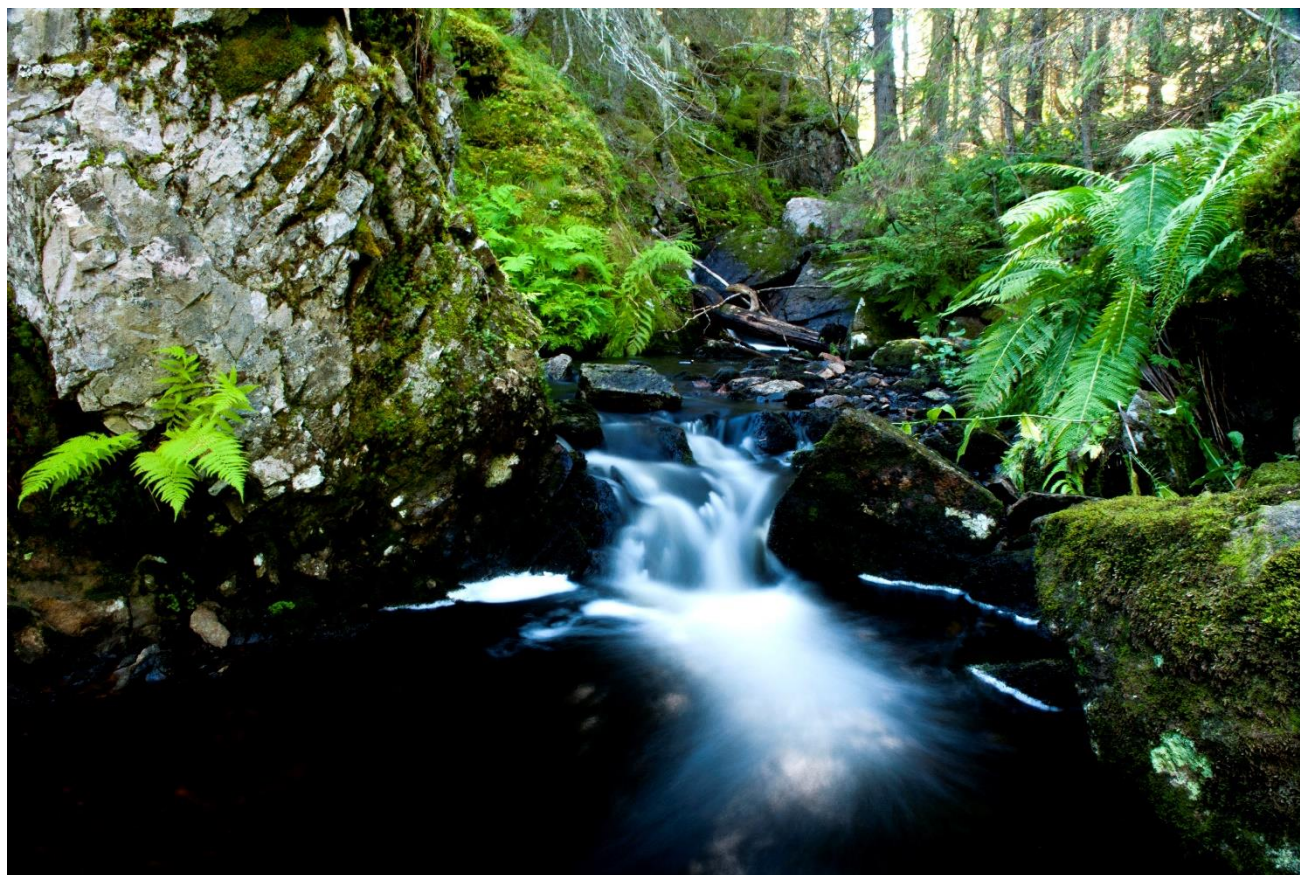




Økologisk tilstand i kalkete bekker og innsjøer i Romeriksåsene 1989–2014

NORGES JEGER- OG FISKERFORBUND AKERSHUS

Desember 2018

Lise Heier og Ruben A. Pettersen



RAPPORT

Norges Jeger- og Fiskerforbund Akershus

Industriveien 8

1481 Hagan

Telefon: 63 99 82 75

Internett: <https://www.njff.no/fylkeslag/akershus>

Tittel Økologisk tilstand i kalkete bekker og innsjøer i Romeriksåsene 1989–2014	
Forfattere Lise Heier, Ruben Alexander Pettersen	Dato 27.12.2018
Geografisk område Romeriksåsene (Nannestad, Gjerdrum, Nittedal)	Sider 26
Oppdragsgiver Fylkesmannen i Oslo og Akershus	Oppdragsreferanse Terje M. Wivestad
Sammendrag Som del av arbeidet med å oppfylle vannforskriftens krav ble den økologiske tilstanden undersøkt i ti bekker og tjue innsjøer og tjern på Romeriksåsene i 2014 etter mange år med kalking. Ni bekker viste bedring basert på tettheten av ørret siden den forrige undersøkelsen ble utført i 1997–1999, og ti innsjøer viste bedring basert på bunndyr siden den forrige undersøkelsen i 1989. 18 innsjøer oppnådde miljømålet om «god» eller «svært god» økologisk tilstand. Men selv om tilstanden i bekkene var forbedret siden forrige undersøkelse, oppnådde de ikke miljømålet: Bare fire var i tilstandsklassen «god» eller bedre basert på ørret-tetthet, og alle var i tilstandsklassen «moderat» eller dårligere basert på bunndyrunderøkelser. Dette fanges ikke opp av den årlige vannprøvetakingen, som skjer på et tidspunkt da vannkjemien er nokså god. Forskjellen mellom bekkene og innsjøene skyldes mest trolig sure episoder under snøsmeltingen om våren, når surt smeltevann renner ut i bekkene. Resultatene viser at bekkene må følges opp med videre behandling med kalk, ikke minst fordi de er gyte- og oppvekstområde for ørret, som er mest følsom for forurengning i dette livsstadiet.	
Emneord Økologisk tilstand, forurengning, kalking, vassdrag i Romeriksåsene	
Forsidefoto Nedstrøms el-fiskestasjonen i Stårsjøbekken Foto: Ruben A. Pettersen.	

Lise Heier
Prosjektleder

Ruben A. Pettersen
Forsker – NIBIO

ISBN 978-82-91143-34-7

Forord

Siden slutten av 1980-tallet har Norges Jeger- og Fiskerforbund Akershus gjort undersøkelser av miljøtilstanden i vassdrag i Romeriksåsene. Dette prosjektet er en videreføring og oppsummering av dette arbeidet, og en konklusjon på den kalkingsinnsatsen som har vært gjort.

Prosjektet ble startet i 2014 av Ruben A. Pettersen, som har vært initiativtaker og prosjektleder, ledet feltarbeidet, estimert fisketettheter og bidratt med tekst til rapporten. Aksel Dvergsten har bistått i feltarbeidet og med sortering av bunndyrprøver. Lise Heier overtok ansvaret for prosjektet i juni 2015 og har sortert bunndyrprøver og skrevet hoveddelen av rapporten. Artsbestemmingen av bunndyr og beregning av forsuringsindekser ble gjort av Trond Bremnes ved Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske ved Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo. Prosjektet er finansiert av Fylkesmannen i Oslo og Akershus, som også har bidratt med vannkjemiske analyser og kalkingsdata. Vi vil takke de involverte for godt samarbeid.

Hagan, desember 2018

Lise Heier



En fin ørret fra Øvre Rotua



Innhold

FORORD	2
SAMMENDRAG	3
INNLEDNING	4
METODE	5
FISKETETTHET	7
BUNNFAUNA	7
VANNKJEMI	8
KALKINGSHISTORIKK	8
RESULTATER	10
BEKKER	10
INNSJØER	14
DISKUSJON	15
ANBEFALINGER	17
LITTERATUR	17
FOTOKREDITERINGER	19
APPENDIKS	20
A1 KOORDINATER TIL LOKALITETENE	20
A2 VANNKJEMISKE PARAMETRE OG BEREKNING AV ANC	21
A3 KALKINGSHISTORIKK	22
A4 SAMMENLIGNING AV TILSTANDSKLASSE BASERT PÅ FISKETETTHET VS. BUNNFAUNA	24
A5 ELVE- OG INNSJØTYPE	24

Sammendrag

Som del av arbeidet med å oppfylle vannforskriftens krav ble den økologiske tilstanden undersøkt i ti bekker og tjue innsjøer og tjern på Romeriksåsene i 2014 etter mange år med kalking. Ni bekker viste bedring basert på tettheten av ørret siden den forrige undersøkelsen ble utført i 1997–1999, og ti innsjøer viste bedring basert på bunndyr siden den forrige undersøkelsen i 1989. 18 innsjøer oppnådde miljømålet om «god» eller «svært god» økologisk tilstand. Men selv om tilstanden i bekkene var forbedret siden forrige undersøkelse, oppnådde de ikke miljømålet: Bare fire var i tilstandsklassen «god» eller bedre basert på ørret-tetthet, og alle var i tilstandsklassen «moderat» eller dårligere basert på bunndyrundersøkelsene. Dette fanges ikke opp av den årlige vannprøvetakingen, som skjer på et tidspunkt da vannkjemien er nokså god. Forskjellen mellom bekkene og innsjøene skyldes mest trolig sure episoder under snøsmeltingen om våren, når surt smeltevann renner ut i bekkene. Resultatene viser at bekkene må følges opp med videre behandling med kalk, ikke minst fordi de er gyte- og oppvekstområde for ørret, som er mest følsom for forsurening i dette livsstadiet.

Innledning

Romerikssåsene er et natur- og friluftsområde som er mye brukt av befolkningen i Oslo og Akershus, og sportsfiske er en viktig del av turopplevelsen for mange. Området hadde gode bestander av ørret og abbor av fin kvalitet før problemene med sur nedbør for alvor meldte seg på 1970- og 1980-tallet. Man opplevde da en drastisk nedgang i fiskebestandene, og mange bestander forsvant helt eller delvis. I 1986 ble det satt i gang årlig kalking av nesten alle innsjøer og tjern, og man begynte samtidig å sette ut ørret. Vannkvaliteten bedret seg, og en større prøvafiskeundersøkelse i 1988 viste at også ørretbestandene var i bedring⁽¹⁾. En oppfølgende bunndyrundersøkelse i 1989⁽²⁾ konkluderte at bunnfaunaen fortsatt var preget av til dels sterk forsuring, men at dette kunne skyldes at det tar flere år fra man begynner å kalke, til forsuringfølsomme arter er tilbake. Nye bunndyrundersøkelser i sju vann og tjern i 2003 og 2007 viste en generell forbedring av tilstanden⁽³⁾.

Selv om innsjøene var i bedring, hadde ørreten fortsatt lav reproduksjon fordi vannkvaliteten i bekkene ikke var god. Derfor begynte man i 1989 å kalke bekker og elver ved utlegging av korallgrus⁽⁴⁾. I løpet av 1990-tallet ble fisketettheten i mange av disse undersøkt ved el-fiske^(5–9). Konklusjonen var at «det finnes gode indikasjoner på at bekkedalkingene i Akershus gjennomgående har hatt en positiv effekt på ørretens reproduksjon og overlevelse»⁽⁴⁾.

Den viktigste årsaken til at forsuring er skadelig for fisk, er at aluminium bundet opp i jordsmonnet blir frigjort og kommer ut i vannet. Dette skjer særlig ved lave vanntemperaturer⁽¹⁰⁾, som vi har store deler av året. Det fester seg aluminium på gjellene til fisken, og resultatet er dårlig oksygenopptak og fiskedød⁽¹¹⁾. Det mest følsomme stadiet for ørreten er yngel og ungfisk, og det er derfor avgjørende for reproduksjonen at det er et godt vannmiljø i gytebekkene.

Virvelløse dyr i ferskvann (insektlarver, ferskvannsmuslinger, snegler, ferskvannskreps m.fl.) har forskjellig følsomhet for forsuring⁽¹²⁾. Hvordan de påvirkes, kan variere fra gruppe til gruppe, og mange er ikke undersøkt tilstrekkelig ennå. Mange arter får problemer med ionereguleringen, både på grunn av surheten i seg selv og økt konsentrasjon av aluminium⁽¹¹⁾. Forsuring fører til at mange arter forsvinner, som gir tap av biologisk mangfold. Endringene i artssammensetning brukes som grunnlag for indikatorer for økologisk tilstand⁽¹³⁾.

Etter at Langtransportkonvensjonen fra 1979 trådte i kraft, har myndigheter og industribedrifter i Europa gjort et omfattende arbeid med rensing av utslipp til luft. Dette har ført til en kraftig nedgang i mengden sur nedbør, hhv. rundt 80 % og 50 % for svovel og nitrogen siden 1980⁽¹⁴⁾. Det forventes en tilsvarende reduksjon i behovet for kalking, og norske myndigheter ønsker derfor å redusere eller stanse kalkingen. Etter en vurdering gjort av NIVA basert på vannkjemi⁽¹⁵⁾ ble flere vann i Romerikssåsene tatt ut av Fylkesmannens kalkingsprogram i 2011 og 2012. Vannkvaliteten holdt seg god i de fleste av disse vannene, noe man kunne regne med ettersom mange års kalking gir en buffer med kalk som fortsetter å virke i flere år etter kalkstopp⁽¹⁶⁾. I bekker er det imidlertid gjort flere målinger som viser lav pH og høy konsentrasjon av aluminium. Et eksempel er Trasletjernsbekken, hvor det ble målt en pH på 4,8 og en aluminium-konsentrasjon på 60–70 µg/L⁽¹⁷⁾. En slik vannkjemi gir problemer for fisk og mange arter virvelløse dyr^(12, 18).

EUs vanndirektiv fra 2000 forplikter landene til å sørge for god kjemisk og økologisk tilstand i alt ferskvann og kystvann innen 2015. Direktivet er implementert i norsk lovverk gjennom vannforskriften. Arbeidet med å oppfylle kravene innebærer klassifisering av alle vannforekomster og iverksetting av tiltak der dette er nødvendig. Tiltakene følges opp av tiltaksrettet overvåking, som denne rapporten representerer. Økologiske



kvalitetslementer som fisketetthet og biodiversitet i bunnfaunaen er vesentlige i vurderingen av vannforekomstenes tilstand. Denne studien inngår i Fylkesmannens arbeid for å nå miljømålene i vannforskriften.

I denne studien undersøkes den økologiske tilstanden i kalkete bekker og innsjøer i Romeriksåsene for å gi mer kunnskap om effekten av gjennomførte tiltak og det videre kalkingsbehovet i dette området. Undersøkelsene ble gjort da reduksjonen i kalking begynte, og viser tilstanden etter en omfattende kalkingsinnsats med over tjue år med kalking og store investeringer. Resultatene kan benyttes som sammenligningsgrunnlag i framtidige studier av den økologiske tilstanden i bekker og vann der kalking har opphørt.

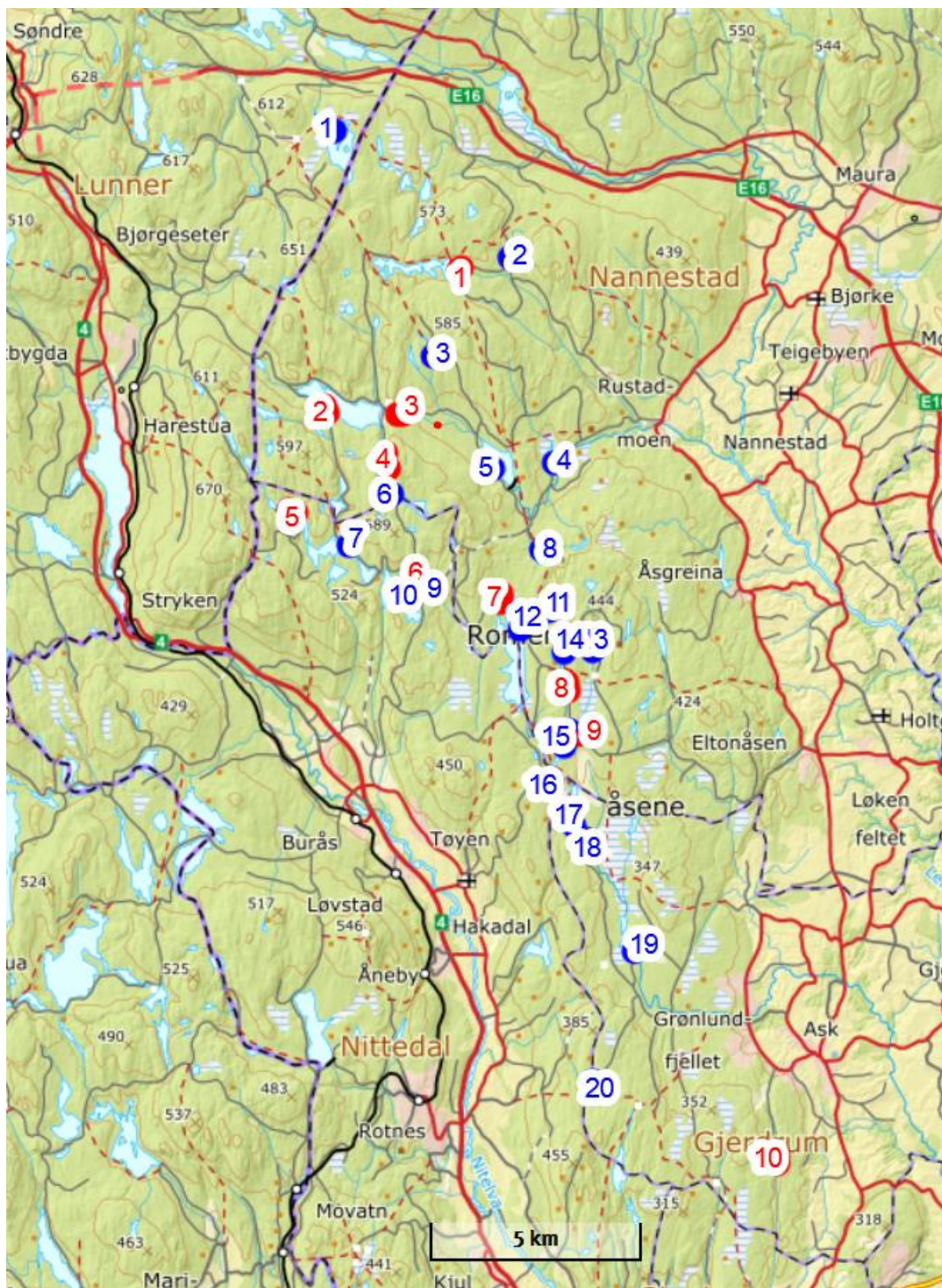
Rapporten gir en vurdering av hver lokalitet mht. fisketetthet (gjelder bekkene), bunnfauna og vannkjemi etter vannforskriften, vha. metoden gitt i *Klassifisering av miljøtilstand i vann*⁽¹³⁾. Resultatene blir sammenlignet med bunndyrundersøkelsene fra 1989⁽²⁾ og el-fiskeundersøkelsene fra 1997–1999^(6, 8, 9). Den økologiske tilstanden blir sammenlignet med målingene av den vannkjemiske tilstanden. Til slutt sammenlignes den økologiske tilstanden i bekkene og innsjøene, og det gis en anbefaling for videre oppfølging av vassdragene.

Metode

Det ble samlet inn prøver fra ti bekker og tjue innsjøer i perioden 17. september til 20. oktober 2014 (tabell 1, figur 1). Bekkelokalitetene var de samme som ble undersøkt ved el-fiske i 1997–1999^(6, 8, 9), og innsjølokalitetene var de samme som ble undersøkt mht. bunndyr i 1989⁽²⁾. I bekkene ble det gjort el-fiske og tatt bunndyrprøver og vannprøver. I innsjøene ble det kun tatt bunndyrprøver, da det her tas vannprøver årlig i regi av Fylkesmannen. For at resultatene skulle være sammenlignbare med tidligere undersøkelser, ble det brukt de samme standardene for innsamling. Disse er også de samme som brukes i vannforskriften⁽¹³⁾. Det ble også benyttet tilgjengelige data for vannkjemi og kalkingshistorikk.

TABELL 1. DE UNDERSØKTE BEKKENE OG INNSJØENE FRA NORD TIL SØR

Bekker	Innsjøer	
1. Fiskeløysa	1. Store Snellingen	11. Djupøyungen
2. Stårsjøbekken	2. Tangetjernet	12. Storøyungen
3. Øvre Rotua	3. Østre Herretjern	13. Tjertjernet
4. Elsjøbekken	4. Tollevstjernet	14. Store Skjellbreia
5. Piperbekken	5. Bjertnessjøen	15. Smalgjermeningen
6. Steinsortungsbekken	6. Vesle Elsjø	16. Kirkebygjermeningen
7. Guriputtbekken	7. Vranken	17. Gjerdrumsgjermeningen
8. Østbydalsbekken	8. Dalstjernet	18. Løvstadtjernet
9. Eiksbekken	9. Hakkimtjernet	19. Buvatnet
10. Ulvedalsbekken	10. Steinsortungen	20. Mastutjern/Flabben



FIGUR 1. LOKALITETENE FOR UNDERSØKELSER I BEKKER (RØDT) OG INNSJØER (BLÅTT). KARTET KAN SES I MER DETALJ PÅ [NORGESKART.NO](https://norgeskart.no). FOR KOORDINATER, SE KAP. A1 I APPENDIKSET.



Fisketetthet

Tettheten av ørrettyngel og ungfisk i de ti bekkene ble undersøkt vha. el-fiske med tre ganger overfiske^(13, 19, 20) (figur 2). El-fiske er en standard-metode for å kontrollere om tiltak som kalking har vært tilfredsstillende⁽²¹⁾. Fisketetthetene ble estimert ved metodikken i Bohlin m.fl. (1989)⁽¹⁹⁾. Klassifiseringen av økologisk tilstand i henhold til vannforskriften ble deretter gjort ifølge tabell 6.13 i klassifiseringsveilederen⁽¹³⁾. Her ble det brukt at fisken er stasjonær (ikke anadrom) og allopatrisk i oppvekstområdet, dvs. lever uten andre fiskearter til stede (svært lav forekomst av andre arter – en og annen ørekyt nederst ved utløpet). Habitatet i hver bekk ble vurdert etter Sandlund (2013)⁽²²⁾, hvor habitatklasser er definert slik:

- “Velegnet habitat” (kvalitet 3): Både godt gytehabitat og godt skjul for ungfisk til stede på avfisket område.
- “Egnet habitat” (kvalitet 2): Moderate gytemuligheter og noe skjul til stede.
- Naturlig “mindre egnet habitat” (kvalitet 1): Hverken godt gytehabitat eller godt skjul forekommer på avfisket område.
- “Uegnet habitat” (kvalitet 0)

For å sammenligne fisketetthetene med undersøkelsene i 1997–1999^(6, 8, 9) ble rådataene fra den gang analysert på nytt etter metodikken i Bohlin m.fl. (1989)⁽¹⁹⁾. Lokaltetene ble klassifisert mht. disse dataene, og resultatene fra 2014 ble sammenlignet med disse.

Bunnfauna

Det ble samlet inn bunndyrprøver ovenfor og nedenfor den utlagte korallgrusen i de ti bekkene etter standarden NS 4719, kalt sparkemetoden. Videre ble det tatt bunndyrprøver i de tjue innsjøene etter standarden NS ISO 7828. Bunndyrene ble sortert ut av prøvene høsten 2015 ved NJFF Akershus (figur 3).



FIGUR 3. UTSORTERING AV BUNNDYR FRA PRØVENE



FIGUR 2. VEIING OG MÅLING AV FISK FANGET VED EL-FISKE

Artsbestemming og utregning av indekser ble gjort ved Laboratorium for Ferskvannsekologi og Innlandsfiske i 2016 og 2017. For bekkene ble det regnet ut Forsuringsindeks 2⁽¹³⁾, som tilfredsstiller vanndirektivets krav. For vannene ble LAMI⁽¹³⁾ regnet ut, da det ikke var nok data for beregning av den interkalibrerte indeksen MultiClear. LAMI er ikke fullt ut kompatibel med vanndirektivets krav, men ser ut til å være like følsom for forsurening som MultiClear, og viser høy grad av korrelasjon med denne⁽¹³⁾. For sammenligning med dataene fra 1989⁽²⁾ ble også Forsuringsindeks 1⁽¹³⁾ beregnet.

For bekkene ble hver lokalitet klassifisert etter tabell 5.7 i klassifiseringsveilederen, basert på Forsuringsindeks 2. For innsjøene ble hver lokalitet klassifisert etter tabell 4.10 i veilederen, basert på LAMI. Vannmidd (Hydrachnidia) ble utelatt fra indeksen fordi det ikke skilles mellom de forskjellige artene, som har forskjellig forsuretoleranse⁽²³⁾. I klassifiseringen ble også vannkjemidata benyttet (se nedenfor).

Vannkjemi

Det ble tatt vannprøver av bekkene ovenfor og nedenfor den utlagte korallgrusen samtidig med at det ble tatt bunndyrprøver. Vannprøvene ble analysert av Eurofins Environment Testing Norway AS etter standarder fra International Organization for Standardization (ISO). Analyserte parametre er oppgitt i kap. A2 i appendikset. Resultater fra prøver tatt om våren ble gjort tilgjengelig av Fylkesmannen, og det ble også benyttet resultater fra prøver analysert i felt i 2013⁽²⁴⁾.

For innsjøene ble vannkjemidata hentet fra Miljødirektoratets database Vannmiljø⁽²⁵⁾. Vannkjemidataene kommer fra overvåkingsprogrammene som gjennomføres årlig av Fylkesmannen i Oslo og Akershus. Det ble regnet ut gjennomsnittlig pH og ANC (vannet syrenøytraliserende kapasitet) basert på vårprøver fra 2010 til 2014. Der det manglet data for ANC, ble denne beregnet vha. andre parametre der det var mulig (kap. A2 i appendikset), dvs. for sju bekker basert på høstprøver og tre innsjøer. I noen vann og tjern var det også tatt høstprøver, men fordi pH og ANC om høsten gjerne er noe høyere enn om våren, ble disse ikke tatt med, med mindre det ikke forelå vårprøver.

Elvetype og innsjøtype, dvs. vannets naturlige kalsium- og humusinnhold, måtte bestemmes før klassifisering mht. vannkjemi kunne utføres, da disse påvirker vannets naturlige pH og ANC. Elvetype og innsjøtype ble bestemt ved hjelp av tabell 3.5, 3.6 og 7.1 i klassifiseringsveilederen. For bekkene ble det benyttet kalsium, alkalitet, fargetall og TOC fra vannprøvene som ble tatt i dette prosjektet. For innsjøene ble det brukt et gjennomsnitt av verdier fra 2005 til 2014 for kalsium, fargetall og TOC. Da gjenværende kalk i vassdraget påvirker bestemmelsen av elve- og innsjøtype, kunne man ha beregnet hva kalsiumkonsentrasjonen ville ha vært dersom det ikke var blitt kalket, etter modellen i Garmo m.fl. (2011)⁽¹⁵⁾. Imidlertid viste en sammenligning av de målte kalsiumverdiene med beregnede verdier i fem innsjøer i Romeriksåsene⁽¹⁵⁾ at selv om de beregnede verdiene var noe lavere, var de ikke så lave at innsjøtypen ble endret. Videre ville en eventuell endring være fra «kalkfattig» til «svært kalkfattig», noe som ville gi mindre strenge krav til pH og ANC. Resultatene viser at dette ikke ville påvirke konklusjonen.

Bekkene og innsjøene ble klassifisert mht. pH og ANC etter tabell 7.2a og 7.3a i klassifiseringsveilederen. Det ville også ha vært ønskelig å klassifisere mht. potensielt giftig aluminium, men dette forelå det ikke data for.

Kalkingshistorikk

Det ble ikke funnet komplette data for kalkingshistorikken for bekkene, men noe er oppgitt i Hansen (1999)⁽⁴⁾, og data fra 2001 ble gjort tilgjengelig av Fylkesmannen i Oslo og Akershus. Bekkene ble kalket med grovkalk og korallgrus fra rundt 1990 til 2005, og alle bekkene unntatt Ulvedalsbekken kommer fra et vann som kalkes (kap. A3 i appendikset). I de fleste bekkene lå det fortsatt korallgrus da prøvene ble tatt (figur 4).

Kalkingshistorikken for innsjøene (kap. A3 i appendikset) ble hentet fra Miljødirektoratets kalkingsbase⁽²⁶⁾ og fra Wilberg (1990)⁽¹⁾. Alle innsjøene er kalket årlig med kalksteinmel unntatt Smalgjermeningen–Kirkebygjermeningen og Gjerdrumsgjermeningen, som ikke er blitt kalket. Løvstادتjernnet ble sist kalket i 1996. Disse vannene ligger i et område med mer kalkrik grunn⁽²⁷⁾, og de får vann fra Storøyungen, Store Skjellbreia, Tjerntjernnet og Vestre Buvatn, som alle er blitt kalket. I Dalstjernnet var siste kalking i 2002.



FIGUR 4. ØSTBYDALSBEKKEN MED EN GOD DEL GJENVÆRENDE KORALLGRUS

Resultater

Bekker

Fisketetthet

Tettheten av yngel og ungfisk i 2014 varierte fra 6 fisk per 100 m² (Fiskeløysa) til 101 fisk per 100 m² (Elsjøbekken) (tabell 2). Dette ga den økologiske tilstandsklassen «svært dårlig» for to av bekkene, to var i «dårlig», to var i «moderat», tre var i «god», og en var i «svært god» tilstand.

I 1997–1999 varierte fisketettheten fra 0 fisk per 100 m² (Fiskeløysa) til 56 fisk per 100 m² (Elsjøbekken). Fire av bekkene var i tilstandsklassen «svært dårlig», og ingen var i «svært god». I 2014 hadde fisketettheten økt i ni bekker forhold til i 1997–1999, mens i en (Piperbekken) var den omtrent uforandret. Sju av bekkene hadde fått en forbedret økologisk tilstandsklasse. I Steinsortungsbekken ble det både i 1997 og 2014 kun fanget årsyngel, noe som reduserer tilstandsklassen. At det ikke ble fanget ettårig fisk, skyldes imidlertid neppe vannkvaliteten. Bekken er rettet ut og mangler kulper og skjulesteder, noe som kan gjøre at yngelen ikke overlever den første vinteren.

Alle bekkene er kalket, og alle unntatt Ulvedalsbekken kommer fra innsjøer og tjern som er kalket (tabell A5 i appendikset). Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom mengde kalk lagt ut og endringen fra 1997–1999 til 2014 (tabell 2).

Bunnfauna

Forsuringsindeks 2 varierte fra 0, som er laveste mulige verdi (Ulvedalsbekken og Guriputtbekken), til 1,7 (Øvre Rotua ovenfor kalk) (tabell 3). Det ble ikke funnet noen systematisk forskjell i forsuringsindeksen ovenfor og nedenfor kalkingsområdet (Wilcoxon signed rank test: $p=0,29$). Med utgangspunkt i den laveste av verdiene ovenfor og nedenfor kalkingsområdet, var seks av bekkene i tilstandsklassen «moderat», to i klassen «dårlig», og to i klassen «svært dårlig». Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom tilstand mht. fisketetthet og tilstand mht. bunnfauna (se kap. A4 i appendikset). Eksempler på bunndyr er vist i figur 5.



FIGUR 5. EKSEMPLER PÅ DYR FUNNET I BUNNDYRPRØVENE. FRA VENSTRE: NETTSPINNENDE VÅRFLUELARVE, SVIKNOTTLARVE OG FJÆRMYGGLARVE, SNEGL OG STEINFLUENYMFE

Vannkjemi

Vårprøver fra bekkene tatt i 2013 og 2014 viste at pH varierte fra 4,9 (Eiksbekken) til 7,5 (Øvre Rotua) (tabell 5). Det var tatt prøver i Fiskeløysa, Stårsjøbekken, Øvre Rotua, Piperbekken, Østbydalsbekken, Eiksbekken og Ulvedalsbekken. Tilstandsklassen gikk fra «moderat» til «svært god». Det var ikke gjort målinger av ANC.

Høstprøvene tatt i dette prosjektet viste at pH varierte fra 5,7 (Fiskeløysa) til 7,1 (Østbydalsbekken). Forskjellen i pH ovenfor og nedenfor kalken var aldri større enn 0,1, og den gikk like ofte opp som ned. Tilstandsklassen basert på pH var «svært god» for åtte av bekkene, «god» for én, og for én var den ikke definert.



Vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC), også målt om høsten, varierte fra 85 $\mu\text{ekv/L}$ (Øvre Rotua) til 227 $\mu\text{ekv/L}$ (Østbydalsbekken). Det ble funnet en svak økning i ANC nedenfor kalken. Tilstandsklassen basert på ANC var «svært god» for ni av bekkene, og for én var den ikke definert.

For bestemmelse av elvetyper til bekkene, se kap. A5 i appendikset.

TABELL 2. KLASSIFISERING AV ØKOLOGISK TILSTAND I BEKKENE BASERT PÅ TETTHET AV ØRRET. HABITATKLASSEN ER BESTEMT PÅ BAKGRUNN AV VURDERINGER GJORT AV DØNNUM^(6, 8, 9, 28). FISKETETTHET: ESTIMERT ANTALL FISK PER 100 M². KLASSIFISERING ETTER TABELL 6.13 I VEILEDEREN.

Fisketetthet Bekk	Vurdering av habitat ^(6, 8, 9, 28)	Habitatklasse	Fisketetthet			Klassifisering	
			1997–1999	2014	Endring	1997–1999	2014
Fiskeløysa	Fungerer; lav til middels kvalitet	1–2	0	6	+	Svært dårlig	Svært dårlig
Stårsjøbekken	Fungerer; middels kvalitet	2	19	35	+	Dårlig	Moderat
Øvre Rotua	Fungerer; god kvalitet	3	10	14	+	Svært dårlig	Svært dårlig
Elsjøbekken	Fungerer; god kvalitet	3	56	101	+	God	Svært god
Piperbekken	Bra forhold	3	31	30	–	Dårlig	Dårlig
Steinsortungsbekken	Nokså ugunstige oppvekstvilkår	2*	49†	68†	+	Dårlig	Dårlig
Guriputtbekken	Fungerer; middels kvalitet	2	22	43	+	Dårlig	God
Østbydalsbekken	Fungerer; middels kvalitet	2	29	49	+	Moderat	God
Eiksbekken	Fungerer; lav kvalitet	1	8	35	+	Svært dårlig	God
Ulvedalsbekken	Nokså ugunstige oppvekstvilkår	1	13	23	+	Svært dårlig	Moderat

*Bekken er rettet ut i forbindelse med tømmerfløting og kan dermed ha blitt ugunstig som oppvekstområde. At det kun ble funnet årsyngel her, tyder på at yngelen ikke overlever den første vinteren. Bekken har imidlertid ikke habitatklasse 1, da dette betyr at den er ugunstig fra naturens side.

†Kun årsyngel (0+). Tilstandsklassen er satt til «dårlig» etter skjønn, jf. tabell 6.1, 6.5 og 6.6 og side 72 i veilederen.

TABELL 3. KLASSIFISERING AV ØKOLOGISK TILSTAND I BEKKENE BASERT PÅ BUNNFAUNA, OVENFOR OG NEDENFOR KALKINGSOMRÅDET, ETTER TABELL 5.7 I VEILEDEREN.

Bunnfauna Bekk	Forsuringsindeks 2		Klassifisering	
	Ovenfor kalk	Nedenfor kalk	Ovenfor kalk	Nedenfor kalk
Fiskeløysa	0,50	0,50	Dårlig	Dårlig
Stårsjøbekken	0,75	0,64	Moderat	Moderat
Øvre Rotua	1,70*	0,66	Svært god*	Moderat
Elsjøbekken	0,69	0,69	Moderat	Moderat
Piperbekken	0,55	0,74	Moderat	Moderat
Steinsortungsbekken	0,57	0,50	Moderat	Dårlig
Guriputtbekken	0,00	0,00	Svært dårlig	Svært dårlig
Østbydalsbekken	0,60	0,58	Moderat	Moderat
Eiksbekken	0,54	0,53	Moderat	Moderat
Ulvedalsbekken	0,00	0,00	Svært dårlig	Svært dårlig

*Indeksen er kunstig høy. Verdien skyldes forekomst av ertemuslinger, men de manglet skall, et tegn på forsurening. Indeksen er også følsom for tilfeldig variasjon⁽²⁹⁾.

TABELL 4. SAMLET KLASSIFISERING AV BEKKENE MHT. FISK OG BUNNFAUNA. DEN DÅRLIGSTE TILSTANDEN ER BESTEMMENDE FOR DEN SAMLETE TILSTANDSKLASSEN.

Bekk	Klassifisering mht. fisketetthet	Klassifisering mht. bunnfauna	Samlet klassifisering
Fiskeløysa	Svært dårlig	Dårlig	Svært dårlig
Stårsjøbekken	Moderat	Moderat	Moderat
Øvre Rotua	Svært dårlig	Moderat	Svært dårlig
Elsjøbekken	Svært god	Moderat	Moderat
Piperbekken	Dårlig	Moderat	Dårlig
Steinsortungsbekken	Dårlig	Dårlig	Dårlig
Guriputtbekken	God	Svært dårlig	Svært dårlig
Østbydalsbekken	God	Moderat	Moderat
Eiksbekken	God	Moderat	Moderat
Ulvedalsbekken	Moderat	Svært dårlig	Svært dårlig



TABELL 5. KLASSIFISERING AV BEKKENE MHT. pH OG ANC ETTER TABELL 7.2A OG 7.3A I KLASSIFISERINGSVEILEDEREN. ANC ER OPPGITT I $\mu\text{EKV/L}$. DER VERDIENE OVENFOR OG NEDENFOR KALKINGSOMRÅDET ER FORSKJELLIGE, ER GJENNOMSNIITTET BRUKT (DET BLE IKKE FUNNET SYSTEMATISKE FORSKJELLER OVENFOR OG NEDENFOR KALKING). FOR BESTEMMELSE AV ELVETYPE, SE KAP. A5 I APPENDIKSET. VERDIER OVENFOR OG NEDENFOR KALKINGEN ER OPPGITT (HHV. «OV.» OG «NE.»).

Bekk/elv	Elvetype	Dato	pH		ANC		Klassifisering	
			ov.	ne.	ov.	ne.	pH	ANC
Vårprøver:								
Fiskeløysa	Svært kalkfattig, humøs	04.06.2014	5,8	5,7			Svært god	
Stårsjøbekken	Kalkfattig, humøs	22.06.2013	6,3	5,9			God	
Øvre Rotua	Kalkfattig, humøs	04.06.2014	7,5	6,1			Svært god	
Piperbekken	Kalkfattig, humøs	08.06.2014	5,8	5,8			God	
Østbydalsbekken	Moderat kalkrik, klar	07.06.2013		6,94			Ikke definert	
Eiksbekken	Kalkfattig, humøs	26.05.2014	4,9	4,9			Moderat	
Ulvedalsbekken	Kalkfattig, humøs	18.05.2013		6,58			Svært god	
Høstprøver:								
Fiskeløysa	Kalkfattig, humøs	30.09.2014	6,2	6,2	76	76	God	Svært god
Stårsjøbekken	Kalkfattig, humøs	06.10.2014	6,9	6,9	200	200	Svært god	Svært god
Øvre Rotua	Kalkfattig, humøs	18.09.2014	6,5	6,5	85*	88*	Svært god	Svært god
Elsjøbekken	Kalkfattig, humøs	26.09.2014	6,8	6,9	146*	146*	Svært god	Svært god
Piperbekken	Kalkfattig, humøs	27.09.2014	6,6	6,6	109*	114*	Svært god	Svært god
Steinsortungsbekken	Kalkfattig, klar–humøs	18.09.2014	6,7	6,6	106*	107*	Svært god	Svært god
Guriputtbekken	Kalkfattig, humøs	22.09.2014	6,7	6,8	198*	198*	Svært god	Svært god
Østbydalsbekken	Moderat kalkrik, klar	22.09.2014	7,1	7	227*	227*	Ikke definert	Ikke definert
Eiksbekken	Kalkfattig, humøs	25.09.2014	6,5	6,6	144*	144*	Svært god	Svært god
Ulvedalsbekken	Kalkfattig, humøs	17.10.2014	6,6	6,6	140	140	Svært god	Svært god

* ANC beregnet vha. andre parametre

Innsjøer

Bunnfauna

Bunndyrundersøkelsen i 2014 ga en LAMI-indeks som varierte fra 2,35 (Hakkimtjernet) til 4,79 (Dalstjernet) (tabell 6). Dette ga tilstandsklassen «svært god» for tolv av innsjøene, «god» for seks av dem, «moderat» for én (Bjertnessjøen) og «svært dårlig» for én (Hakkimtjernet). Resultatene for enkeltvannene er noe usikre pga. sparsomt individtall i prøvene, men samlet gir de et godt bilde av tilstanden generelt.

I 1989 ble to av innsjøene betegnet som «sterkt forsuret», mens fire ble betegnet som «bra».

Forsuringsindeks 1 viser forbedring i ti av innsjøene, ingen endring i ni og tilbakegang i én.

TABELL 6. KLASSIFISERING AV ØKOLOGISK TILSTAND I INNSJØENE BASERT PÅ BUNNFAUNA. LAMI-INDEKS UTEN VANNMIDD ER BENYTTET. KLASSIFISERINGEN ER GJORT ETTER TABELL 4.10 I VEILEDEREN. FOR 1989 ER VURDERINGEN I BRITAIN OG ØKLAND (1990)⁽²⁾ BENYTTET.

Innsjø	Vurdering 1989	Forsuringsindeks 1			LAMI 2014	Klassifisering basert på LAMI
		1989	2014	Endring		
Store Snellingen	Forbedret pH, men forsuringsfølsomme arter mangler fortsatt.	0	1	+	3,90	Svært god
Tangetjernet	Mindre gunstig enn i Østre Herretjern	0	0,25	+	4,07	Svært god
Østre Herretjern	Nokså ok (småmuslinger)	0,25	1	+	3,83	God
Tollefstjernet	Som i Tangetjernet	0	0,25	+	3,43	God
Bjertnessjøen	Forsuret	0	0	0	2,97	Moderat
Vesle Elsjø	Forsuret	0	1	+	4,24	Svært god
Vrangen	Sterkt forsuret	0	0,5	+	3,41	God
Dalstjernet	Bra	1	1	0	4,79	Svært god
Hakkimtjernet	Sterkt forsuret	0	0	0	2,35	Svært dårlig
Steinsortungen	Forbedret pH, men forsuringsfølsomme arter mangler fortsatt.	0	1	+	3,93	Svært god
Djupøyungen	Nokså bra	0,25	1	+	3,90	Svært god
Storøyungen	Nokså bra	0,5	1	+	3,92	Svært god
Tjerntjernet	Nokså bra	1	1	0	3,96	Svært god
Store Skjellbreia	Forsuret	0	1	+	4,04	Svært god
Smalgjermenningen	Forsuret	1	1	0	3,77	God
Kirkebygjermenningen	Bra	1	1	0	3,85	Svært god
Gjerdrums- gjermenningen	Nokså bra	1	1	0	3,82	God
Løvsjadtjernet	Bra	1	1	0	4,30	Svært god
Buvatnet	Nokså bra	1	0,5	-	3,75	God
Mastutjern/Flabben	Bra	1	1	0	4,26	Svært god

Vannkjemi

Vannets pH varierte fra 5,90 (Store Snellingen) til 6,95 (Kirkebygjermenningen) (tabell 7). For Kirkebygjermenningen, Gjerdrumsgjermenningen og Løvsjadtjernet fantes det kun høstprøver. Tilstandsklassen basert på pH var «svært god» for tolv innsjøer, «god» for fem innsjøer og «moderat» for én (Store Snellingen). (For Kirkebygjermenningen, som er moderat kalkrik, er tilstandsklasser ikke definert.)



Vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC) varierte fra 43,5 $\mu\text{ekv/L}$ (Vrangen) til 285 $\mu\text{ekv/L}$ (Kirkebygjernmenningen). Tilstandsklassen basert på ANC var «svært god» for femten innsjøer og «god» for én innsjø (Vrangen). For Dalstjernet og Store Skjellbreia forelå det ikke data for ANC, og det var heller ikke nok data til beregning. For Storøyungen ble ANC fra høsten 2015 benyttet da det ikke fantes tidligere data til beregning.

TABELL 7. KLASSIFISERING AV INNSJØENE MHT. VANNKJEMI (GJENNOMSNIITT 2010–2014) ETTER TABELL 7.2A OG 7.3A I VEILEDEREN. ANTALL ÅR ER OPPGITT I PARENTES. ANC ER OPPGITT I $\mu\text{ekv/L}$. FOR BESTEMMELSE AV INNSJØTYPE, SE KAP. A5 I APPENDIKSET.

Innsjø/tjern	Innsjøtype	pH	ANC	Klassifisering	
				pH	ANC
Store Snellingen	Kalkfattig, klar	5,90 (4)	90 (1)	Moderat	Svært god
Tangetjernet	Kalkfattig, klar–humøs	6,20 (4)	103,5 (2)	God	Svært god
Østre Herretjern	Kalkfattig, humøs	6,25 (4)	122 (2)	Svært god	Svært god
Tollevstjernet	Kalkfattig, klar	6,33 (4)	115,5 (2)	God	Svært god
Bjertnessjøen	Kalkfattig, humøs	6,33 (4)	100 (1)	Svært god	Svært god
Vesle Elsjø	Kalkfattig, humøs	6,46 (5)	150 (2)	Svært god	Svært god
Vrangen	Kalkfattig, humøs	6,18 (4)	43,5* (1)	God	God
Dalstjernet	Kalkfattig, klar	6,58 (4)		God	
Hakkimtjernet	Kalkfattig, humøs	6,40 (4)	98 (1)	Svært god	Svært god
Steinsortungen	Kalkfattig, humøs	6,53 (3)	110 (1)	Svært god	Svært god
Djupøyungen	Kalkfattig, klar	6,63 (3)	90,2* (1)	Svært god	Svært god
Storøyungen	Kalkfattig, humøs	6,43 (3)	150 (1†)	Svært god	Svært god
Tjerntjernet	Kalkfattig, humøs	6,43 (3)	191* (1†)	Svært god	Svært god
Store Skjellbreia	Kalkfattig, humøs	6,57 (3)		Svært god	
Kirkebygjernmenningen	Moderat kalkrik, humøs	6,95 (1†)	285 (1†)	Ikke definert	Ikke definert
Gjerdrumsgjernmenningen	Kalkfattig, humøs	6,60 (2†)	175 (2†)	Svært god	Svært god
Løvstادتjernet	Kalkfattig, humøs	6,80 (1†)	160 (1†)	Svært god	Svært god
Buvatnet	Kalkfattig, humøs	6,35 (4)	116 (2)	Svært god	Svært god
Mastutjern/Flabben	Kalkfattig, klar	6,45 (4)	145 (2)	God	Svært god

* ANC beregnet vha. andre parametre

† Høstprøver

Diskusjon

Utviklingen i den økologiske tilstanden i vassdragene er viktig å kjenne når mange års arbeid med kalking skal oppsummeres og det videre behovet for kalking skal vurderes. Undersøkelsene i denne rapporten viser at langt de fleste innsjøene hadde oppnådd tilfredsstillende økologisk tilstand, med unntak av Hakkimtjernet og Bjertnessjøen, som var i hhv. «svært dårlig» og «moderat» tilstand basert på bunnfauna. Den dårlige tilstanden i Hakkimtjernet kan imidlertid skyldes anoksiske forhold, da det er observert fiskedød her. Dette bør undersøkes nærmere. Den grovmaskete indeksen Foruringsindeks 1 viste en forbedring i ti av innsjøene siden 1989⁽²⁾. I ni av innsjøene viste den ingen endring, men sju av dem hadde god tilstand allerede i 1989.

Bekkene hadde ikke oppnådd samme gode resultat som innsjøene: Selv om produksjonen av ørret hadde bedret seg betraktelig siden undersøkelsene i 1997–1999^(6, 8, 9), var over halvparten av bekkene fortsatt i «moderat» eller dårligere tilstand mht. fisketetthet, og alle var i «moderat» eller dårligere tilstand mht.

bunndyr. Dette kommer ikke fram av vannkjemien, som viste «god» eller «svært god» tilstand i alle lokaliteter unntatt én.

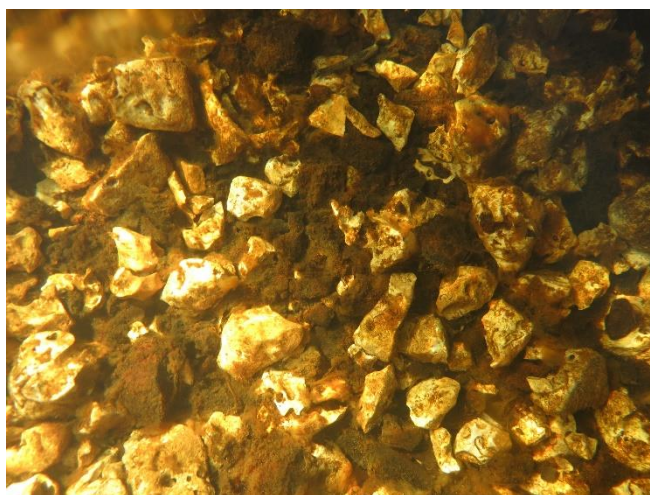
Den dårlige tilstanden i bekkene kan skyldes at de utsettes for sure episoder under snøsmeltingen om våren. Disse surstøtene kan forklares med at vannet fra snøsmeltingen ikke blander seg med vannet i innsjøene, men flyter oppå fordi det er kaldere og dermed lettere (vann er tyngst ved 4°C). Smeltevannet, som inneholder surt nedfall oppsamlet gjennom vinteren og renner gjennom ukalket terreng, er surt og har derfor et høyt innhold av oppløst aluminium. Dette gir en belastning på bunnfauna og fiskeyngel i bekkene. Bunnfaunaen i innsjøene befinner seg nedenfor vannet fra snøsmeltingen, og hvis vannet er kalket, vil de derfor være i et bedre miljø med høyere pH og mindre aluminium.

Surstøtene forekommer i kortere perioder om våren og fanges ikke opp av vannprøvetakingen, som gjerne skjer i forbindelse med utsetting av fisk i slutten av mai eller senere. Derfor vil ikke disse vannprøvene vise den belastningen som fiskeyngel og bunnfauna utsettes for. Skal man vurdere forsureningstilstanden i bekker, er det derfor nødvendig å enten sørge for å ta prøver jevnlig under snøsmeltingen, eller gjøre økologiske undersøkelser.

Men selv en pH mellom 5 og 6, som regnes som «god» i kalkfattig, humøst vann⁽¹³⁾, er problematisk. For det er når surt, aluminiumrikt vann blir mindre surt, f.eks. ved at det blander seg med annet vann, at aluminiumen i størst grad fester seg på gjellene til fisken. Effekten er størst ved en pH på rundt 5,8⁽³⁰⁾. I nesten alle innsjøene var pH over 6, men i bekkene viste flere av vårprøvene lavere pH. Dette er i seg selv et tegn på at tilstanden ikke er tilfredsstillende.

En god miljøtilstand i bekkene er avgjørende for reproduksjonen av ørret. Dette er fordi bekkene er gyte- og oppvekstområde, og ørreten er mest følsom for aluminium (Al^{3+}) som yngel og ungfisk. Det mest følsomme stadiet til ørreten er plommesekeyngelen⁽³¹⁾. Er dødeligheten til plommesekeyngelen høy, er det lite sannsynlig at en kan få en selvreproduserende bestand⁽³²⁾.

Selv om fisketettheten ikke nådde «god» eller bedre tilstand for alle bekkene, var det likevel en klar forbedring siden de forrige undersøkelsene. Alle bekkene er behandlet med korallgrus, og alle unntatt én ligger nedstrøms vann som er kalket. Det antas at begge forhold har virket positivt på vannkvaliteten. God effekt av korallgrus har man sett i tidligere undersøkelser av kalkete bekker i Akershus^(33, 34). Artssammensetningen av bunnfaunaen kan imidlertid tyde på at effekten av korallgrusen i dag er redusert, ettersom tilstanden var den samme ovenfor og nedenfor kalken, og aldri var bedre enn «moderat». Dette kan skyldes at humus i vannet pakker seg rundt korallgrusen og hemmer kalkoppløsningen, noe som skjer der humusinnholdet er høyt^(33, 35) (figur 6).



FIGUR 6. NEDSLAMMET KORALLGRUS I GURIPUTTBECKEN

Fisketettheten viste i mange tilfeller bedre økologisk tilstand enn bunndyrene. Dette kan skyldes at egg og plommesekeyngel ligger nede i bekkegrusen og beskyttes av kalken der, mens mange bunndyr lever over bekkegrusen og utsettes for lavere pH⁽³⁶⁾. En annen mulig forklaring er tilfeldigheter i når surstøtene kommer

i forhold til klekkesidspunktet til ørreten; hvis klekkesidspunktet kommer etter surstøtene, vil plommeseekkyngelen unngå de høyeste konsentrasjonene av Al^{3+} , mens bunnfaunaen vil være utsatt gjennom hele snøsmeltingen.

Anbefalinger

Alle bekkene trenger videre behandling med kalk, da ingen var i bedre enn «moderat» tilstand. Korallgrus er nå faset ut pga. for høyt innhold av kadmium⁽³⁷⁾, og kan dessuten være til skade for fisken fordi grusen etter hvert får skarpe kanter som følge av at kiselen i korallene ikke løses like raskt som kalken (figur 7). I stedet



FIGUR 7. KORALLGRUS MED SKARPE KANTER. BILDET ER TATT I ØVRE ROTUA.

kan man bruke knust kalkstein blandet med gytegrus i et balansert forhold, som har vist god effekt^(38, 39). Å blande inn gytegrus i allerede utlagt kalk er også å anbefale, noe som også vil vaske bort noe av humusen som har festet seg på kalken. Et alternativ til å legge ut kalk er å bruke kalkdoserere, som gir bedre forhold for bunndyr⁽³⁶⁾, men kostnadene til drift og vedlikehold kan gjøre at dette er mindre aktuelt. Vannene ovenfor bekkene må overvåkes og eventuelt behandles dersom vannkvaliteten der blir dårligere.

Det er viktig å ta vannprøver under snøsmeltingen om våren, eller så snart kjøreforholdene tillater det, slik at man får overvåket vannkvaliteten når vannet er kaldt, surt og aluminiumrikt. Dette gjelder både bekker og

innsjøer. Analysene bør inkludere pH, labilt aluminium, ANC og totalt organisk karbon. Det er viktig at Al^{3+} -konsentrasjonen måles på stedet ved vannprøvetaking, da aluminium tas opp av organisk karbon i vannet, avhengig av bl.a. temperatur og pH.

Det vil trenge flere undersøkelser for å følge med på utviklingen, særlig i de bekkene og vannene som ikke var i «god» eller «svært god» tilstand. Det er også grunn til å undersøke flere bekker enn de ti som er presentert her – resultatene i denne rapporten tyder på at den økologisk tilstanden i de mange bekkene i Romerikssåsene ikke er tilfredsstillende. Flere gytebekker er blitt undersøkt tidligere^(6–9), noe som kan brukes som sammenligningsgrunnlag ved framtidige undersøkelser. Det bør lages en plan for videre behandling av vassdragene i dette området med vekt på bekker og elver. Resultatene i denne rapporten viser at tiltaket Leira-Nitelva – R – kalkingstiltak⁽⁴⁰⁾ ikke bør avsluttes, men heller få høyere prioritering slik at miljømålet kan nås innen 2021.

Litteratur

Litteraturlisten gjelder både hovedteksten og appendikset.

1. Wilberg, J. H. 1990. Romerikssåsenes Fiskeadministrasjon. Virksomheten i perioden 1982 til 1989. Fiskebestandene i de enkelte vannene. Resultater fra prøvefisket 1988. Akershus Jeger- og Fiskeforbund

2. Brittain, J. E. og Økland, B. 1990. Bunnndyrundersøkelser i forbindelse med kalking av innsjøer og tjern på Romerikssåsene. Laboratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI), Zoologisk museum, Universitetet i Oslo. Rapport 124
3. Engdahl, G. 2007. Forekomst og reetablering av bunnfauna i kalkede vann på Romerikssåsene. NJFF Akershus-notat
4. Hansen, H. og Pedersen, H. B. 1999. Status for ørretgyting i kalkede bekker – Akershus. Rapport fra Norges Jeger- og Fiskerforbund – Akershus og Fylkesmannens Miljøvernavdeling, Akershus. ISBN 82-91143-24-2
5. Ødegård, F. E., Pedersen, H. B. og Oppegård, B. 1994. Gytebekker i Akershus – kartlegging av naturlig reproduksjon. Fagrapport fra Akershus Jeger- og Fiskerforbund
6. Dønnum, B. O. 1999a. Elfiskeundersøkelser i gytebekker i 1997. Gjerdrum JFFs sone. Norges Jeger- og Fiskerforbund Akershus
7. Dønnum, B. O. 1999b. Elfiskeundersøkelser i gytebekker i 1997-98. Resultater fra Holter JFFs område. Norges Jeger- og Fiskerforbund Akershus
8. Dønnum, B. O. 2000a. Elfiskeundersøkelser i gytebekker i 1997-98. Nannestad JFFs område. Norges Jeger- og Fiskerforbund Akershus
9. Dønnum, B. O. 2000b. Elfiskeundersøkelser i gytebekker i 1997-99. Resultater fra Nittedal og Hakadal SJFF. Norges Jeger- og Fiskerforbund Akershus
10. Lydersen, E. 1990. The Solubility and Hydrolysis of Aqueous Aluminium Hydroxides in Dilute Fresh Waters at Different Temperatures. *Hydrology Research* 21: 195–204
11. Gensemer, R. W. og Playle, R. C. 1999. 'The Bioavailability and Toxicity of Aluminum in Aquatic Environments', *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 29: 315–450
12. Raddum, G. G. og Fjellheim, A. 1984. Acidification and early warning organisms in freshwater in western Norway. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 1973–1980
13. Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanndirektivet (2015). Veileder 02:2013 – revidert 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver
14. Aas W., Fiebig M., Platt S., Solberg S. og Yttri K. E. 2016. Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway, annual report 2015. Miljødirektoratet-rapport No. M-562
15. Garmo, Ø. A., Kroglund, F. og Austnes, K. 2011. Vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede innsjøer i Oslo og Akershus. NIVA Rapport l.nr. 6151-2011
16. Hindar, A. og Skancke, L. B. 2008. Vannkjemisk utvikling i innsjøer etter avsluttet kalking. NIVA rapport l.nr. 5628-2008
17. Ruben A. Pettersen, upubliserte data
18. Hesthagen, T., Fiske, P. og 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
19. Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T. G., Rasmussen, G. og Saltveit, S. J. 1989. Electrofishing – Theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173: 9–43.
20. Norsk Standard
21. Larsen, B. M., Sandlund, O. T., Gabrielsen, S. E., Saksgård, L. og Saksgård, R. 2010. Metodiske utfordringer i undersøkelsene av ungfisk av laks og ørret i effektkontrollen i kalkede vassdrag. NINA Rapport 644
22. Sandlund, O. T. (red.), Bergan, M. A., Brabrand, Å., Diserud, O. H., Fjeldstad, H.-P., Gausen, D., Halleraker, J. H., Haugen, T., Hegge, O., Helland, I. P., Hesthagen, T., Nøst, T., Pulg, U., Rustadbakken, A. og Sandøy, S. 2013. Vannforskriften og fisk – forslag til klassifiseringssystem. Miljødirektoratet, Rapport M22-2013



23. Trond Bremnes, personlig melding
24. Ruben A. Pettersen, upubliserte data
25. <http://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>
26. <https://kalkingsbasen.miljodirektoratet.no/>
27. Nasjonal berggrunnsdatabase, <https://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>
28. Dønnum, B. O. 2001. Kartlegging av gytebekker i Nannestad kommune. Norges Jeger- og Fiskerforbund Akershus
29. Trond Bremnes, personlig melding
30. Poléo, A. B. S. 1995. Aluminium polymerization – a mechanism of acute toxicity of aqueous aluminium to fish. *Aquatic Toxicology* 31: 347–356
31. Jenssen, E. A., Leivestad, H. og Muniz, I. P. 1989. Surt vann og smoltoppdrett: sluttrapport fra Vannbehandlingsprosjektet SALAR/BP 1984-87, Salar a.s, Rossland
32. Skogheim, O. K. og Rosseland, B. O. 1984. A Comparative Study on Salmonid Fish Species in Acid Aluminium-Rich Water 1. Mortality of eggs and alevins. Institute of Freshwater Research Drottningholm Report. 61: 177–185
33. Pedersen, H. B. og Oppegård, B. 1992. Praktiske erfaringer med korallgruskalkinger. Akershus Jeger- og Fiskerforbund og Akershus fylkeskommune, miljøvernavdelingen. ISBN 82-7473-028-3. ISSN 0802-0582
34. Pedersen, H. B., Dønnum, B. O. og Oppegård, B. 1995. Effekter av korallgruskalkinger. Akershus Jeger- og Fiskerforbund og Fylkesmannen i Oslo og Akershus, miljøvernavdelingen. ISBN 82-91143-15-3
35. Direktoratet for naturforvaltning 1990. Håndbok i kalking av surt vann. 2. utg.
36. Barlaup, B. T., Hindar, A., Kleiven, E. og Raddum, G. G. 2002. Bekkekalking med skjellsand og kalkgrus – effekter på vannkjemi og biologi. DN Utredning 2002-5
37. Kalkingsplan for Oslo og Akershus 2011–2015. Fylkesmannen i Oslo og Akershus. Høringsutkast 12. juni 2011
38. Simmons, K. R., Cieslewicz, P. G. og Zajicek, K. 1996. Limestone treatment of Whetstone Brook, Massachusetts. II. Changes in Brown Trout (*Salmo trutta*) and Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*) Fishery. *Restoration Ecology*. 4: 273–283
39. Lacroix, G. L. 1992. Mitigation of low stream pH and its effects on salmonids. *Environmental Pollution*. 78: 157–164
40. www.vann-nett.no, tiltaks-ID 5101-1380-M
41. Reuss, J. O. og Johnson, D. W. 1986. Acid deposition and the acidification of soils and waters. *Ecological Studies* (Vol. 59), Springer-Verlag, New York

Fotokrediteringer

Foto i forordet: Ruben A. Pettersen

Figur 2: Ruben A. Pettersen

Figur 3: Erik Telle

Figur 4: Ruben A. Pettersen

Figur 5: Lise Heier

Figur 6: Ruben A. Pettersen

Figur 7: Ruben A. Pettersen

Appendiks

A1 Koordinater til lokalitetene

Koordinater til lokalitetene for el-fiske og bunndyrprøvetaking er gitt i tabell A1–A3.

TABELL A1. KOORDINATER TIL EL-FISKELOKALITETENE

Bekk/elv	Koordinater (UTM-33)	
	Start	Slutt
Fiskeløysa	270680, 6684880	270713, 6684920
Stårsjøbekken	267533, 6681522	267486, 6681624
Øvre Rotua	270146, 6681181	270177, 6681173
Elsjøbekken	269006, 6680488	268945, 6680527
Piperbekken	266697, 6679144	266765, 6679137
Steinsortungsbekken	269683, 6677329	269680, 6677399
Guriputtbekken	271679, 6677127	271674, 6676965
Østbydalsbekken	273256, 6674877	273235, 6675030
Eiksbekken	273536, 6673809	273505, 6673827
Ulvedalsbekken	278240, 6663763	278253, 6663659

TABELL A2. KOORDINATER TIL LOKALITETENE FOR BUNNDYRPRØVETAKING I BEKKENE

Bekk/elv	Koordinater (UTM-33)	
	Ovenfor kalk	Nedenfor kalk
Fiskeløysa	270662, 6684863	270720, 6684925
Stårsjøbekken	267560, 6681467	267486, 6681624
Øvre Rotua	269214, 6681424	269332, 6681439
Elsjøbekken	269013, 6680159	268945, 6680527
Piperbekken	266636, 6679162	266812, 6679094
Steinsortungsbekken	269675, 6677429	269620, 6677162
Guriputtbekken	271689, 6677150	271674, 6676965
Østbydalsbekken	273222, 6675058	273256, 6674847
Eiksbekken	273613, 6673835	273449, 6673823
Ulvedalsbekken	278247, 6663785	278244, 6663638

TABELL A3. KOORDINATER TIL LOKALITETENE FOR BUNNDYRPRØVETAKING I VANNENE

Innsjø/tjern	Koordinater (UTM-33)
Store Snellingen	267699, 6688164
Tangetjernet	271869, 6685156
Østre Herretjern	270061, 6682834
Tollevstjernet	272920, 6680288
Bjertnessjøen	271459, 6680158
Vesle Elsjø	269060, 6679538
Vrangen	268052, 6678320
Dalstjernet	272614, 6678218
Hakkimtjernet	269840, 6677325
Steinsortungen	269612, 6677147



Djupøyungen	272784, 6676775
Storøyungen	272129, 6676332
Tjerttjernet	273848, 6675813
Store Skjellbreia	273148, 6675770
Smalgjermenningen lok. 1	273307, 6673919
Smalgjermenningen lok. 2	273166, 6673552
Kirkebygjermenningen	272788, 6672761
Gjerdrumsgjermenningen	273418, 6671652
Løvstادتjernet	273682, 6671343
Buvatnet	274810, 6668682
Mastutjern/Flabben	273853, 6665604

A2 Vannkjemiske parametre og beregning av ANC

De vannkjemiske parametrene som ble analysert i vannprøvene tatt i bekkene, er gitt i tabell A4.

Vannets syrenøytraliserende kapasitet (ANC) ble beregnet ved følgende formel⁽⁴¹⁾:

$$\text{ANC} = ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) - ([\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-] + [\text{Cl}^-])$$

der [] = konsentrasjon i $\mu\text{ekv/L}$, dvs. $\mu\text{mol/L} \cdot \text{ionets ladning}$.

TABELL A4. OVERSIKT OVER FYSISKE OG KJEMISKE ANALYSER AV VANNPRØVENE FRA BEKKENE. FORKORTELSENE BENYTTET I DATABASEN VANNMILJØ ER OPPGITT.

Parameter	Forkortelse	Enhet	Analysemetode
Alkalitet	ALK	mmol/L	NS-EN ISO 9963-1
Kalsium	CA	mg/L	NS-EN ISO 11885:2009
Klorid	CL	mg/L	EPA Method 325.2
Fargetall	FARGE	mg/L Pt	NS-EN ISO 7887:2011
Kalium	K	mg/L	NS-EN ISO 11885:2009
Konduktivitet	KOND	mS/m	NS ISO 7888
Magnesium	MG	mg/L	NS-EN ISO 11885:2009
Natrium	NA	mg/L	NS-EN ISO 11885:2009
Nitrat	N-NO3	$\mu\text{g/L N}$	NS-EN ISO 13395
pH	PH		NS-EN ISO 10523:2012
Sulfat	SO4	mg/L	NS-EN ISO 10304-1:2009
Totalt fosfor	P-TOT	$\mu\text{g/L P}$	NS-EN ISO 15681-2
Totalt nitrogen	N-TOT	$\mu\text{g/L N}$	NS 4743
Totalt organisk karbon	TOC	mg/L C	NS-EN 1484 IR
Turbiditet/lysgjennomtrengning, vannets klarhet	TURB	FNU	NS-EN ISO 7027-2

A3 Kalkingshistorikk

Kalkingshistorikken til bekkene og innsjøene er gitt i hhv. tabell A5 og A6.

TABELL A5. KALKINGSHISTORIKK OG -TILSTAND I BEKKENE SAMT HVORVIDT VANNET OVENFOR KALKES

Bekk	Historikk og tilstand korallgrus	Kalking ovenfor bekken
Fiskeløysa	Kalket første gang i 1996, tilstrekkelig da. Sekket kalk i 2001, 4 tonn. Grovkalk i 2003, 2 tonn. Korallgrus i bulk i 2004 og 2005, 1+1 tonn. Kalken er spredt utover. Lite kalk i bekken, mye begroing.	Råbjørn er kalket årlig, men ikke i 2011, 2012 eller 2014.
Stårsjøbekken	Kalket første gang i 1991. Sekket korallgrus i 2004 og 2005. 1+1 tonn. Kalken er spredt utover fra veien.	Stårsjøen er kalket årlig, siste gang i 2013. Kolsjøen er kalket årlig fra 1995.
Øvre Rotua	Kalket første gang i 1989, tilstrekkelig kalket i 1995. Grovkalk i 2001 og 2003, korallgrus i bulk i 2004 og 2005. 30+8+7+7. Mye skarpe kanter på korallgrusen. Tatt prøver.	Råsjøen er kalket årlig, unntatt i 2012 og 2014.
Elsjøbekken	Kalket første gang i 1989, tilstrekkelig kalket i 1991. Sekket kalk i 2001 og 2003. 1+1 tonn. Kalken har forvitret en del. Ikke store mengder kalk. 50 m med spredt innslag.	Elsjøene og Bakkholtjerna er kalket årlig.
Piperbekken	Kalket første gang i 1989, tilstrekkelig kalket i 1992. Grovkalk i 2001 og 2003, 1+2 tonn. Korallgrus i bulk i 2004 og 2005. 1+1 tonn.	Piperen er kalket årlig fra 1997, men ikke i 2012 eller 2014. Piperfløyta er kalket årlig fra 1997. Dampiperen og Langpiperen er så å si ikke kalket.
Steinsortungsbekken	Kalket første gang i 1989, tilstrekkelig da. Sekkeutflyvning i 2001. 1 tonn. Tatt prøver av korallgrusen.	Steinsortungen er kalket årlig.
Guriputtbekken	Ikke kalket før 1999, er kalket med 2 tonn korallgrus. Vannet er mørkerødt av jern.	Guriputten er kalket årlig, men ikke i 2014.
Østbydalsbekken	Kalket første gang i 1993. Grovkalk i 2001. 6 tonn. 40 m med korallgrus.	Store Skjellbreia er kalket årlig.
Eiksbekken	Kalket første gang i 1991. Grovkalk i 2001, 6 tonn. Korallgrus i bulk i 2004 og 2005. 2+2 tonn. Lite av grusen synes i dag, og det ble funnet uvanlig lite kalk. Bekken har mye begroing av grønnealger og mose. Tilsig med mye Fe ³⁺ .	Tjerntjernet og Helletjernet er kalket årlig, men Helletjernet ikke i 2014.
Ulvedalsbekken	Kalket første gang i 1991, tilstrekkelig kalket fra 1997. Ingen korallgrus å se. Mye sedimenter fra skytebanen. Tungmetaller?	Ikke noe vann ovenfor. Ingen kalking.



TABELL A6. LISTE OVER INNSJØENE MED KALKINGSHISTORIKK, MENGDE KALK TILFØRT, AREAL AV INNSJØENE OG MENGDE KALK PER AREAL. MENGDE KALK ER OPPGITT SOM GJENNOMSNIITT FRA 2005 TIL 2014 ELLER KALKSTOPP. VARIASJON FRA ÅR TIL ÅR ER OPPGITT SOM STANDARDAVVIK I PARENTES. AREALENE ER HENTET FRA NVEs DATABASE REGINE, SOM FINNES PÅ ATLAS.NVE.NO.

Innsjø	Kalket første gang	Kalkingsstatus per 2014	Mengde kalk tilført hvert år fra 2005 (tonn).	Areal (km²)	Mengde kalk tilført per hektar per år
Store Snellingen	1988	Kalkes	5,360 (0,120)	0,5141	0,104 (0,002)
Tangetjernet	1987	Kalkes	3,600 (0,141)	0,0183	1,967 (0,077)
Østre Herretjern	1986	Kalkes	3,500 (0,173)	0,0441	0,794 (0,039)
Tollefstjernet	1986	Kalkes	7,050 (0,258)	0,0277	2,545 (0,093)
Bjertnessjøen	1986	Sist kalket i 2013, ikke kalket 2009–2012	10,667 (11,926)	0,4268	0,250 (0,279)
Vesle Elsjø	1986	Kalkes	0,870 (0,064)	0,0548	0,159 (0,012)
Vrangen	1986	Sist kalket i 2013, ikke kalket i 2012	7,111 (2,514)	0,3698	0,192 (0,068)
Dalstjernet	Etter 1989	Sist kalket i 2002	0	0,0347	0
Hakkimtjernet	1986	Kalkes	0,870 (0,064)	0,0363	0,240 (0,018)
Steinsortungen	1986	Kalkes	1,680 (0,232)	0,1622	0,104 (0,014)
Djupøyungen	1989	Sist kalket i 2013, ikke kalket i 2012	5,333 (1,886)	0,2065	0,258 (0,091)
Storøyungen	1986	Kalkes	24,00 (0)	0,9764	0,246 (0)
Tjerntjernet	1987	Kalkes	7,140 (0,066)	0,1023	0,698 (0,006)
Store Skjellbreia	1989	Kalkes	3,600 (0,141)	0,0928	0,388 (0,015)
Smalgjermenningen/ Kirkebygjermenningen	1987/1988	Avsluttet før 1995	0	0,2326	0
Gjerdrumsgjermenningen	1988	Avsluttet før 1995	0	0,1338	0
Løvstadtjernet	Etter 1989	Sist kalket i 1996	0	0,0153	0
Buvatnet	1987	Kalkes	0,870 (0,064)	0,1384	0,063 (0,005)
Mastutjern/Flabben	1987	Sist kalket i 2013	0,856 (0,050)	0,0452	0,189 (0,011)

A4 Sammenligning av tilstandsklasse basert på fisketetthet vs. bunnfauna

Bekkenes tilstandsklasse basert på fisketetthet ble sammenlignet med tilstandsklassen basert på bunnfauna (tabell A7). Det ble ikke funnet noen sammenheng (mao., god/dårlig tilstandsklasse basert på fisketetthet betyr ikke god/dårlig tilstandsklasse basert på bunnfauna).

TABELL A7. SAMMENLIGNING AV BEKKENES TILSTANDSKLASSE MHT. FISKETETTHET (HORIZONTALT) OG BUNNFAUNA (VERTIKALT)

Bunnfauna	Svært god					
	God					
	Moderat	Øvre Rotua	Piperbekken	Stårsjøbekken	Eiksbekken, Østbydalsb.	Elsjøbekken
	Dårlig	Fiskeløysa				Steinsortungs.
	Svært dårlig		Ulvedalsb.		Guriputtb.	
		Svært dårlig	Dårlig	Moderat	God	Svært god
	Fisketetthet					

A5 Elve- og innsjøtype

Alle bekkene hadde elvetyper «kalkfattig, humøs» bortsett fra Fiskeløysa, som våren 2014 var «svært kalkfattig, humøs», og Østbydalsbekken, som var «moderat kalkrik, klar» (tabell A8). For denne elvetyper er det ikke definert tilstandsklasser basert på vannkjemi. Steinsortungsbekken lå på grensen mellom «klar» og «humøs».

Alle innsjøene hadde innsjøtypen «kalkfattig, klar» eller «kalkfattig, humøs», bortsett fra Kirkebyggermenningen, som var «moderat kalkrik, humøs» (tabell A9). For den sistnevnte innsjøtypen er det ikke definert tilstandsklasser basert på vannkjemi. Smalggermenningen og Kirkebyggermenningen er regnet som ett vann i databasen Vannmiljø, og det foreligger derfor kun ett sett vannkjemidata.



TABELL A8. BESTEMMELSE AV ELVETYPE ETTER TABELL 3.6 OG 7.1 I KLASSIFISERINGSVEILEDEREN. PRØVERESULTAT FOR OVENFOR OG NEDENFOR KALKEN ER OPPGITT. DER FARGETALL OG TOTALT ORGANISK KARBON (TOC) GIR FORSKJELLIG ELVETYPE, ER BEGGE TYPER OPPGITT.

Bekk/elv	Tidspunkt	Kalsium mg/L	Alkalitet mekv/L	Fargetall mg/L Pt	TOC mg/L C	Elvetype	Typenr.
Fiskeløysa	vår 2014	0,93; 0,92	<0,03; <0,03	36; 31		Svært kalkfattig, humøs	14d
Fiskeløysa	høst 2014	1,3; 1,3	0,03; 0,03	33; 36	5,4; 5,4	Kalkfattig, humøs	17
Stårsjøbekken	vår 2013	1,7; 1,6	0,04; 0,03	73; 86		Kalkfattig, humøs	17
Stårsjøbekken	høst 2014	3,0; 3,0	0,14; 0,14	60; 64	7,7; 7,9	Kalkfattig, humøs	17
Øvre Rotua	vår 2014	1,3; 1,3	0,05; 0,04	34; 33		Kalkfattig, humøs	17
Øvre Rotua	høst 2014	1,4; 1,5	0,05; 0,04	36; 35	5,9; 5,6	Kalkfattig, humøs	17
Elsjøbekken	høst 2014	2,9; 2,8	0,11; 0,11	34; 33	5,4; 5,1	Kalkfattig, humøs	17
Piperbekken	vår 2014	1,5; 1,1	0,04; 0,06	37; –		Kalkfattig, humøs	17
Piperbekken	høst 2014	1,8; 1,9	0,06; 0,07	45; 45	6,8; 6,9	Kalkfattig, humøs	17
Steinsortungsbekken	høst 2014	2,2; 2,2	0,07; 0,07	25; 25	5,4; 5,4	Kalkfattig, klar–humøs	16–17
Guriputtbekken	høst 2014	3,9; 3,8	0,14; 0,13	57; 58	8,2; 8,5	Kalkfattig, humøs	17
Østbydalsbekken	høst 2014	5,2; 5,0	0,22; 0,19	18; 20	4,1; 4,5	Moderat kalkrik, klar	18
Eiksbekken	vår 2014	1,2; 1,2	<0,03; <0,03	139; 138		Kalkfattig, humøs	17
Eiksbekken	høst 2014	2,9; 2,9	0,07; 0,07	65; 64	9,1; 9,0	Kalkfattig, humøs	17
Ulvedalsbekken	vår 2014	4,1; 3,7	0,08; 0,07	47; 34	7,4; 6,5	Kalkfattig, humøs	17

TABELL A9. BESTEMMELSE AV INNSJØTYPE ETTER TABELL 3.5 I KLASSIFISERINGSVEILEDEREN. VANNPRØVER SAMLET INN I FYLKESMANNENS OVERVÅKINGSPROGRAM ER BENYTTET (HENTET FRA DATABASEN VANNMILJØ). VERDIER FOR BEREGNET KALSIMUM ER HENTET FRA GARMO M.FL. (2011). DER FARGETALL OG TOTALT ORGANISK KARBON (TOC) GIR FORSKJELLIG INNSJØTYPE, ER BEGGE TYPER OPPGITT.

Innsjø/tjern	Kalsium, gj.snitt 2005-2014. mg/L	Naturlig kalsium, beregnet	Fargetall, gj.snitt 2005-2014. mg/L Pt	TOC, gj.snitt 2005-2014.* mg/L	Innsjøtype	Typenr.
Store Snellingen	1,87		23,90	4,23	Kalkfattig, klar	16
Tangetjernet	1,78		34,25	4,60	Kalkfattig, klar-humøs	16-17
Østre Herretjern	1,97		42,78	6,30	Kalkfattig, humøs	17
Tollefstjernet	2,19		18,78	4,00	Kalkfattig, klar	16
Bjertnessjøen	1,56	1,4	36,50	5,20	Kalkfattig, humøs	17
Vesle Elsjø	2,49		43,50	5,65	Kalkfattig, humøs	17
Vrangen	1,93	1,2	64,32	8,62	Kalkfattig, humøs	17
Dalstjernet	2,75		13,75	–	Kalkfattig, klar	16
Hakkimtjernet	2,40	1,1	45,00	7,87	Kalkfattig, humøs	17
Steinsortungen	2,31		38,09	5,66	Kalkfattig, humøs	17
Djupøyungen	2,88	1,4	20,57	3,87	Kalkfattig, klar	16
Storøyungen	3,01		41,43	6,59	Kalkfattig, humøs	17
Tjerttjernet	2,79		45,88	7,17	Kalkfattig, humøs	17
Store Skjellbreia	3,27	1,3	35,50	5,60	Kalkfattig, humøs	17
Kirkebygjernmenningen	6,80		57,50	7,05	Moderat kalkrik, humøs	19
Gjerdrumsgjernmenningen	3,77		49,33	6,50	Kalkfattig, humøs	17
Løvstadtjernet	3,60		52,00	7,40	Kalkfattig, humøs	17
Buvatnet	2,45		64,13	12,00	Kalkfattig, humøs	17
Mastutjern/Flabben	3,15		23,70	4,80	Kalkfattig, klar	16

*Mange er basert på bare noen få målinger, men de fleste inkluderer 2014.