

NIVA



RAPPORT LNR 4261-2000

**Vannkvalitet og stor
salamander i Geitaknottane
naturreservat, Hordaland**



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Vannkvalitet og stor salamander i Geitaknottane naturreservat, Hordaland	Løpenr. (for bestilling) 4261-2000	Dato 16. november 2000	
	Prosjektnr. Undernr. O-97178	Sider 31	Pris 75,-
Forfatter(e) Hobæk, Anders Hage, Morten (Zoologisk Institutt, UiB) Solhøy, Torstein (Zoologisk Institutt, UiB) Myklebust, Olav A. (Zoologisk Institutt, UiB)	Fagområde Sur nedbør	Distribusjon	
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA	

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernavdelinga	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Vannkvaliteten i små vannforekomster i Geitaknottane naturreservat ble undersøkt i oktober 1997 og i april 1999. Resultatene viste at området var påvirket av deponering av sjøsalter i 1997, og vannkvaliteten var derfor dårligere enn "normalt" ved denne undersøkelsen. Data fra april 1999 viste en mer normal situasjon. Resultatene er i rapporten brukt til å diskutere vannkjemiske kvalitetskriterier for stor salamander, sett i sammenheng med en enkel vurdering av andre habitatkrav. Voksne salamandre er observert i mange lokaliteter som synes å ha vannkvaliteter som er marginale eller uegnet for reproduksjon, og antallet lokaliteter der reproduksjon er påvist var vesentlig lavere. Basert på målinger fra 1997, kan ANC (syrenøytraliserende evne) på 15 $\mu\text{ekv/liter}$ antydes som en nedre grense for reproduksjon hos stor salamander i Geitaknottane. Det ble ikke registrert reproduksjon ved pH <5,8.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stor salamander 2. Vannkvalitet 3. Forsuring 4. Habitatkrav 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Northern crested newt 2. Water quality 3. Acidification 4. Habitat selection
--	---


Anders Hobæk
Prosjektleder


Brit Lisa Skjelkvåle Monsen
Forskningsleder


Nils Roar Selthun
Forskningsjef

Vannkvalitet og stor salamander i Geitaknottane naturreservat, Hordaland

Forsidebildet viser utsyn over Geitaknottane mot øst.
I bakgrunnen Hardangerfjorden og Folgefonna.
Foto: Morten Hage

Forord

Denne undersøkelsen er gjennomført i et samarbeid mellom Zoologisk Institutt ved Universitet i Bergen og NIVAs Vestlandsavdeling, og er finansiert av Miljøvernavdelingen (MVA) hos Fylkesmannen i Hordaland. Opprinnelig omfattet undersøkelsen en enkel kartlegging av vannkvalitet i Geitaknottane naturreservat i 1997. Disse resultatene ble sammenfattet i et kort notat til MVA i januar 1998. Resultatene tydet imidlertid på at vannkjemien var markert påvirket av atmosfærisk tilførte sjøsalter ved dette tidspunktet. Det ble derfor gjennomført en ny prøvetakingsrunde våren 1999 i et utvalg av lokalitetene fra 1997.

I denne rapporten presenteres de vannkjemiske resultater fra begge undersøkelsene (i 1997 og 1999). Sammen med en systematisering av observasjonsseriene for salamandrenes forekomst og reproduksjon i dammene i Geitaknottane er dette benyttet til å diskutere vannkvalitetskrav hos stor salamander i forhold til forsuring.

Vannprøvene er samlet inn av Olav Myklebust og Morten Hage. Sistnevnte har også stått for registrering av salamandre. Prosjektansvarlig ved Zoologisk Institutt har vært Torstein Solhøy, mens Håvard Bjordal har vært MVAs saksbehandler. Kjell Hegna ved MVA har bidratt med kommentarer til de vannkjemiske analysene. Takk til alle for et konstruktivt samarbeid. Vi skylder også takk til Dag Dolmen (Vitenskapsmuseet, NTNU), hvis tidligere registreringer i Geitaknottane har vært et viktig grunnlag for dette arbeidet.

Bergen, 16. november 2000

Anders Hobæk

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Materiale og metoder	8
2.1 Områdebeskrivelse	8
2.2 Registreringer av salamandre	8
2.3 Vurdering av lokalitetenes egnethet	8
2.4 Vannkjemiske undersøkelser	8
3. Resultater	10
3.1 Vannkjemi	10
3.1.1 Høsten 1997	10
3.1.2 Våren 1999	14
3.1.3 Vannkvalitetsklasser	18
3.2 Salamandrenes forekomst i dammene	20
3.2.1 Egnethet	20
3.2.2 Vannkvalitet	21
4. Diskusjon	24
5. Henvisninger	27
Vedlegg A.	29

Sammendrag

Geitaknottane naturreservat i Hordaland har en stor bestand av stor salamander (*Triturus cristatus* [Laurenti]). Området er forholdsvis uberørt og har mange små vannforekomster i form av dammer og små tjern. Vi undersøkte vannkvalitet i et utvalg dammer og tjern i oktober 1997, og igjen i slutten av april 1999. Hensikten var dels å dokumentere variasjonsbredden i vannkvalitet i området, og dels å søke å relatere salamandrenes habitatvalg til vannkvalitet. Forekomsten av salamandre i dammene er blitt registrert med varierende innsats fra 1990.

Høsten 1997 var vannkvaliteten i Geitaknottane tydelig påvirket av deponerte sjøsalter, noe som karakteriserte store deler av Vestlandet dette året. Det var et betydelig spenn i vannkvalitet i området, med syrenøytraliserende evne (ANC) fra – 20 til over 250 $\mu\text{ekv/l}$ i 1997. Data fra 1999 viste en mer normal situasjon, og bedre vannkvalitet i vannforekomstene med dårligst bufferevne.

Basert på vannkvalitetsdata fra 1997 og data på forekomst av voksne salamandre og påvist reproduksjon i de enkelte lokaliteter kan disse grupperes i tre kategorier. I lokaliteter med $\text{ANC} < 15 \mu\text{ekv/l}$ er det aldri påvist reproduksjon. I lokaliteter med ANC fra 15-60 $\mu\text{ekv/l}$ er det påvist reproduksjon i en mindre del av dammene (ca. 20%), mens i lokaliteter med $\text{ANC} > 60 \mu\text{ekv/l}$ er det påvist reproduksjon i en stor andel av dammene (ca. 50%). Adulte salamandre er ofte observert i dammer der det ikke er påvist reproduksjon.

Siden også andre karakteristika ved lokalitetene vil influere på salamandrenes habitatvalg, er det nødvendig å skille effekten av disse fra effektene av vannkvalitet. Dette ble gjort ved å bruke en enkel score for habitatkvalitet basert på en rekke karakteristika (dybde, vannvegetasjon, bunnsubstrat, strandsone). En sammenstilling av disse data med vannkvalitet og habitatbruk viste at begge aspekter har betydning for salamandrenes reproduksjon.

Summary

Title: Water quality and northern crested newts in the Geitaknottane nature reserve, Hordaland, Norway

Year: 2000

Author: Hobæk, A., M. Hage, T. Solhøy & O. Myklebust

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3888-3

The water quality of small waterbodies in the Geitaknottane nature reserve was measured in 1997 and 1999 with respect to major ion concentrations and acidification parameters. The reserve has a good population of northern crested newts (*Triturus cristatus* [Laurenti]), and the data were collected partly to study the range of variation within the reserve, and partly to delimit water quality requirements by the newts during their aquatic phase. In October 1997, the water chemistry was influenced by seasalt deposition and presumed ion exchange processes in the soil. In late April 1999, the water quality was 'normal', and showed generally higher pH and Acid Neutralising Capacity (ANC).

Based on water quality data from 1997 and data on the occurrence of adult newts as well as larvae in the ponds, we find that reproduction has not been recorded below $ANC = 15 \text{ microequivalents}\cdot\text{l}^{-1}$, and the incidence of reproduction was lower (about 20%) in the ANC interval 15-60 than above 60 $\text{microequivalents}\cdot\text{l}^{-1}$ (reproduction in about 50% of the ponds). Adult newts were often observed in ponds where no reproduction could be found, indicating that adults do not have the same water quality requirements as the larvae.

We also scored each pond for its general habitat quality for northern crested newts, based on characteristics other than water quality (water depth, aquatic vegetation, bottom substrate, littoral zone). By combining these data with water quality and occurrence of newts in the ponds, we find that both sets of characteristics influence habitat selection and reproduction by the newts.

1. Innledning

Geitaknottane naturreservat ble opprettet ved Kgl res. av 19.12.97. Hensikten med reservatet er blant annet å verne betydelige bestander av to rødlistearter, nemlig stor salamander (*Triturus cristatus*) og kongsbregne (*Osmunda regalis*). I følge Størkersen (1992) regnes stor salamander i Norge som direkte truet, og internasjonalt står den på Bern-konvensjonens liste II. Kongsbregnen har i Norge vernestatus V+, dvs. hensynskrevende (Størkersen 1992).

Bestanden av stor salamander i Geitaknottane har fått ry som den største i Europa, kanskje i verden. Det knytter seg derfor spesiell interesse til bestandens utvikling, og eventuelle trusselfaktorer. Fra forekomsten ble dokumentert av Dolmen (1993) er det gjennomført en rekke registreringer av salamandre i området (Hage 1998, 1999b), og det er skrevet to hovedoppgaver om ulike aspekter av artens økologi basert på undersøkelser her (Myklebust 1998, Hage 1999a).

Amfibier er truet av mange ulike forhold, som drenering av områder med egnede lokaliteter (dammer og tjern), utsetting av fisk, økende samferdsel, og forurensning. I den siste kategorien regnes sur nedbør også som en viktig trussel (Dolmen 1987, sitert av Griffiths 1996), fordi surt vann kan ha flere skadelige effekter på både stor og liten salamander (Griffiths 1996). Larvestadiet er akvatisk og ånder med gjeller. Det har derfor vært av interesse å kartlegge vannkvalitet i vannforekomstene i naturreservatet. Myklebust (1998) analyserte forekomst av adulte salamandre i området i forhold til pH, ledningsevne og fargetall, og fant at lav pH til en viss grad var korrelert med færre salamander-observasjoner. Dette er i samsvar med litteraturen ellers, men samtidig synes stor salamander å finnes i både surere og mer humøse lokaliteter i Vest-Norge og Midt-Norge enn i Øst-Norge og Europa ellers (Dolmen 1981, Myklebust 1998). Det er derfor et klart behov for bedre dokumentasjon av artens krav til vannkvalitet.

Som en oppfølging av Myklebusts prøvetaking i juli 1997 ble det tatt vannprøver fra 50 lokaliteter i Geitaknottane i oktober 1997 for mer omfattende analyser ved NIVAs laboratorium. Resultatene av disse analysene tydet på at vannkjemien i området på dette tidspunktet var preget av stort nedfall av sjøsalter. Resultatene fra denne undersøkelsen ble sammenfattet i et upublisert notat, og senere fulgt opp med ny prøvetaking i 21 av lokalitetene i slutten av april 1999.

I denne rapporten presenteres de vannkjemiske resultatene fra 1997 og 1999. Videre er resultatene stilt sammen med registreringer av voksne salamandre og påvist reproduksjon i lokalitetene, i et forsøk på å belyse nærmere hvilken betydning vannkjemien kan ha for salamandrenes bruk av dammer og tjern i sommerhalvåret. Siden vannkvalitet bare er ett av flere aspekter ved habitatkravene til stor salamander, har vi inkludert en totalvurdering av de aktuelle lokalitetenes egnethet for salamandre utenom vannkvaliteten. Hensikten med dette er å kunne vurdere om vannkvaliteten har noen betydning i forhold til andre faktorer.

2. Materiale og metoder

2.1 Områdebeskrivelse

Geitaknottane naturreservat ligger på vestsiden av Hardangerfjorden i grenseområdet mellom kommunene Kvinnherad, Kvam og Fusa i Hordaland. Området strekker seg i hovedsak fra 100 til 300 moh. Berggrunnen er vesentlig basisk og domineres av grønnstein og amfibolitt (omdannede vulkanske bergarter av kambrosilurisk alder). Terrenget er svært knudrete og kupert med mange rygger og fordypninger (jfr. foto på rapportens forside). Her er lite løsmasser og tynt dekke av jordsmonn, men mange mindre fordypninger er preget av torvdanning og og myr. Tørrere områder har en del gras- og lynghei, og glissen furuskog preger området. En del kalkkrevende plantearter forekommer både i heivegetasjonen og i myrene, og området har en rik flora totalt sett (Moe 1995). Dette henger trolig delvis sammen med en del kalk i berggrunnen, og delvis med et gunstig klima. Denne delen av landet har et klart oseanisk preg, med milde vintre og forholdsvis varme somre. Normalen for nedbør er 2570 mm pr. år på nærmeste værstasjon (Omastrand). Middelsestemperaturen for året er her 7,2 °C, og ingen måneder har normal middelsestemperatur under 0 °C (data fra DNMI).

2.2 Registreringer av salamandre

I 1990-92 ble et stort antall (>100) dammer og tjern i området undersøkt (Dolmen 1993). Disse lokalitetene og noen flere er senere fulgt opp med registreringer fra og med 1996. En sammenstilling av alle data fram til 1998 finnes i Hage (1998), og tellinger i 1999 er sammenfattet i Hage (1999).

Registreringene er gjennomført ved å gå på bredden rundt dammene og notere alle salamandre som ble observert. Registreringene er så langt mulig gjennomført under optimale observasjonsforhold, dvs. på dager med oppholdsvær og vindstille. Det ble registrert voksne salamandre og larver, mens eggene (som legges på vegetasjon) ikke er registrert. Påvist reproduksjon betyr dermed at eggene i alle fall har klekket i lokaliteten.

Datagrunnlaget for de enkelte lokalitetene er ujevnt. Mange av de gode salamanderlokalitetene har vært hyppig besøkt, mens andre lokaliteter av antatt dårligere kvalitet bare er undersøkt noen få ganger i perioden 1990-99. Dette gjelder også lokaliteter som ligger i utkanten av området eller er spesielt utilgjengelige. Det har derfor vært vanskelig å gradere forekomsten av salamandre. For å vurdere betydningen av vannkjemiske og andre forhold har vi derfor gruppert lokalitetene på enkleste måte: Voksne salamandre er påvist eller ikke, og reproduksjon (larver) er påvist eller ikke.

2.3 Vurdering av lokalitetenes egnethet

Foruten vannkjemiske faktorer vil en rekke andre forhold ha avgjørende betydning for om en vannforekomst egner seg for salamandre. Vi har gruppert lokalitetene i tre kategorier: 1 (Ugunstig/lite egnet), 2 (Gunstig) og 3 (Meget gunstig). Denne grupperingen er basert på følgende forhold: Dammenes dybde, type vannvegetasjon, mengde vannvegetasjon, bunnsubstrat, strandsonens beskaffenhet, evt. tilstedeværelse av fisk. Klassifiseringen er gjort med basis i litteraturen og i erfaring med registreringer i Geitaknottane. Salamandrene synes å foretrekke dammer som er 50 cm dype eller mer, har klart vann og finkornet (gjerne lyst) sediment på bunnen. Vannplanter er viktig for salamandrenes egglegging, og i Geitaknottane synes forekomst av bukkeblad og nøkkeroser å være gunstig. Tilgang til fast fjell langs bredden synes også å være positivt for salamandrene.

2.4 Vannkjemiske undersøkelser

De fleste lokalitetene i Geitaknottane naturreservat er små og mangler utløp. Vannprøver ble derfor tatt fra kanten av hver lokalitet så langt ut i vannet som det var mulig å rekke. Det ble brukt 0,5 liter

plastflasker ("Sur nedbør – flasker"). Prøvene ble oppbevart i kjøleskap og sendt til laboratoriet i Oslo senest dagen etter prøvetaking.

Alle kjemiske analyser er utført ved NIVAs laboratorium. Samtlige vannprøver er blitt analysert for følgende parametre: pH, konduktivitet, alkalitet, klorid, sulfat, nitrat, totalt nitrogen, kalsium, magnesium, natrium, kalium, reaktivt og ikke-labilt aluminium (RAI og IIAI), og totalt organisk karbon. Parametrene og analysemetodene er kort beskrevet i Vedlegg A. Basert på måleresultatene er det beregnet ANC (Acid Neutralizing Capacity eller syrenøytraliserende evne). Dette er et uttrykk for vannets bufferevne mot forsuring, og beregnes som summen av basekationer minus sterke syrers anioner (Henriksen m. fl. 1992).

Klorid stammer nesten utelukkende fra sjøsalter og holdes ikke igjen i nedbørfeltene. Derfor brukes de målte kloridkonsentrasjonene som grunnlag for å beregne hvor stor del av kationene og av sulfat som ikke stammer fra atmosfærisk transport av sjøsalter. I forsurete områder kan stor tilførsel av sjøsalter føre til episoder av surt og giftig vann i vassdragene (sjøsaltepisoder), som følge av ionebyttingsprosesser i jordsmonnet (Hindar m.fl. 1994, 1995). Da holdes Na og evt. Mg igjen, og byttes ut med H^+ og aluminium ioner i avrenningen. Ionebyttingen fører til et misforhold mellom klorid- og natriumkonsentrasjonene i avrenningen, og negative verdier for ikke-marint natrium kan brukes til å indikere sjøsalteffekter.

Lok. 6 er påvirket av avrenning fra en nedlagt kisgruve. Det ble tatt prøve i denne dammen i 1997 for å dokumentere vannkvaliteten. Analysedata er inkludert i Vedlegg A. Data fra denne lokaliteten er imidlertid ikke inkludert i videre diskusjon eller presentasjon fordi vannkvaliteten var sterk påvirket av oksidasjon av pyritt. Det er dermed data fra 49 vannforekomster i 1997 og fra 21 vannforekomster i 1999 som ligger til grunn for den videre bearbeidelse.

3. Resultater

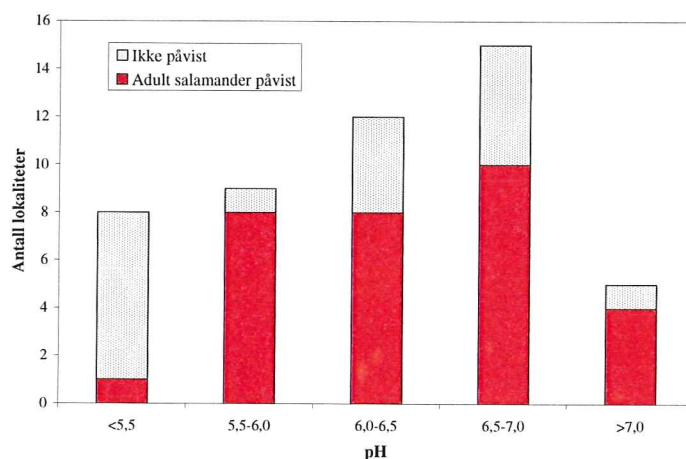
3.1 Vannkjemi

Vannkjemiske analysedata er samlet i vedlegg A bakerst i rapporten.

3.1.1 Høsten 1997

Ioneinnhold, pH og alkalitet

Vannkvaliteten var preget av et lavt til moderat innhold av ioner, uttrykt ved konduktivitet mellom 2,4-5,2 mS/m. Middeltallet var 3,4 mS/m (=34 μ S/cm). Dette henger sammen med at området har lite løsmasser og generelt tynt jordsmonn. Surhetsgraden (pH) varierte fra 4,78 til 7,10, med et middel på 6,18. En frekvensfordeling av pH er vist i Figur 1, sammen med registrerte forekomster av adult stor salamander. Alkaliteten er et uttrykk for evne til å bufre mot syrer, og er målt ved titrering til pH 4,5. Uttrykt i mikroekvivalenter/liter varierte alkaliteten mellom 0 og 249, med et middel på 60 μ ekv/l.



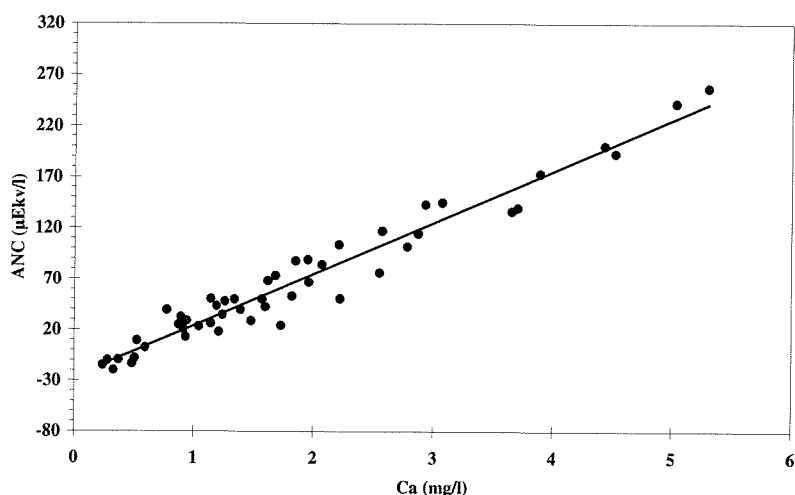
Figur 1. Frekvensfordeling av pH i 49 små vannforekomster i Geitaknottane naturreservat i oktober 1997. For hvert pH-intervall er det også angitt antall lokaliteter hvor adulte storsalamandre (*Triturus cristatus*) er påvist i perioden 1990-1997.

Anioner

Analysene omfattet anionene klorid, sulfat og nitrat. Sulfatmengden varierte mellom 1,1 og 2,1 mg/l (middel 1,5 mg/l). Dette er relativt lave verdier for Vestlandet. I lokalitet 6 var sulfatkonsentrasjonen hele 31 mg/l pga. utløsning fra pyritt i den nedlagte graven ovenfor. Kloridmengden varierte mellom 4,3 og 8,9 mg/l, med et middel på 6,2 mg/l. Kloridmengden avhenger vesentlig av tilførsel fra atmosfæren, og kloridnivået i ferskvann øker generelt utover mot kysten. Nitrat lå lavt i de fleste lokalitetene (middel 28 μ g/l $\text{NO}_3\text{-N}$), men tre av dem hadde over 100 μ g/l (max. 130).

Kationer

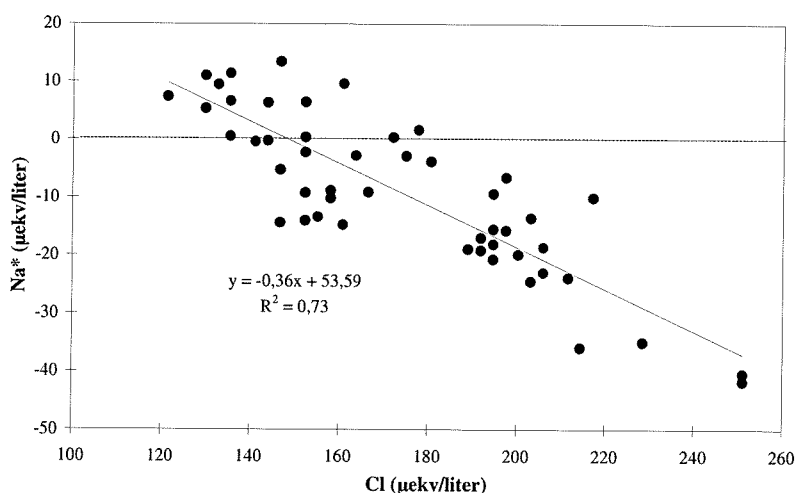
Analysene omfatter basekationene Na, Ca, Mg, og K. Av disse bidrar særlig Ca og Mg til vannets evne til å bufre mot forsuring, ved at de 'lader' karbonat-bikarbonat buffersystemet. Normalt er Ca det viktigste ionet i denne sammenheng (bortsett fra langt ute på kysten der Mg kan være av større betydning). Figur 2 viser forholdet mellom Ca-konsentrasjon og ANC (beregnet syrenøytraliserende evne) i lokalitetene på Geitaknottane. Vi fant her en god sammenheng ($r^2=0,958$). ANC blir dermed vesentlig styrt av Ca, og dermed geologien i nedbørfeltet.



Figur 2. Sammenheng mellom syrenøytraliserende evne (ANC) og innhold av kalsium i 49 små vannforekomster i Geitaknottane naturreservat i oktober 1997. Regresjonslinjen har determinasjonskoeffisient (r^2) på 0,96.

Kalsiummengden varierte mellom 0,24 og 5,3 mg/l (middel 1,9 mg/l). Dette er et relativt stort spekter for et så lite geografisk område, og henger sammen med feltets geologiske forhold (kambro-siluriske bergarter av forskjellige typer). Trolig bidrar innslag av kalkstein og fyllitt til de høyere verdiene. For de andre kationene var variasjonen mindre: Mg lå mellom 0,3 og 0,8 mg/l (middel 0,5); K mellom 0,06 og 0,24 mg/l (middel 0,13); Na mellom 2,6 og 4,1 mg/l (middel 3,5 mg/l).

Mengden natrium var i mange av lokalitetene lavere enn forventet ut fra kloridmengden. Beregning av ikke-marint natrium (dvs. mengden som ikke skriver seg fra deponerte sjøsalter) viste et økende underskudd med økende Cl-konsentrasjon (Figur 3). Dette tyder på at ionebytting i jordsmonnet har foregått, eller med andre ord en sjøsaltepisode som omtalt ovenfor. Også for Mg og K var de ikke-marine bidragene til ionebalansen små.

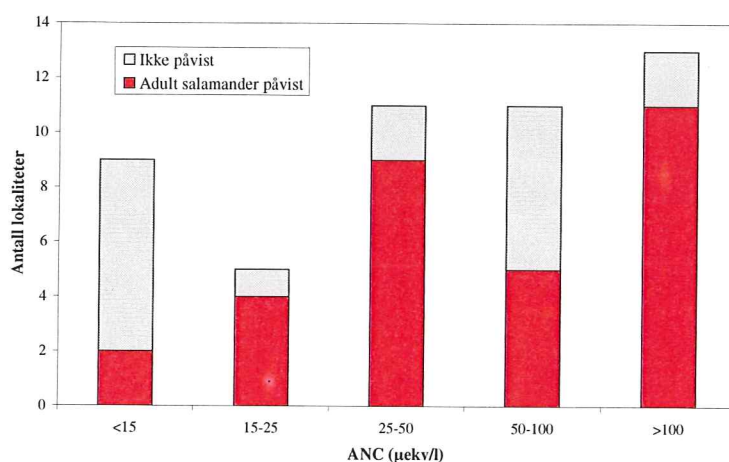


Figur 3. Sammenhengen mellom mengden ikke-marint natrium (Na^*) og klorid (Cl) i 49 små vannforekomster i Geitaknottane i oktober 1997. Negative verdier av Na^* viser teoretisk underskudd av Na. Regresjonslinjen har en stigningskoeffisient på -10 og forklarer ca. 70% av variasjonen i Na^* ($r^2=0,73$).

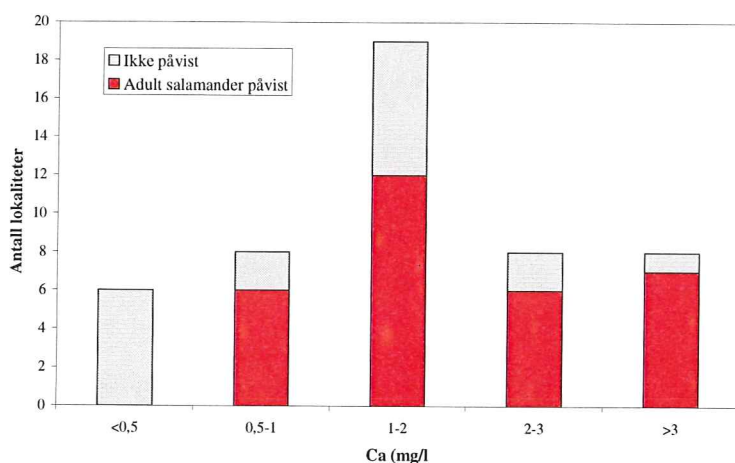
Syrenøytraliserende evne (ANC)

ANC (Acid Neutralizing Capacity) kan også anta negative verdier, f. eks. ved høye sulfat-konsentrasjoner. Størrelsen er mye brukt for å karakterisere vannkvalitet med hensyn til forsuring i forhold til miljøkravene hos vannlevende organismer. Best kalibrert er systemet for vurdering av vannkvalitet for viktige fiskeslag som aure og laks. F. eks. regnes en ANC-verdi på 20 $\mu\text{ekv/l}$ eller høyere som et akseptabelt nivå for aure (Henriksen m. fl. 1992).

I Geitaknottane varierte ANC fra $-19,8$ til $257,2$ $\mu\text{ekv/l}$. 14 av de 49 lokalitetene hadde verdier under 25 $\mu\text{ekv/l}$. Middelveien lå på 67,1 $\mu\text{ekv/l}$. De fleste av lokalitetene hadde dermed en vannkvalitet som er akseptabel for aure. Figur 4 viser en frekvensfordeling av ANC-verdiene. Her er også vist andelen av lokalitetene der det er blitt registrert voksne salamandre til og med 1997. Den laveste ANC-verdien i en lokalitet der salamander har vært registrert var 2,2 $\mu\text{ekv/l}$.



Figur 4. Frekvensfordeling av syrenøytraliserende evne (ANC) i 49 små vannforekomster i Geitaknottane naturreservat i oktober 1997. Merk at intervallene for ANC har ulik bredde. For hvert ANC-intervall er det også angitt antall lokaliteter hvor adulte storsalamandre (*Triturus cristatus*) er påvist i perioden 1990-1997.

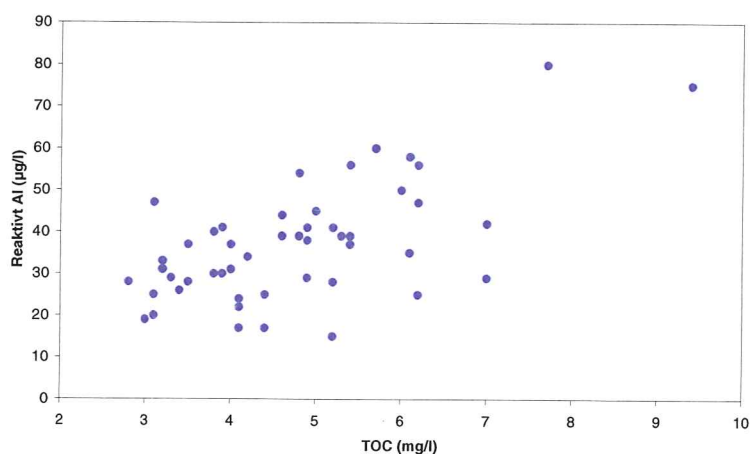


Figur 5. Frekvensfordeling av kalsiumkonsentrasjon (Ca) i 49 små vannforekomster i Geitaknottane naturreservat i oktober 1997. Merk at intervallene for Ca har ulik bredde. For hvert Ca-intervall er det også angitt antall lokaliteter hvor adulte storsalamandre (*Triturus cristatus*) er påvist i perioden 1990-1997.

Siden ANC henger så nøye sammen med kalsium, er det også vist en tilsvarende frekvensfordeling av Ca med hensyn på forekomst av salamandre (Figur 5). Disse forekom i lokaliteter med Ca fra 0,5 mg/l eller høyere.

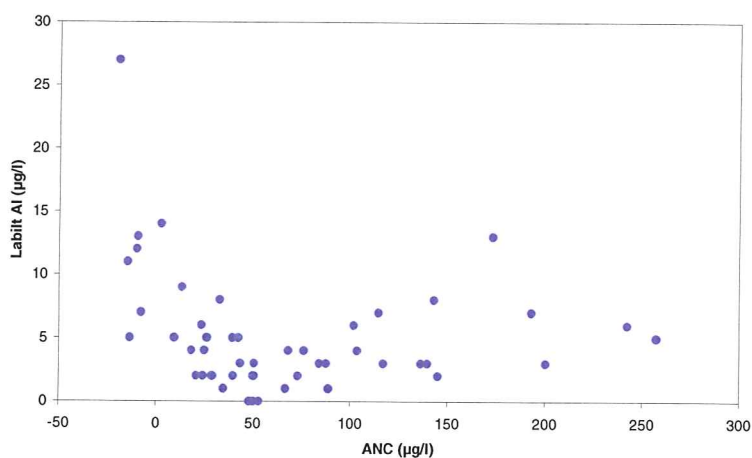
Organisk karbon og aluminium

Vannkvaliteten i lokalitetene i Geitaknottane naturreservat preges av en god del organisk materiale (TOC eller totalt organisk karbon mellom 2,8 og 9,4 mg/l, med et middel på 4,8). Parameteren omfatter både partikulært og løst organisk materiale, men det meste utgjøres trolig av humus.



Figur 6. Sammenhengen mellom reaktivt aluminium og totalt organisk karbon (TOC) i 49 små vannforekomster i Geitaknottane naturreservat i oktober 1997.

Mengden aluminium ble målt som reaktivt og ikke-labilt aluminium. Differensen mellom disse utgjør labilt aluminium, som er den giftige fraksjonen for akvatiske organismer som ånder ved hjelp av gjeller. Mengden reaktivt aluminium viste en klar sammenheng med organisk innhold (Figur 5). Dette er normalt. Mengden aluminium var heller ikke særlig høy, med et middel på 37 µg/l og maksimalverdi på 80 µg/l.



Figur 7. Sammenheng mellom labilt aluminium (Al) og syrenøytraliserende evne (ANC) i 49 små vannforekomster i Geitaknottane naturreservat i oktober 1997.

Normalt vil man i forsurete områder finne større mengde labilt aluminium i vannforekomster med lav bufferevne. Vi ser bare en svak tendens til dette i materialet fra Geitaknottane ved lav ANC (Figur 7). Nivået lå generelt lavt for den labile Al-fraksjonen (maksimalverdi 27 $\mu\text{g/l}$; middelverdi 5 $\mu\text{g/l}$). Derimot lå labilt aluminium i Lok. 6 (gruvepåvirket) på 830 $\mu\text{g/l}$, som er klart toksisk for de fleste fiskeslag.

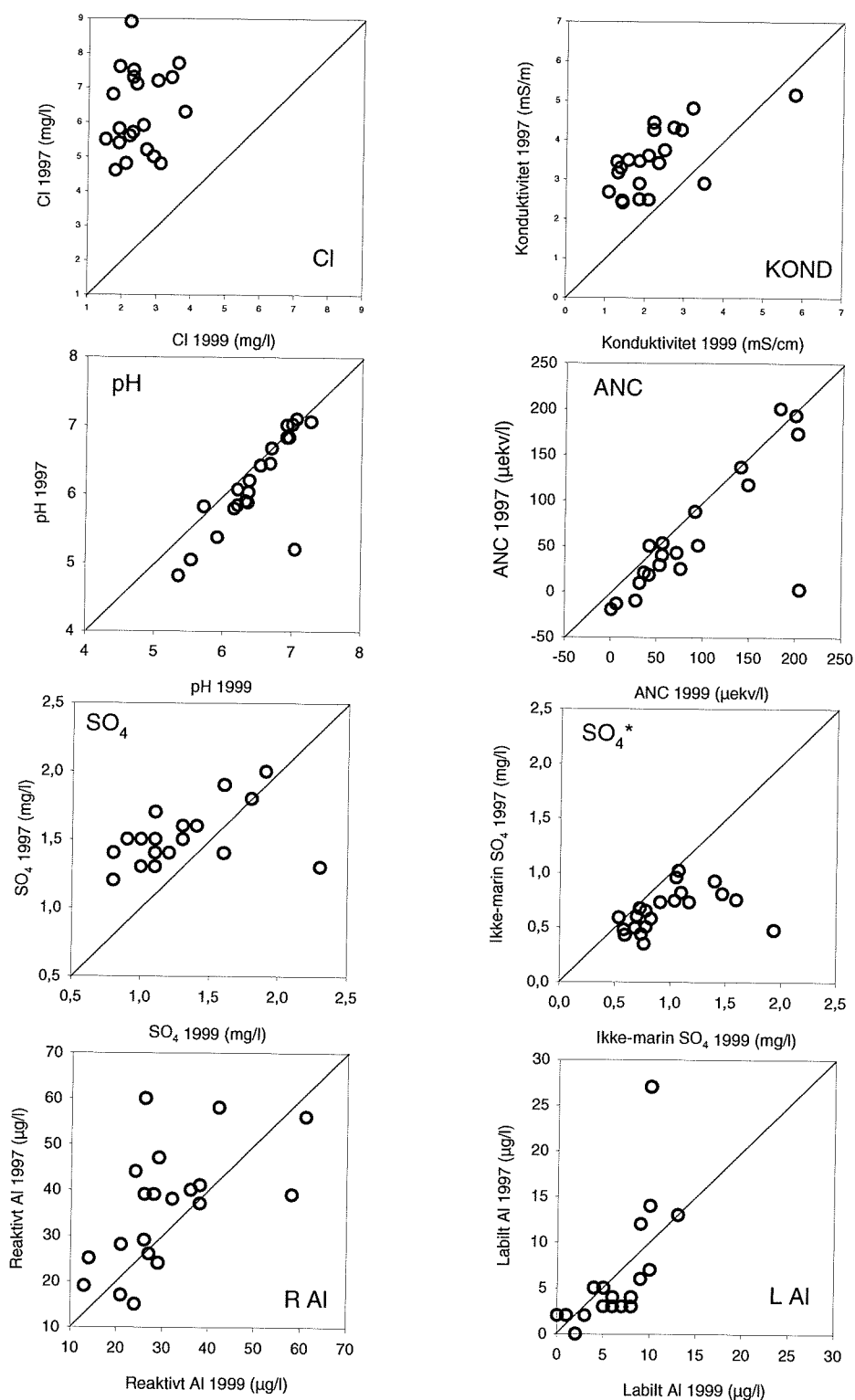
Vurdert ut fra mengden labilt aluminium synes sjøsaltpåvirkningen i Geitaknottane å ha gitt små utslag i 1997. Det er imidlertid ikke mulig å generalisere ut fra målinger fra ett tidspunkt.

3.1.2 Våren 1999

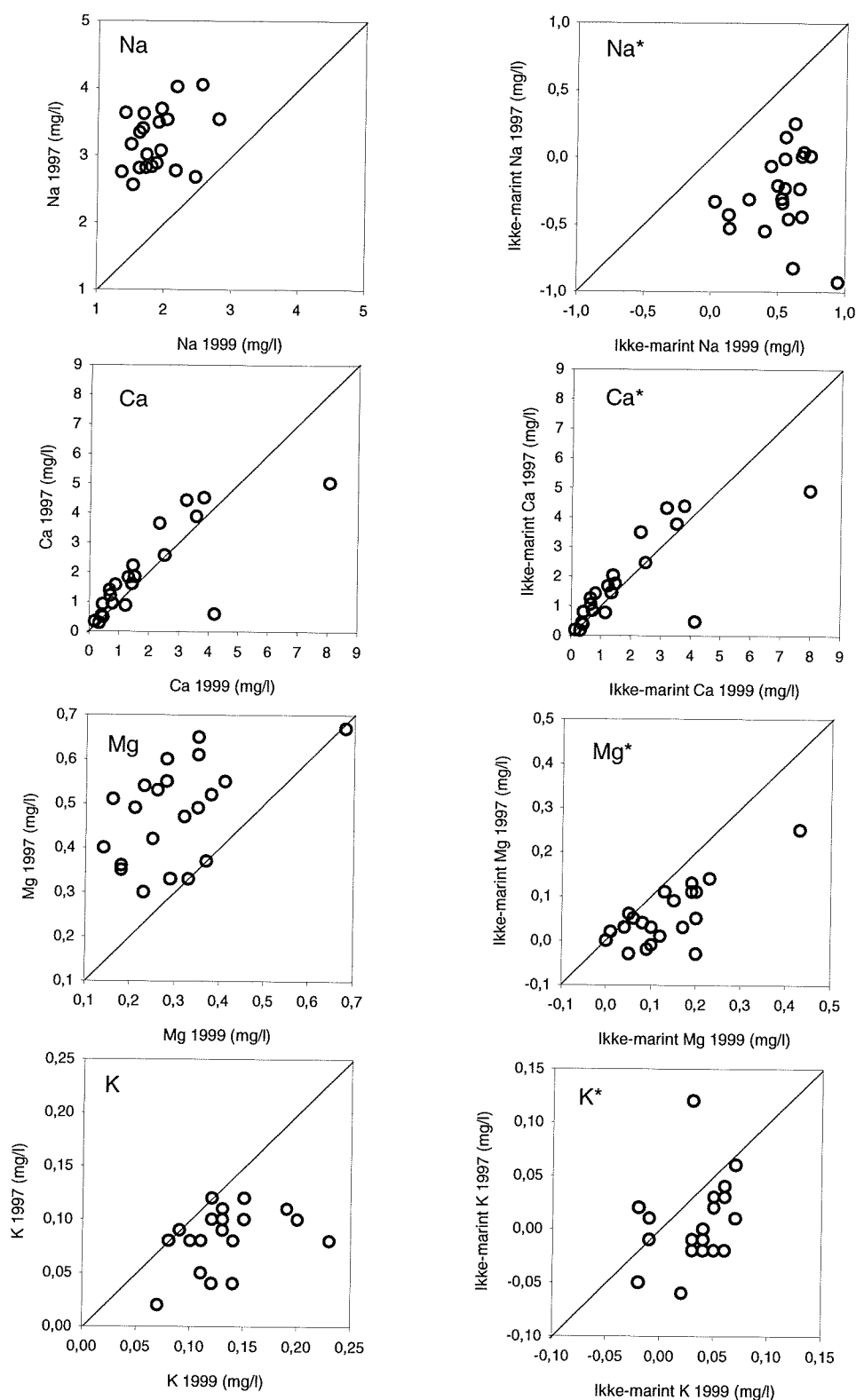
Datasettet fra 1999 består av analyser fra 21 lokaliteter. Disse var valgt ut for å representere hele variasjonsbredden i 1997-materialet. I sammenligningen av vannkvalitet mellom de to tidspunktene er bare data fra disse 21 lokalitetene tatt i betraktning. For en del parametre var det betydelig forskjell mellom målingene de to årene. I Figur 8 og Figur 9 er verdiene fra de to tidspunkt plottet mot hverandre.

Ioneinnholdet var markert lavere i 1999 enn i 1997 (Figur 8), med unntak for to av de 21 lokalitetene. Surhetsgraden i de sureste lokalitetene var tydelig bedre i 1999 enn i 1997, mens i lokalitetene med høyere pH (i 1997) var forskjellene små mellom tidspunktene. Det samme mønsteret finnes igjen for bufferkapasiteten, som var klart bedre i 1999 (Figur 8). Sulfat viste høyest konsentrasjon i i 1997, mens derimot ikke-marint sulfat lå høyere i 1999. Det samme mønsteret var også tydelig for natrium og magnesium (Figur 9). I de fleste lokaliteter var kalsium-mengden litt lavere i 1999 enn i 1997 (også for den ikke-marine andelen), mens to lokaliteter avvek markant med betydelig høyere konsentrasjon i 1999 (Figur 9). Kalium lå jevnt over høyere i 1999, og i de fleste lokaliteter gjaldt dette også den ikke-marine fraksjonen.

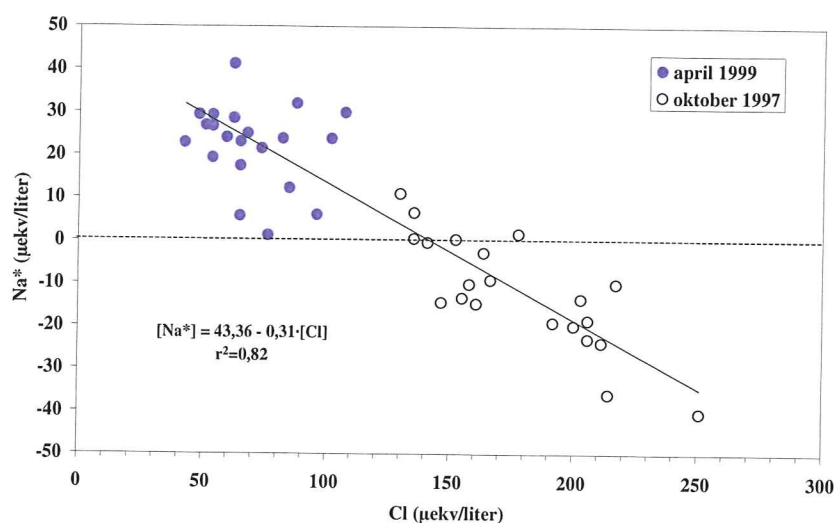
Ser vi på forholdet mellom ikke-marint Na (Na^*) og kloridmengde (Figur 10), ser vi at underskuddet på Na^* fra høsten 1997 var borte i 1999. Figuren illustrerer også den markerte forskjellen i klorid-konsentrasjoner mellom de to tidspunktene. Det var faktisk ikke overlapp mellom de to seriene.



Figur 8. Sammenligning av vannkjemiske parametre i 21 lokaliteter i Geitaknottane naturreservat målt i oktober 1997 og i april 1999. På hver figur viser X-aksen 1999-verdiene, og Y-aksen 1997-verdiene, mens punktene viser målingene for hver enkelt lokalitet. Diagonalen gir et 1:1 forhold.

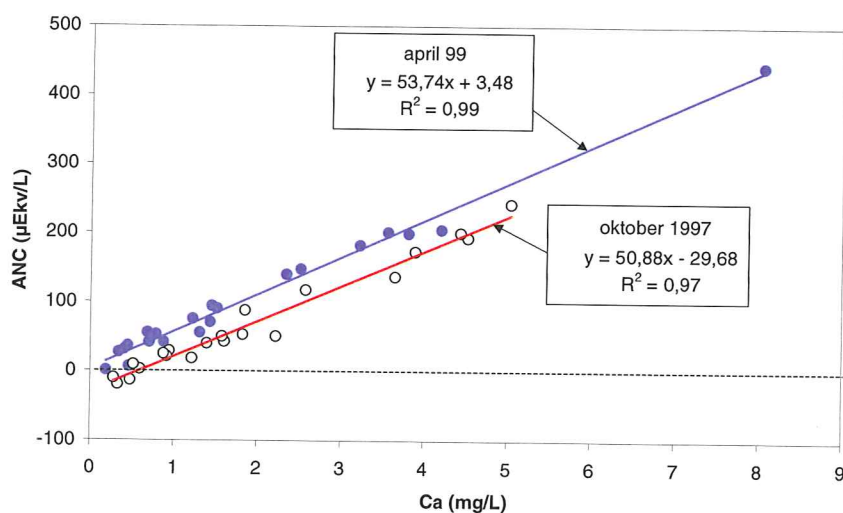


Figur 9. Sammenligning av vannkjemiske parametre i 21 lokaliteter i Geitaknottane naturreservat målt i oktober 1997 og i april 1999. På hver figur viser X-aksen 1999-verdiene, og Y-aksen 1997-verdiene, mens punktene viser målingene for hver enkelt lokalitet. Diagonalen gir et 1:1 forhold.



Figur 10. Sammenhengen mellom ikke-marint Natrium (Na*) og kloridmengde i 21 lokaliteter i Geitaknottane naturreservat, målt i oktober 1997 (åpne sirkler) og i april 1999 (fylte sirkler). Regresjonslinjen har en determinasjonskoeffisient (r^2) på 0,82.

Forskjellen i vannkvalitet mellom de to tidspunkt omfatter de fleste hovedioner, mens Ca var lite påvirket av sjøsalteffekten (Figur 9). En enkel måte å illustrere sjøsalteffekten i Geitaknottane i 1997 er derfor å plote ANC mot kalsium (Figur 11) for de to dataseriene. Regresjonslinjene for de to datasettene har omtrent samme stigningskoeffisient, men nivået i 1997 lå rundt 30 µekv/l lavere enn i 1999. I de svakt bufrete lokalitetene kan denne forskjellen tenkes å ha betydning for salamandrenes reproduksjon, mens den trolig er uten betydning i vannkvaliteter med god bufferevne.

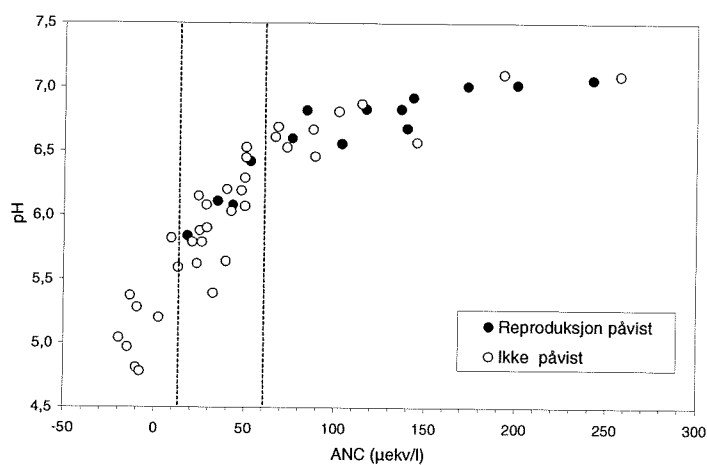


Figur 11. Sammenhengen mellom syrenøytraliserende evne (ANC) og konsentrasjon av kalsium (Ca) i 21 lokaliteter i Geitaknottane naturreservat i oktober 1997 og i april 1999.

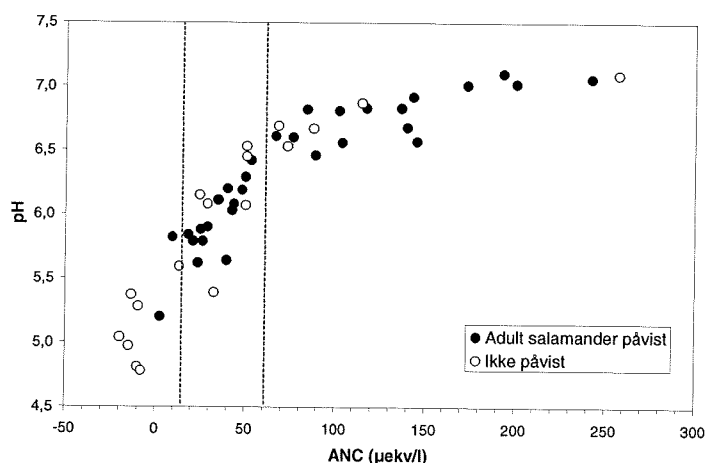
3.1.3 Vannkvalitetsklasser

Vannkvalitetskriterier for stor salamander er dårlig definert i litteraturen (Griffiths 1996), og er stort sett begrenset til utsagn om at lav pH unngås (Karlström 1995, Myklebust 1998). Salamandre er f. eks. overhodet ikke omtalt i DNs statusrapport for sur nedbør i Norge (Kroglund m.fl. 1994). Her presenteres et forsøk på en nærmere presisering av vannkvalitet i forhold til forekomst og reproduksjon av stor salamander i Geitaknottane.

Figur 12 viser pH plottet mot ANC for datasettet for 1997, sammen med en angivelse av hvilke lokaliteter hvor det er påvist reproduksjon en eller flere ganger i perioden fram til og med 1997. Dette gir utgangspunkt for en enkel inndeling i kvalitetsklasser: Klasse 1 (lav pH og ANC) hvor det ikke er påvist reproduksjon; Klasse 2 (moderat pH og ANC) med reproduksjon i ca 20 % av lokalitetene; og Klasse 3 (høy pH og ANC) med reproduksjon i en betydelig andel av lokalitetene (ca. 50 %). Det er viktig å påpeke at påvist reproduksjon her er basert på funn av larver av salamander, altså at eggene i alle fall har klekket i lokalitetene.

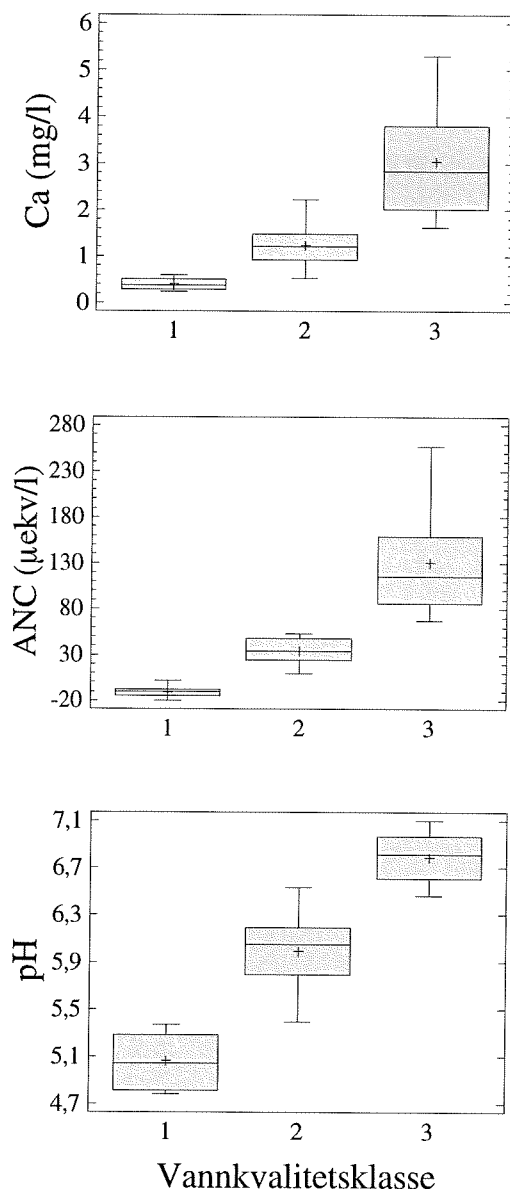


Figur 12. pH plottet mot ANC i 49 små vannforekomster i Geitaknottane naturreservat i oktober 1997. Det er også indikert hvilke lokaliteter reproduksjon hos stor salamander er påvist i. De vertikale linjene angir inndeling i vannkvalitetsklasser 1 ($ANC < 15 \mu\text{ekv/l}$), 2 ($15 < ANC < 60 \mu\text{ekv/l}$), og 3 ($ANC > 60 \mu\text{ekv/l}$).



Figur 13. pH plottet mot ANC i 49 små vannforekomster i Geitaknottane naturreservat i oktober 1997. Det er også indikert hvilke lokaliteter adulte storsalamandre er påvist i. De vertikale linjene angir inndeling i vannkvalitetsklasser (jfr. Figur 12).

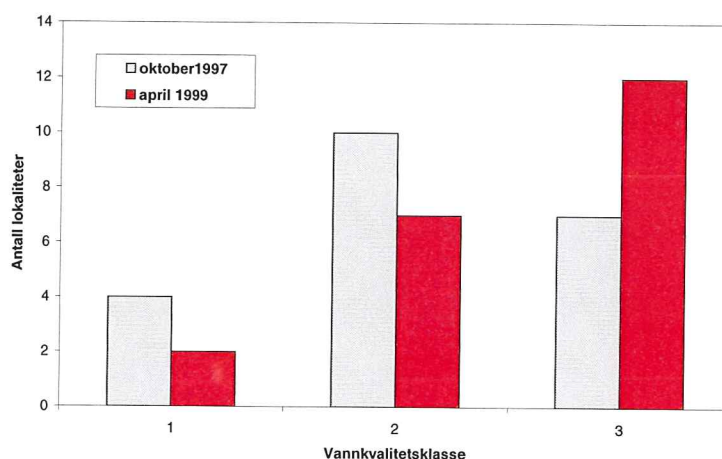
Det synes klart at voksne salamandre i Geitaknottane ofte også finnes i lokaliteter med forholdsvis dårlig vannkvalitet (Figur 13), og påvisning av voksne dyr er trolig mindre relevant for å angi vannkvalitets-kriterier. Vi vet ikke om salamandrene faktisk forsøker å reprodusere i slike lokaliteter, eller om de bare oppholder seg her mens de leter etter en god lekelokalitet. Figur 14 viser fordelingen av Ca-konsentrasjon, ANC og pH i de tre vannkvalitetsklassene. For Ca og pH er det et visst overlapp mellom klassene, som er basert på ANC (Klasse 1: <15; Klasse 2: 15-60; Klasse 3: >60 $\mu\text{ekv/l}$).



Figur 14. Inndeling i klasser for vannkvalitet for Geitaknottane naturreservat basert på vannkjemiske målinger fra oktober 1997. Panelene viser Box-Whisker plott for Ca, ANC og pH i de tre vannkvalitetsklassene (1,2,3). Hver boks i diagrammene omslutter 50% av verdiene, mens de vertikale linjene viser variasjonsbredden. Middelerdien er vist med et kryss, og en horisontal linje inne i boksen angir medianverdien. Inndelingen i klasser er basert på ANC, som ikke ga noe overlapp mellom klassene (i motsetning til Ca og pH).

Lokalitet 106 (Øvre Geitaknottjern) hadde dårligst vannkvalitet (ANC 18,1 $\mu\text{ekv/l}$, pH 5,84 i 1997) blant lokalitetene der reproduksjon er påvist. Her ble det også observert larver i september 1997 (Hage 1998). Det ble ikke funnet salamandre her i 1998. I 1999 hadde dette tjernet en ANC på 41,1 $\mu\text{ekv/l}$ og pH 6,20, og det ble funnet både voksne salamandre og larver (Hage 1999).

Vannkvalitetsklassene illustrerer også forskjellene i vannkvalitet mellom 1997 og 1999. Figur 15 viser frekvensfordelingen av de 21 lokaliteter der vi har data fra begge tidspunkt, og viser en klar forskyvning mot bedre vannkvalitet i 1999.



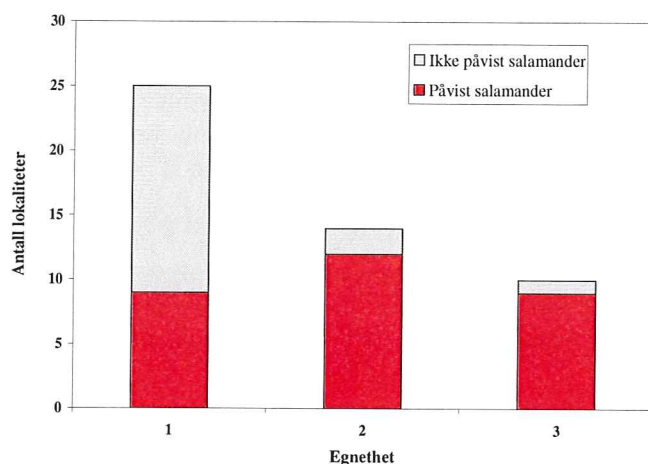
Figur 15. Frekvensfordeling av vannkvalitetsklasser i 21 lokaliteter i Geitaknottane naturreservat i oktober 1997 (skraverte søyler) og i april 1999 (mørke søyler).

3.2 Salamandrenes forekomst i dammene

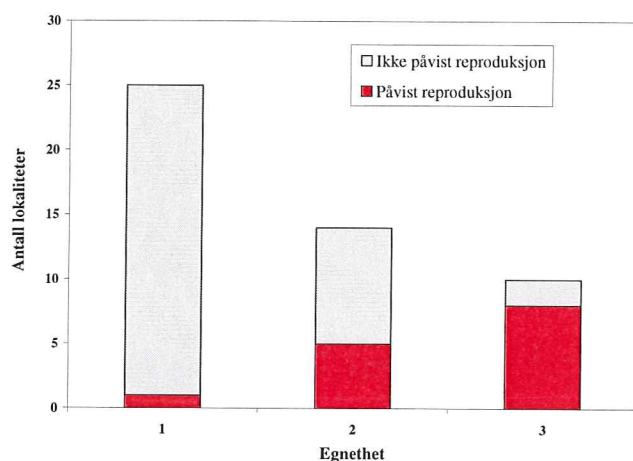
3.2.1 Egnethet

På samme måte som for vannkvalitetsklasser er lokalitetene vurdert i tre egnethetsklasser. Grunnlaget for denne vurderingen er en rekke faktorer, som omtalt i metodekapitlet. Voksne salamandre er observert i dammer i alle tre egnethetsklasser (Figur 16), men frekvensen i den dårligste klassen (1) er klart lavere enn i Klasse 2 og 3. Testet med en Chi-kvadrat tabell gir dette $\chi^2 = 12,85$ (2 frihetsgrader, $p=0,011$). Det er lavere forekomst i den minst egnete gruppen lokaliteter som gir signifikant utslag, mens Klassene 2 og 3 ikke er innbyrdes forskjellige.

Ser vi på registrert reproduksjon i forhold til egnethetsklasser (Figur 17), får vi et klarere mønster med klar preferanse for lokaliteter i Klasse 2 og 3. En χ^2 tabell for disse resultatene gir $\chi^2 = 20,3$ (2 frihetsgrader, $p<0,001$). Også her var Klasse 1 signifikant forskjellig fra Klasse 2 og 3 ($p<0,001$), mens forskjellen mellom Klasse 2 og 3 bare var marginalt signifikant ($p=0,080$). Parvise forskjeller er her testet med Fischers Exact-test.



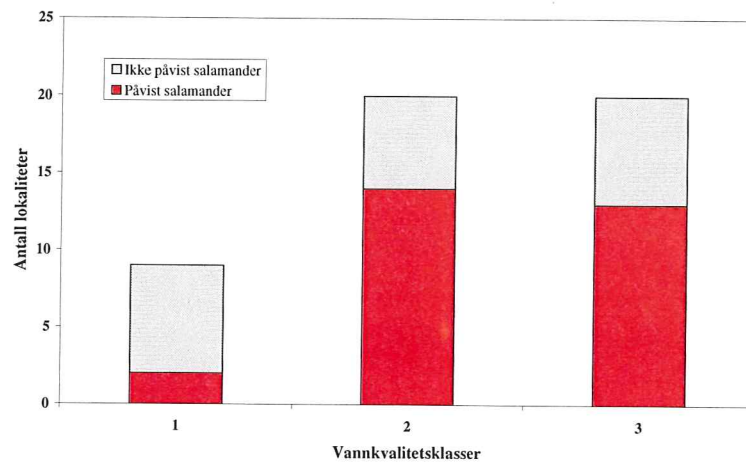
Figur 16. Frekvensfordeling av egnethetsklasser (1 – 3) for 49 små vannforekomster i Geitaknottane naturreservat. Den mørke delen av søylene viser andelen av lokalitetene der det er påvist voksne salamandre i perioden 1990-99.



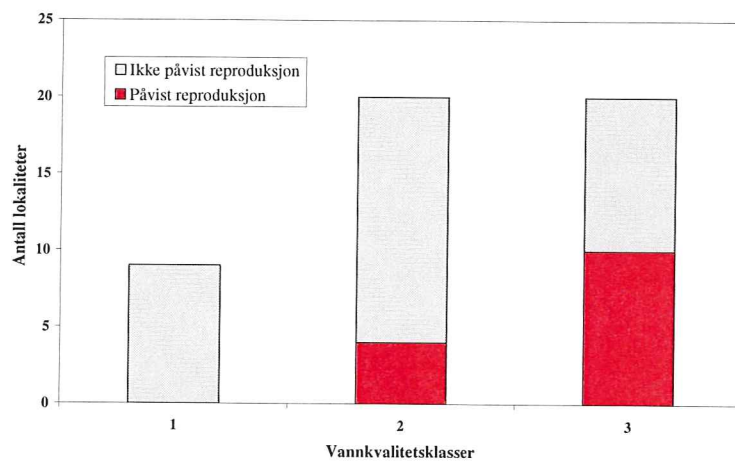
Figur 17. Frekvensfordeling av egnethetsklasser (1 – 3) for 49 små vannforekomster i Geitaknottane naturreservat. Den mørke delen av søylene viser andelen av lokalitetene der det er påvist reproduksjon hos salamandre i perioden 1990-99.

3.2.2 Vannkvalitet

En tilsvarende gruppering i vannkvalitetsklasser som for egnethetsklasser er vist i Figur 18 og Figur 19. Også her er det en statistisk signifikant sammenheng mellom forekomst av voksne salamandre i de ulike vannkvalitetsklassene ($\chi^2 = 8,14$; $p=0,017$). Siden inndelingen i klasser er basert på registrert reproduksjon, kan denne sammenhengens selvsagt bare testes med nye data.



Figur 18. Frekvensfordeling av vannkvalitetsklasser (1-3) i 49 små vannforekomster i Geitaknottane naturreservat, basert på målinger i oktober 1997. De mørke deler av søylene viser andelen av lokaliteter der det er påvist voksne salamandre i perioden 1990-97.



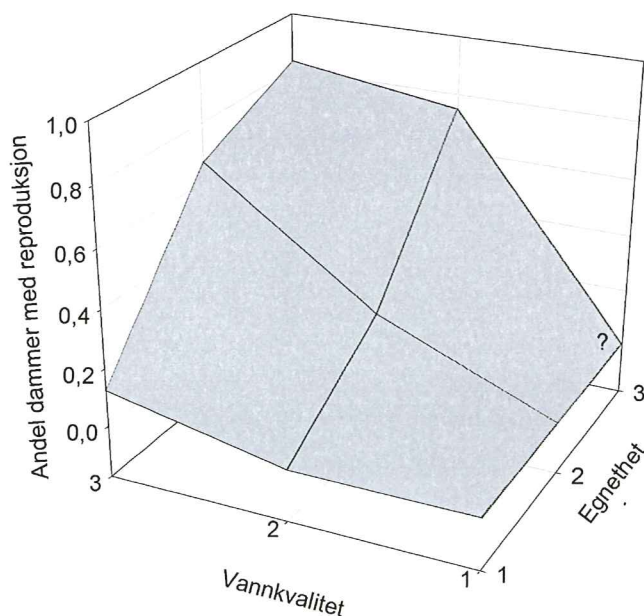
Figur 19. Frekvensfordeling av vannkvalitetsklasser (1-3) i 49 små vannforekomster i Geitaknottane naturreservat, basert på målinger i oktober 1997. De mørke deler av søylene viser andelen av lokalitetene der det er påvist reproduksjon av salamandre i perioden 1990-97.

Vannkvalitet synes ut fra det ovenstående å ha klar betydning for reproduksjon hos stor salamander i Geitaknottane, med mindre dårlig vannkvalitet samvarierer med dårlig egnethet basert på andre habitatkrav. En oversikt over kombinasjoner av egnethetsklasser og vannkvalitetsklasser er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Fordeling av 49 dammer i Geitaknottane på ulike kombinasjoner av egnethet og vannkvalitet. I parentes er oppgitt antall dammer i hver kategori der reproduksjon er påvist (1990-97).

Egnethet	Vannkvalitet		
	1	2	3
1	5 (0)	12 (0)	8 (1)
2	4 (0)	4 (1)	6 (4)
3	0	4 (3)	6 (5)

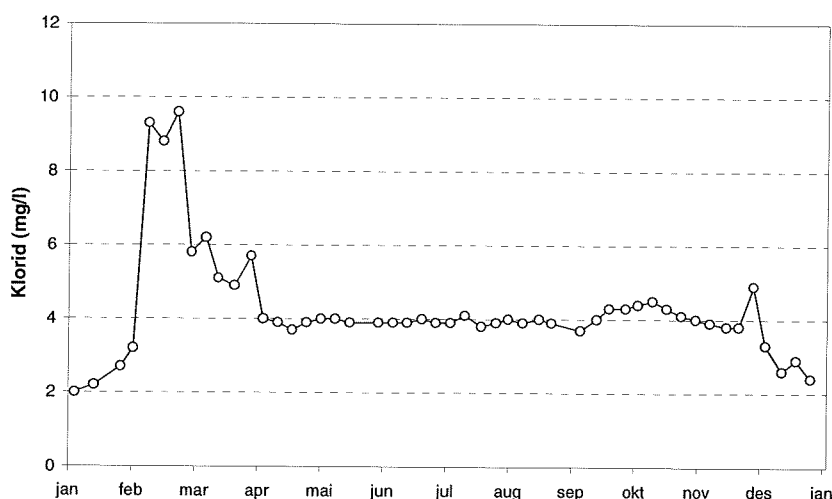
De samme data er også vist i Figur 20. Av spesiell interesse er kombinasjonene i de midlere klassene for enten vannkvalitet eller egnethet. Klasse 2 for enten vannkvalitet eller egnethet kombinert med klasse 3 av den andre variabelen gir begge høy frekvens av reproduksjon, men denne avtar sterkt i kombinasjonen 2/2 og er null i begge 2/1 kombinasjonene.



Figur 20. Reproduksjon av stor salamander i 49 dammer i Geitaknottane. Lokalitetene er gruppert i vannkvalitetsklasser (1-3) og egnethetsklasser (1-3). Det var ingen lokaliteter med kombinasjonen egnethetsklasse 3 og vannkvalitetsklasse 1 (indikert med et spørsmåltegn). Frekvensen for reproduksjon er her automatisk plottet som 0 i mangel av data.

4. Diskusjon

De fleste av vannforekomstene i Geitaknottane naturreservat er små, og omgivelsene har lite og tynt jordsmonn. Derfor blir vannkvaliteten sterkt avhengig av regnvannets kjemiske sammensetning. Det er dermed å forvente at forskjellene i vannkjemi kan være betydelige mellom prøver tatt ved ulike tidspunkt. Den markerte sjøsaltpåvirkningen i Geitaknottane i 1997 er ikke noe særstykke for dette området. Generelt kan året 1997 karakteriseres som et sjøsaltår på Vestlandet (SFT 1998). Figur 21 viser kloridmengde i avrenning gjennom 1997 feltforskningsstasjonen ved Svartatjønn (Matre i Nordhordland), som inngår i SFTs overvåkingsprogram for langtransporterte forurensninger. Sjøsaltpåvirkningen var spesielt markert i februar-mars. Assosiert med de høye konsentrasjonene av klorid fulgte negative verdier av ikke-marint natrium, slik som observert i Geitaknottane høsten 1997. Omtrent det samme forløpet ble påvist i andre feltforskningsområder på Vestlandet, f. eks. i Suldal. Selv om det ikke foreligger måleserier fra Ytre Hardanger, er det all grunn til å tro at depositionsjonen vesentlig har skjedd i februar 1997 også her. Dette betyr at sjøsalter trolig har preget hele sommeren også i Geitaknottane. I 1998 og 1999 lå nivået av sjøsalter betydelig lavere i feltforskningsområdene på Vestlandet, mens 2000 har vært et nytt sjøsaltår. Deposisjon av sjøsalter må forventes å øke dersom dagens prognoser for klimaendringer slår til, og dette kan bety hyppigere episoder med dårlig vannkvalitet i fremtiden. Imidlertid vil redusert depositionsjon av svovel kunne medføre at utslaget av disse episodene vannkjemisk sett blir mindre giftig.



Figur 21. Kloridmengde målt i avrenning fra Svartatjønn (Matre i Hordaland) gjennom 1997. Data fra SFTs overvåkingsprogram (SFT 1998).

Blant lokalitetene som er undersøkt vannkjemisk i Geitaknottane både i 1997 og 1999 er det et par lokaliteter som skiller seg ut med store forskjeller mellom tidspunktene (jfr. Figur 8 og Figur 9). Dette gjelder lokalitet 10, som viste en økning i kalsiuminnhold fra 5,03 til 8,05 mg/l, og lokalitet 101 der kalsium økte fra 0,52 til 4,20 mg/l. Endringene i kalsium forklarer også de tilsvarende forskjellene i pH og ANC i lokalitet 101 (ANC fra 2,6 til 204 $\mu\text{ekv/l}$). Det er vanskelig å peke på en enkel forklaring på den store forskjellen i kalsium-konsentrasjon fra ett tidspunkt til et annet, med mindre det har skjedd en feil ved merking av prøvene. Om de kjemiske forskjellene er reelle, må dette ha sammenheng med spesielle lokale forhold ved avrenning og berggrunn eller løsavsetninger.

Egnethetsvurderingen som er benyttet her synes å gi et rimelig godt grunnlag for å vurdere mulighetene for reproduksjon hos salamandre i dammene. Vi vil likevel peke på at rangeringen som er gjort er ganske subjektiv, og ikke basert på systematisk kvantifisering av faktorene som ligger bak

vurderingen. Denne tilnærmingen er selvsagt gjort i mangel av bedre data. En mer rigorøs tilnærming vil åpenbart kunne være verdifull, og kan f. eks. avklare om det er enkelte av faktorene vi har tatt hensyn til som har avgjørende betydning, mens andre kanskje har mindre innflytelse.

For salamanderegg og -larver antas at de vannkjemiske aspektene av betydning i forbindelse med forsuring er de samme som for fisk. Salamanderlarvene puster med gjeller fram til metamorfosen, hvorpå de raskt forlater dammen de er vokst opp i. Det er derfor sannsynlig at aluminium kan skape tilsvarende problemer på gjellenes overflate hos salamanderlarver som hos fisk. Imidlertid mangler det empirisk belegg for denne antagelsen, og eksperimentelle undersøkelser kombinert med feltobservasjoner er nødvendige for å teste dette. Geitaknottane byr på gode muligheter for slike undersøkelser. Det er ellers verd å peke på at liten salamander synes å være mer følsom enn stor salamander for sure vannkvaliteter (Griffiths 1996). I en undersøkelse av næringsopptak hos salamanderlarver viste Griffiths (1993) at liten salamander ikke klarte å spise ved pH 4,5, mens stor salamander ikke fikk problemer. Det er usikkert hvor relevante disse observasjonene er, fordi bare pH ble manipulert.

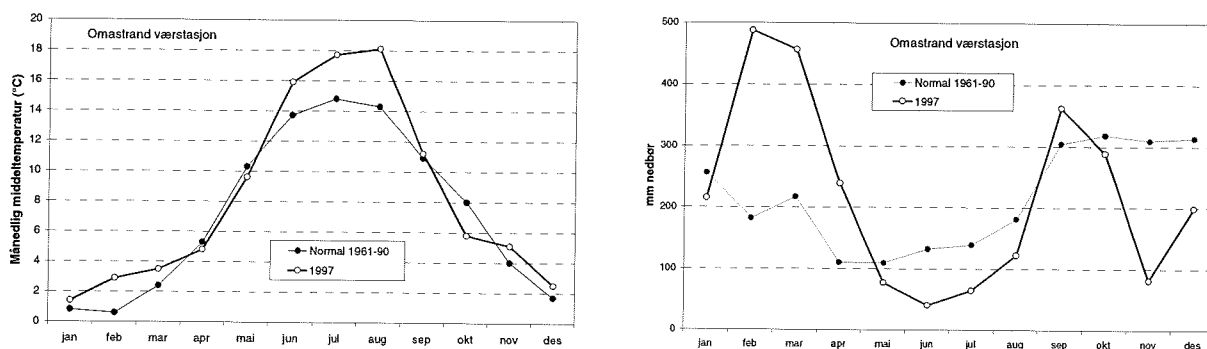
Vi vet ikke om forekomst av adulte salamandre i en dam i leketiden betyr at de faktisk forsøker å reproducere der, eller om de besøker mange dammer uten å forsøke reproduksjon. Dersom de virkelig legger egg i de fleste av dammene der de er observert, indikerer mangelen på registreringer av larver et interessant vannkjemisk intervall som kan være problematisk for klekking og/eller utvikling. Dette kan bare avklares med flere observasjoner. Spesielt ville registrering av egglegging og/eller egg lagt på vegetasjonen være verdifullt. I denne sammenhengen må vi også ta i betraktning at registrering av larver trolig er mindre effektiv enn av adulte. Også i den beste vannkvalitetsklassen er det registrert adulte i flere dammer enn det er registrert larver (henholdsvis 13 og 10 dammer, jfr. figurene 18 og 19). Likevel er forskjellen langt mindre i vannkvalitetsklasse 3 enn i klasse 2 (adulte i 13, larver i 4 dammer), og det er derfor svært sannsynlig at problemer med registreringene bare i liten grad kan forklare forskjellene.

Forekomstene av stor salamander i Vest-Norge og Trøndelag synes å være knyttet til både surere vann og høyere innhold av humus enn i de sørøstlige deler av landet, der arten først og fremst er knyttet til jordbruks- og leireområder, gjerne under marin grense (Dolmen 1981; 1983). Disse lokalitetene kan grovt karakteriseres med et høyt innhold av både kalsium og ioner generelt, og dermed høy pH og bufferevne. Det er dette bildet som er typisk for arten også ellers i Europa. Geitaknottane representerer dermed en habitattype som synes særskilt for Norge (Myklebust 1998), både med hensyn til naturtype og vannkvalitet. Tilsvarende habitater finnes også i rikelig monn i det sørøstlige Norge, og det er vanskelig å se noen enkel forklaring på hvorfor stor salamander sjelden forekommer i disse. Dolmen (1981) foreslo at det har skjedd et økologisk nisjeskifte ved kolonisering av Midt-Norge. Hvis dette er riktig, synes forholdet også å gjelde for Vest-Norge. Denne hypotesen kan implisere at arten forekommer i genetisk distinkte former, som har tilpasset seg ulike habitater og har ulike krav til vannkvalitet. Genetiske markører vil kunne besvare en slik hypotese. Det er f. eks. benyttet mitokondrielle DNA-markører i taksonomiske og fylogenetiske studier av stor salamander (Arntzen & Wallis 1999; Zajc & Arntzen 2000). Trolig er disse markørene for konservative til å brukes til subgenerisk differensiering direkte, men de kan gi et utgangspunkt for videre undersøkelser. Dersom stor salamander i Skandinavia forekommer i geografisk atskilte og genetisk distinkte grupper, vil dette kunne ha avgjørende betydning for vår nasjonale forvaltning og vern av arten.

Salamanderbestanden i Geitaknottane naturreservat viste en betydelig tilbakegang i 1998 i forhold til i 1997 (Hage 1998). Dette kan ha flere årsaker, som UV-stråling, ekstreme værforhold, sykdom, konkurranse og predasjon. Det er lite sannsynlig at sjøsalteffekter og dårligere vannkvalitet enn normalt har influert direkte på registreringene i 1998, siden de unge salamandrene ikke returnerer til dammene før de er kjønnsmodne, dvs. tidligst når de er tre år gamle (Dolmen 1983). Dersom sviktende reproduksjon er årsaken til tilbakegangen, må denne svikten i så fall ha skjedd i 1994-95 eller før. En eventuell svak formering i 1997 vil tidligst kunne gi utslag i 2000-2001. Det var imidlertid ingen tegn til dårlig overlevelse hos larver ved registreringene like før metamorfosen i 1997.

Registreringer forsommeren og høsten 2000 tyder på at bestanden har tatt seg opp igjen fra 1998 (Hage pers. obs). Betydelige bestandsfluktasjoner fra ett år til et annet er også kjent fra andre populasjoner av salamandre og andre amfibier (Pechmann & Wilbur 1994; Griffiths 1996).

Vi kjenner ikke til forhold som skulle tilsi endringer i predasjon, konkurranse eller forekomst av sykdom hos salamandrene i Geitaknottane. UV-stråling kan gi mortalitet hos egg av stor salamander (Langhelle m. fl. 1999). Siden eggene festes på vegetasjon (og blir delvis pakket inn i denne) regner man likevel med at skadelige effekter på dette stadiet sannsynligvis betyr lite i naturen (Langhelle m. fl. 1999). Dette vil også avhenge av vannets humusinnhold (humus absorberer UV stråling), hvor dypt eggene ligger, og ikke minst variasjon i UV-innstråling til bakken.



Figur 22. Temperatur (til venstre) og nedbør (til høyre) ved Omastrand værstasjon 1997 sammenlignet med normalverdier fra perioden 1961-90. Data fra DNMI.

Sommeren 1997 uvanlig varm og tørr (Figur 22). Ved nærmeste værstasjon (Omastrand) var nedbørmengden bare 50 % av normalen i perioden juni-august 1997, og middeltemperatur for de samme måneder var flere grader høyere enn normalt. I deler av Geitaknottane med tynt jordsmonn kan denne tørken tenkes å ha gitt problemer for salamandrene. Dette er trolig den enkleste forklaring på nedgangen i bestanden som ble observert fra 1997 til 1998 (Hage 1998). I så fall dreier det seg om mortalitet (og/eller liten aktivitet) i den terrestre fasen. I det de nylig metamorfoserte larvene går på land er de trolig spesielt utsatt for uttørking dersom værforholdene er ugunstige (Beebee 1996). Både tørke og UV-stråling kan ha vært medvirkende faktorer til redusert bestand i 1998, men det er ikke mulig å trekke sikre slutninger om dette. Det er imidlertid ingen tegn til noen vesentlig svikt i reproduksjonen i 1997, på tross av at få adulte salamandre ble observert i 1998.

Resultatene og konklusjonene i denne rapporten må betraktes som et innledende forsøk på en nærmere karakteristikk av vannkvalitetskrav hos stor salamander i forhold til forurening. Bare eksperimentelle observasjoner med kontrollerte vannkvaliteter kan gi en tilfredsstillende avklaring på problemstillingen. Dette gjelder spesielt siden de vannkjemiske parametre i området åpenbart lett påvirkes av sjøsalter, og datasettet som vurderingen er bygget på var preget av dette (jfr. Figur 11 og Figur 15). Dammene med dårligst bufferevne har derfor hatt dårligere vannkvalitet i 1997 enn i normale år som 1999. En mulig effekt av dette forholdet er at grensene for ANC og pH er blitt anslått for lavt i forhold til artens krav til vannkvalitet.

Forvaltningsmessig synes det viktig å avklare om salamandre i ulike regioner kan ha ulike krav til vannkvalitet og andre habitatvariabler, og om dette eventuelt henger sammen med genetisk differensiering mellom ulike geografiske regioner. Artens internasjonale status som truet, sammen med at Norge har ansvar for en betydelig del av Europas bestand, tilsier at den får videre oppmerksomhet. Her peker Geitaknottane naturreservat seg ut både som vår viktigste bestand og som et område egnet for videre forskning.

5. Henvisninger

- Arntzen, J.W. og P.G. Wallis. 1999. Geographic variation and taxonomy of crested newts (*Triturus cristatus* superspecies): Morphological and mitochondrial DNA data. *Contributions to Zoology* 68: 181-203.
- Beebee, T.J.C. 1996. *Ecology and Conservation of Amphibians*. London: Chapman & Hall.
- Dolmen, D. 1981. Distribution and habitat of the Smooth Newt, *Triturus vulgaris* (L.) and the Warty Newt, *T. cristatus* (Laurenti) in Norway. S. 127-139 i: Coborn, J. (Ed.) *Proc Euro. Herp. Symp.* C.W.L.P., Oxford 1980.
- Dolmen, D. 1983. Growth and size of *Triturus vulgaris* (Amphibia) in different parts of Norway. *Holarctic Ecology* 6: 356-371.
- Dolmen, D. 1987. Hazards to Norwegian amphibians. pp. 119-122 i: van Gelder, J.J., Strijbosch, H. & Bergers, P.J.M. (Eds). *Proc. Fourth ord. gen. meet. S.E.H., Nijmegen 1987*. Faculty of Sciences, Catholic University of Nijmegen.
- Dolmen, D. 1993. Herptilreservat Geitaknottheiane. Forslag til verneområde for amfibier og reptiler. UNIT Vienskapsmuseet, Notat Zoologisk Avd. 1993-4. 40 s.
- Griffiths, R.A. 1993. The effect of pH on feeding behaviour in newt larvae (*Triturus*: Amphibia). *Journal of Zoology* 231: 285-290.
- Griffiths, R.A. 1996. *Newts and salamanders of Europe*. T & AD Pysers Ltd., London.
- Hage, M. 1998. Stor salamander (*Triturus cristatus*) i Geitaknottane Naturreservat. En statusrapport. Upublisert notat til Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvern avdelingen.
- Hage, M. 1999a. The northern crested newt (*Triturus cristatus*) in the Geitaknottane nature reserve: Diet, body size, and population parameters. Cand. scient. oppgave, Zoologisk Institutt, Universitetet i Bergen.
- Hage, M. 1999b. Stor salamander (*Triturus cristatus*) i Geitaknottane Naturreservat 1999. Upublisert notat til Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvern avdelingen.
- Henriksen, A., L. Lien, T.S. Traaen og S. Taubøll. 1992. Tålegrenser for overflatevann - Kartlegging av tålegrenser og overskridelser av tålegrenser for tilførsler av sterke syrer. *Naturens tålegrenser*, Rapport 34. NIVA-rapport, Lnr. 2819, 29 s.
- Hindar, A., A. Henriksen, K. Tørseth & A. Semb. 1994. Acid water and fish death. *Nature* 372: 327-328.
- Hindar, A., A. Henriksen, Ø. Kaste & K. Tørseth. 1995. Extreme acidification in small catchments in southwestern Norway associated with a sea salt episode. *Water, Air and Soil Pollution* 85: 547-552.
- Karlström, A. 1995. En naturvårdsbiologisk analys av den større vattensalamanderns, *Triturus cristatus*, leklokaliteter i Södertälje kommun. Rapport, Miljöförvaltningen, Södertälje.
- Kroglund, F., T. Hesthagen, A. Hindar, G.G. Raddum, M. Staurnes, D. Gausen & S. Sandøy. 1994. Sur nedbør i Norge. Status, utviklingstendenser og tiltak. Utredning for Direktoratet for naturforvaltning nr. 1994-10. 97 s.
- Langhelle, A., M.J. Lindell & P. Nyström. 1999. Effects of ultraviolet radiation on amphibian embryonic and larval development. *Journal of Herpetology* 33: 449-456.
- Moe, B. 1995. En botanisk vurdering av Geitaknottheiane: vegetasjon, flora og verneverdi. Rapport til Fylkesmannen i Hordland, Miljøvern avdelinga.

- Myklebust, O. 1998. Vasshabitat- og åtferdsstudie av stor salamander, *Triturus cristatus* (Laurenti) i Geitaknottane Naturreservat, Ytre Hardanger. Cand. scient. oppgåve, Zoologisk Institutt, Universitetet i Bergen.
- Pechmann, J.H.K. & H.M. Wilbur. 1994. Putting declining amphibian populations in perspective: Natural fluctuations and human impacts. *Herpetologica* 50: 65-84.
- SFT 1998. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 1997. SFT-rapport 748/98.
- SFT 1999. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 1998. SFT-rapport 781/99.
- Størkersen, Ø.R. 1992. Truete arter i Norge. Direktoratet for Naturforvaltning, DN-rapport 1992-6. 89 s.
- Zajk, I. & J.W. Arntzen. 2000. Evolutionary relationships among European newts (genus *Triturus*) as inferred from two mtDNA fragments. *Pfluegers Archiv European Journal of Physiology* 439 (3 Suppl.): 21-22. [Abstract].

Vedlegg A.

Vannkjemiske resultater fra Geitaknottane. Resultatene fra undersøkelsene i 14-15 oktober 1997 og fra 30 april i er satt opp i hver sin tabell. Stedsangivelser for de enkelte lokaliteter er deponert hos Fylkemannen i Hordaland, Miljøvernavdelinga; hos Zoologisk Institutt, Universitetet i Bergen, og hos Norsk institutt for vannforskning, Vestlandsavdelingen.

I tabellene er det brukt følgende parametre og koder:

Kode	Parameter	Enhet	Analysemetode
pH	Surhetsgrad	-	Potensiometri
Kond	Elektrisk ledningsevne	mS/m	Elektrometri
Alk	Alkalitet	µekv/l	Potensiometriske titrering til pH = 4,5
Cl	Klorid	mg/l	Ionekromatografi
SO ₄	Sulfat	mg/l	Ionekromatografi
NO ₃ -N	Nitrat-nitrogen	µg N/l	Automatisert kolorimetri
Tot-N	Total-nitrogen	µg N/l	Fotometri (AA)
Ca	Kalsium	mg/l	ICP (induktivt koblet plasma-atomemisjon)
Mg	Magnesium	mg/l	ICP
Na	Natrium	mg/l	ICP
K	Kalium	mg/l	ICP
RAI	Reaktivt Aluminium	µg/l	Automatisert kolorimetri
IIAI	Ikke Labilt Aluminium	µg/l	Automatisert kolorimetri
LAI	Labilt Alimium	µg/l	Beregnes ved differensen mellom RAI og IIAI
TOC	Totalt organisk karbon	mg/l	Oksidasjon til CO ₂ og måling med IR-detektor
ANC	Syrenøytraliserende evne	µekv/l	Beregnes fra ionesammensetningen

Vedleggstabell 1. Vannkjemiske målinger fra Geitaknottane 1997. Lokalitetsbetegnelsene er de samme som i Myklebust (1998) og Hage (1998, 1999b).

Lok.	Dato	pH	Kond mS/m	ALK µekv/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	NO ₃ -N µg/l	Tot-N µg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	RAI µg/l	IIAI µg/l	LAI µg/l	TOC mg/l	ANC µekv/l
2	14.10.97	7,09	5,24	249,0	6,2	2,0	130	295	5,30	0,82	3,38	0,16	17	12	5	4,1	257,2
6	15.10.97	3,95	13,10		5,6	31,0	68	200	4,92	1,30	2,94	0,14	854	24	830	2,5	
3 N(a)	14.10.97	6,53	3,00	65,0	5,1	1,4	29	395	1,68	0,38	2,98	0,13	35	33	2	6,1	73,0
7	15.10.97	7,01	4,25	179,4	5,6	1,6	23	165	3,89	0,52	2,88	0,15	26	13	13	3,4	173,1
9	15.10.97	6,57	4,25	144,6	6,4	1,7	6	250	3,07	0,64	3,47	0,18	42	40	2	7,0	145,0
10	15.10.97	7,06	5,15	243,9	6,3	1,9	51	215	5,03	0,67	3,54	0,12	24	18	6	4,1	242,2
14	15.10.97	7,10	4,80	186,6	7,1	1,8	8	180	4,52	0,61	3,49	0,15	41	34	7	4,9	193,0
16 N	15.10.97	6,81	4,16	114,7	6,8	2,0	73	195	2,78	0,62	3,39	0,13	31	25	6	3,2	101,8
16 S	15.10.97	6,87	4,14	116,8	6,9	1,8	12	160	2,87	0,60	3,42	0,24	30	23	7	3,8	114,5
19	15.10.97	5,28	2,62	0,0	5,4	1,3	42	240	0,37	0,36	2,79	0,13	28	15	13	2,8	-9,6
20	15.10.97	5,90	2,49	26,1	5,0	1,3	8	240	0,94	0,33	2,77	0,12	39	37	2	4,8	28,9
21 a	15.10.97	6,61	3,75	73,3	6,9	1,9	40	225	1,96	0,55	3,62	0,12	30	29	1	3,9	66,5
21 d	15.10.97	5,82	2,41	10,9	4,8	1,4	29	215	0,52	0,30	2,82	0,10	40	35	5	3,8	9,2
21 e	15.10.97	4,97	2,81	0,0	5,6	1,3	8	205	0,24	0,35	2,91	0,13	25	14	11	3,1	-14,9
22	15.10.97	7,02	4,31	188,7	5,7	1,3	29	265	4,43	0,49	2,83	0,23	15	12	3	5,2	200,4
24 b	15.10.97	6,82	3,14	76,4	5,4	1,5	16	200	2,07	0,41	2,95	0,13	20	17	3	3,1	84,0
26	15.10.97	6,69	2,88	61,9	4,8	1,7	104	245	1,62	0,43	2,93	0,10	33	29	4	3,2	68,0
28 a	15.10.97	5,79	2,68	13,1	5,5	1,2	8	210	0,91	0,40	2,75	0,14	39	37	2	5,3	20,8
29 t.v.	15.10.97	6,19	2,65	31,4	5,2	1,1	6	285	1,26	0,38	2,77	0,13	29	30	-1	7,0	47,9
30 a	15.10.97	6,29	2,78	42,0	5,1	1,4	46	225	1,34	0,40	2,83	0,13	34	32	2	4,2	49,9
31	15.10.97	6,67	2,89	73,3	4,6	1,6	22	235	1,85	0,42	2,81	0,12	44	41	3	4,6	87,5
31 N	15.10.97	6,53	2,42	44,1	4,3	1,3	11	215	1,14	0,34	2,56	0,13	31	29	2	4,0	50,4
34	15.10.97	6,83	3,41	102,3	5,4	1,5	8	210	2,57	0,47	3,01	0,13	39	36	3	5,4	117,0
36 b	15.10.97	6,92	3,83	137,4	5,2	1,8	119	445	2,93	0,57	3,20	0,13	28	20	8	3,5	143,0
38	15.10.97	5,64	2,70	8,7	5,7	1,2	22	290	0,77	0,45	3,39	0,15	41	36	5	5,2	39,4
39	15.10.97	5,37	2,46	2,9	5,2	1,4	54	280	0,48	0,35	2,56	0,08	19	14	5	3,0	-13,5
42 a	15.10.97	6,11	2,65	30,4	5,4	1,1	39	295	1,24	0,37	2,68	0,15	22	21	1	4,1	34,7
42 d	15.10.97	6,46	2,93	81,6	4,6	1,3	84	265	1,95	0,43	2,68	0,09	25	24	1	4,4	88,7
43	15.10.97	6,56	3,28	88,9	5,4	1,6	21	250	2,21	0,50	3,15	0,09	47	43	4	6,2	103,6
47	15.10.97	6,83	4,44	131,2	7,6	1,5	10	190	3,65	0,60	3,40	0,13	17	14	3	4,4	136,4
50	15.10.97	6,08	3,34	29,3	7,2	1,7	23	220	1,48	0,51	3,44	0,13	45	43	2	5,0	28,6
52 a	15.10.97	5,88	2,48	26,1	4,8	1,4	7	195	0,87	0,33	2,68	0,11	39	35	4	4,6	24,9
52 d	15.10.97	5,39	2,62	12,0	4,7	1,6	3	255	0,89	0,36	2,83	0,06	80	72	8	7,7	32,6
55	15.10.97	6,20	3,29	43,0	6,8	1,3	20	435	1,39	0,49	3,34	0,20	38	36	2	4,9	39,8
99	14.10.97	6,03	3,74	37,8	7,7	2,0	33	190	1,60	0,55	4,05	0,09	37	32	5	3,5	42,3
100	14.10.97	6,45	4,25	55,6	8,9	2,0	11	143	2,22	0,65	4,02	0,19	29	26	3	3,3	50,5
101	14.10.97	5,20	2,90	2,9	5,9	1,3	5	220	0,59	0,37	3,07	0,11	60	46	14	5,7	2,4
104	14.10.97	6,42	3,60	48,3	7,3	1,6	11	250	1,82	0,55	3,53	0,13	25	25	0	6,2	52,9
105	14.10.97	6,60	4,09	71,2	8,1	1,6	7	190	2,55	0,56	3,70	0,16	29	25	4	4,9	76,0
106	14.10.97	5,84	3,49	20,7	7,5	1,7	7	240	1,21	0,54	3,62	0,13	58	54	4	6,1	18,1
107 C	14.10.97	5,79	3,12	17,5	6,7	1,3	16	250	1,14	0,49	3,29	0,12	50	45	5	6,0	26,2
130	14.10.97	5,04	3,45	0,0	7,3	1,5	35	270	0,33	0,51	3,63	0,14	47	20	27	3,1	-19,8
131	14.10.97	6,08	3,02	30,4	6,1	1,4	7	220	1,19	0,41	3,40	0,16	56	53	3	5,4	43,4
132a	14.10.97	5,62	3,31	19,7	7,0	1,4	50	220	1,04	0,45	3,74	0,08	54	48	6	4,8	23,5
133	14.10.97	6,68	4,47	149,7	6,9	2,1	11	280	3,70	0,55	3,36	0,11	37	34	3	5,4	139,7
133b	14.10.97	4,78	3,80	0,0	6,9	1,3	3	250	0,50	0,43	3,48	0,09	75	68	7	9,4	-7,9
136b	14.10.97	4,81	3,17	0,0	5,8	1,4	3	235	0,28	0,36	3,16	0,07	56	44	12	6,2	-10,1
139 V	14.10.97	6,15	4,02	30,4	8,9	1,7	15	185	1,73	0,59	3,99	0,13	37	35	2	4,0	24,2
141	14.10.97	6,07	3,46	35,7	7,2	1,5	20	240	1,57	0,53	3,69	0,13	28	28	0	5,2	50,0
144	14.10.97	5,59	3,16	12,0	7,0	1,4	6	190	0,93	0,47	3,53	0,06	41	32	9	3,9	13,1

Vedleggstabell 2. Vannkjemiske målinger fra Geitaknottane 1999. Lokalitetsbetegnelse er de samme som i Myklebust (1998) og Hage (1998, 1999b).

Lok.	Dato	pH	Kond mS/m	ALK µekv/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	NO ₃ -N µg/l	Tot-N µg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	RAI µg/l	IIAI µg/l	LAI µg/l	TOC mg/l	ANC µekv/l
7	30.04.99	6,91	2,91	168,2	2,2	1,4	11	195	3,56	0,38	1,88	0,10	27	14	13	2,6	201,2
10	30.04.99	7,26	5,78	407,8	3,8	1,6	5	265	8,05	0,68	2,80	0,12	29	20	9	3,8	441,6
14	30.04.99	7,05	3,19	177,4	2,4	1,8	10	175	3,81	0,35	1,91	0,12	38	28	10	3,1	199,2
20	30.04.99	6,32	1,85	29,3	2,9	1,1	4	355	0,78	0,29	2,16	0,04	26	25	1	5,2	52,8
21 d	30.04.99	5,71	1,43	9,8	2,1	1,2	15	350	0,41	0,23	1,72	0,08	36	31	5	5,1	30,9
22	30.04.99	6,99	2,71	157,9	2,3	1,1	4	305	3,22	0,35	1,81	0,08	24	18	6	4,7	182,2
28a	30.04.99	6,15	1,08	20,7	1,5	0,8	4	295	0,45	0,14	1,36	0,08	28	25	3	4,4	35,9
31	30.04.99	6,69	1,85	72,3	1,8	1,3	8	295	1,51	0,25	1,62	0,10	24	17	7	3,4	90,5
34	30.04.99	6,94	2,34	129,1	1,9	1,3	8	205	2,51	0,32	1,73	0,09	28	20	8	3,4	147,9
39	30.04.99	5,91	1,42	8,7	2,7	1,1	15	240	0,46	0,18	1,53	0,08	13	9	4	2,1	6,22
47	30.04.99	6,91	2,21	116,8	1,9	1,0	10	220	2,34	0,28	1,67	0,10	21	16	5	3,8	139,9
52 a	30.04.99	6,35	2,09	38,8	3,1	1,6	4	480	1,22	0,33	2,46	0,05	58	52	6	8,2	75,3
55	30.04.99	6,37	1,37	34,6	1,7	1,0	4	340	0,68	0,21	1,62	0,10	32	32	0	5,3	55,2
99	30.04.99	6,36	2,48	48,3	3,6	1,9	89	325	1,43	0,41	2,55	0,09	38	34	4	4,8	70,8
100	30.04.99	6,67	2,21	69,2	2,2	1,9	35	180	1,45	0,35	2,17	0,11	26	21	5	3,2	94,2
101	30.04.99	7,04	3,49	197,9	2,6	2,3	8	240	4,20	0,37	1,94	0,08	26	16	10	3,5	204,6
104	30.04.99	6,53	2,08	43,0	3,4	1,3	6	205	1,30	0,28	2,03	0,11	14	12	2	3,0	55,6
106	30.04.99	6,20	1,57	26,1	2,3	1,1	8	250	0,70	0,23	1,68	0,10	42	34	8	3,9	41,1
130	30.04.99	5,53	1,28	1,6	2,3	0,9	11	280	0,19	0,16	1,41	0,04	29	19	10	3,5	0,59
136 b	30.04.99	5,35	1,31	2,9	1,9	0,8	4	350	0,34	0,18	1,50	0,02	61	52	9	6,5	27,0
141	30.04.99	6,20	1,85	28,2	3,0	1,1	42	265	0,87	0,26	1,95	0,10	21	19	2	3,1	41,7