som regel lavere enn 6,5 (Rognerud 1992).



Figur 9. Gjennomsnitt, minimum og maksimum farge-verdier på de ulike stasjonene i perioden 6.5.94 - 1.8.94.

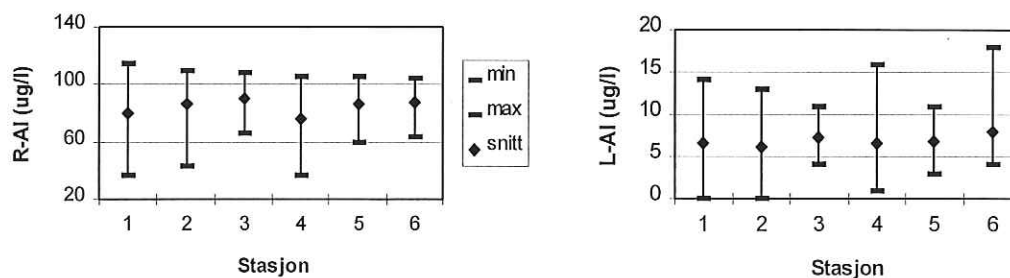
4.1.5. Aluminium

I forbindelse med forsuring spiller aluminium (Al) en vesentlig rolle. Aluminium blir vasket og løst ut fra jordsmonnet og berggrunnen i større grad enn "normalt" dersom regnvannet er forsuret. Aluminiumet kan både bindes til organiske komplekser og foreligge som frie uorganiske ioner (labilt Al). Det er denne siste formen som er påvist å være spesielt giftig for fisk. Surhetsgraden (pH) i vannet påvirker ione-formen og giftigheten til aluminium, og det er generelt antatt at giftigheten er størst ved pH 5,2-5,4 (Kroglund et al. 1994). Aluminium-kjemien i forsure vann og giftigheten til de mange ulike Al-formene som kan forekomme, er imidlertid på langt nær forstått. Først i de siste årene er det bl.a. påvist at laksesmolt (dvs. i forbindelse med utvandring til sjøen) er svært følsomme for aluminium og kan få økt dødelighet ved labile Al-verdier så lave som 10 µg/l (Kroglund et al. 1994). Generelt hevdes det at man kan forvente gifteffekter på fisk ved labile Al-konsentrasjoner på over 60 µg/l (Rognerud 1992). Humusstoffer kan binde aluminium og dermed redusere giftigheten. Likeledes vil giftigheten reduseres ved økende kalsiummengde.

Når det gjelder kreps, er det gjort studier som viser at reaktive Al-verdier på mer enn 250 µg/l gir økt dødelighet (Appelberg 1985). Videre har Fjeld et al. (1988) påvist stor dødelighet hos kreps som under oppdrettsforhold gikk i vann med reaktive Al-verdier på 180 µg/l og med den labile komponenten på 20 µg/l. Ved røntgenanalyse ble det påvist betydelig akkumulering av aluminium på gjelleepitelet til død kreps. Betydningsfullt i den sammenhengen var trolig at vannet ble kalket opp fra pH 5,2-5,4 til 6,7.

I Rokosjøen var de reaktive Al-verdiene i gjennomsnitt på ca. 80 µg/l under forsøksperioden, mens den labile komponenten i snitt var godt under 10 µg/l og aldri

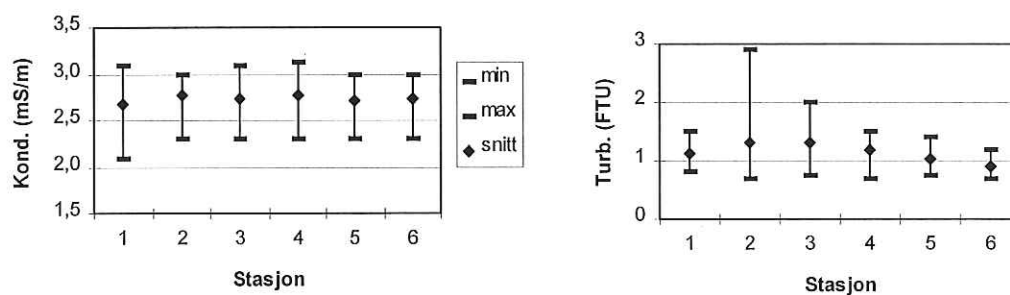
over 20 $\mu\text{g/l}$ (Fig. 10). Disse verdiene er sannsynligvis så lave at de ikke skaper problemer for krepsen.



Figur 10. Gjennomsnitt, minimum og maksimum-verdier for reaktivt aluminium (R-Al) og labilt aluminium (L-Al) på de ulike stasjonene i perioden 6.5.94 - 1.8.94.

4.1.6. Konduktivitet og turbiditet

Konduktiviteten eller ledningsevnen til vannet sier noe om vannets ioneinnhold, mens turbiditeten sier noe om partikkelinnholdet. I Rokosjøen var nivået for konduktivitet og turbiditet på henholdsvis ca. 2,5 - 3 mS/m og 1 FTU gjennom forsøksperioden (Fig. 11). Begge deler normale verdier for norske innlandsvassdrag.



Figur 11. Gjennomsnitt, minimum og maksimum-verdier for konduktivitet og turbiditet på de ulike stasjonene i perioden 6.5.94 - 1.8(turb.)/9.9(kond.).94.

4.2. Oppsummering - vannkvalitet

Rokosjøen er betydelig humuspåvirket og har av den grunn en pH-verdi som naturlig bør ligge godt under 7. Forsuringspåvirkning er lite påfallende gjennom sommersesongen. Bortsett fra første målingen den 6. mai, ligger pH hele tiden over 6.

Kalsiumkonsentrasjonen er tett opptil 3 mg Ca/l. Dette, isolert sett, burde tilsi at forsureingsskader på krepsebestanden, dersom de forekommer, er minimale. Også de andre parametrene har et nivå som indikerer at vannkvaliteten er akseptabel for kreps. Vi har imidlertid ikke analyser fra senhøsten og senvinter/tidlig vår. Prøven fra tidlig i mai ga pH-verdier helt ned mot 5,7, noe som klart indikerer forsuringbelastning, og dersom så lave verdier har vært tilstede også senhøstes og gjennom store deler av våren, kan det utvilsomt ha gitt skader på krepsebestanden. Reduksjonen i alkalitet som synes å ha funnet sted fra 1993 til 1994, er også en indikasjon på at Rokosjøen er forsuringbelastet.

Utfra de data som er samlet inn i perioden 6.5.94 - 9.9.94 er det ingenting som tyder på at det er markerte horisontale vannkvalitetsvariasjoner ute i innsjøen. Når det gjelder pH, og kalsium i mai/juni, er det en markert forskjell mellom inn- og utløp, men uten at dette gjenspeiler seg ute i innsjøen. Også her må vi presisere at vi ikke har prøver fra senvinter/tidlig vår. I vårt nye oppfølgingsprosjekt har vi imidlertid, pr. april 1995, indikasjoner på at surt innløpsvann i betydelig grad påvirker innsjøen på senvinter/tidlig vår, og at vi også ser gradienten ute i innsjøen. Dette blir fulgt opp med nærmere undersøkelser.

4.3. Krepse situasjonen i "gamle dager"

Krepsebestanden i Rokosjøen hevdes å stamme fra Svartelva (utløpselva). I Svartelva ved Klevfoss ble det satt ut kreps rundt 1890 (Huitfeldt-Kaas 1918), og fra rundt 1930 og oppover til 60-70-tallet var Svartelva utvilsomt en av Norges beste krepseelver. Utsetting i Rokosjøen med kreps fra Svartelva ble gjort tidlig på 40-tallet samt i begynnelsen av 50-årene av lokale fiskere. Man antar at utsettingene dreier seg om ca. 1000 kreps. Det tok endel år før bestanden hadde bygd seg opp, og først fra midten på 60-tallet ble krepsefiske vanlig i Rokosjøen. Flere lokale fiskere hevder at fangsten av kreps i antall ikke er noe særlig dårligere i dag enn den var for 20-30 år siden, men gjennomsnittsstørrelsen hevdes å ha gått ned. Dette til tross for at fisket etter kreps trolig var større før, dvs. størrelsesreduksjonen skyldes ikke overbeskatning. Det hevdes også at krepsen i Rokosjøen hele tiden har hatt en fordeling der det har vært lite kreps i øst og mer i vest, slik som i dagens situasjon.

4.4. Oversikt over krepsefangsten

Totalt ble det fanget 286 kreps ved dykking på de seks stasjonene i de fire periodene. Krepsens middellengde på de ulike stasjonene varierte fra 63-74 mm (Tab. 1), men forskjellene var ikke statistisk signifikante ($\text{ANOVA}_{5,280}, p=0.076$).

Tabell 1. Samlet dykkefangst av kreps på de ulike stasjonene. (4 dykkeperioder à 20 min. dykk)			
Stasjon	Antall kreps fanget	Middellengde (mm)	Maks. - min.
St. 1	2	74	70 - 77
St. 2	26	64	33 - 91
St. 3	19	71	52 - 81
St. 4	87	63	17 - 106
St. 5	81	67	32 - 103
St. 6	71	68	44 - 97
Totalt	286	66	17 - 106

Ved teinefangst på de seks stasjonene i to perioder ble det fanget totalt 73 kreps (Tab. 2). Dette var svært lite, men den første fangsten (30. juni) skjedde midt i en skallskifteperiode, og da har krepsen meget liten fangbarhet (kun 13 kreps ble fanget 30. juni). Middellengden til teinefanget kreps varierte fra 85 - 105 mm. Forskjellene var statistisk signifikante (ANOVA_{5,67}, $p < 0.001$), og det er stasjon 1 som skiller seg ut med større kreps enn de andre stasjonene (Tab. 2).

Tabell 2. Samlet teinefangst av kreps på de ulike stasjonene.(2 netter à 10 teiner på hver stasjon)			
Stasjon	Antall kreps fanget	Middellengde	Maks. - min.
St. 1	12	105	85 - 140
St. 2	5	88	79 - 102
St. 3	1	85	-
St. 4	19	88	65 - 103
St. 5	17	88	77 - 105
St. 6	19	87	64 - 107
Totalt	73	91	64 - 140

4.4.1. Størrelsen på teinefanget kreps i Rokosjøen sammenlignet med andre lokaliteter

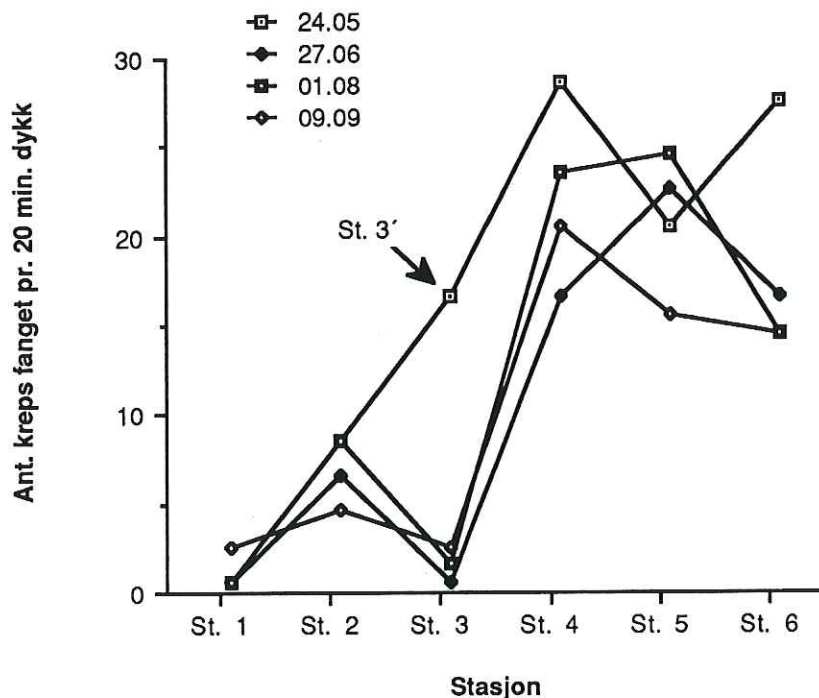
Middellengden til teinefanget kreps var 91 mm (Tab. 2), og 34% av fangsten var større enn 95 mm (minstemål). Teinene som ble brukt er spesielle prøvefisketeiner med liten maskevidde (12 mm, mens 20 mm er lovlig ved ordinært fiske), og foreløpig finnes få sammenlignbare data fra Norge med tilsvarende maskevidde. Lierelva i Aurskog-Høland

ble prøvofisket med slike teiner i 1993 og 1994 med 12 mm teiner. Andelen kreps over 95 mm var henholdsvis 60% og 65% og middellengden 95 og 96 mm. Den relativt store andelen med kreps over minstemålet reflekterer liten beskatning. Einafjorden ble prøvofisket med 12 mm teiner i 1994 etter fangstsesongen. Som i Rokosjøen, var middellengden på krepsen 91 mm. Andelen kreps over minstemålet var også på samme nivå med 36%. På den prøvofiskede strekningen i Einafjorden hadde det imidlertid blitt høstet store mengder stor kreps (3-400 kg) tidligere i sesongen, slik at man skulle forvente at det var lite stor kreps igjen. Når så Rokosjøen, hvor beskatningen hadde vært langt lavere, har like liten andel stor kreps, kan dette være en indikasjon på at miljøet i Rokosjøen skaper problemer for stor kreps.

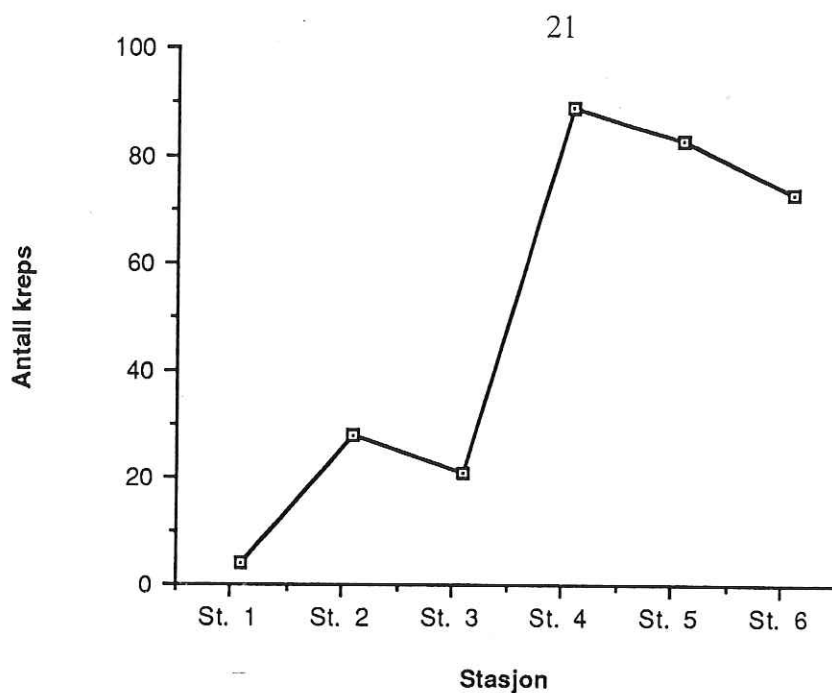
4.5. Fordeling av kreps i innsjøen

4.5.1. Dykkfangst

Det var en klar forskjell i krepsens fordeling i Rokosjøen, med et skarpt skille mellom stasjonene 1-3 og 4-6, dvs. mellom øst (innløpssiden) og vest (utløpssiden) av vannet (jfr. Fig. 1). Fig. 2 viser antall kreps fanget pr. 20 min. dykk på de ulike stasjonene og til de ulike tidene. Samme fordelingsmønsteret holdt seg gjennom hele sesongen. I Fig. 3 er de ulike fangstperiodene slått sammen. Det synes å være mer enn tre ganger så mye kreps på stasjonene 4-6 sammenlignet med 1-3.



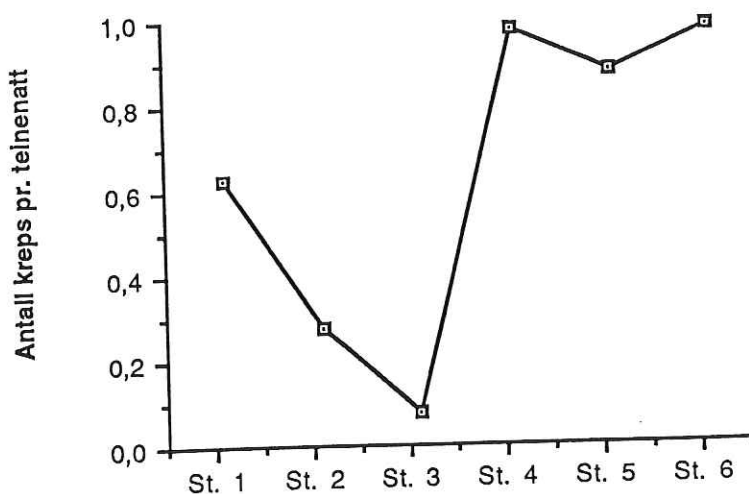
Figur 12. Antall kreps fanget pr. 20 min. dykk på de ulike stasjonene i de fire fangstperiodene.



Figur 13. Antall kreps fanget pr. 20 min. dykk på de ulike stasjonene. Alle fire fangstperiodene samlet.

4.5.2. Teinefangst

Også i teinefangstene var det en klar forskjell i fordeling mellom stasjonene 1-3 på den ene siden og 4-6 på den andre (Fig. 4). Ved teinefisket ble det imidlertid tatt forholdsvis mer kreps på stasjon 1. Krepsen på denne stasjonen var som nevnt, markert større enn på de andre stasjonene (Tab. 2). Dette kan være en indikasjon på dette området ikke er rekrutteringsområde, dvs. at hunner med rogn skyr området, og at den krepsen som finnes her i større grad enn i andre områder er voksne streifdyr.



Figur 14. Fangst (antall kreps) pr. teinenatt (CPUE) på de ulike stasjonene for de to fangstperiodene samlet.

4.6. Fiskeundersøkelser

Det ble fanget til sammen 120 fisk i oversiktsgarna, hvorav 44 abbor og 59 mort. Disse artene utgjorde henholdsvis 38 og 46% av fangstene (Tab. 3). Det ble tatt til sammen 10 hork. Fangstene var størst ved stasjon 1 med 38 fisk pr. garnserie. I snitt ble det tatt 24 fisk pr. garnserie, og det er ikke spesielt mye. Middelvektene for fiskeartene var også størst ved stasjon 1 (Tab. 3). Småvokst fisk dominerte, men enkelte abbor var over 20 cm, gjedden var 46-50 cm. Abboren ble aldersbestemt, og de fleste var 2-6 år gamle. Det var ingen klare tegn på årsklassefluktuasjoner.

Det ble tatt henholdsvis 46 og 13 abbor i ruser ved stasjonene 1 og 4. Konsentrasjonen av plasmaklorid var i gjennomsnitt 124,4 mekv./l (N=9, s.d.=12,1) på stasjon 1 og 127,8 mekv./l (N=9, s.d.=9,6) på stasjon 4. Disse verdiene tyder ikke på at fisken var forsuringsstresset. Abbor er forøvrig av de mest forsuringsstolerante artene.

Tabell 3. Fangst pr. garnserie med oversiktsgarn (totalt 5 garnserier i tiden 6.-9. mai på tre stasjoner i Rokosjøen).						
	Abbor	Mort	Laue	Hork	Gjedde	Totalt
STASJON 1						
Antall fisk	9	22	1	5	1	38
Antall gram	753	560	8	25	676	2022
Middelvekt (gram)	89	26	15	6	676	53
STASJON 4						
Antall fisk	8	6	3	1	0	18
Antall gram	359	106	49	8		522
Middelvekt (gram)	45	18	13	8		29
STASJON 5						
Antall fisk	11	4	0	0	0	15
Antall gram	360	112				472
Middelvekt (gram)	33	28				32
GJENNOMSNIITT						
Antall fisk	9	11	1	2	0,3	24
Antall gram	491	259	19	11	225	1005
Middelvekt (gram)	167	24	14	6	676	42

Observasjonene under dykkingen indikerer at det er forskjeller i forekomst av hork på de ulike stasjonene (Tab. 4). Ved dykking for å finne kreps, er det først og fremst hork som blir observert av fiskeartene. Dette fordi horken i stor grad ligger i skjul under steiner og andre skjulstrukturer; der hvor det også letes etter kreps. Det synes som om det kan være en gradient med mest hork i den østlige delen av Rokosjøen (Stasjon. 1 og 2), der hvor det altså er minst kreps.

Tabell 4. Oversikt over observasjoner av antall fisk på de ulike stasjonene under dykking (4 perioder à 20 min.)				
Stasjon	Hork	Lake	Abbor	Gjedde
St. 1	46	0	1	0
St. 2	21	1	1 + stim	1
St. 3	11	2	1	3
St. 4	10	0	stim	0
St. 5	5	0	6	1
St. 6	11	1	0	0

4.7. Bestandsparametre hos kreps

4.7.1. Rekruttering - reproduksjon

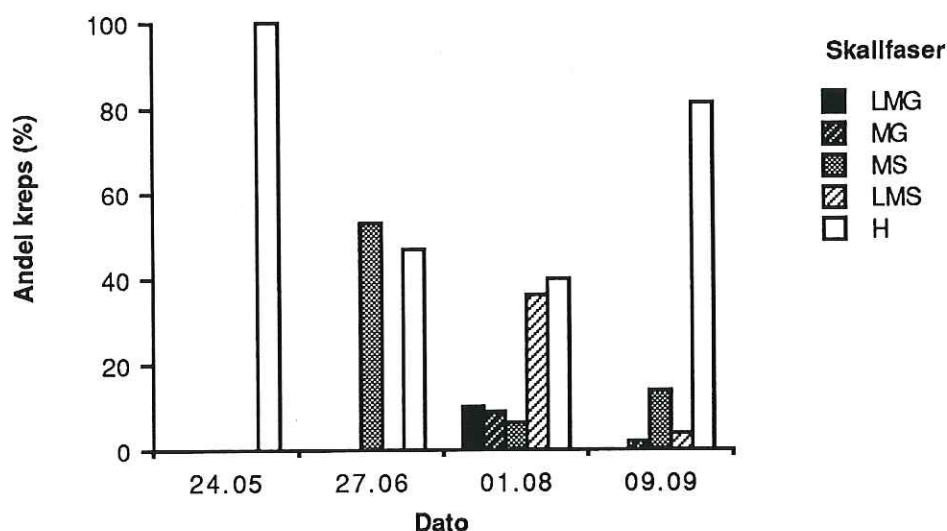
Ved dykkeundersøkelsene den 24. mai og 27. juni ble det funnet hunner med rogn på stasjonene 4-6. Tabell 5 oppsummerer funnene. Hunner med rogn utgjorde 39% av totalantallet voksne hunner (blant de som er like store eller større enn den minste rognhunnen). De fleste hunnene hadde et rognantall på mer enn 100, noe som må betegnes som svært bra, og som en indikasjon på at rognutleggingen ikke er negativt påvirket av forsuring i den vestlige delen av innsjøen. Hunnene var i størrelsesintervallet 72 - 92 mm med en snittlengde på 83 mm både totalt og for rognhunnene.

Tabell 5. Oversikt over dykkefangst av rognhunner (fangstdatoer: 24.5 og 27.6, l = middellengde i mm)							
Total antall voksne hunner, (lengde)	Hunner med rogn			Fordeling av antall rogn			
	antall	% av tot.	l	>150	>100	>50	<50
28 (83)	11	39	83	3	3	4	1

4.7.2. Skallskifteperioder

Andel av krepsen i ulike skallfaser ved de forskjellige fangstdatoene er gitt i Fig. 8. Det går tydelig fram at den 27. juni var man midt oppi den første skallskifteperioden. Dette fikk konsekvenser for teinefisket den 30. juni - kun 13 kreps ble fanget med 60 teiner. Også den 1. august var det trolig midt i en skallskifteperiode - det må da være det andre for sesongen for kreps av den størrelsen som ble fanget ved dykking (middellengde 66

mm). Også den 9. september er det endel kreps som nettopp er ferdig med skallskiftet (MS og LMS) eller skal til å skifte (MG). Det tyder på at det faktisk er et tredje skallskifte for sesongen.



Figur 16. Andel av kreps i ulike skallfaser (den 27.06 ble det ikke skilt mellom MS og LMS, og det ble heller ikke registrert LMG og MG).

5. Sammenfattende diskusjon og oppsummering

5.1. Hva styrer krepsens fordeling i Rokosjøen?

Undersøkelsen har bekreftet at det er mye mer kreps (3-5 ganger så mye) i den vest/sørvestlige delen av Rokosjøen i forhold til den øst/nordøstlige delen. Det er velkjent at det fysiske miljøet har stor betydning for fordelingen av krepsen i et vann, men stasjonene er valgt ut slik at de skulle være relativt like med hensyn til fysisk habitat (mye stein, gode skjulmuligheter). Habitatsforskjeller er derfor høyst sannsynlig ikke årsaken til forskjellene i fordeling.

Vår hypotese var at forskjeller i vannkvalitet (først og fremst pH og kalsium) kunne bidra til at krepsen unngikk de østligste delene av innsjøen. Vi fant også klare forskjeller i pH-verdier mellom inn- og utløp, men i selve innsjøen var det ingen forskjeller mellom de ulike stasjonene som kunne relateres til fordelingen av krepsen. Ut fra foreliggende data synes det derfor som om utgangshypotesen må forkastes. Oppfølgende undersøkelser, som ble nevnt under pkt. 4.2., indikerer imidlertid at en pH-gradient, med lavere verdier på stasjon 1, eksisterer på senvinteren/tidlig vår. Dette vil vi få mere data på i løpet av 1995. Videre var de fåtallige krepsene som ble fanget på stasjon 1 signifikant større enn på de andre stasjonene. Dette indikerer at krepsen på

denne stasjonen i større grad er voksne streifdyr, snarere enn at de er født og oppvokst i området. Det tyder m.a.o. på at området ikke brukes som rekrutteringsområde og oppholdssted for hunner med rogn. Årsaken til at stasjonen unngås som rekrutteringsområde kan trolig være at det i perioder er markert lavere pH (evt. også kalsium) her enn i andre deler av innsjøen (jfr. den oppfølgende undersøkelsen som nevnt ovenfor).

Fisk, og spesielt abbor, er en viktig predator på kreps, og kan trolig holde en krepsbestand nede (Appelberg 1990). Trolig kan også hork, med sitt levevis blant stein og annet skjul på bunnen, være en sterk predator på krepseyngel. Habitatbruken til krepsen kan i stor grad være styrt av forekomsten av predatorfisk (Appelberg & Odelström 1986). Forskjeller i mengden av abbor og hork i de ulike deler av innsjøen kan dermed tenkes å være med å påvirke krepsens fordeling. Prøvefisket med garn indikerer at det er mest fisk der det er minst kreps, og utfra dykkeobservasjonene synes det som om det er en gradient i mengden av hork som til en viss grad er omvendt proporsjonal med mengden av kreps, dvs. at det er mest hork på de stasjonene som det finnes minst kreps. Dette kan være en indikasjon på at horken spiller en rolle når det gjelder krepsens utbredelse. Buttingsrud (1995) undersøkte imidlertid mageinnhold til 251 abbor og 24 hork fra Rokosjøen på sensommeren/høsten 1994 og fant ikke kreps i en eneste mage. Dette indikerer på sin side at predasjon fra abbor og hork har liten betydning som begrensende og styrende faktor for produksjonen og fordelingen av kreps i Rokosjøen.

Konklusjonen blir dermed at vi fortsatt vil holde fast på at vannkvalitetsvariasjoner kan være hovedårsaken til krepsens ulike fordeling i Rokosjøen.

5.2. Har forsuringen hatt negativ effekt på krepsbestanden i Rokosjøen?

Det synes å være uenighet blant lokale fiskere om krepsefangsten i antall er noe særlig dårligere i dag enn for 20-30 år siden; noen mener den er på samme nivå, noen mener den er betydelig redusert. Når det gjelder størrelsen på krepsen synes det imidlertid å være enighet om at det har vært en reduksjon på middelstørrelsen ved fangst i løpet av de siste årene. Dette til tross for at beskatningen trolig var større før. Det er umulig å få en god dokumentasjon på dette siden data fra tidligere år mangler. Rokosjøen har imidlertid liten andel stor kreps i forhold til beskatningsnivået, sammenlignet med andre lokaliteter (jfr. pkt. 4.4.1). Dette kan indikere at stor kreps har problemer med forsuring, slik som vi har sett for innsjøene Billingen og Bæreia (Taugbøl 1994). Det kan også være rekrutteringen som er redusert, og at beskatningen av de store individene dermed får større effekt. Forhold som konkurranse og predasjon fra fisk, næringstilgang, etc., blir også påvirket ved forsuring og årsak-virkning forholdene kan være svært kompliserte.

Det er imidlertid helt klart at noen markert negativ effekt av forsuringen har det ennå ikke rukket å bli på krepsbestanden i Rokosjøen. Hunnene med rogn som ble funnet hadde generelt et høyt antall rogn av tilsynelatende god kvalitet (jfr. Tab. 5). Eventuelle positive endringer i bestands- og individstørrelse i årene som kommer nå etter kalkingen, må tas som tegn på at de mulige skadene som skissert ovenfor er reelle

forsuringsskader.

Selv om markerte skadeeffekter ikke kan dokumenteres, bør man kunne konkludere med at kalkingen av Rokosjøen har kommet i rett tid. Vannkjemien viser klare tegn på forsuring. Ved at kalkingen utføres nå, er sjansene gode for at det heller ikke vil oppstå skader som kan være vanskelige å lege. Det har vært situasjonen i mange svenske vassdrag hvor krepsebestanden har blitt drastisk redusert på grunn av forsuring. Selv om vannkvaliteten har blitt akseptabel for kreps etter kalking er det andre forhold som har endret seg, og som gjør det vanskelig for krepsebestanden å bygge seg opp igjen - spesielt vil dette være en forskyvning i forholdet mellom abbor og kreps. Abborbestanden øker ofte i antall i forbindelse med forsuring, og kan bli så tallrik at den holder en krepsebestand effektivt nede gjennom predasjon (Appelberg & Odelström 1990, Appelberg 1990).

6. Referanser

- Appelberg, M. 1984. Early development of the crayfish *Astacus astacus* L. In acid water. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 61: 48-59.
- Appelberg, M. 1985. Changes in haemolymph ion concentration of *Astacus astacus* L. and *Pacifastacus leniusculus* DANA after exposure to low pH and aluminium. Hydrobiologia 121: 19-25.
- 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. & Odelström, T. 1986. Habitat distribution, growth and abundance of the crayfish *Astacus astacus* L. in the littoral zone of four neutralized lakes. In: The crayfish *Astacus astacus* in acid and neutralized environments. M. Appelberg, Ph.D. thesis, Limnologiska Institutionen, Uppsala Universitet.
- Appelberg, M. & Odelström, T. 1990. Kräfter i sura och kalkade vann. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 4: 1-25.
- Buttingsrud, T. E. 1995. Predasjon fra abbor og hork: Kan det være begrensende for produksjon og fordeling av kreps i Rokosjøen, Løten kommune. Prosjektoppgave, HHH, Evenstad.
- Fjeld, E., Hessen, D.O., Roos, N. & Taugbøl, T. 1988. Changes in gill ultrastructure and haemolymph chloride concentrations in the crayfish, *Astacus astacus*, exposed to de-acidified aluminium-rich water. Aquaculture 72: 139-150.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1918. Ferskvandsfiskenes utbredelse og indvandring i Norge, med et tillæg om krebsen. Centraltrykkeriet, Kristiania.
- 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.
- Kroglund, F., Hesthagen, T., Hindar, A., Raddum, G.G., Staurnes, M., Gausen, D. & Sandøy, S. 1994. Sur nedbør i Norge. Status, utviklingstendenser og tiltak. DN-utredning 10/94.
- Leivestad, H., Muniz, I.P., & Rosseland, B.O. 1980. Acid stress in trout from a dilute mountain stream. s. 318-319 i: Drabløs, D. & Tollan, A. (red.): Ecological impact of acid precipitation, SNSF-prosjektet.
- Linløkken, A. udatert. Kalkingsplan for Rokosjøen. Notat.
- 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.
- Rognerud, S. 1992. Vannkvalitetsundersøkelse i Hedmark fylke. En regional undrsøkelse av 220 innsjøer høsten 1988. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen. Rapport 4/92.
- Taugbøl, T. 1994. Krepseundersøkelser i 1993. Overvåking og tiltak i regi av krepsepestutvalget. Østlandsforskning, notat 8/94.

Vedlegg 1

roko1-3m

Rokosjøen, St.1 - 6, 1 - 3 m dyp																			
Dato	Stasjon	pH	Ca (mg/l)		Alk.(umol/l)	Kond.(mS/m)		Farge(mgPt/l)		Turb. (FTU)		R-Al (ug/l)		I-L-Al (ug/l)		L-Al (ug/l)			
			1 m	3 m		1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m	1 m	3 m				
940506	St.1	5,89	5,88	2,5	2,6	45	50	2,09	2,39	100	100	1,1	1,1	109	113	106	105	3	8
940506	St.2	5,87	5,89	3,1	3,0	66	74	2,99	2,95	92	91	1,2	1,5	97	99	91	86	6	13
940506	St.3	5,87	5,78	3,0	3,0	74	60	2,74	3,08	97	97	1,3	1,5	96	104	92	98	4	6
940506	St.4	5,88	5,76	3,0	3,1	79	80	3,12	2,91	96	98	1,3	1,2	101	103	94	87	7	16
940506	St.5	5,88	5,83	3,0	3,0	79	84	2,91	2,99	96	95	1,4	1,2	98	106	92	95	6	11
940506	St.6	5,82	5,86	2,8	2,8	68	69	2,99	2,99	98	95	1	1,2	99	94	95	76	4	18
940524	St.1	6,20	6,17	2,9	2,9	69	69	2,31	2,31	90	94	1,5	0,8	115	114	110	100	5	14
940524	St.2	6,24	6,10	3,0	3,0	74	74	2,31	2,31	91	92	2,9	0,72	108	110	103	105	5	5
940524	St.3	6,24	6,22	3,0	3,0	74	69	2,31	2,31	92	91	0,94	2	103	108	97	102	6	6
940524	St.4	6,22	6,18	3,0	3,0	69	74	2,31	2,31	93	92	1,5	1,3	106	106	103	104	3	2
940524	St.5	6,29	6,20	3,0	3,0	74	69	2,31	2,31	90	91	0,85	0,75	94	100	91	95	3	5
940524	St.6	6,26	6,20	3,0	3,0	74	69	2,31	2,31	91	91	0,85	0,9	104	100	99	96	5	4
940627	St.1	6,60	6,09	2,8	2,8	108	69	3,04	2,89	90	80	0,9	1	63	58	52	49	11	9
940627	St.2	6,11	6,21	2,8	2,8	84	79	2,96	2,85	82	83	0,7	0,9	60	43	52	43	8	0
940627	St.3	6,26	6,26	2,8	2,9	79	84	2,89	2,93	82	84	0,75	1,3	66	67	55	56	11	11
940627	St.4	6,07	6,23	2,8	2,8	79	84	2,93	2,81	81	81	0,7	1	60	60	50	54	10	6
940627	St.5	6,23	6,12	2,8	2,9	79	84	2,81	2,85	81	84	0,9	1	60	63	53	54	7	9
940627	St.6	6,34	6,25	2,9	2,9	78	79	2,89	2,89	83	84	0,8	0,7	66	63	57	55	9	8
940801	St.1	6,52	6,39	2,9	3,0	93	93	2,95	2,92	63	64	1,2	1,3	36	37	34	37	2	0
940801	St.4	6,53	6,46	3,0	3,0	88	88	2,87	2,91	66	65	1,4	1,2	36	36	28	35	8	1
940909	St.1	6,46	6,40	3,0	2,9	98	98	3,08	2,82										
940909	St.2	6,37	6,32	2,9	2,9	103	103	2,91	2,86										
940909	St.3	6,21	6,32	2,9	2,9	99	98	2,86	2,82										
940909	St.4	6,30	6,37	2,9	2,9	104	98	2,84	2,82										
940909	St.5	6,36	6,22	2,8	2,9	98	99	2,69	2,82										
940909	St.6	6,31	6,33	2,9	2,9	98	98	2,78	2,74										
	min	5,82	5,76	2,5	2,6	45	50	2,09	2,31	63	64	0,7	0,7	36	36	28	35	2	0
	max	6,60	6,46	3,1	3,1	108	103	3,12	3,08	100	100	2,9	2	115	114	110	105	11	18
	snitt	6,21	6,16	2,9	2,9	82	81	2,74	2,73	87,7	87,6	1,16	1,13	83,9	84,2	77,7	76,6	6,2	7,6

Vedlegg 2

roko, inn-ut

Rokosjøen, innløp-utløp																		
Dato	pH		Ca (mg/l)		Alk.(umol/l)		Kond.(mS/m)		Farge(mgPt/l)		Turb.(FTU)		R-Al (ug/l)		I-L-Al (ug/l)		L-Al (ug/l)	
	inn	ut	inn	ut	inn	ut	inn	ut	inn	ut	inn	ut	inn	ut	inn	ut	inn	ut
940513	5,80	5,98	2,2	2,8	50	64	2,52	2,86	105	99	0,88	0,80	93	119	93	99	0	20
940520	6,00	6,18	2,3	2,9	54	64	2,31	2,31	108	96	0,65	0,95	102	106	96	97	6	9
940528	6,11	6,25	2,6	2,9	69	69	2,31	2,31	103	92	0,78	0,70	101	106	93	97	8	9
940603	6,14	6,22	2,7	2,9	64	69	2,23	2,23	100	89	0,96	0,88	89	91	81	80	8	11
940613	6,24	6,37	3,2	2,9	79	78	2,86	2,70	91	165	1,00	0,75	83	80	77	74	6	6
940619	6,12	6,23	3,0	2,9	69	74	3,06	2,78	89	80	1,00	0,90	79	71	62	58	17	13
940624	6,05	6,25	3,2	3,0	66	69	2,86	2,82	86	81	1,40	1,00	81	72	80	58	1	14
min	5,80	5,98	2,2	2,8	50	64	2,23	2,23	86	80	0,65	0,70	79	71	62	58	0	6
max	6,24	6,37	3,2	3,0	79	78	3,06	2,86	108	165	1,40	1,00	102	119	96	99	17	20
snitt	6,07	6,21	2,7	2,9	64	70	2,59	2,57	97	100	0,95	0,85	90	92	83	80	7	12
KALKING 20.oktober 1994																		
941101	5,89	6,33	4,0	3,6	79	118	3,98	3,22										

Rokosjøen, Vannkjemistasjon										
Dato	Dyp	pH	Ca (mg/l)	Alk. (umol/l)	Kond. (mS/m)	Farge (mgPt/l)	Turb. (FTU)	R-Al (ug/l)	I-L-Al (ug/l)	L-Al (ug/l)
940506	1m	5,74	3	75	3,08	98	1,2	98	83	15
940506	3m	5,89	3	69	3,25	96	1,7	100	84	16
940506	5m	5,81	3	68	3,08	98	1,3	110	80	30
940506	10m	5,87	2,8	66	3,04	98	1,2	96	93	3
940506	15m	5,84	3	79	3,16	95	2	100	88	12
940524	1m	6,16	3	69	2,31	90	0,9	98	94	4
940524	3m	6,15	3	69	2,31	92	1,2	97	96	1
940627	1m	6,34	2,9	78	2,93	84	0,75	61	52	9
940627	3m	6,29	2,9	79	2,96	80	0,8	56	53	3
940627	10m	5,91	2,9	69	3	80	0,9	71	52	19
940627	15m	5,96	2,9	79	3	85	1,2	61	61	0
940909	1m	6,41	2,9	98	2,79					
940909	3m	6,42	2,9	98	2,84					
940909	10m	6,41	2,9	98	2,79					
940909	15m	6,29	2,9	99	2,79					
	min	5,74	2,8	66	2,31	80	0,75	56	52	0
	max	6,42	3,0	99	3,25	98	2,00	110	96	30
	snitt	6,10	2,9	80	2,89	91	1,20	86	76	10
KALKING 20. oktober 1994										
941101	1m	6,2	3,6	119	3,18					
941101	3m	6,54	3,6	123	3,22					
941101	5m	6,57	3,6	118	3,26					
941101	7m	6,54	3,6	118	3,22					
941101	10m	6,56	3,6	118	3,18					
941101	15m	6,72	3,6	118	3,31					
	snitt	6,52	3,6	119	3,23					