

NINA Rapport 420

Effekter av kalking på vannkvalitet, dyreplankton, bunndyr, fisk og fritidsfiske i Buskerud 1997-2007

Stein I. Johnsen
Børre K. Dervo
Erik Garnås
Jens Petter Nilssen
Åsmund Tysse
Svein Birger Wærvågen



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 vannkvalitet,
dyreplankton, bunndyr, fisk og fritidsfiske
i Buskerud 1997-2007

Stein I. Johnsen

Børre K. Dervo

Erik Garnås

Jens Petter Nilssen

Åsmund Tysse

Svein Birger Wærvågen

Johnsen, S. I., Dervo, B. K., Garnås, E., Nilssen, J. P., Tysse, Å. & Wærvågen, S. B. 2009. Effekter av kalking på vannkvalitet, dy-replankton, bunndyr, fisk og fritidsfiske i Buskerud 1997-2007. NINA Rapport 420, 43 s. + vedlegg.

Lillehammer, 2009

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-1986-0

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Stein I. Johnsen

KVALITETSSIKRET AV

Øystein Aas

ANSVARLIG SIGNATUR

Børre K. Dervo

OPPDRAAGSGIVER(E)

Fylkesmannen i Buskerud

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Erik Garnås, Åsmund Tysse

FORSIDEBILDE

Helge B. Pedersen

NØKKEWORD

- Buskerud
- Vannkvalitet, zooplankton, bunndyr, fisk, fiske
- Evaluering, kalkingsaktivitet

KEY WORDS

- County of Buskerud
- Water chemistry, zooplankton, benthos, fish, fishing
- Evaluation, liming

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21

0349 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Polarmiljøsenteret

9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkeltgården

2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Johnsen, S. I., Dervo, B. K., Garnås, E., Nilssen, J. P., Tysse, Å. & Wærvågen, S. B. 2009. Effekter av kalking på vannkvalitet, dyreplankton, bunndyr, fisk og fritidsfiske i Buskerud 1997-2007. NINA Rapport 420, 43 s + vedlegg.

Hovedmålsetningen med denne rapporten har vært å vurdere effekten av kalkingsvirksomheten på fritidsfiske i Buskerud fylke (såkalte lokale kalkingsmidler). I tillegg er det gjort en enkel sammenstilling og vurdering av data fra prøvefiske i 37 kalkede vann og undersøkelser av bunndyr og zooplankton som er gjennomført i undersøkelsesperioden (1997-2007).

Vannkvalitet

De statlige bevilgningene til kalkingsvirksomheten og antall søknader var på sitt høyeste i 1996. I de påfølgende årene har mindre surhet i vannene redusert kalkbehovet, og spredningsvolumet av kalk derfor gradvis avtatt. Både i 1997 og 2007 hadde over 90 % av vannene akseptabel vannkvalitet med tanke på kravene til fisk (pH > 6). Selv om årlig kalkmengde er halvert fra 1997 til 2007 har antallet vann som kalkes holdt seg relativt stabilt uten at dette har gått utover vannkvaliteten.

Fisk

I løpet av de siste 15 årene har det vært en betydelig reduksjon i areal med forsuringsskadde fiskebestander i Buskerud. I 2006 ble disse arealene beregnet til 832 km², noe som tilsvarer en reduksjon på ca 51 % sammenlignet med 1990 (Hesthagen og Østborg 2008). Til tross for denne reduksjonen er det fortsatt større forsuringsutsatte områder i Flå, Sigdal, Rollag, Flesberg og Kongsberg kommuner.

I perioden 1999 til 2007 er det prøvefisket i alt 90 vann med hensyn på fiskestatus. Bestandsforholdene i 53 av vannene (prøvefisket før 2004) er tidligere oppsummert i egen rapport.

Resultatene fra prøvefiske i 37 vann fra 2004-2007 viser at tettheten av ørret i strandsona er tydelig påvirket av tilstedeværelsen av abbor. Den relative tettheten til ørret i 20 rene ørretvann tyder på at rekrutteringen/overlevelsen til utsatt fisk er relativt dårlig i 20-40 % av de undersøkte kalkede innsjøene. Det kan imidlertid være andre årsaker enn vannkvalitet som forårsaker dette (for eksempel mangel på gyte- og oppvekstområder). Med tanke på forsuringshistorikken må man uansett konkludere med at forholdene for ørret og ørretfiske er brukbare i de fleste kalkede innsjøene. Dette underbygges også av tilbakemeldingen fra de lag og foreninger som er involvert i kalkingsarbeidet.

Zooplankton

Både kalkingsvirksomheten og naturlig forbedring av vannkvaliteten har gitt vesentlige forandringer i dyreplanktonsamfunnene i Buskerud i løpet av det siste tiåret, noe som tyder på at samfunnene nå nærmer seg forholdene forut for den kraftige forsuringsperioden som startet 1960-70. En rekke av funnene som er registrert i Buskerud i perioden 1999-2003 stemmer godt med publisert litteratur på fagfeltet, og en rekke arter viser nå respons som følge av de bedrede vannkjemiske forholdene.

Bunndyr

Undersøkelsene av bunndyr er hentet fra undersøkelser rapportert av Halvorsen (2006, 2007, 2008). I henhold til forsuringsindeks for bunndyr, ble 14 av 31 undersøkte vann i 2005 - 2007 karakterisert som moderat eller ikke forsuret. Det er imidlertid viktig å poengtere at bunndyrprøver fra strandsonen er vanskelige å bruke for å vurdere omfanget av forsuring. Dette skyldes at det i stillestående vann (særlig oligotrofe innsjøer) er så lave tettheter av indeksarter at de kan være borte fra en prøve på grunn av tilfeldigheter eller innsamlingsfeil. For de vannene som ble karakterisert som "betydelig" og "sterkt" forsuret (17 vann) i henhold til forsuringsindeksen, kan vi derfor ikke med sikkerhet fastslå forsuringssituasjonen basert på bunndyrprøver.

Lokale kalkingsmidler

Den gjennomsnittlige omsetningen av fiskekort per lag eller forening som har mottatt offentlige kalkingsmidler i Buskerud har gått opp fra rundt 13 000 kroner i 1997 til rundt 20 000 kroner i 2007. Justert i henhold til konsumprisindeksen tilsvarende 13 000 kr i 1997, 16 200 kr i 2007. Det synes derfor som at det har vært en reell økning i de årlige inntektene fra salg av fiskekort i denne perioden. Denne økningen ser ikke ut til å være basert på en økning i antall solgte kort, men synes å være basert på en økning av fiskekortprisene.

Ett stort flertall av fiskerne er fornøyd med resultatet av kalkingsarbeidet. I perioden 1989-1996 mente 62 % av lag og foreninger at fisket var blitt bedre i de kalkede lokalitetene i Buskerud. Andelen lag og foreninger som mente at fisket var blitt bedre i perioden 1997-2007 var redusert til 42 %. Dette kan skyldes at effekten av kalkingen i en del av vannene i perioden 1989-1996 allerede hadde gjort seg gjeldende, og ikke gav noen ytterligere tydelig effekt i den siste perioden.

Det settes fortsatt ut et stort antall ørret i kalkede vann i Buskerud. I perioden 1997 til 2007 har det imidlertid vært en reduksjon i antall utsatt fisk, noe som i hovedsak skyldes at det er satt ut fisk i færre vann (både totalt og per forening) og at det har blitt satt ut færre, men større fisk.

Ut fra formålet med kalking, som er å gi akseptabel vannkvalitet med levelige forhold for fisk og ferskvannsorganismer, samt opprettholde/gjenskape fiskemuligheter i et vassdrag, ansees kalkingen av i Buskerud å ha vært vellykket. Videre forvaltning av vassdragene vil derfor være fortsatt kalking, tilpasset beskatning av ørret i forhold til naturlig rekruttering, utsetting av fisk og tynningsfiske av abbor. Dette vil også opprettholde og øke et attraktivt tilbud for positiv rekreasjon i form av fritidsfiske.

Forfatteradresser:

Stein Ivar Johnsen (stein.ivar.johnsen@nina.no) og Børre. K. Dervo, Norsk Institutt for Naturforskning (NINA), Fakkeltårnet, 2626 Lillehammer.

Erik Garnås og Åsmund Tysse, Fylkesmannen i Buskerud, Pb. 1604, 3007 Drammen.

Jens Petter Nilssen, Müller-Sars Selskapet, Postboks 195, 1441 Drøbak

Svein Birger Wærvågen, Høgskolen i Hedmark, avdeling for lærerutdanning og naturvitenskap, 2306 Hamar.

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
1.1 Kalkingsvirksomheten	7
1.2 Rutiner for kalkingssøknader	8
1.3 Målsetning med prosjektet	9
2 Materiale og metoder	10
2.1 Datagrunnlaget	10
2.1.1 Vannkvalitet	10
2.1.2 Fiskebestander	10
2.1.3 Zooplankton	11
2.1.4 Bunndyr	12
2.1.5 Effekter av lokale kalkingsmidler	12
3 Områdebeskrivelse	14
3.1 Forsuring og kalking	14
3.2 Fisk og forsuring	16
4 Resultater og vurderinger	18
4.1 Vannkvalitet	18
4.2 Fiskebestander	20
4.2.1 Fordeling av vann og arter	20
4.2.2 Bestandstetthet	20
4.2.3 Rekruttering/overlevelse av settefisk	22
4.3 Zooplankton	23
4.3.1 Undersøkelser av zooplankton i Buskerud 1999-2003	23
4.3.2 Kalkingseffekter på zooplankton	25
4.3.3 Kalkingseffekter på zooplankton i Buskerud	26
4.4 Bunndyr	30
4.5 Effekten av det lokale kalkingsarbeidet	32
4.5.1 Aktører i det lokale kalkingsarbeidet	32
4.5.2 Fiskekortsalg	32
4.5.3 Endringer i fisket	35
4.5.4 Kvaliteten på fisken	35
4.5.5 Tilfredshet med kalkingsarbeidet	36
4.5.6 Fiskeutsettinger	36
4.5.7 Andre kultiveringstiltak	38
5 Oppsummering	39
5.1 Vannkvalitet	39
5.2 Fisk	39
5.3 Zooplankton	39
5.4 Bunndyr	39
5.5 Lokalt kalkingsarbeid/fritidsfiske	40
5.6 Konklusjon	40
6 Referanser	41
7 Vedlegg	44

Forord

I Buskerud blir det årlig kalket nesten 500 vann for å kompensere for sur nedbør. Rundt 75 fiskeforeninger og grunneierlag deltar i dette arbeidet. På nittitallet ble det enkelte år spredd opp mot 2000 tonn kalk. Mindre sur nedbør har redusert kalkbehovet i de senere år. I 2007 lå spredningsvolumet på rundt 1000 tonn kalk. Kalken blir i alt vesentlig spredd med helikopter.

Effekten av kalkingen blir fortløpende evaluert ved vannprøvetaking. Over 90 % av vanna har akseptabel vannkvalitet med hensyn på fisk. Gjennom fast rapportering fra brukersiden, skjer det også tilbakemelding med hensyn på effekten på fiske. Det generelle inntrykket hos fiskerne er at effekten av kalking er meget god.

De som får tildelt kalkingsmidler rapporterer effekten av kalkingen til Fylkesmannen i Buskerud. I samarbeid med Direktoratet for naturforvaltning har det siden 1999 pågått et prosjekt for å evaluere biologisk effekt i kalkingslokalitetene i regi av Fylkesmannen. Innsatsen har konsentrert seg om fisk, dyreplankton og bunndyr. Vannene har til dels blitt plukket ut etter ønske fra fiskeforeningene/grunneierlagene. I tillegg pågår det fortløpende overvåking av vannkvaliteten.

Rapporten oppsummerer effekten av kalking på biologisk mangfold og fiske i Buskerud i perioden 1997-2007. Materialet bygger på rapporter og vannprøver samla inn fra fiskeforeninger og grunneierlag. Feltregistreringer av biologiske data har foregått i regi av Fylkesmannen i Buskerud (engasjert personell). Under feltarbeidet har det også deltatt representanter fra de respektive fiskeforeningene og grunneierlagene.

Vi vil takke alle som har bidratt i arbeidet, enten det er innsamling, analyse eller bearbeiding av dataene.

Lillehammer, 20.01.2009

Stein I. Johnsen
Prosjektleder

1 Innledning

På slutten av 1960 tallet ble det vist at det økende forsuringproblemet i næringsfattige innsjøer var relatert til langtransportert luftforurensning (Odén 1968). Forsuring av vassdragene pga langtransportert luftforurensning førte også til omfattende miljøskader i Norge (DN 1994). I Buskerud ble de første vannene fisketomme omkring 1950. Utover i 60- og 70-åra ble forsuringen merkbar i store deler av fylket (Tysse & Garnås 1996).

1.1 Kalkingsvirksomheten

Kalking i ulike former har vært det viktigste tiltaket mot forsuring, ved siden av avtaler om utslippsreduksjoner. Direktoratet for naturforvaltning (DN) har det sentrale forvaltningsansvaret for den statlige kalkingsvirksomheten i forsurede elver og innsjøer i Norge. Den offentlige forvaltningen gikk aktivt inn i kalkingsarbeidet fra 1983 (Sandøy & Romundstad 1995). De statlige tilskuddene til kalking har fra da av økt gradvis. Spesielt fra 1994 til 1997 var det en betydelig økning i bevilgningene. De samlede kalkingsmidlene for Norge gikk i denne perioden opp fra 35 millioner til 119 millioner.

I de senere årene har det vært en betydelig forbedring av vannkvaliteten gjennom økt pH, reduserte konsentrasjoner av uorganisk aluminium og høyere syrenøytraliserende kapasitet (ANC) (Skjelkvåle *et al.* 2005). Behovet for kalking har derfor blitt gradvis redusert. I de senere årene har det imidlertid blitt påpekt at ANC må være høyere for å opprettholde akseptable pH og aluminiumskonsentrasjoner for fisk enn på 1980-tallet (Hesthagen *et al.* 2008). Dette skyldes trolig at det har vært en markert økning i konsentrasjonen av organisk karbon (Hesthagen *et al.* 2008). Siden 1987 har DN fordelt det statlige kalkingstilskuddet til lokale prosjekter direkte til fylkesmennene ut i fra fylkesvise kalkingsplaner. Til nå er rundt 3 000 lokaliteter kalket i Norge.

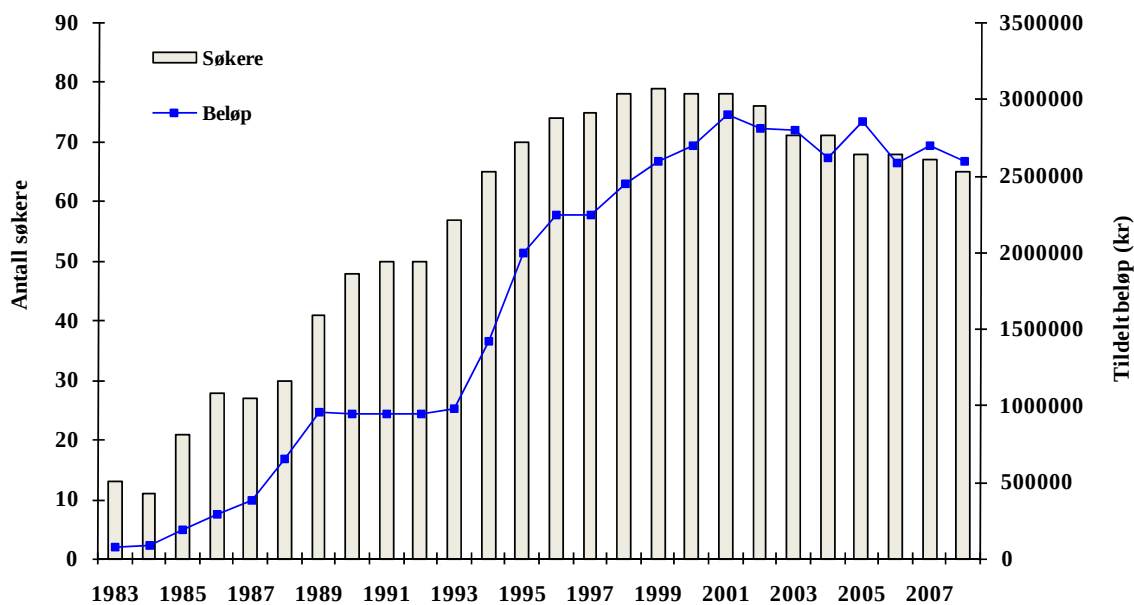
Den overordnede målsetningen for kalkingsvirksomheten, og det viktigste prioriteringskriteriet ved tildeling av offentlige midler, er bevaring av biologisk mangfold (DN 1995). Alle områder der tålegrensen for forsuring er overskredet er potensielle kalkingsområder. Med bakgrunn i hovedmålsetningene for kalkingsvirksomheten er prioriteringskriteriene delt inn i 6 grupper. Lokaliteter med forsuringfølsomme organismer til stede og stor fiskeinteresse har førsteprioritet i denne sammenheng.

I tråd med DN's målsettinger for kalkingsvirksomheten kan det også kalkes i lokaliteter uten fisk, eller i lokaliteter der det ikke er interesse for, eller ikke aktuelt å fiske (DN 1995). For å ta vare på spesielle lokalitetstyper, kan det f. eks. være aktuelt å gjennomføre kalking av naturlige fisketomme lokaliteter. I slike tilfeller er det bevaring av generell ferskvannsfauna som er det viktigste aspektet. I disse prosjektene skal det ikke settes ut fisk.

Å bedre forholdene for fritidsfiske var hovedmålet i handlingsplanen for kalkingsvirksomheten i perioden 1991 til 1994, i tillegg til bevaring av forsuringstrua fiskestammer. Bedring av forholdene for fritidsfiske i de forsuringssamma områdene er fortsatt et viktig mål (DN 1995). DN stiller i dag betingelser om at befolkningen skal ha tilgang til fiske ved tildeling av offentlige midler til kalking. Engasjement og dugnadsinnsats hos lokale fiskeforeninger og grunneierlag utgjør fortsatt et sentralt bidrag i kalkingsvirksomheten.

Kalkingsvirksomheten baseres i stor grad på søknader fra lokale fiskeforeninger eller grunneierlag. Søknaden sendes kommunene for registrering og prioritering. Fylkesmannens miljøvernavdeling behandler og avgjør søknaden bl.a. med bakgrunn i kalkingsplanen for fylket. En oversikt over antall søkere og tildelt beløp i perioden 1983-2008 er gitt i **figur 1.1**. Det er tildelt nær 44 millioner kroner i kalkingsmidler i denne perioden.

I Buskerud er ca 90 prosent av søknadene slått sammen i 13 større prosjekter med innhenting av felles anbud. De søkerne som inngår i de 13 anbudsområdene får ikke tildelt penger, men kalkingsentreprenørene sender regning til Fylkesmannen. I de resterende prosjektene utbetales tilskuddet direkte til søkeren med krav om rapportering og regnskap. I alle prosjektene skal søkerne yte en viss egenandel i form av dugnad eller direkte økonomiske bidrag. Alle som mottar støtte er pliktige til å returnere en årsrapport for kalkingsarbeidet de har utført. I Buskerud er det utviklet et eget skjema som foreningene fyller ut og returnerer.



Figur 1.1. Oversikt over antall søkere og tildelte kalkingsmidler i perioden 1983-2008 i Buskerud.

1.2 Rutiner for kalkingssøknader

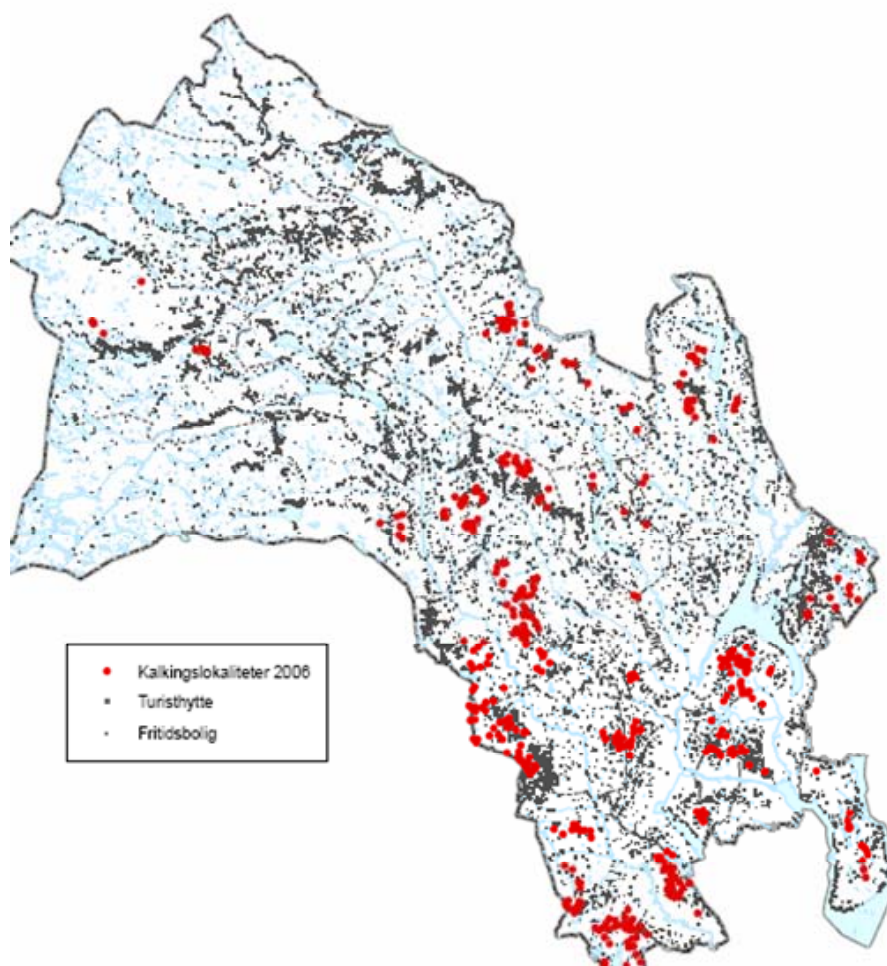
Målsetningen med tilskuddsordningen er å redusere negative effekter på det biologiske mangfoldet som følge av sur nedbør. Det er også viktig å styrke eller gjenskape naturlige fiskestammer som kan høstes gjennom fritidsfiske.

Betingelser for å få tilskudd er at vassdraget er blitt forsuret, og at bestander av fisk eller andre organismer er truet eller utdødd. Vassdrag som fortsatt har bestander av fisk eller andre forsurede organismer, blir prioritert. Det blir også lagt vekt på om det er stor fiskeinteresse i området. En stor andel av kalkingslokalitetene i Buskerud ligger i nært hyttefelt (**figur 1.2**).

Slik sett utgjør de kalka vatna et positivt tilbud til rekreasjon i tidligere til dels fisketomme områder. Dette har også trolig økt hytteområdenes popularitet. Ved tildeling av midler settes som krav at fisket i området er eller blir tilgjengelig for alle gjennom fiskekortsalg eller gratis fiske, og at søkeren bidrar med en viss egeninnsats. Dette kan bestå av delfinansiering, dugnadsarbeid, kultiveringstiltak eller annet.

Organiserte lag som grunneierlag, fiskelag, jeger- og fiskerforeninger og kommuner kan få tilskudd. Enkelt personer kan også få tilskudd dersom foran nevnte betingelser er oppfylt. Tilskudd gis i første rekke til kjøp, transport og spredning av kalk, samt vannprøveanalyser. I Buskerud pågår det også et prosjekt med evaluering av biologisk effekt av kalking med undersøkelser av bunndyrfauna, dyreplankton, elvemusling og fisk.

Søknader skal fremmes via kommunen på eget søknadsskjema. Søknadsskjema fås ved henvendelse til Fylkesmannen. Kommunene skal koordinere og prioritere søknadene og sende dem til Fylkesmannen innen 1. desember. Fylkesmannen har det koordinerende ansvaret i fylket. DN tildeler rammene for kalkingsmidler på nyåret, basert på budsjettoverslag fra de enkelte fylker. Ved siden av tildeling av midler til lokale kalkingsprosjekter, har Fylkesmannen en sentral rolle ved planlegging og oppfølging av lokale prosjekter.



Figur 1.2. Geografisk plassering av hyttefelt og kalkingslokaliteter (2006) i Buskerud.

1.3 Målsetning med prosjektet

Hovedmålsetningen med denne rapporten har vært å vurdere effekten av lokale kalkingsmidler på fritidsfiske, dvs omfanget av fiskekortsalg, fiskernes tilfredshet osv. i perioden 1997-2007. I tillegg er det gjort en sammenstilling og vurdering av prøvefiskefangster i 37 kalkede vann. I de senere år er det også foretatt undersøkelser på bunndyr (Halvorsen 2006, 2007, 2008) og zooplankton (Nilssen & Wærvågen 2001, 2002c, 2004, Wærvågen og Nilssen 2003b) i en del kalkede vann i Buskerud. For å samle flere temaer knyttet til kalking og vurdering av kalkingsaktiviteten i samme rapport, er sammendrag fra disse undersøkelsene tatt med i denne rapporten.

2 Materiale og metoder

2.1 Datagrunnlaget

2.1.1 Vannkvalitet

Rapporten presenterer pH-verdiene fra de kalkede vannene i 2007. Prøvene ble analysert av Eurofins-BUVA, Drammen. I 2007 ble det tatt 415 vårprøver og 426 høstprøver fra kalkingslokalitetene. I tillegg til analyse av pH, er det gjort analyser av turbiditet, farge, TOC, ledningsevne, alkalitet, kalsium, magnesium, natrium, kalium, sulfat (SO_4^{2-}), nitrat (NO_3^-), klor, reaktivt og labilt aluminium og ANC (syrenøytraliserende kapasitet).

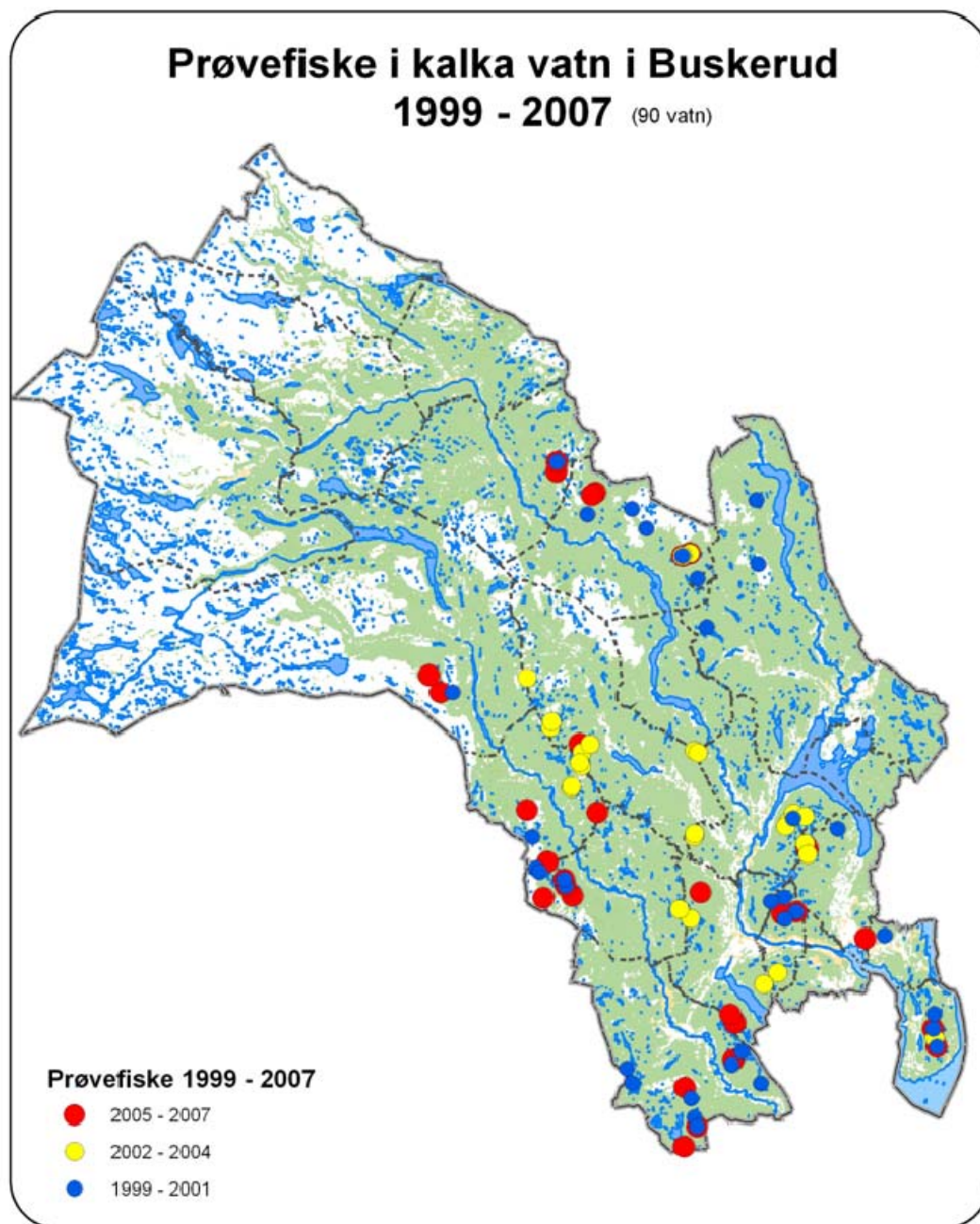
2.1.2 Fiskebestander

I perioden 1999 til 2007 er det gjennomført prøvafiske i totalt 90 vann (**figur 2.1**). Data fra prøvafiske i perioden 1999-2003 (53 vann) er rapportert i 2005 (Taraldsrud 2005). I perioden 2004-2007 er det prøvafisket i ytterligere 37 kalkede lokaliteter (**figur 2.1, tabell 4.1**).

Prøvafiske er utført med Jensen bunngarnserier som består av 8 garn med maskevidder 2x21, 26, 29, 35, 40, 45, 52 mm. I hovedsak er det benyttet 2 serier det vil si 16 garn i hvert vann.

Som et estimat for relativ bestandstetthet brukes CPUE; antall fisk over 15 cm per 100 meter relevant garnflate (Ugedal *et al.* 2005). Det er ikke gått gjennom individdata, men med minste maskevidde på 21 mm er innslaget av fisk under 15 cm fanget på Jensen-seriene ubetydelig.

I de fleste kalkede vannene settes det ut fisk. Settefisken er imidlertid ikke merket. Det er derfor ikke skilt på utsatt fisk og villfisk i fangstene. Omfanget av naturlig rekruttering i de ulike bestandene kan derfor ikke vurderes. Det er imidlertid forsøkt å gjøre en vurdering om hvorvidt fisk uansett opprinnelse, synes å ha brukbar overlevelse i vannet. Dette vurderes på bakgrunn av relativ tetthet og ved å se på om flere lengdeklasser er tilstede i fangstene, spredd på forskjellige maskevidder. Vi får da en indikasjon på om vannkvaliteten har vært god nok for at settefisk/villfisk har overlevd over flere år.



Figur 2.1. Oversikt over kalkede lokaliteter som er prøvefisket i Buskerud i perioden 1999 - 2007.

2.1.3 Zooplankton

Det er samlet inn zooplankton fra 81 kalkede og 11 ukalkede referanse vann i Buskerud i perioden 1999-2003. Beskrivelse av metode er gitt i Nilssen & Wærvågen 2001, 2002c, 2004 og Wærvågen & Nilssen 2003b.

2.1.4 Bunndyr

I 2005, 2006 og 2007 ble det samlet inn bunndyr fra henholdsvis 8, 10 og 13 kalkede vann i Buskerud (Halvorsen 2006, 2007, 2008). En beskrivelse av metoden er gitt i Halvorsen (2006, 2007 og 2008 inkludert referanser).

2.1.5 Effekter av lokale kalkingsmidler

Årsrapporter

Innsendte årsrapporter fra lag og foreninger er brukt til å beskrive omfanget av og til å evaluere effekten av de lokale kalkingsmidlene i Buskerud for perioden 1997 til 2007. Alle som får offentlig støtte til kalking fra Fylkesmannen plikter ved årets slutt å sende inn rapport sammen med regnskap. Rapportskjemaet inneholder spørsmål om antall medlemmer i laget, hvilke vann som er kalket, mengde kalk, samt opplysninger om tilskudd til kalking og salg av fiskekort. Det blir også spurt om prøvefiske, om fangst per innsatsenhet, om kvaliteten på fisken og fisket. I tillegg skal det opplyses om redskapstyper som er benyttet ved fiske, om utsetting av fisk, om andre fiskekultiveringstiltak og om fiskernes syn på kalkingen. **Tabell 2.1** viser hvordan antall årsrapporter fordeler seg på årene 1997 til 2007. De fleste lag og foreninger som har fått tildelt midler har sendt inn årsrapport. Enkelte av disse har imidlertid levert årsrapport for flere år samtidig. Antall årsrapporter det enkelte året vil derfor ikke alltid stemme overens med antall lag og foreninger som har fått tilskudd.

Tabell 2.1. Oversikt over antall innkomne årsrapporter fra lokale lag og foreninger i perioden 1997-2007 i Buskerud.

År	Antall årsrapporter
1997	51
1998	59
1999	63
2000	70
2001	67
2002	60
2003	65
2004	58
2005	53
2006	50
2007	57
Totalt	653

Fiskeutsettinger

Ved utsettinger i kalkede lokaliteter brukes hovedsakelig ett - eller toårig settefisk, men alle aldersgrupper er i bruk. For å kunne sammenligne fiskeutsettinger mellom ulike år har vi regnet om all settefisk til 2-årig fisk (= 1 enhet). **Tabell 2.2** viser omregningsfaktoren som er brukt for de ulike aldersklassene. Tabellen baserer seg på omregningsfaktoren som A/L Settefisk på Reinsvoll bruker for sine utsettinger, og OFAs erfaringer med overlevelse av settefisk i skogsvann. I de tilfellene hvor det er satt ut villfisk uten at størrelse er oppgitt, er disse definert som 2-årig fisk.

Tabell 2.2. Omregningstabell for settefisk av ørret i forhold til 2-årig settefisk (=1 enhet). Grunnlaget for omregningen er tallmateriale fra AL Settefisk på Reinsvoll og Oslomarka Fiskeadministrasjon. Tallene for vekt og lengde gjelder for oppdrettsfisk.

Settefiskbetegnelse	Antall	Alder (år)	Vekt (g)	Lengde (cm)
Yngel	180	0,05	< 1	3
1-somrig	18	0,5	1-2	5-6
1-årig	6	1,0	5-10	8-10
2-somrig	4	1,5	25-50	12-16
2 år	1	2,0	80-100	19-20
3 år	1	3,0	>200	>25

3 Områdebeskrivelse

3.1 Forsuring og kalking

Av Buskeruds totale areal på 14 927 km² er 4 145 km² (28 %) utsatt for forsuring (**tabell 3.1**). Det er spesielt midtfylket med kommunene Kongsberg (68 %), Flå (93 %), Krødsherad (76 %) og Sigdal (58 %), og sørfylket med kommunen Hurum (98 %) som er hardt rammet av forsuring. Berggrunnen i de forsuringsutsatte arealene består av gneis, granitt og kvartsitt. Dette er bergarter som har liten bufferevne.

Tabell 3.1. Kommunevis fordeling av forsuringsutsatte arealer (km² og andel av totalareal). Kilde: Tysse og Garnås 1996a.

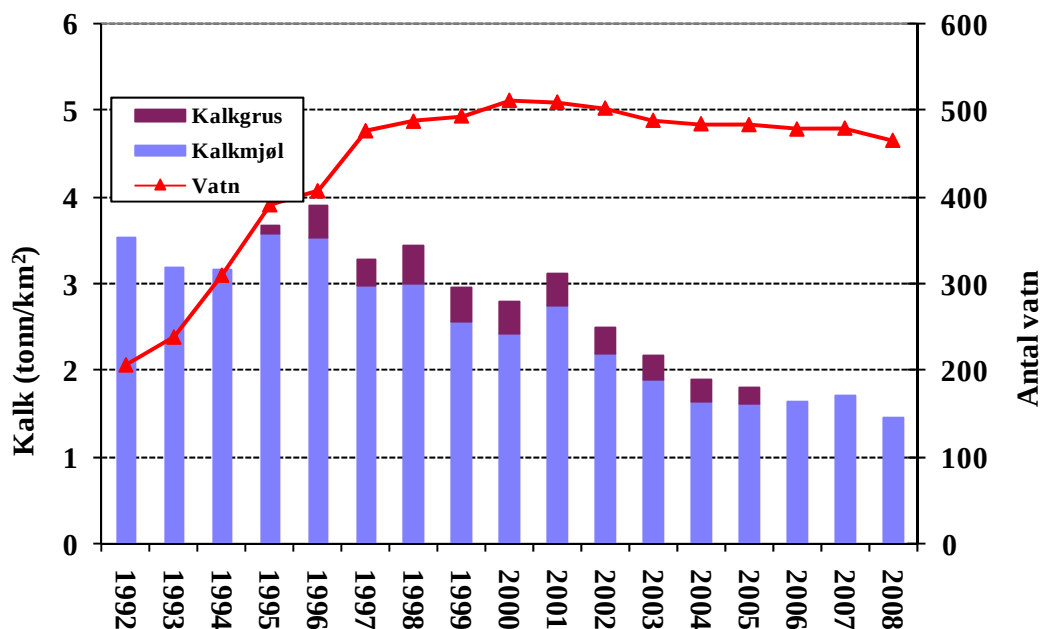
Kommune	Forsuringsutsatt areal	
	km ²	%
Drammen	70	48
Kongsberg	550	68
Ringerike	820	53
Flå	630	93
Nes	70	9
Sigdal	500	58
Krødsherad	285	76
Modum	160	31
Ø. Eiker	120	26
N. Eiker	50	40
Lier	130	43
Røyken	70	62
Hurum	160	98
Flesberg	280	50
Rollag	250	56
Buskerud	4145	28

I Buskerud ble de første vannene fisketomme rundt 1950. Utover i 1960- og 70-åra ble forsuringen merkbar i store deler av fylket. Kalkingen i Buskerud startet beskjedent først på 1980-tallet. Siden 1997 er det årlig kalket rundt 500 vann (se **figur 3.1**). Dette er gjort i regi av rundt 75 fiskeforeninger og grunneierlag. I perioden 1992-1996 ble det spredd 3-4 tonn kalkmjøl/km² nedbørfelt. Etter 1996, da både de statlige bevilgningene og antall søknader var på sitt høyeste, har mindre mengde sur nedbør redusert kalkbehovet, og spredningsvolumet har derfor gradvis avtatt (se **figur 3.1**). Det økte kalkvolumet i 2001 skyldtes kompensasjon for unormalt store nedbørsmengder høsten 2000. Sammenlignet med 1997 og 1998 har spredningsvolumet av innsjøkalk de siste årene blitt halvert til ca 1.5 tonn/km² nedbørfelt. I samme periode har antall kalkede vann holdt seg relativt stabilt uten at dette har gått utover vannkvaliteten. Effekten av kalkingen blir fortløpende evaluert og kalkmengden blir justert ut i fra årlige vannprøver.

Midt på 1990-tallet startet utlegging av grovkalk eller gytegrus i mange bekker (**figur 3.2**). Hensikten var å forbedre og stabilisere vannkvaliteten gjennom året, skape bedre gyteforhold og redusere behovet for fiskeutsettinger. Ut fra vurderinger som kanskje ikke alltid var helt objektive, fungerte bekkekalkingen godt. Mange av de sure innløpsbekkene er i dag gode gytebekker,

forutsatt at de har de kvaliteter et gyteområde skal ha. En del bekker ble også kalket for å avsyre tilrenningen, og dermed forbedre vannkvaliteten i innsjøen nedstrøms.

Bekkekalkingen (se **figur 3.1**) stoppet i 2006. De to viktigste årsakene var bedre egenrekruttering på grunn av mindre sur nedbør og langtidsvirkning av utlagt bekkekalk. Et problem var også at storsekkene ikke ble sprettet og kalken ble derfor kun spredd på enkelte strekninger. I en del tilfelle ble også tomsekkene liggende og skapte et visuelt forurensningsproblem.



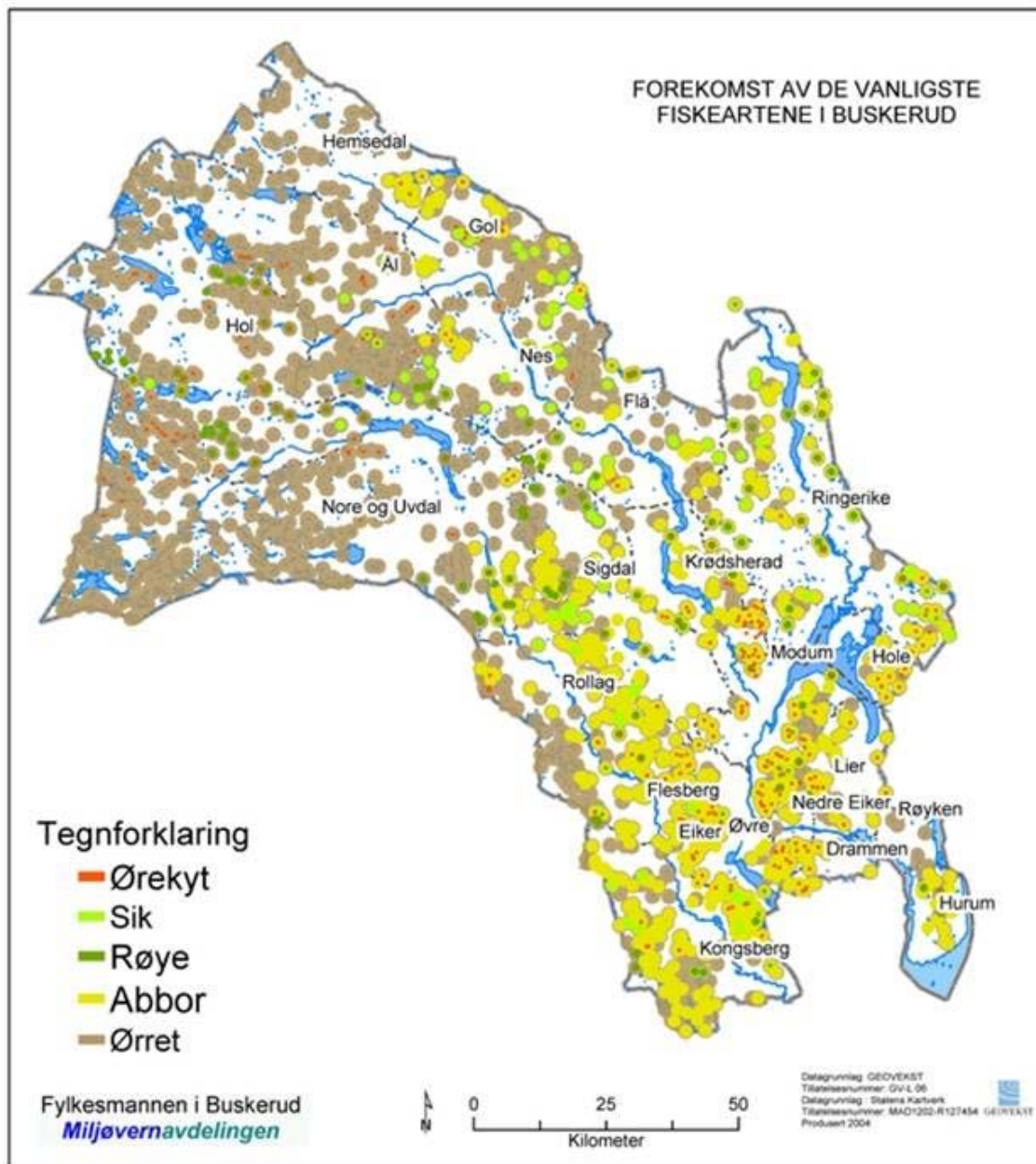
Figur 3.1. Årlig forbruk (tonn) av kalkmjøl (innsjøkalking) og kalkgrus (bekkekalking) per km² nedbørfelt, samt antall kalkede vann årlig i perioden 1992-2008.



Figur 3.2. Bekk med utlagt grovkalk.

3.2 Fisk og forsuring

De vanligste fiskeartene i Buskerud er ørret, abbor, røye, sik, og ørekyt (**figur 3.3**). Ørret og ørekyt har en relativt jevn utbredelse over hele fylket både gjennom utsetninger/introduksjoner og naturlig innvandring. Abbor og sik har sin hovedutbredelse i de sørøstlige deler av fylket (**figur 3.3**).

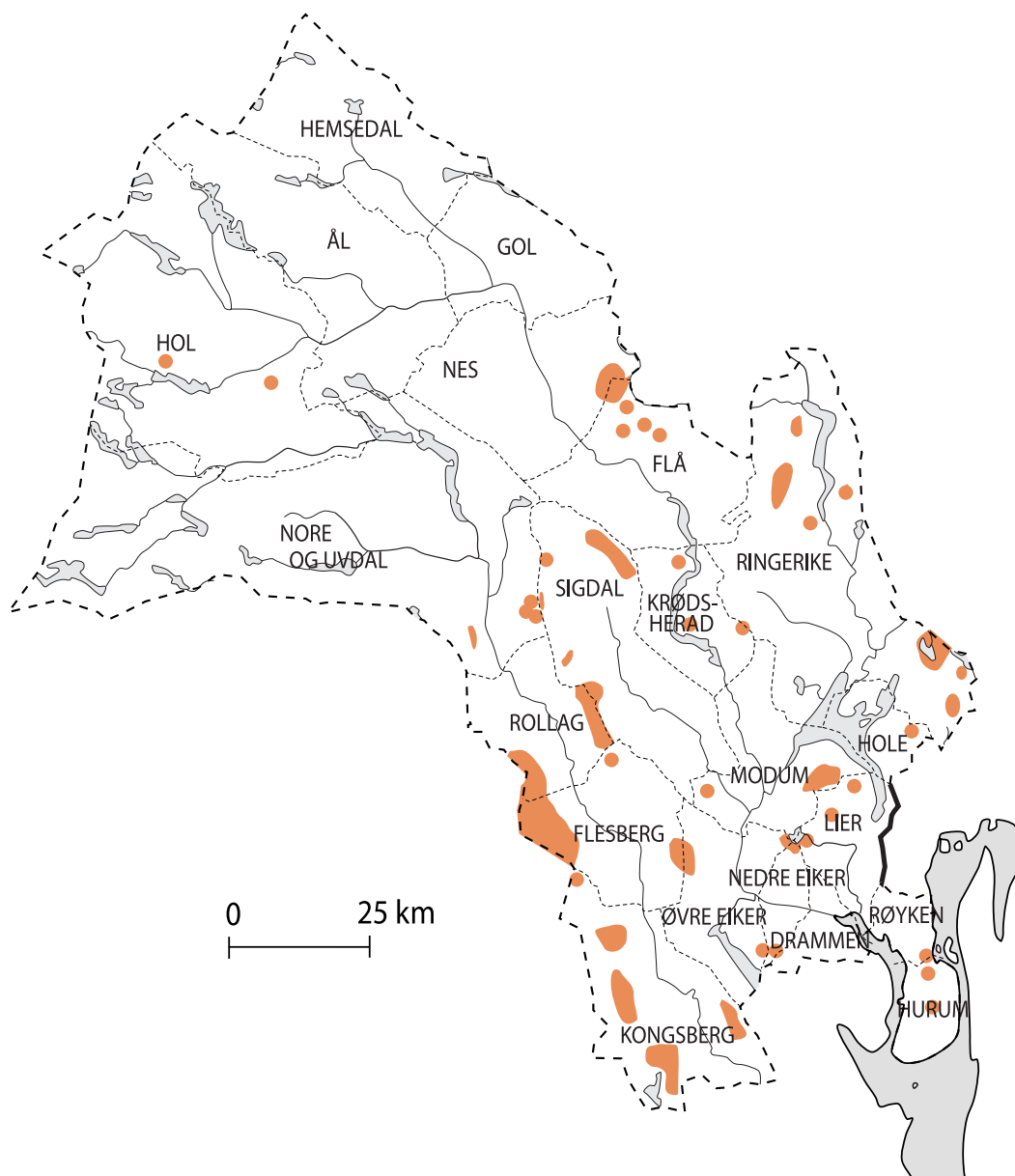


Figur 3.3. Utbredelsen til de vanligste fiskeartene i Buskerud.

På 1970-tallet ble det beregnet at 13 % av det totale arealet i Buskerud hadde forsuringsskadede fiskebestander (Sevaldrud & Muniz 1980). De største områdene lå langs fylkesgrensa til Telemark, i Skrim-Blefjellområdet og i grensetraktene mot Oppland. Det sistnevnte området strekker seg fra Vassfaret og sørover mot Sokna i Ringerike kommune. Det ble også registrert

sure vann og betydelige skader på fiskebestander i innsjøer i Drammensmarka og på Hurumhalvøya. I løpet av 1980-tallet forverret forsureningssituasjonen i Buskerud seg ytterligere. Dette skyldtes i hovedsak at arealet til allerede forsurede områder økte.

I følge nyere beregninger var samlet areal med fiskeskader i Buskerud pr. 1990 på 1 713 km² (Hesthagen & Østborg 2008). De siste 15 årene har det imidlertid vært en betydelig reduksjon i arealet med forsurede fiskebestander. I 2006 ble disse arealene beregnet til 832 km², dvs. en reduksjon på ca 51 % (Hesthagen & Østborg 2008). Til tross for denne reduksjonen er det fortsatt større forsurede områder i Flå, Sigdal, Rollag, Flesberg og Kongsberg kommuner (figur 3.4).

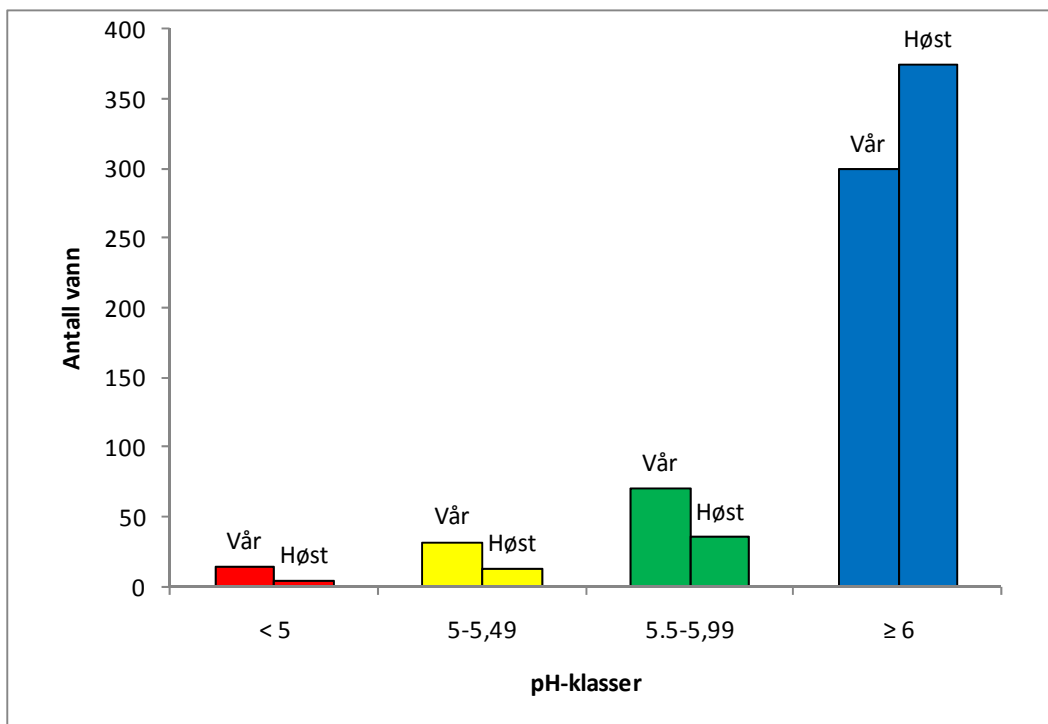


Figur 3.4. Områder med forsurede fiskebestander i Buskerud pr. 2006. Areal under 15 km² er angitt som ett punkt (figuren er hentet fra Hesthagen & Østborg 2008).

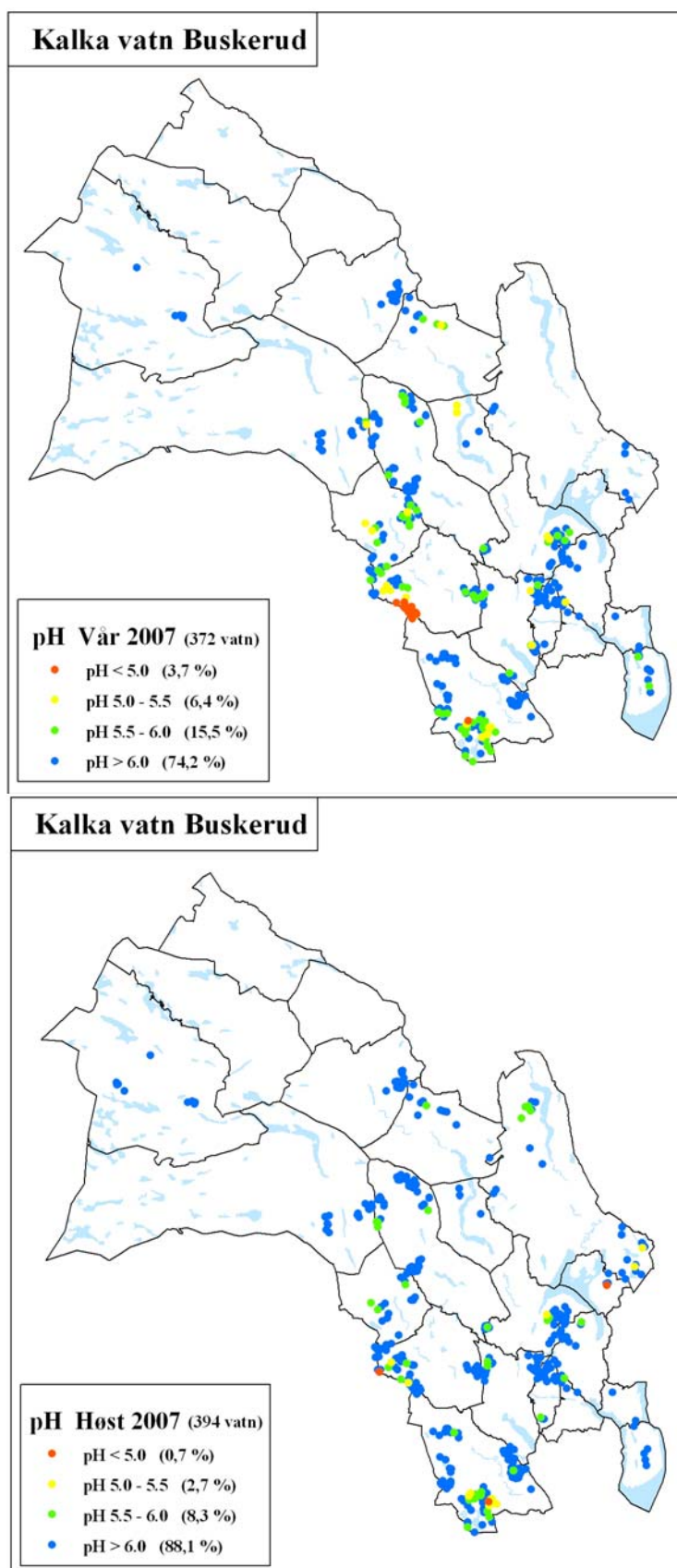
4 Resultater og vurderinger

4.1 Vannkvalitet

Resultatet fra vannprøver tatt i kalkede vann i Buskerud i 2007 viste at pH var signifikant lavere om våren ($\bar{x}_{\text{vår}} \pm 2\text{SE}$: $6,18 \pm 0,057$) enn om høsten ($\bar{x}_{\text{høst}} \pm 2\text{SE}$: $6,52 \pm 0,050$) ($t=12,96$, $N=347$, parvis t-test). pH var akseptabel ($\text{pH} > 6,0$) for fisk i 72,0 % av vannene om våren og i 87,8 % av vannene om høsten (**figur 4.1**). Det var kun 11 % og 4 % av vannene som hadde pH-verdier under 5,5 om henholdsvis våren og høsten. **Figur 4.2** viser lokalisering og pH-klasser til 372 innsjøer basert på vårprøver (øverst) og 394 innsjøer basert på høstprøver (nederst).



Figur 4.1. Fordeling av antall vann fordelt i ulike pH-klasser basert på vannprøver tatt før 01.08.07 (vårprøver, $N=415$ kalkede vann) og etter 01.08.07 (høstprøver, $N=426$).



Figur 4.2. Geografisk plassering og pH-klasse for kalkede vann basert på vannprøver tatt før 01.08.07 (vårprøver, N= 372 kalkede vann, øverst) og etter 01.08.07 (høstprøver, N=394, nederst).

4.2 Fiskebestander

4.2.1 Fordeling av vann og arter

I perioden 2004 – 2007 ble det prøvafisket 37 vann fordelt på 12 kommuner (**tabell 4.1**).

Tabell 4.1. Kommunevis fordeling av kalkede vann som ble prøvafisket i perioden 2004-2007.

Kommune	Antall vann
Flesberg	6
Flå	4
Hurum	2
Kongsberg	5
Modum/Lier	2
Modum	4
Lier	2
Nedre Eiker	2
Nes	2
Nore og Uvdal	2
Rollag	2
Røyken	1
Øvre Eiker	3
Totalt	37

I de undersøkte vannene ble det fanget ørret i 36 vann, abbor i 15 vann og sik i 3 vann (**tabell 4.2**). I 20 av vannene ble det kun fanget ørret og i ett vann ble det kun fanget sik (**tabell 4.2**).

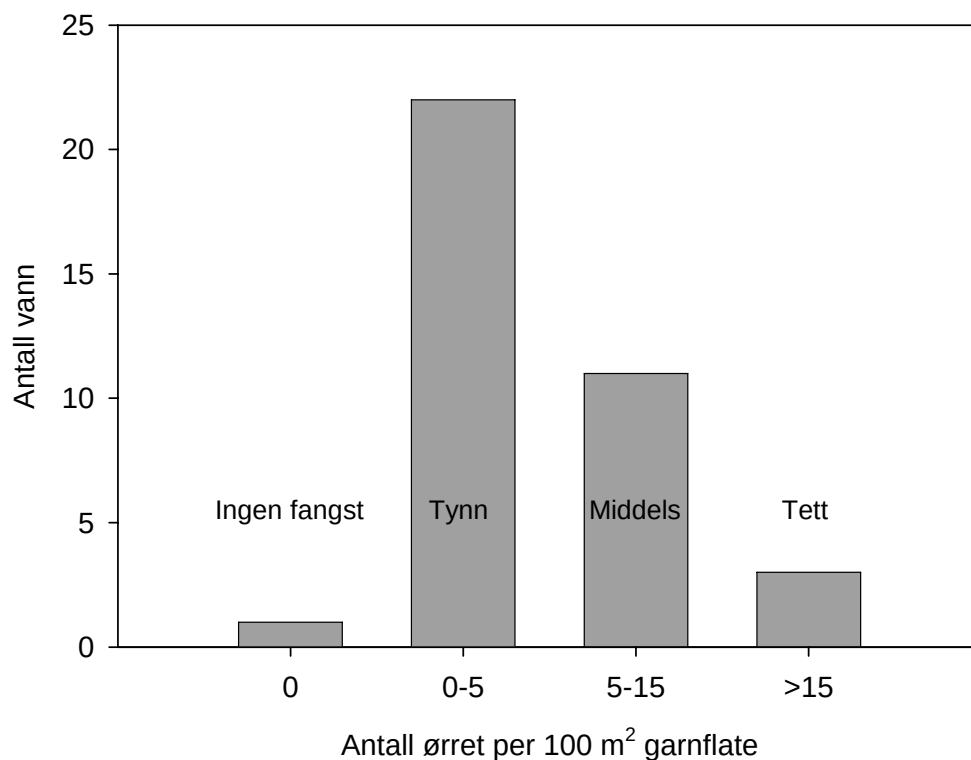
Tabell 4.2. Sammensetning av fiskearter i fangster fra 37 kalkede vann prøvafisket i perioden 2004-2007.

Arter	Antall vann
Ørret (alene)	20
Ørret, abbor	14
Ørret, sik	1
Ørret, abbor, sik	1
Sik (alene)	1

4.2.2 Bestandstetthet

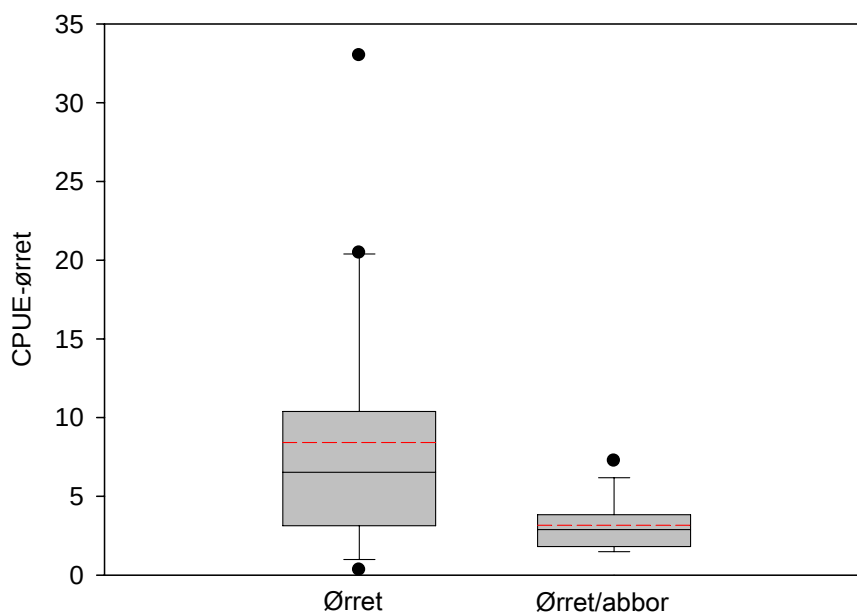
Basert på resultatene av prøvafiske i 37 vann, ble ørretbestandene i 22 av vannene klassifisert som tynne (**figur 4.3**). 11 bestander var middels tette og 3 bestander ble klassifisert som tette etter Ugedal *et al.* (2005). I én lokalitet ble det ikke fanget ørret. Ifølge VannInfo (2008) var det en tynn bestand av ørret i denne lokaliteten i 1986. Det er derfor mulig at det fortsatt er en vel-

dig tynn bestand av ørret i lokaliteten. I 12 av de 14 bestandene (85,7 %) som ble karakterisert som middels tette og tette ble det kun fanget ørret.



Figur 4.3. Antall ørretbestander klassifisert etter relativ tetthet (antall ørret per 100 m² garnflate) i 37 kalkede vann som ble prøvefisket i perioden 2004 – 2007 i Buskerud. Klassifisering etter Ugedal et al. (2005).

En sammenligning av CPUE-data (fangst per innsats) for ørret i 20 ørretvann og 14 vann hvor det ble fanget både ørret og abbor, viste at ørretbestandene var tettere i "rene" ørretvann (**figur 4.4**, Mann-Whitney U-test, $n_1=20$, $n_2=14$, $p<0,05$).



Figur 4.4. Box plot som viser 25-75 % persentiler (boks) 10-90 % persentiler (vertikal klamme) for fangst av ørret per 100 m² garnflate i rene ørretvann (n=20) og i vann hvor ørret lever sammen med abbor (n=14). Stiplet rød og svart heltrukken horisontal linje angir henholdsvis gjennomsnitt og median.

4.2.3 Rekruttering/overlevelse av settefisk

I 10 av 22 (45,5 %) "tynne bestander" fordelte ørretfangstene seg på tre eller færre maskevidder. Til sammenligning fordelte ørretfangsten i én av 14 (7,1 %) "middels og tette bestander" seg på tre eller færre maskevidder. I rene ørretvann ble 8 av 20 ørretbestander (40 %) klassifisert som tynne. I fire av disse vannene, det vil si 20 % av alle "rene" ørretvann, var fangstene < 1,5 ørret per 100 m² relevant garnflate.

Det settes ut ørret i mange av de kalkede vannene. Det foreligger imidlertid ikke data på andel utsatt fisk i fangstene. Det er derfor ikke mulig å skille mellom naturlig rekruttert og utsatt fisk. Således vil det heller ikke være mulig å vurdere effekten av kalkingen på den naturlige rekrutteringen. Fisk fanget på flere maskevidder, det vil si tilstedeværelse av ulike lengdeklasser, vil imidlertid gi en indikasjon på at enten villfisk og/eller settefisk klarer seg i vannet over år. Det var en klar indikasjon på at det i tynne bestander var færre lengdeklasser til stede i vannet enn i de øvrige bestandene

Resultatene fra prøvafiske i de 37 vannene viser at tettheten av ørret i strandsona er veldig påvirket av tilstedeværelsen av abbor. Resultatene sier imidlertid ikke direkte at det er mindre ørret i vannet, da ørret kan leve mer pelagialt ved sameksistens med abbor (det ble ikke fisket med flytegarn under prøvafisken). Sameksistens med andre arter påvirker tettheten til ørret i strandsona. En bør derfor vurdere effekten av kalkingen på rekruttering og overlevelse av settefisk, ved å se på "rene" ørretvann. Den relative tettheten til ørret i disse 20 vannene tyder på at rekrutteringen og overlevelsen til utsatt fisk er relativt dårlig i 20-40 % av de undersøkte ørretbestandene. Det kan imidlertid være andre årsaker enn vannkvalitet som forårsaker dette, bl.a. mangel på gyte- og oppvekstområder.

Hensikten med denne undersøkelsen var å presentere overordnede data fra de 37 vannene som ble prøvufisket i perioden 2004-2007. Det var også interessant å se om fiskebestandene var over en viss størrelse, og derfor hadde respondert positivt på kalkingen. For å kunne gi mer presise anbefalinger for forvaltningen av de enkelte vann om utsettingsmengder, størrelse på eventuell settefisk, beskatning og redskapsbruk kreves det mer presise data. Dette gjelder settefiskandel (settefiskens må merkes), individuell tilvekst og alderssammensetning. Det bør også foretas en grundigere analyse av prøvufiskedata opp mot årlige vannkjemiske analyser.

4.3 Zooplankton

4.3.1 Undersøkelser av zooplankton i Buskerud 1999-2003

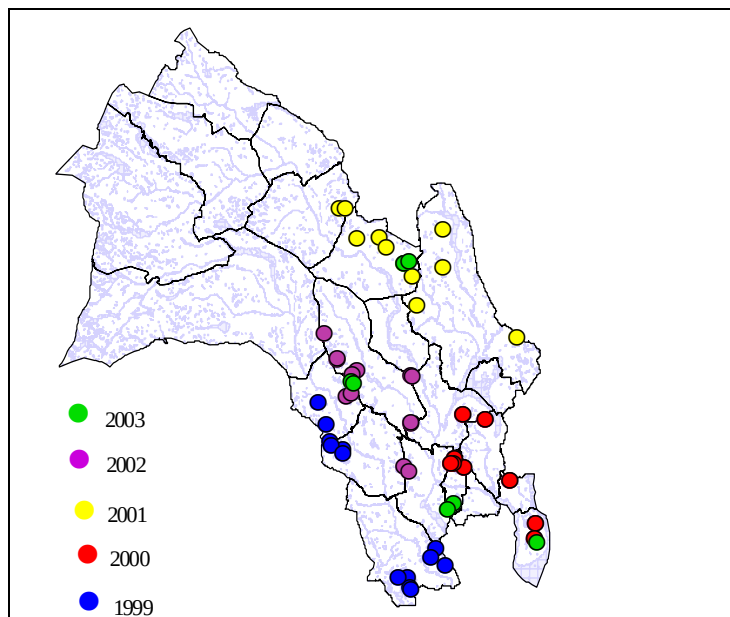
Det pelagiske dyresamfunnet i ferskvann egner seg godt som indikatorer på forurensingssituasjonen, effekter av kalking og endringer som følge av mindre sur nedbør. Fordelene med å bruke dyreplankton er en betydelig enklere prøvetagningsmetodikk og systematikk, enn for bentiske arter. Det foreligger i tillegg svært mye økologiske data fra undersøkelser rundt forurensing og restaurering (Keller & Yan 1998, Nilssen & Wærvågen 2004).

I løpet av de siste 15 årene har imidlertid systematikken til pelagiske dyreplankton i Holarktisk (nordlige Halvkule) blitt intensivt undersøkt med genetiske metoder, og blitt relativt kraftig endret. Spesielt gjelder dette viktige slekter som bl.a. *Daphnia*, *Bosmina* (og *Eubosmina*), *Holopedium* (i Nearktisk – Nord Amerika) og *Diaphanosoma*; den siste forekommer hovedsakelig i varmere strøk. Innen andre slekter er det ikke satt i gang fullstendig revisjon av artene, som f.eks. *Ceriodaphnia*. Denne flytende eller uklare taksonomien har også hatt konsekvenser for arbeidet med zooplankton i Buskerud.

Etter en fornyet gjennomgang av alle innsamlede prøver fra Buskerud i de undersøkte årene, er den vanligste arten av *Daphnia* identifisert som *Daphnia lacustris* (Nilssen *et al.* 2007, Petrusek *et al.* 2008). *Daphnia longispina* ble bare funnet nær kysten i Hurum, samt i mindre, og mer næringsrike lokaliteter i Røyken og Asker. Forholdet til forurensing og restaurering er imidlertid ganske sammenfallende hos disse to artene, og de kan derfor her behandles sammen.

I forurensningsutsatte deler av Buskerud (**figur 4.5**) ble en rekke innsjøers zooplanktonsamfunn undersøkt i årene 1999-2004 (Nilssen & Wærvågen 2001, 2002c, 2004, Wærvågen & Nilssen 2003b). De fleste innsjøene var kalket, med unntak av utvalgte ukalkede referanselokaliteter i undersøkelsen i 2003 (**tabell 4.3, figur 4.7a, 4.7b**). Vi vil derfor anvende resultatene fra dette året for å identifisere endringer på artsnivå og i zooplanktonsamfunnene som følge av kalking, samt naturlig forurensing og restaurering (**figur 4.7a, 4.7b**).

Arter som ikke finnes i forurensede lokaliteter, men som kommer tilbake ved kalking og naturlig restaurering av vannkvaliteten, er bl.a. vannloppene *D. lacustris* og *D. longispina* i lavpredasjonsvann. I tillegg kommer hoppekrepsen som *Cyclops scutifer*, *Thermocyclops oithonoides* og *Heterocope appendiculata* tilbake (**tabell 4.4**). Den følsomme hypolimnetiske *C. scutifer* og den epilimnetiske *D. lacustris* finnes nå til dels i store mengder i tidligere sure innsjøer, som er et tydelig tegn på at kalking har bidratt til reetablering og økt biomasse av disse artene. Dette skyldes forhøyet bufferevne og kalsiumtilførsel til lokalitetene. I tillegg kommer generell naturlig restaurering av vannkvaliteten siden midt på 1990-tallet i store deler av Norge. *Mesocyclops leuckarti* er mer hardfør overfor forurensing og har derfor kommet lengre i reetableringen, spesielt i lavlandsinnsjøer.



Figur 4.5. Undersøkte lokaliteter i Buskerud 1999-2003. Mange av plottene ligger over hverandre (fra Nilssen & Wærvågen 2004, data fra Fylkesmannen i Buskerud 2003).

Tabell 4.3. Kjemiske parametre sortert først etter ikke-kalkede (rødt) og kalkede (blått) og der-
neste etter stigende kalsium innen hver av de to gruppene. Kategori 1 og 2 innsjøer representerer hhv. høy (abbor) og lav fiskepredasjon (ørret). Omarbeidet etter Nilssen & Wærvågen (2004).

	INNSJØ	DATO	Turb.	Farge	Kond-25	pH	Alk-3	Ca	Mg	Na	K	SO4	Cl	Si	Al	Tot-P	HOH	KATE-
			FTU	mg Pt/l	µS/cm		µekv/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	m	GORI
14	ANDTJERN	29.09.2003	1,70	97	16,2	4,52	0	0,26	0,11	0,66	0,10	1,28	0,80	0,44	390	4,40	644	A
15	BREILITJERN	29.09.2003	1,62	47	9,5	5,15	0	0,40	0,12	0,53	0,13	1,43	0,45	0,40	235	4,56	634	B
13	LILLE UTGRAVDE TJERN	29.09.2003	1,50	117	18,3	4,48	0	0,40	0,14	0,64	0,12	1,62	0,73	1,07	501	4,79	641	A
7	Y-TJERN	03.09.2003	1,45	125	13,4	4,75	0	0,84	0,16	0,47	0,11	1,27	0,42	0,36	293	2,47	594	A
2	LANGTJERN	03.09.2003	1,08	109	11,2	5,09	2	0,92	0,15	0,50	0,10	1,29	0,47	0,62	343	2,54	518	A/B2
8	X-TJERN	03.09.2003	1,47	113	11,9	4,97	0	0,97	0,20	0,47	0,13	1,25	0,47	0,50	284	1,97	593	[A]/B
6	GRANDEPUTT	03.09.2003	1,09	111	12,1	4,88	0	1,11	0,10	0,36	0,10	1,22	0,37	0,24	237	4,03	560	A
3	STORE PIPAN	03.09.2003	1,05	147	14,4	4,79	0	1,13	0,14	0,46	0,08	1,10	0,48	0,67	419	2,47	566	A
5	LAGOPUTT	03.09.2003	1,14	151	14,0	4,87	0	1,25	0,16	0,51	0,05	1,15	0,51	0,92	332	2,50	560	A
25	SØNDRE RØDUNGEN	27.08.2003	0,43	7	16	6,83	81	2,04	0,21	0,42	0,3	2,03	0,47	0,55	15	1,57	957	C1
4	LILLE PIPAN	03.09.2003	0,680	79	17,0	6,50	89	2,80	0,19	0,55	0,15	1,65	0,44	0,34	167	1,86	568	D2
21	GJUVVATN	26.09.2003	0,890	57	8,2	5,35	3	0,60	0,15	0,32	0,21	0,94	0,31	0,54	152	1,63	563	(E)2
33	STORE KROKTJERN	29.09.2003	1,30	56	12,1	5,63	17	0,71	0,21	0,83	0,37	1,69	0,81	0,38	176	2,96	531	E1
20	HOPPESTADVATNET	26.09.2003	1,19	66	8,7	5,45	7	0,72	0,15	0,32	0,15	0,97	0,39	0,59	171	2,31	566	(E)1
19	KJEVATNET	26.09.2003	0,926	77	9,0	5,32	5	0,73	0,16	0,32	0,14	0,95	0,37	0,48	184	2,91	657	(E)2
18	VATVATNET	25.09.2003	0,856	85	9,3	5,26	0	0,75	0,12	0,37	0,15	1,00	0,28	0,70	174	3,04	583	(E)2
24	HANAVATN	26.09.2003	0,866	64	8,3	5,63	11	0,79	0,18	0,34	0,13	0,87	0,30	0,52	208	4,00	656	(E)2
9	HOLMETJERN	04.09.2003	0,760	127	13,1	4,83	0	0,80	0,14	0,57	0,18	1,14	0,58	0,73	273	1,87	557	(E)1
10	VESTRE HOLMETJERN	04.09.2003	0,964	93	10,2	5,31	8	0,89	0,16	0,45	0,14	1,42	0,39	0,52	246	2,19	562	E1
22	KYRKJEVATN	26.09.2003	0,937	61	9,1	5,62	14	0,91	0,18	0,28	0,15	0,88	0,30	0,58	168	2,64	682	(E)2
1	LANGVATNET	20.09.2003	0,591	56	11,6	6,04	33	1,16	0,18	0,72	0,17	1,59	0,42	1,29	206	1,31	398	E1
11	ØVSTEVATNET	19.09.2003	0,770	39	11,7	6,27	43	1,25	0,19	0,76	0,12	1,61	0,36	1,47	209	1,43	402	E1
16	MJÅVATNET	25.09.2003	0,854	97	10,2	5,87	28	1,40	0,15	0,29	0,14	0,92	0,26	0,47	157	2,47	594	(E)2
26	SØRKJEVATN	02.09.2003	0,386	24	10,9	6,52	44	1,4	0,15	0,36	0,16	0,91	0,38	0,67	59	0,94	746	E2
17	SANDVATNET	25.09.2003	0,787	106	11,1	5,92	34	1,57	0,18	0,33	0,17	0,85	0,40	0,52	187	3,47	605	E2
32	EINARSTJERN	25.09.2003	0,934	69	12,1	6,41	69	1,90	0,28	0,36	0,16	0,89	0,40	0,50	146	3,27	774	(E)2
31	FISKELØYSEN	25.09.2003	0,887	67	12,5	6,50	71	1,92	0,27	0,29	0,15	0,93	0,35	0,57	150	3,74	794	E2
12	STORE UTGRAVDE TJERN	29.09.2003	1,65	60	14,4	6,29	58	2,05	0,18	0,49	0,14	1,41	0,50	0,45	237	3,18	642	E2
35	LANGVATN	10.10.2003	0,513	19	24,7	6,37	55	2,10	0,30	1,95	0,31	3,28	2,57	1,32	85	1,46	177	E1
29	ØVRE TRÅENVATN	17.09.2003	0,536	60	15,4	6,71	104	2,63	0,25	0,37	0,11	1,00	0,34	0,61	143	1,27	670	E2
23	BJØRVATNET	26.09.2003	0,990	70	17,2	6,54	120	2,90	0,28	0,32	0,19	1,02	0,46	0,59	137	4,24	550	(E)2
30	NEDRE TRÅENVATN	17.09.2003	0,508	76	17,2	6,72	117	2,99	0,28	0,37	0,10	0,98	0,33	0,65	181	2,28	665	E2
27	NEDRE NYSÆTERTJERN	02.09.2003	0,81	88	24,1	6,95	196	4,22	0,34	0,3	0,11	0,83	0,3	0,53	139	1,63	860	E2
34	NEDBERGDAMMEN	20.09.2003	1,04	25	32,6	7,17	256	5,33	0,36	0,42	0,28	1,87	0,63	0,65	77	1,58	517	E1
28	ØVRE NYSÆTERTJERN	02.09.2003	0,826	86	44,8	7,37	439	8,67	0,45	0,37	0,14	1,22	0,32	0,35	129	1,98	883	E2

De reetablerte populasjonene av *D. lacustris* og *D. longispina* kommer høyst sannsynlig fra eggbanker i sedimentene (Nilssen & Wærvågen 2002b), mens de cyclopoide copepodene sannsynligvis har hatt meget små restpopulasjoner i de forskjellige innsjøene (Sandøy & Nilssen 1987). Innsjøer med store mengder av *D. lacustris* og *D. longispina* har enten lav fiskepredasjon eller er i en tidlig restaureringsfase fra forsurening. At *C. scutifer* er vanlig utbredt i mange innsjøer i Buskerud viser at restaureringen er underveis i mange av vannene som har vært forsuret tidligere (Nilssen & Wærvågen 2004).

4.3.2 Kalkingeffekter på zooplankton

Krepsdyrsamfunnet innen en bestemt lokalitet er relativt stabilt hvis det ikke er utsatt for store miljøpåvirkninger som forsurening, klimaforandringer og andre økologiske stressfaktorer (Pejler 1975). Slike påvirkninger kan virke delvis direkte på artene, men også indirekte via endrede predasjonsforhold (Eriksson *et al.* 1980, Nilssen *et al.* 1984, Henrikson & Oscarson 1981, Nilssen & Wærvågen 2002a). Siden mange fiskearter har større eller mindre deler av sin livssyklus som planktivore, dvs. konsumerer dyreplankton, vil disse nødvendigvis sette sitt preg på hele det pelagiske samfunnet.

Tabell 4.4. Karakterarter i sure og ikke-sure innsjøer i Sørøst-Norge med lavt og høyt predasjonstrykk fra fisk.

PREDASJONS- TRYKK	SURE IKKE-KALKEDE	IKKE-SURE KALKEDE
KATEGORI 2 LAVT (ØRRET)	<i>Heterocope saliens</i> <i>Eudiaptomus gracilis</i> <i>Acanthocyclops vernalis</i> <i>Diacyclops nanus</i>	<i>Heterocope appendiculata</i> (østlig art) <i>Mixodiaptomus laciniatus</i> <i>Eudiaptomus gracilis</i> <i>Cyclops scutifer</i> <i>Thermocyclops oithonoides</i>
	<i>Bosmina longispina</i> <i>Diaphanosoma brachyurum</i> <i>Holopedium gibberum</i>	<i>Daphnia lacustris</i> <i>Daphnia longispina</i>
	<i>Keratella serrulata</i> <i>Kellicottia longispina</i> <i>Polyarthra</i> spp. <i>Collotheca</i> spp.	<i>Conochilus</i> spp. <i>Kellicottia longispina</i> <i>Polyarthra</i> spp.
KATEGORI 1 HØYT (ABBOR, evt. MORT, m.fl.)	(Fisketomme eller enkelte sure abborvann med høy vannfarge) <i>Eudiaptomus gracilis</i>	<i>Eudiaptomus gracilis</i> <i>Thermocyclops oithonoides</i>
	<i>Diaphanosoma brachyurum</i> <i>Holopedium gibberum</i> <i>Bosmina longispina</i>	<i>Bosmina longispina</i> <i>Diaphanosoma brachyurum</i> <i>Daphnia cristata</i> <i>D. longispina</i> (svært små og hyaline)
	<i>Keratella serrulata</i> <i>Kellicottia longispina</i> <i>Polyarthra</i> spp. <i>Collotheca</i> spp.	<i>Conochilus</i> spp. <i>Asplanchna priodonta</i> <i>Keratella</i> spp.

Innen slekten *Daphnia* vil de fleste artene avta sterkt ved pH under ca 5,3 (f.eks. Nilssen & Wærvågen 2002b). En annen følsom gruppe ved økende forsurening er de cyclopoide copepodene (Nilssen 1980). I Norge gjelder dette spesielt *C. scutifer* og *T. oithonoides*. *M. leuckarti* og spesielt *C. strenuus*, som ikke er vanlig i Buskeruds sure områder, tåler derimot lave pH-verdier (Nilssen & Wærvågen 2000, Nilssen & Wærvågen 2003). Den calanoide copepoden *E. gracilis* er en generalist som klarer seg godt over et meget bredt pH-, predasjons- og trofiskepekter. Av rotatorier er det hovedsakelig følgende arter som blir igjen i sure lokaliteter: *Kellicottia longispina*, *Keratella serrulata*, samt ulike arter av *Collotheca* og *Polyarthra* (Wærvågen & Nilssen 2004).

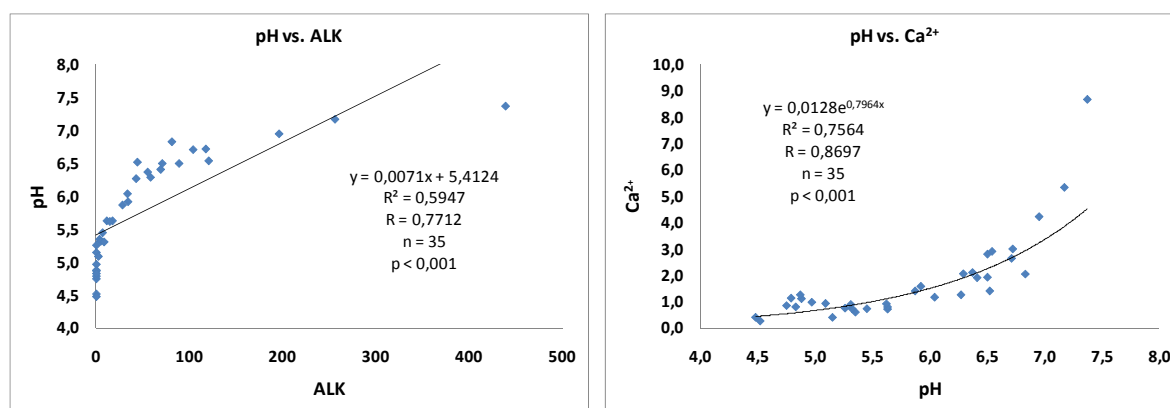
sen 2003a). Etter kalking er det vanlig at *Daphnia* kommer raskt tilbake, sannsynligvis fra hvi-leegg (Nilssen & Wærvågen 2002b). Studier på generell restaurering av hoppekreps og hjuldyr i forsuringsutsatte deler av Sør-Norge er beskrevet i mer detalj hos Nilssen & Wærvågen (2003) og i Wærvågen & Nilssen (2003a).

For å benytte de ulike zooplanktonartene som bioindikatorer ved forsurening og restaurering, må i tillegg til pelagiske enkeltarter også totalsamfunnet vurderes. Biogeografien til zooplanktonartene må også tas med i betraktning, siden ulike deler av et så stort og kupert land som Norge har en viss grad av lokale karakterarter. I tillegg er høydeforholdene en ytterligere bidragsfaktor til lokale forskjeller.

Biogeografisk fordeling av zooplankton i mindre geografiske områder med vann av ulik forsureningstilstand er tidligere publisert fra Buskerud (Eie 1974, Walseng & Storeid 1990). Det finnes imidlertid lite data om de opprinnelige zooplanktonsamfunnene før forsureningen satte inn for alvor rundt 1960-70. Siden mesteparten av innsatsen under den mest hektiske forsureningsforskningen på 1980-tallet konsentrerte seg om biogeografiske studier, er det vesentlige kunnskapsmangler om virkningene på økosystemene. For eksempel har Wærvågen *et al.* (2002) demonstrert en positiv sammenheng mellom graden av kalsifisering av kroppsskallet på cladocerer, økologisk suksess og utbredelse for en rekke zooplanktonarter i Sør-Norge. Kalking vil følgelig medvirke til at forsureningsfølsomme arter som *D. lacustris* og *D. longispina* finnes i større mengder og har tykkere kroppsskall der hvor kalsiumkonsentrasjonen er høyere. Dette kan være viktig som en antipredatormekanisme, dvs. tykkere kroppsskall vil være vanskeligere å håndtere for en mindre predator.

4.3.3 Kalkingeffekter på zooplankton i Buskerud

Det er signifikante positive korrelasjoner mellom Ca^{2+} , pH og alkalinitet (**figur 4.6**). Ved å sortere innsjøene i ikke-kalkede og kalkede, samt økende kalkinnhold uttrykt som Ca^{2+} , identifiseres lettere kalkingens og kalkens påvirkning og rolle for utbredelse av de ulike zooplanktonartene (**figur 4.7a, tabell 4.3, vedlegg 1**). Likeledes fremkommer fiskepredasjonens påvirkning tydeligere på zooplanktonartenes forekomst og utbredelse når vi sorterer resultatene etter kategori 1 (høy fiskepredasjon) og kategori 2 (lav fiskepredasjon) (**figur 4.7b, tabell 4.3, vedlegg 2**).



Figur 4.6. Korrelasjoner mellom bufferrelaterte parametre; pH, Ca^{2+} og alkalinitet fra de undersøkte innsjøer i Buskerud 2003 (fra Nilssen & Wærvågen 2004).

Den calanoide copepoden og lavlandsarten *Heterocope appendiculata* er sterkt følsom for forsurening (**tabell 4.4**). Den ble ikke registrert i noen av de ikke-kalkede, sure innsjøene i Buskerud, og kun i et fåtall av de kalkede innsjøene (**vedlegg 1**). Den noe større *Heterocope saliens* finnes derimot som karakterart i en rekke av de sureste innsjøene. Som predasjonsutsatt fin-

nes den derimot kun i et fåtall av de kalkede lokalitetene, spesielt i de med lavt predasjonstrykk (**vedlegg 2**).

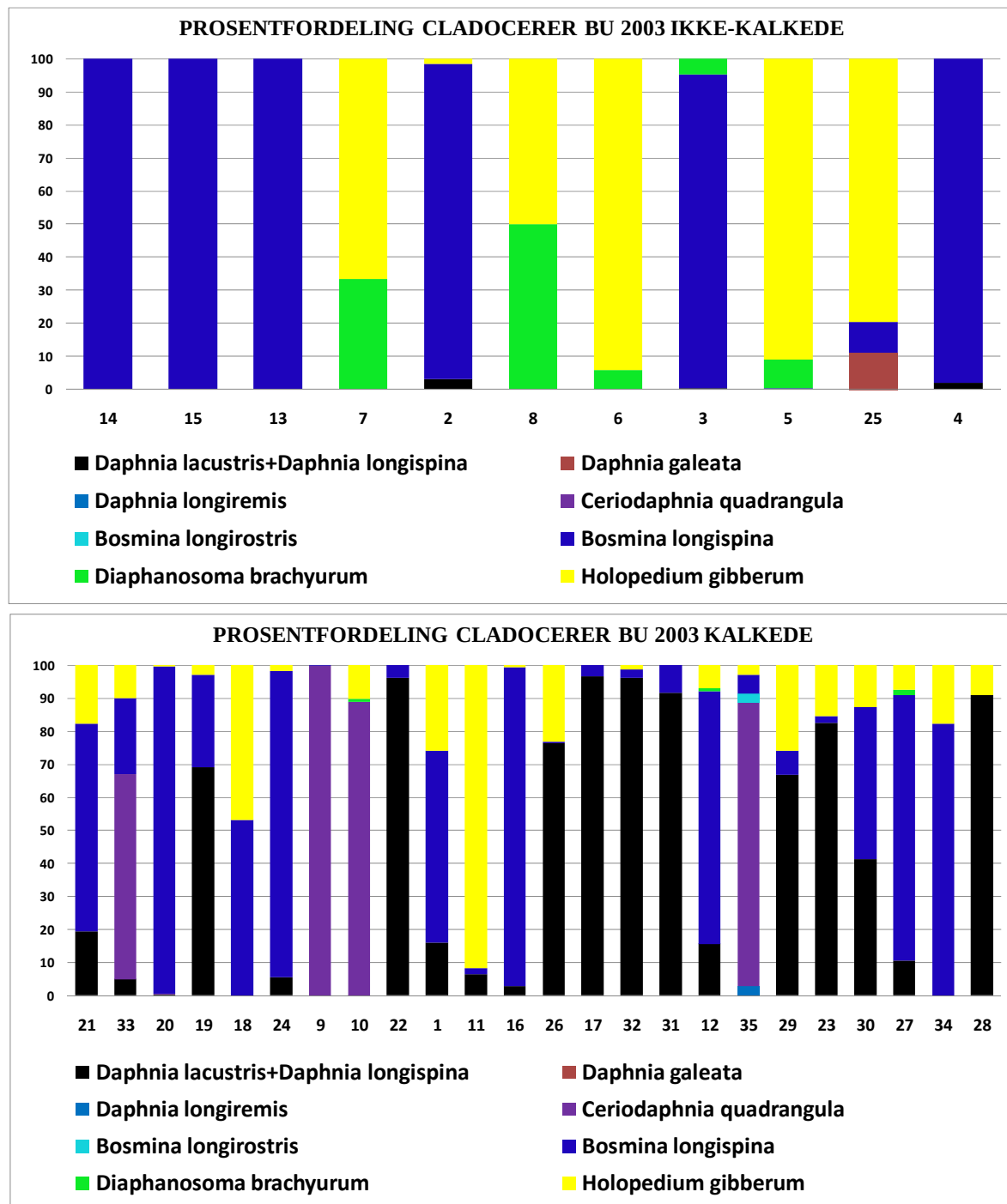
I det undersøkte området i Buskerud 1999-2003 ble det i alle innsjøtyper funnet svært lite av den vanlige norske lavlandsarten *Eudiaptomus gracilis*. I Hurum, nær kysten og lengst syd i fylket, er *E. gracilis* derimot svært vanlig (Wærvågen & Iversen 2009). Den noe større arten *Acanthodiaptomus denticornis* fantes derimot i ca halvparten av lokalitetene over hele spekteret av pH og fiskepredasjonstrykk. Ingen av disse artene er gode indikatorarter for varierende pH.

Cyclops scutifer fantes over hele pH-spekteret i denne undersøkelsen, men viser en moderat økende forekomst ved høyere kalkinnhold og pH. Dette tyder på at denne kaldivannsarten har et refugium i hypolimnion i mange lokaliteter, og at pH i disse ofte er over en kritisk forsuringsgrense for arten. *Mesocyclops leuckarti* forekommer hyppigst blant de ikke-kalkede innsjøene, og i de kalkede med lavest pH. Sistnevnte art er mer resistent mot surhet enn f.eks *Thermocyclops oithonoides*, som bare forekommer i én kalket lokalitet. Denne arten er vanlig forekommende i karpefisklokaliteter (**tabell 4.4**).

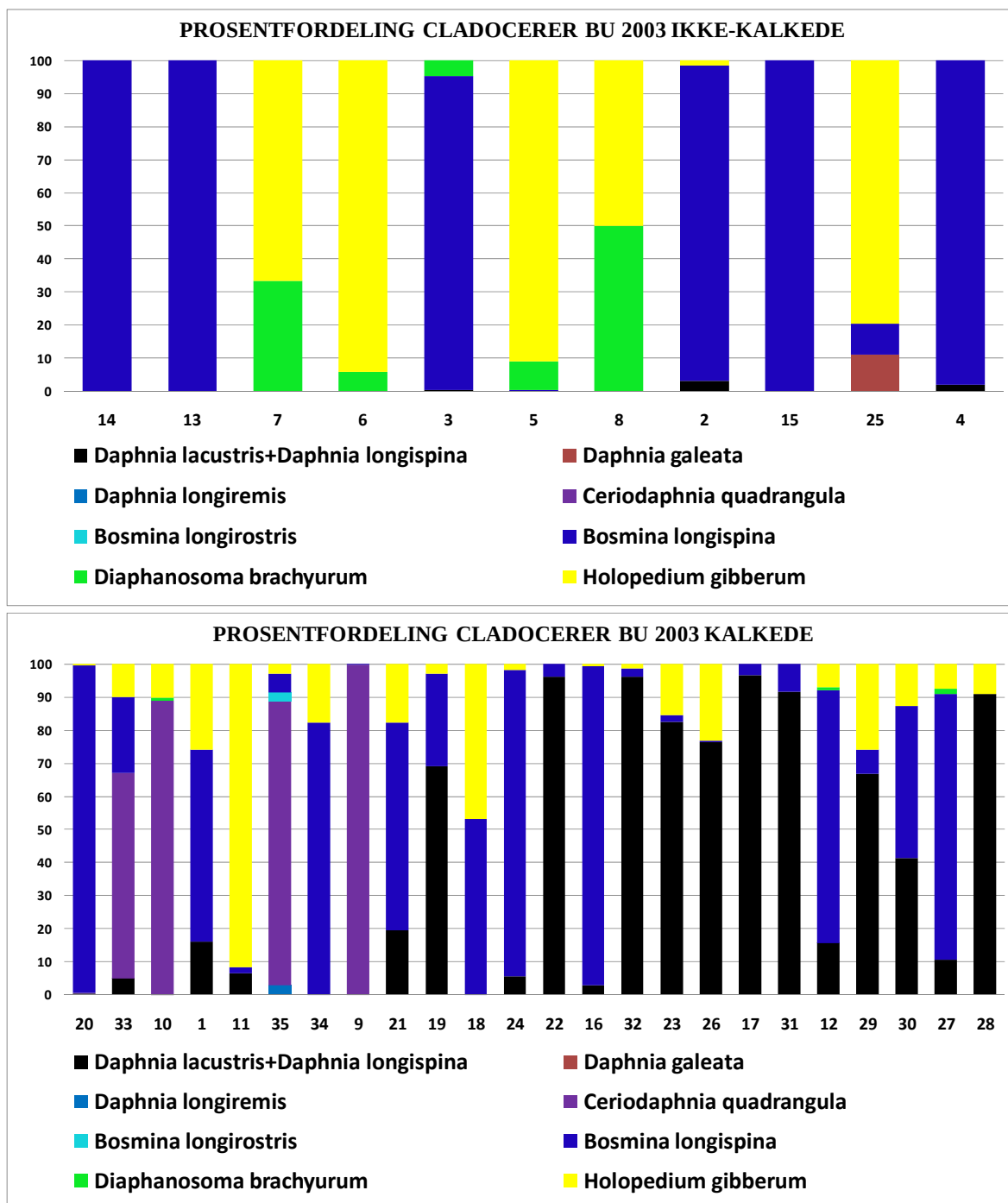
Av cladocerene dominerer den typiske oligotrofe og „lav-ionearten“ *Holopedium gibberum*. Arten forekommer sammen med *Diaphanosoma brachyurum* og *Bosmina longispina* i de ikke-kalkede innsjøene. *H. gibberum* avtar i mengde både med økende kalsiuminnhold og redusert predasjonstrykk, eneste unntak var i det sulfat- og aluminiumsrike Øvstevatnet. *D. brachyurum* ble nesten ikke registrert i kalkede innsjøer i 1999-2003. *B. longispina* ble observert i en del kalkede innsjøer, men avtok i mengde både med økende kalsiuminnhold og redusert predasjonstrykk (**figur 4.7a, 4.7b, vedlegg 1, vedlegg 2**). Dette skyldes trolig konkurranse fra de mer effektive filtratorene *D. lacustris* og *D. longispina*. De forsuringfølsomme artene *D. lacustris* og *D. longispina* ble så godt som aldri funnet i ikke-kalkede og sure lokaliteter. De økte derimot i forekomst med stigende kalsiuminnhold, og enda tydeligere ved redusert fiskepredasjonstrykk. I kalkede høypredasjonsvann med lavest kalsiuminnhold i denne undersøkelsen ser det ut til at bl.a. *Ceriodaphnia quadrangula* fyller nisjen til *Daphnia*-artene.

Kellicottia longispina er en av de vanligst forekommende rotatorier i Norge. Den ble funnet i nær sagt alle innsjøer også i Buskerud. Den sterkeste konkurrenten til *K. longispina* synes å være slekten *Polyarthra* i ikke-kalkede, sure lokaliteter. I de kalkede innsjøer er sistnevnte sjeldnere tilstede, mens *Conochilus unicornis/hippocrepis* er vanlig i en rekke av denne type lokaliteter (**vedlegg 1, vedlegg 2**).

Både kalkingsvirksomheten og naturlig restaurering av vannkvaliteten gitt vesentlige forandringer innen dyreplanktonsamfunnet det siste tiåret i Buskerud. Dette tyder på at samfunnene nå nærmer seg forholdene som før den kraftige forsuringsperioden som startet i perioden 1960-70. En rekke av de funn som er registrert i Buskerud i perioden 1999-2003 stemmer godt med publisert litteratur på fagfeltet. En rekke arter viser nå respons som følge av de bedrede vannkjemiske forholdene.



Figur 4.7a. Fordeling av vannlopper (Cladocera) sortert i de undersøkte ikke-kalkede (øvre halvdel) og kalkede (nedre halvdel) lokaliteter i Buskerud 2003. De er videre sortert **etter økende kalsiumkonsentrasjon** fra venstre mot høyre, løpenr. jmf. **tabell 4.3** (omarbeidet fra Nilssen & Wærvågen 2004). NB: den vanligste "blå" arten er *Bosmina longispina*.



Figur 4.7b. Fordeling av vannlopper (Cladocera) sortert i de undersøkte ikke-kalkede (øvre halvdel) og kalkede (nedre halvdel) lokaliteter i Buskerud 2003. De er også sortert **etter synkende fiskepredasjon** fra venstre mot høyre, løpenr. jmf. **tabell 4.3** (omarbeidet fra Nilssen & Wærvågen 2004). NB: den vanligste "blå" arten er *Bosmina longispina*.

4.4 Bunndyr

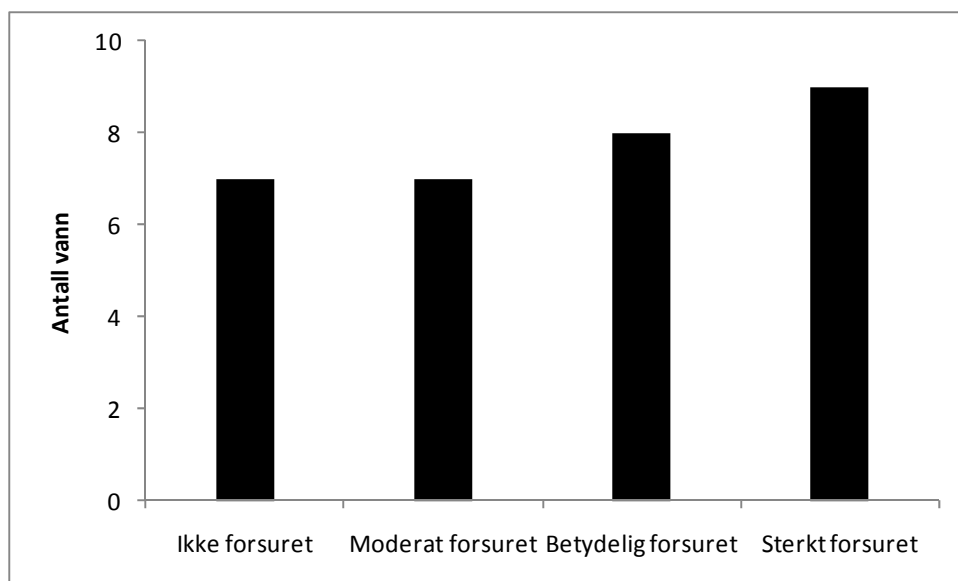
Bunndyr stiller krav til vannkvaliteten mht. pH, kalkinnhold og en rekke andre stoffer som er oppløst i vannet. Hver art har en tålegrense (både minimums- og maksimumsverdier) for hva de kan tåle av konsentrasjoner. I forbindelse med forsuring og kalking er det først og fremst konsentrasjonen av H^+ (pH), kalsium og aluminium som enkeltvis eller i kombinasjon kan være dødelig for ulike arter. Arter som dør ved lave konsentrasjoner av ovennevnte stoffer kalles forsuringfølsomme, og kan være nyttige som indikatorarter. Det vil si at fravær eller tilstedeværelse av disse artene vil kunne gi en indikasjon på om vannet er forsuret eller har en akseptabel vannkvalitet med tanke på forsuringstilstanden. Med bakgrunn i de forsuringfølsomme artene har det blitt utviklet såkalte forsuringindekser. Forsuringindeksen(e) som er benyttet her er beskrevet i Fjellheim & Raddum (1990) og i Forseth *et al.* (1997). I 2005, 2006 og 2007 ble totalt 31 kalkede vann i Buskerud undersøkt med tanke på bunndyr (**tabell 4.5**).

Tabell 4.5. Kommunevis oversikt over antall kalkede vann i Buskerud hvor det ble analysert bunndyrprøver i 2005 - 2007 (Etter Halvorsen 2006, 2007, 2008).

Kommune	Antall vann i 2005	Antall vann i 2006	Antall vann i 2007
Rollag	2	1	
Flesberg	2	1	2
Kongsberg	1	2	2
Hurum	1		1
Nore og Uvdal	2		
Nes		2	
Flå		4	
Lier			3
Nedre Eiker			2
Øvre Eiker			3
Totalt	8	10	13

I henhold til forsuringindeksen, ble kun 14 av 31 undersøkte vann i 2005 - 2007 karakterisert som moderat eller ikke forsuret (Halvorsen 2006, 2007, 2008, se **figur 4.8**). Halvorsen (2007) poengterer imidlertid at bunndyrprøver fra strandsonen er vanskelige å bruke for å vurdere forsuring. Dette skyldes at det i stillestående vann, særlig i oligotrofe innsjøer, er så lave tettheter av indeksarter at de kan være borte fra en prøve på grunn av tilfeldigheter eller innsamlingsfeil (Halvorsen 2007).

For å illustrere problemet viser Halvorsen (2007) til prøver fra Langevatn og Øvstevatnet, som begge ble karakterisert som sterkt forsurede lokaliteter basert på prøver tatt i littoralsona. Prøver tatt i utløpselva våren etter (2007), karakteriserte Langvatnet som "ikke forsuret" og Øvstevatnet som moderat forsuret. For de vannene som ble karakterisert som "betydelig" og "sterkt" forsuret (17 vann) i henhold til forsuringindeksene, kan vi derfor ikke med sikkerhet fastslå forsuringssituasjonen basert på bunndyrprøver. Ved fremtidig innsamling av bunndyrprøver foreslås det å supplere innsamlingen fra littoralsonen med en prøve fra utløpsbekken der dette er mulig.



Figur 4.8. Fordeling av undersøkte vann i ulike forsuringskategorier basert på forsuringsindekser for bunndyr (etter Halvorsen 2006, 2007, 2008).

4.5 Effekten av det lokale kalkingsarbeidet

4.5.1 Aktører i det lokale kalkingsarbeidet

Kalkingslokalitetene i Buskerud er hovedsakelig delt inn i 13 ulike prosjekter hvor anbud blir innhentet i regi av FM. Totalt har ca 450 av de rundt 475 kalkingsvannene (95 %) inngått i fellesanbudet i de senere årene. Når det gjelder lag og foreninger er ca 90 % av disse med i anbudsordningen (**tabell 4.6**). Hovedandelen av de som søker kalkingsmidler er jeger- og/eller fiskerforeninger og grunneierlag.

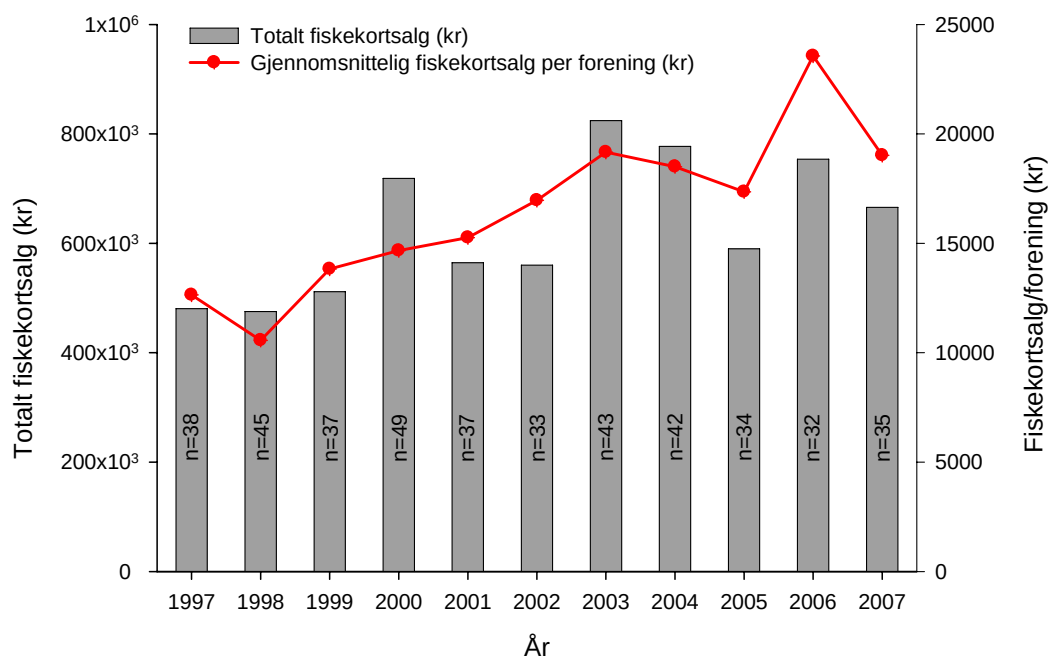
Tabell 4.6. Antall vann, foreninger og lag fordelt på ulike kalkingsprosjekter i Buskerud i 2007.

Prosjekt	Antall vann	Antall foren. og lag
1. Finnemarka (Modum, Ø.Eiker, N.Eiker, Drammen, Lier)	76	7
2. Kongsberg –Raje (Kongsberg)	26	2
3. Blefjell (Flesberg, Kongsberg)	46	4
4. Breivass – Sognavassdraget (Flå, Ringerike)	8	6
5. Rollag – Sigdal – Verjedalen (Rollag, Sigdal, N. og Uvdal)	77	11
6. Sørkje – Vorset (Rollag)	10	3
7. Holtefjell – Vestfossen (Ø.Eiker og Vestfossen)	50	7
8. Vikorfjell (Ringerike)	21	1
9. Højernområdet (Kongsberg)	30	5
10. Omholtfjell – Myklevassdraget (Kongsberg)	42	4
11. Vassfarområdet (Nes, Flå)	28	3
12. Norefjell (Sigdal)	19	4
13. Røyken/Hurum (Hurum, Røyken)	13	3
Enkeltprosjekter som ikke inngår i fellesanbudet	31	7
Sum	477	67

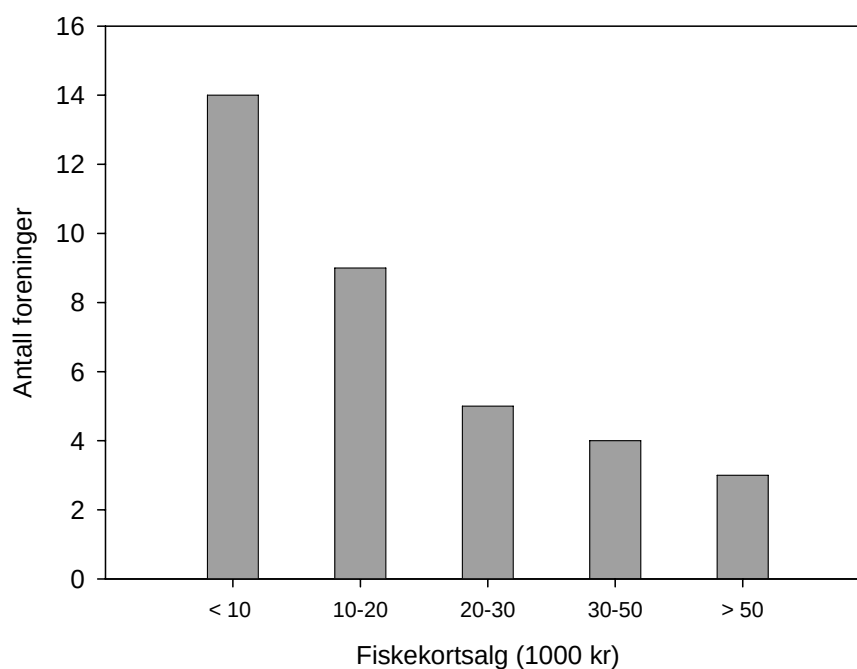
4.5.2 Fiskekortsalg

Den gjennomsnittlige omsetningen av fiskekort per lag eller forening som har mottatt offentlige kalkingsmidler i Buskerud har gått opp fra rundt 13 000 kroner i 1997 til rundt 20 000 kroner i 2007 (**figur 4.9**). Justert i henhold til konsumprisindeksen tilsvarer 13 000 kr i 1997, 16 200 kr i 2007. Det synes derfor som det har vært en reell økning i de årlige inntektene fra salg av fiskekort i denne perioden. Det er stor variasjon i fiskekortsalget mellom foreningene. 14 av 35 (40 %) foreninger omsetter fiskekort for mindre enn 10 000 kr. Av disse omsetter 11 for mindre enn 5 000 kr. 7 foreninger (20 %) omsetter fiskekort for mer enn 30 000 kr (**figur 4.10**).

Omsetningen av fiskekort for Oslomarka Fiskeadministrasjon (OFA) er ikke regnet med i den samlede oversikten over omsetningen i kalkede områder i Buskerud. Årsaken til dette er at de vannene som OFA forvalter i Buskerud utgjør under 10 prosent av alle OFA-vann. Samtidig er OFA sin totale omsetning av fiskekort, som lå på over 3 000 000 kr i 2007, langt større enn den samlede rapporterte omsetningen fra alle de andre fiskekortområdene i Buskerud hvor det kalles.



Figur 4.9. Omsetning av fiskekort totalt (for de som har rapportert) og gjennomsnittsomsetning per forening (linje) på områder hvor det er kalket i Buskerud i perioden 1997 til 2007. Figuren angir også antallet av lag og foreninger som har rapportert i de enkelte år.



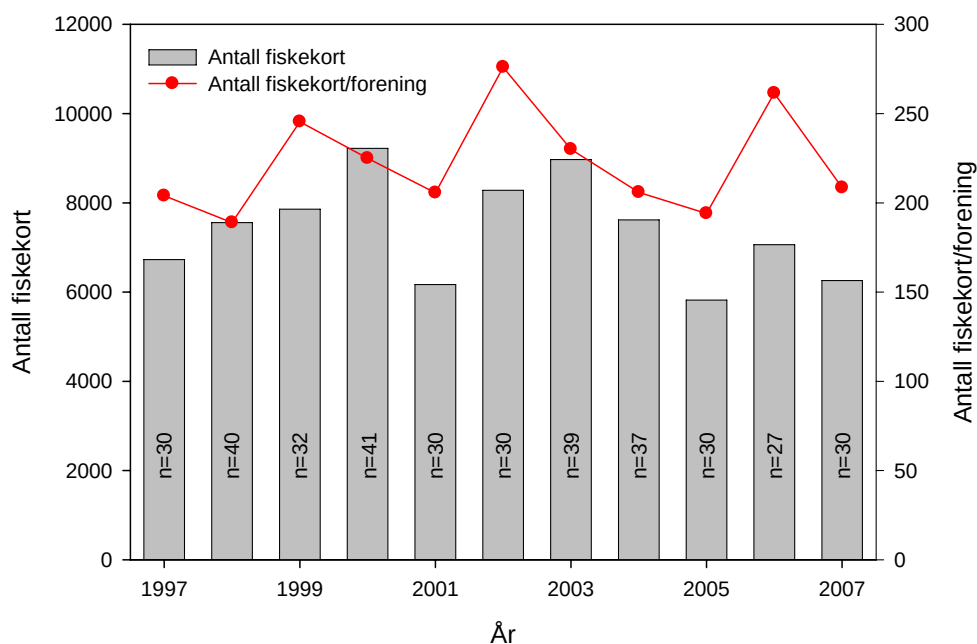
Figur 4.10. Fordeling av lag/foreninger (n= 35) i forhold til totalt fiskekortsalg i 2007. Klassenverdiene er i 1000 kr.

Antall solgte fiskekort er relativt konstant i perioden og følger ikke samme økende trend som fiskekortinntektene (tabell 4.7, figur 4.11). Fra 1997 til 2007 varierte gjennomsnittlige antall

solgte kort per forening i kalkede områder i Buskerud mellom 190 og 260. Utviklingen i antall solgte kort i de ulike kategoriene (sesong-, uke-, andre og dagskort) varierer mye mellom år. Dette skyldes både reelle forskjeller fra år til år og at det er litt variasjoner i hvilke lag og foreninger som inngår i rapporteringen for de ulike årene. Det utkrystalliserer seg derfor ingen klare trender. Det kan imidlertid synes som at andelen "andre" kort (todagers- og tredagerskort) har økt noe i perioden fra 1997-2007 (**tabell 4.7**).

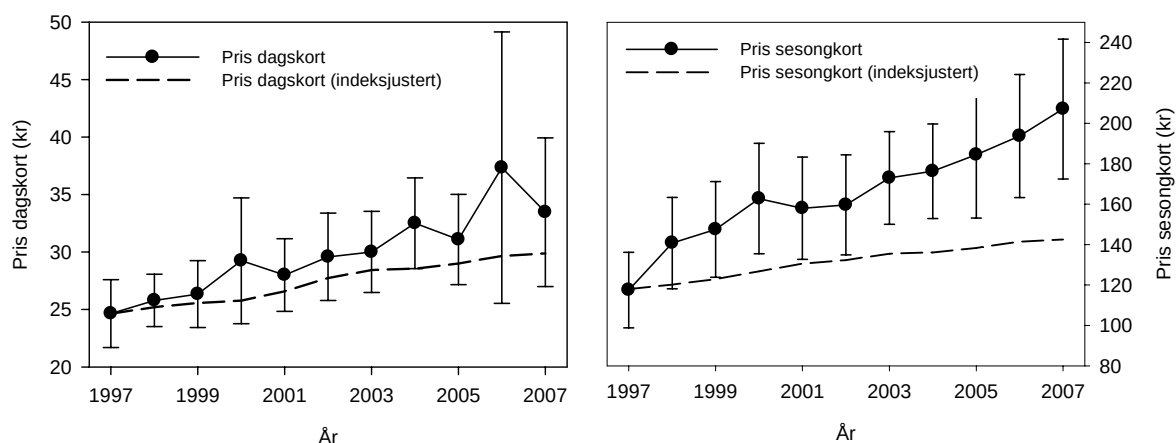
Tabell 4.7. Fordeling og antall av ulike typer fiskekort (OFA er ikke inkludert). Gjennomsnittelig antall solgte fiskekort er angitt med $\pm 2 \times SE$.

År	Antall sesongkort	Antall ukekort	Antall andre kort	Antall dagskort	Totalt antall kort	Ant som har rapportert	Gjennomsnittelig antall solgte kort per forening
1997	1651	751	377	3950	6729	33	204±64
1998	1608	540	332	5079	7559	40	189±62
1999	1611	439	311	5504	7865	32	246±91
2000	1570	763	455	6426	9214	41	225±70
2001	1309	283	550	4038	6180	30	206±66
2002	1344	349	200	5963	7856	30	262±99
2003	1677	580	495	6220	8972	39	230±76
2004	1415	501	728	4975	7619	37	206±65
2005	1539	254	395	3632	5820	30	194±70
2006	2467	553	450	3469	6939	27	257±105
2007	1095	453	692	4016	6256	30	209±65



Figur 4.11. Antall solgte fiskekort totalt (for de som har rapportert) og gjennomsnittelig antall solgte kort per forening/lag på områder hvor det er kalket i Buskerud i perioden 1997 til 2007. Figuren angir også antallet av lag og foreninger som har rapportert i de enkelte år.

Prisen på dagskort, ukeskort og sesongkort har økt i perioden fra 1997-2007 (vist for dags- og sesongkort i **figur 4.12**). Økte priser er årsaken til de økte fiskekortinntektene. Prisen på dags og sesongkort synes også å ha økt mer enn prisøkningen i samfunnet generelt (**figur 4.12**). For fiskekorttypen "andre kort" synes det ikke å ha vært noen endringer i denne perioden.



Figur 4.12. Gjennomsnittlig pris (± 95 % konfidensintervall) på dagskort (venstre) og sesongkort (høyre) for foreninger og lag i kalkede områder i Buskerud i perioden 1997-2007.

4.5.3 Endringer i fisket

Andelen lag og foreninger som rapporterer at fisket har blitt bedre i de kalkede vannene i Buskerud varierer mellom 32 og 50 %, med et gjennomsnitt 42 % (**tabell 4.8**). Andel lag og foreninger som synes fisket har blitt dårligere som følge av kalkingen varierer mellom 2 og 15 %, med et gjennomsnitt på 7 % (**tabell 4.8**). I de tilfeller hvor årsak oppgis, synes overbefolkning av abbor eller ørret å være de viktigste årsaken til at fisket oppleves dårligere

Tabell 4.8. Relativ andel (%) av lag/foreninger som oppgir at fiske har blitt bedre, uendret eller dårligere etter kalking for perioden

År	Bedre	Uendret	Dårligere	Antall rapporter
1997	43	52	5	44
1998	32	66	2	50
1999	40	54	6	48
2000	43	46	11	56
2001	50	42	8	52
2002	48	50	2	44
2003	37	59	4	46
2004	38	57	4	47
2005	37	49	15	41
2006	47	44	9	34
2007	50	43	7	44
Snitt	42	51	7	46

4.5.4 Kvaliteten på fisken

Over 90 % av de lag og foreninger som har gitt tilbakemelding mener at fisken i de kalkede vannene har fin eller brukbar kvalitet (**tabell 4.9**).

Tabell 4.9. Prosentvis fordeling av kvalitetsklassene *fin*, *brukbar* og *mager* i perioden 1997-2007.

<i>År</i>	<i>Fin</i>	<i>Brukbar</i>	<i>Mager</i>	<i>Antall rapporter</i>
1997	48	48	4	46
1998	46	50	4	54
1999	43	53	4	53
2000	46	44	11	57
2001	47	45	9	58
2002	37	53	10	49
2003	45	51	4	49
2004	35	59	6	49
2005	50	45	5	44
2006	42	53	5	38
2007	54	43	2	46
Snitt	45	49	6	

4.5.5 Tilfredshet med kalkingsarbeidet

Samlet i perioden 1997-2007 var over 90 % (100 % i 7 av årene) av lag og foreninger enten godt fornøyd eller fornøyd med kalkingsarbeidet. Unntaket var i 2001, hvor 14 % oppgav at de ikke var fornøyd (**tabell 4.10**).

Tabell 4.10. Relativ andel (%) av lag/foreninger som oppgir at de er henholdsvis "godt fornøyd, fornøyd eller ikke fornøyd" med kalkingsarbeidet.

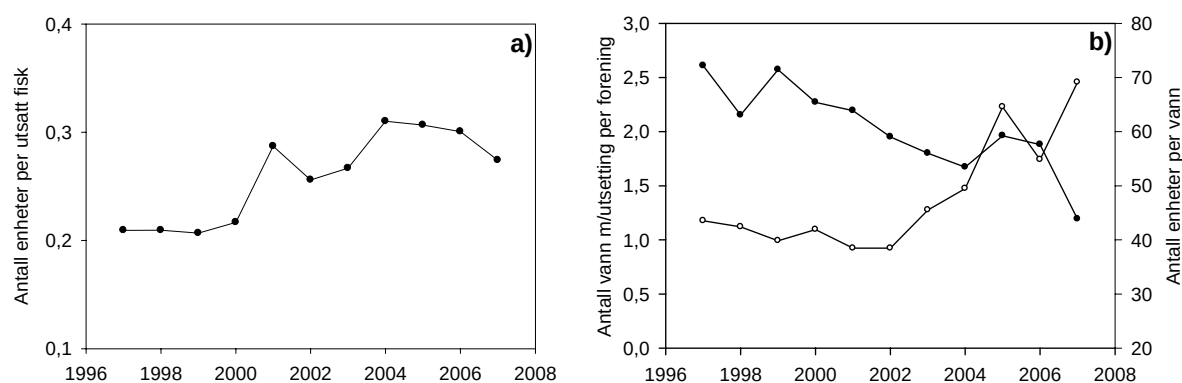
<i>År</i>	<i>Godt fornøyd</i>	<i>Fornøyd</i>	<i>Ikke fornøyd</i>	<i>Antall rapporter</i>
1997	44	56	0	46
1998	48	52	0	55
1999	34	64	2	56
2000	43	53	4	67
2001	50	36	14	60
2002	53	44	4	53
2003	66	34	0	56
2004	54	46	0	54
2005	54	46	0	48
2006	64	36	0	44
2007	51	49	0	53
Snitt	45	49	6	

4.5.6 Fiskeutsettinger

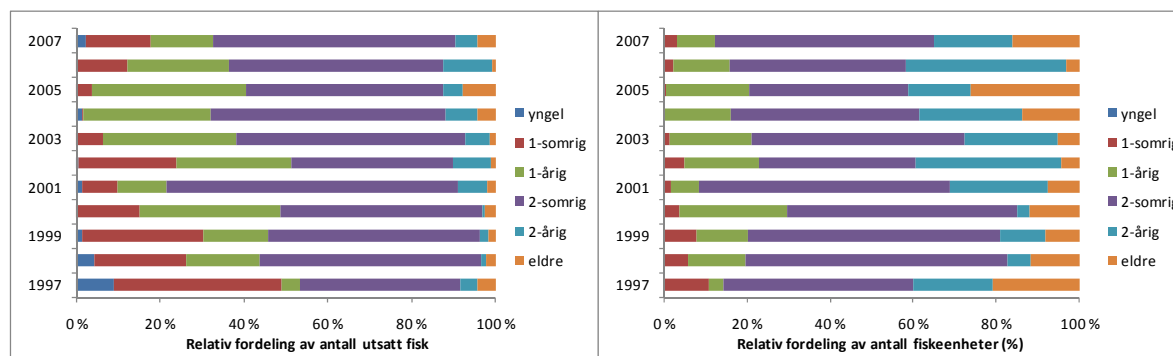
Totalt er det rapportert satt ut i overkant av 244 000 ørret, tilsvarende ca 61 000 enheter (jf. **tabell 2.2**) i perioden 1997-2007. I perioden 1997 til 2007 har det vært en reduksjon i antall utsatt fisk (**tabell 4.11**). Dette skyldes i hovedsak at det er satt ut fisk i færre vann, både totalt og per forening (se **tabell 4.11** og **figur 4.13 b**). Det har også blitt satt ut færre, men større fisk (se **figur 4.13 a** og **figur 4.14**). Det kan synes som at det er særlig bruken av ettåringer og mindre settefisk som har avtatt (**figur 4.14**). Det har imidlertid vært en økning i antall enheter satt ut per vann (**figur 4.13 b**), noe som i stor grad skyldes nedgangen i antall vann med utsettinger (**tabell 4.11** og **figur 4.13 b**).

Tabell 4.11. Oversikt over antall utsatt fisk (rapportert), enheter (fisk, jf. **tabell 2.2**), vann m/utsetting og antall lag/foreninger som har rapportert i perioden 1997-2007.

År	Antall utsatt fisk	Antall enheter	Antall vann m/utsetting	Antall rapporter
1997	27664	5789	133	51
1998	25703	5384	127	59
1999	31204	6451	162	63
2000	30750	6666	159	70
2001	19699	5655	147	67
2002	17589	4501	117	60
2003	19960	5325	117	65
2004	15478	4800	97	58
2005	21903	6714	104	53
2006	17146	5154	94	50
2007	17137	4698	68	57
Totalt	244233	61138		



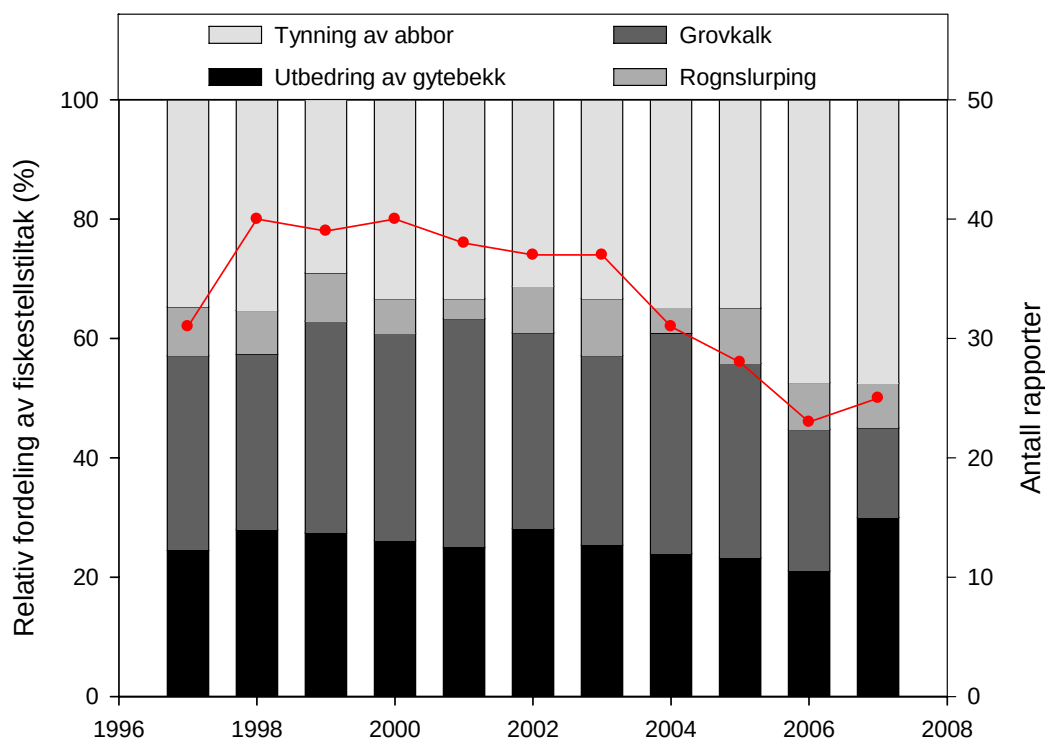
Figur 4.13. Antall enheter per utsatt fisk (a) samt (b) antall vann med utsetting av fisk per forening (fylte sirkler) og antall enheter satt ut per vann (åpne sirkler) i perioden 1997-2007.



Figur 4.14. Relativ fordeling av ulike settefisk kategorier for antall utsatt fisk (venstre) og for antall fiskeenheter (høyre). For antall fisk totalt og antall enheter per år, se tabell 4.11.

4.5.7 Andre kultiveringstiltak

I perioden 1997-2007 har det i gjennomsnitt blitt gjennomført 1,63 ($\pm 2SE=0,05$) fiskestellstiltak per lag/forening. Dette vil si at det vanligvis gjennomføres mer enn en type tiltak. Rapporteringen sier imidlertid ingenting om i hvor mange lokaliteter de ulike tiltakene er gjennomført. Tynning av abborbestanden, utlegging av grovkalk og utbedring av gytebekker har vært de viktigste tiltakene i perioden 1997-2007 (**figur 4.15**). I forhold til de andre fiskestellstiltakene, så har utlegging av grovkalk gått tilbake etter 2005. Dette skyldes at det ikke har blitt bevilget penger til dette tiltaket etter 2005 (jf. **figur 3.1**). Utleggingen i 2006 og 2007 skyldes trolig at enkelte lag og foreninger har hatt et restopplag med grovkalk.



Figur 4.15. Relativ fordeling av ulike fiskestellstiltak (søyler) og antall lag og foreninger som har rapportert at de har gjennomført tiltak.

5 Oppsummering

5.1 Vannkvalitet

Etter 1996, da både de statlige bevilgningene og antall søknader var på sitt høyeste, har mindre mengde sur nedbør redusert behovet for kalking, og spredningsvolumet har derfor gradvis avtatt. Sammenlignet med 1997 og 1998 har spredningsvolumet av innsjøkalk de siste årene blitt halvert til ca 1.5 tonn/km² nedbørfelt i Buskerud. I både 1997 og 2007 hadde over 90 % av vannene akseptabel vannkvalitet med hensyn på fisk (pH > 6). Dette vil si at selv om kalkmengden er halvert i 2007 i forhold til 1997, kalkes det i omtrent like mange vann og det oppnås like god vannkvalitet.

5.2 Fisk

De siste 15 årene har det vært en betydelig reduksjon i areal med forsurede fiskebestander. I 2006 ble disse arealene beregnet til 832 km² dvs. en reduksjon på ca 51 % (Hesthagen & Østborg 2008). Til tross for denne reduksjonen er det fortsatt større forsuringssområder i Sigdal, Rollag, Flesberg og Kongsberg kommuner.

I perioden 1999 til 2007 er det prøvafisket i alt 90 vann med hensyn på fiskestatus. Bestandsforholdene i 53 av vannene (prøvafisket før 2004) er tidligere oppsummert i egen rapport.

Resultatene fra prøvafiske i 37 undersøkte vann fra 2004-2007, viser at tettheten av ørret i strandsona er tydelig påvirket av tilstedeværelsen av abbor. Den relative tettheten til ørret i 20 rene ørretvann tyder på at rekrutteringen og overlevelsen til utsatt fisk, er relativt dårlig i 20-40 % av de undersøkte kalkede innsjøene. Det kan imidlertid være andre årsaker enn vannkvalitet som forårsaker dette, for eksempel mangel på gyte- og oppvekstområder. Med tanke på forsuringshistorikken må man uansett konkludere med at forholdene for ørret og ørretfiske er brukbare i de fleste kalkede innsjøene. Dette underbygges også av tilbakemeldingen fra de lag og foreninger som er involvert i kalkingsarbeidet. Enkelte av lagene/foreningene (gjennomsnitt 7 % for årene 1997-2007) rapporterer imidlertid om at fiske (etter ørret) har blitt dårligere. Dette kan skyldes at abborbestanden og/eller ørretbestanden har økt kraftig etter kalking.

5.3 Zooplankton

Både kalkingsvirksomheten og naturlig restaurering har gitt vesentlige forandringer innen dyreplanktonsamfunnet det siste tiåret i Buskerud. Dette tyder på at samfunnene nå nærmer seg forholdene før den kraftige forsurningsperioden som startet 1960-70. En rekke av de funn som er registrert i perioden 1999-2003, stemmer godt med publisert litteratur på fagfeltet. Mange arter viser nå positiv respons som følge av de bedrede vannkjemiske forholdene.

5.4 Bunndyr

I henhold til forsurningsindeks for bunndyr, ble 14 av 31 undersøkte vann i 2005 - 2007 karakterisert som moderat eller ikke forsuret (Halvorsen 2006, 2007, 2008). Halvorsen (2007) poengterer imidlertid at bunndyrprøver fra strandsonen er vanskelige å bruke for å vurdere forsuring. Dette skyldes at det i stillestående vann, spesielt i oligotrofe innsjøer, er så lave tettheter av indeksarter at de kan være borte fra en prøve på grunn av tilfeldigheter. For de 17 vannene som ble karakterisert som "betydelig" og "sterkt" forsuret i henhold til forsurningsindeksen, kan vi derfor ikke med sikkerhet fastslå forsuringssituasjonen basert på bunndyrprøver. Ved fremtidig

innsamling av bunndyrprøver foreslås det å supplere innsamlingen fra littoralsonen med en prøve fra utløpsbekken der dette er mulig.

5.5 Lokalt kalkingsarbeid/fritidsfiske

Gjennomsnittlige omsetningen av fiskekort per lag eller forening som har mottatt offentlige kalkingsmidler i Buskerud har gått opp fra rundt 13 000 kroner i 1997 til rundt 20 000 kroner i 2007. Justert i henhold til konsumprisindeksen tilsvarer 13 000 kr i 1997, 16 200 kr i 2007. Det synes derfor som det har vært en reell økning i de årlige inntektene fra salg av fiskekort i denne perioden. Denne økningen ser ikke ut til å være basert på en økning i antall solgte kort, men synes å være basert på en økning av fiskekortprisene.

Ett stort flertall av fiskerne er fornøyd med resultatet av kalkingsarbeidet. I perioden 1989-1996 mente ca 62 % av lag og foreninger at fisket var blitt bedre i de kalkede lokalitetene i Buskerud (Dervo *et al.* 1998). Andelen lag og foreninger som mente at fisket var blitt bedre i perioden 1997-2007 var redusert til 42 %. Dette kan skyldes at effekten av kalkingen i en del av vannene i perioden 1989-1996 allerede hadde gjort seg gjeldene, og ikke ga noen ytterligere tydelig effekt i den siste perioden.

Det settes fortsatt ut et stort antall ørret i kalkede vann i Buskerud. I perioden 1997 til 2007 har det imidlertid vært en reduksjon i antall utsatt fisk. Dette skyldes i hovedsak at det er satt ut fisk i færre vann både totalt og per forening. I tillegg er det satt ut færre, men større fisk. Dette stemmer også godt overens med at det i perioden 1989-1996 ble satt ut fisk i 89 prosent av alle kalkede lokaliteter, mens det i perioden 1997-2007 ble satt ut i ca 65 % av de kalkede lokalitetene. Dette kan skyldes at lag og foreninger har vurdert at behovet for fiskeutsettinger har avtatt, samt endret kultiveringsstrategi (Tysse & Garnås 1996b).

5.6 Konklusjon

Ut fra formålet med kalking som er å gi akseptabel vannkvalitet med levelige forhold for fisk og ferskvannsorganismer, samt opprettholde/gjenskape fiskemuligheter i et vassdrag, ansees kalkingen av i Buskerud å ha vært vellykket. Videre drift av vassdragene vil derfor være fortsatt kalking, tilpasset beskatning av ørret i forhold til naturlig rekruttering, utfisking av tette bestander og eventuelt utsetting av fisk. Dette vil også opprettholde og øke et attraktivt tilbud for positiv rekreasjon i form av fritidsfiske.

6 Referanser

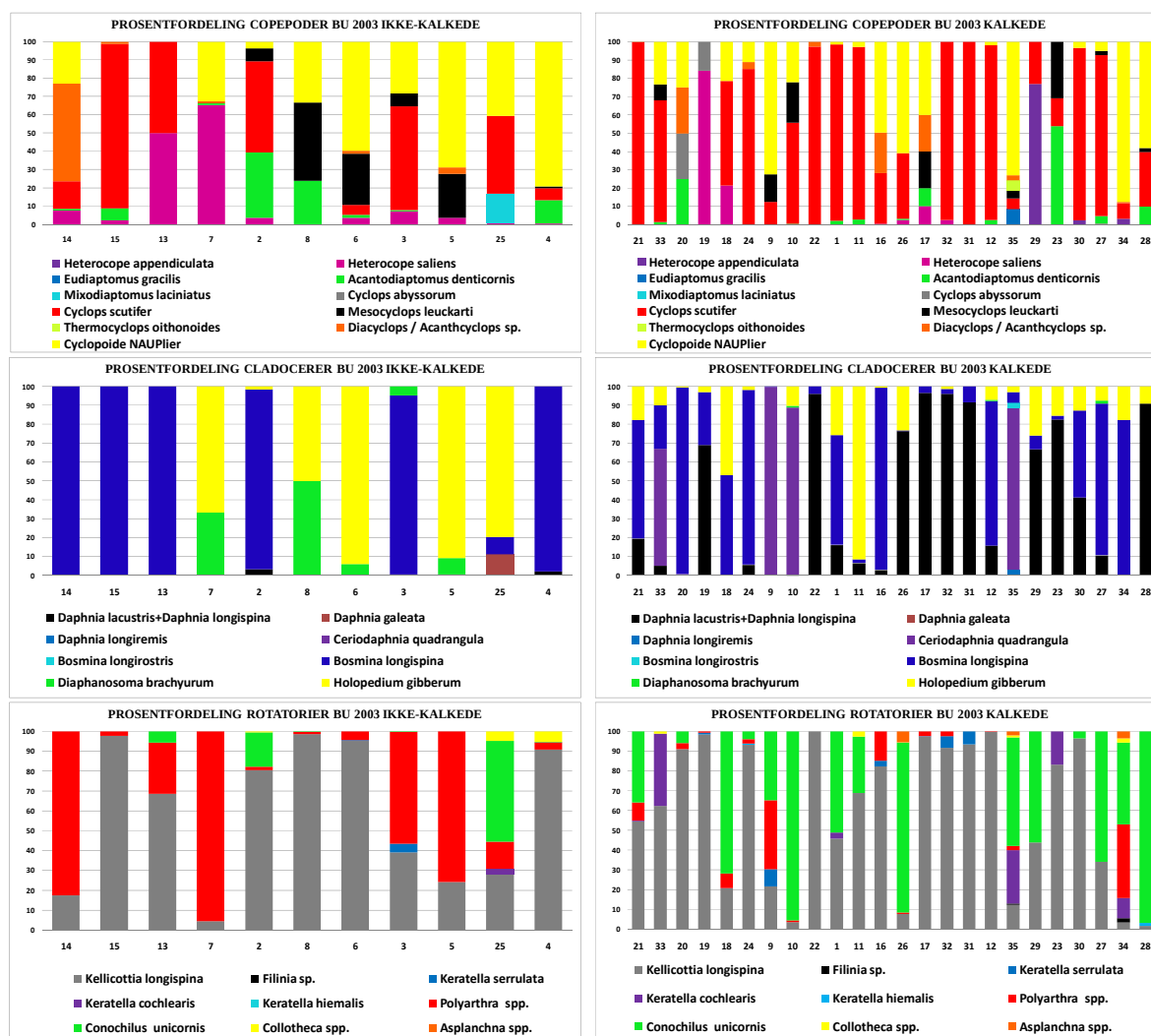
- Dervo, B. K., Garnås, E. & Tysse, Å. 1998. Lokale kalkingsmidler i Buskerud og effekter på fritidsfiske fra 1989 – 1996. Fylkesmannen i Buskerud, miljøvernavdelingen. Rapport 6-1998, 31 s.
- Direktoratet for naturforvaltning 1994. Sur nedbør i Norge. Status, utviklingstendenser og tiltak. DN-utredning 10-1994. 98 s.
- Direktoratet for naturforvaltning 1995. Handlingsplan for kalkingsvirksomheten i Norge mot år 2000. DN-rapport 1995-8. 76 s.
- Eie, J. A. 1974. A comparative study of the crustacean communities in forest and mountain localities in the Vassfaret area (southern Norway). *Norw.J.Zool.* 22: 177-205.
- Eriksson, M. O. G., Henrikson, L., Nilssen, B.-I., Nyman, G., Oscarson, H.G. & Stenson, A.E. 1980. Predator-prey relations important for the biotic changes in acidified lakes. *Ambio* 9: 248-249.
- Fjellheim, A. & Raddum, G. 1990. Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. *The science of the total environment.* 96: 57-66.
- Forseth., T. G. A. Halvorsen, G. A., Ugedal, O., Fleming, I., Schartau, A. K. L., Nøst, T., Hartvigsen, R., Raddum, G. G., Mooij, W. & Kleiven, E. 1997. Biologisk status i kalka innsjøer. NINA oppdragsmelding 508: 1-52.
- Halvorsen, G. A. 2006. Bunndyr fra forskjellige vann i Buskerud – vurdering av forsuringsstatus. Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske, LFI, universitetet i Bergen. Notat - 2006, 9 s.
- Halvorsen, G. A. 2007. Bunndyr fra forskjellige vann i Buskerud – vurdering av forsuringsstatus. Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske, LFI, universitetet i Bergen. Notat - 2007, 15 s.
- Halvorsen, G. A. 2008. Bunndyrundersøkelser i utvalgte vann og elver i Buskerud, 2007. Vurdering av forsuringsstatus og organisk belastning. Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske, LFI, universitetet i Bergen. Notat - 2008, 24 s.
- Henrikson, L. & Oscarson, H.G. 1981. Corixids (Hemiptera - Heteroptera), the new top predators in acidified lakes. *Verh.int.Verein.Limnol.* 21: 1616-1620.
- Hesthagen, T., Fiske, P. & Skjelkvåle, B.L. 2008. Critical limits for acid neutralizing capacity of brown trout (*Salmo trutta*) in Norwegian lakes differing in organic carbon concentrations. *Aquatic Ecology* 42: 307-316.
- Hesthagen, T. & Østborg, G. 2008. Endringer i areal med forsuringskadede fiskebestander i norske innsjøer fra rundt 1990 til 2006. NINA Rapport 169. 102 s.
- Keller, W. & Yan, N.D. 1998. Biological recovery from lake acidification: zooplankton communities as a model of patterns and processes. *Rest.Ecol.* 6: 364-375.
- Nilssen, J.P. 1980. Acidification of a small watershed in southern Norway and some characteristics of acidic aquatic environments. *Int.Revue ges.Hydrobiol.* 65: 177-207.
- Nilssen, J.P., Østdahl, T. and Potts, W.T.W. 1984. Species replacements in acidified lakes: Physiology, predation or competition? - *Rep.Inst.Freshwat. Res.Drottningholm* 61:148-153.
- Nilssen, J.P. & Wærvågen, S.B. 2000. Superficial ecosystem similarities vs autecological stripping: the «twin species» *Mesocyclops leuckarti* (Claus) and *Thermocyclops oithonoides* (Sars) – seasonal habitat utilisation and life history traits. *J.Limnol.* 59(2): 79-102.

- Nilssen, J.P. & Wærvågen, S.B. 2001. Kalkede vann i Buskerud 1999/2000. Analyse av biologisk «recovery». Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen, Rapport 1-2001: 1-47.
- Nilssen, J.P. & Wærvågen, S.B. 2002a. Intensive fish predation: an obstacle to biological recovery following liming of acidified lakes? *J.Ecosyst.Stress Recovery* 9: 73-84.
- Nilssen, J.P. & Wærvågen, S.B. 2002b. Recent re-establishment of the key species *Daphnia longispina* and cladoceran community following chemical recovery in a strongly acid-stressed region in southern Norway. *Arch.Hydrobiol.* 153: 557-580.
- Nilssen, J.P. & Wærvågen, S.B. 2002c. Kalkede vann i Buskerud 2001. Analyse av biologisk «recovery». Fylkesmannen i Buskerud, miljøvernavdelingen. Rapport nr. 1 – 2002. 47s.
- Nilssen, J.P. & Wærvågen, S.B. 2003. Ecological distribution of pelagic copepods and species relationship to acidification, liming and natural recovery in a boreal area. *J.Limnol.* 62(1): 97-114.
- Nilssen, J.P. & Wærvågen S.B. 2004. Kalking og naturlig restaurering i Buskerud. Oppsummerende rapport 1999-2003. Fylkesmannen i Buskerud, miljøvernavdelingen. Rapport nr. 4/04, 83 s. ISBN 82-7426-265-4.
- Nilssen, J.P., Hobæk, A., Petrusek, A. & Skage, M. 2007. Restoring *Daphnia lacustris* G.O. Sars, 1862 (Crustacea, Anomopoda) – a cryptic species in the *Daphnia longispina* group. *Hydrobiologia* 594: 5-17.
- Odén, S. 1968. The acidification of air precipitation and its consequences in the natural environment. Ecology Committee Bulletin No. 1. Swedish national Science Research Council, Stockholm. Translation Consultants Ltd. Arlington, Virginia, USA.
- Pejler, B. 1975. On long-term stability of zooplankton composition. *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm* 54: 107-117.
- Petrusek, A., Hobæk, A., Nilssen, J.P. Skage, M., Cerny, M., Brede, N. & Schwenk, K. 2008. A taxonomic reappraisal of the European *Daphnia longispina* complex (Crustacea, Cladocera, Anomopoda). *Zoologica Scripta* 37: 507-519.
- Sandøy, S. & Nilssen, J.P. 1987. Cyclopoid copepods in marginal habitats: Abiotic control of population densities in anthropogenic acidic lakes. - *Arch.Hydrobiol. Suppl.* 76:236-255.
- Sandøy, S., Romundstad, A.J. 1995. Liming of acidified lakes and rivers in Norway. An attempt to preserve and restore biological diversity in the acidified regions. *Water, Air and Soil Pollution* 85: 997-1002.
- Sevaldrud, I. H. & Muniz, I. P. 1980. Sure vatn og innlandsfisket i Norge. Resultater fra intervjuundersøkelsene 1974-1979. SNSF prosjekt, intern rapport 77/80, 95 s.
- Skjelkvåle, B.L., Stoddard, J.L. & Jeffries, D. S., 2005. Regional scale evidence for improvement in surface water chemistry 1990-2001. *Environ. Poll.* 137: 165–176.
- Taraldsrud, T. 2005. Status for fiskebestander i kalka vatn i Buskerud 1999-2003. Fylkesmannen i Buskerud, miljøvernavdelingen. Rapport 1-2005, 36 s.
- Tysse, Å. og Garnås, E. 1996a. Kalking i Buskerud. Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen. Rapport nr. 11 - 1996.
- Tysse, Å. og Garnås, E. 1996b. Status og strategi for kultivering av ferskvassfisk i Buskerud. Fylkesmannen i Buskerud, miljøvernavdelingen. Rapport nr. 5 – 1996, 7 s.

- Ugedal, O., Forseth, T. & Hesthagen, T. 2005. Garnfangst og størrelse på gytefisk som hjelpemiddel i karakteriseringen av aurebestander. NINA Rapport 73, 52 s.
- Walseng, B. & Storeid, S.E. 1990. Verneplan IV. Ferskvannsbefaringer i 19 vassdrag i Telemark og Buskerud. NINA-Utredning 15: 1-56 (Abstract in English).
- Wærvågen, S. B. & Iversen, E. 2009. Zooplankton som indikator på økologisk tilstand for innsjøer i Hurum, Buskerud 2007. Fylkesmannen i Buskerud. Miljøvernavdelingen. Rapport nr. 1 – 2009. ISBN: 978-82-7426-276-8. 30 s.
- Wærvågen, S.B. & Nilssen, J.P. 2003a. Major changes in pelagic rotifers during natural and forced recovery from acidification. *Hydrobiologia* 499: 63-82.
- Wærvågen, S.B. & Nilssen, J.P. 2003b. Analyse av biologisk «recovery» i kalkede vann i Buskerud 2002. Fylkesmannen i Buskerud, miljøvernavd. Rapport 2-2003: 1-45.
- Wærvågen, S.B., Rukke, N.A. & Hessen, D.O. 2002. Calcium content of crustacean zooplankton and its potential role in species distribution. *Freshw. Biol.* 47: 1866–1878.

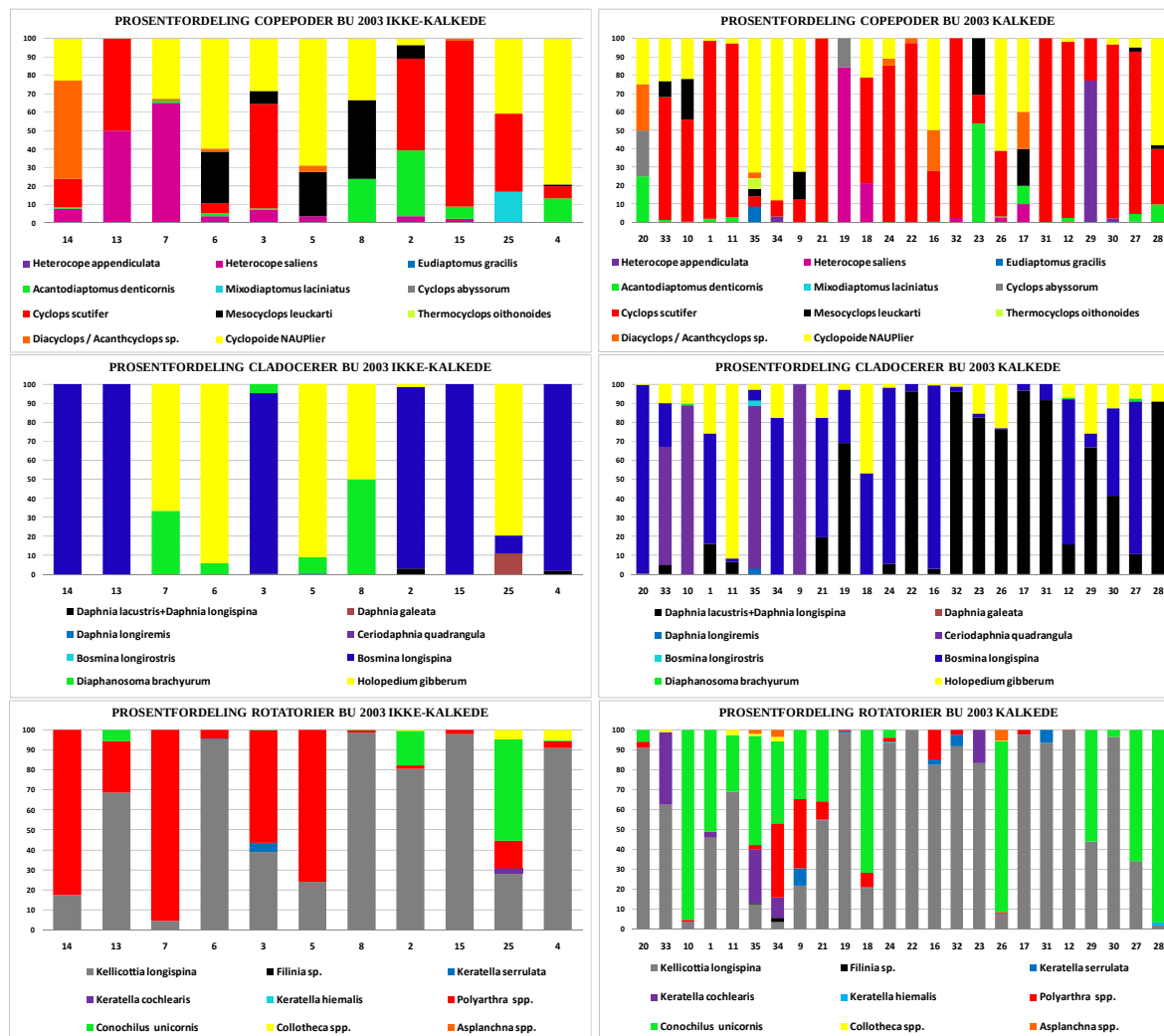
7 Vedlegg

Vedlegg 1



Fordeling av hoppekreps (Copepoda), vannlopper (Cladocera) og hjuldyr (Rotatoria) sortert i de undersøkte ikke-kalkede (venstre halvdel) og kalkede (høyre halvdel) lokaliteter i Buskerud 2003, sortert videre etter **økende kalsiumkonsentrasjon** fra venstre mot høyre, løpenr. jmf. tabell 4.3 (omarbeidet fra Nilssen & Wærvågen 2004). Dominerende "blå" art innen cladocere-ne er *Bosmina longispina*.

Vedlegg 2



Fordeling av hoppekreps (Copepoda), vannlopper (Cladocera) og hjuldyr (Rotatoria) sortert i de undersøkte ikke-kalkede (venstre halvdel) og kalkede (høyre halvdel) lokaliteter i Buskerud 2003, sortert videre i **synkende fiskepredasjon** fra venstre mot høyre, løpenr. jmf. tabell 4.3 (omarbeidet fra Nilssen & Wærvågen 2004). Dominerende "blå" art innen cladocerene er *Bosmina longispina*.

NINA Rapport 420

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-1986-0



Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

www.nina.no