

RAPPORT LNR 4137-99

Overvåking i 1999 av
vannkvalitet og
økologiske forhold i
vassdrag i Østmarka
berørt av lekkasjene til
Romeriksporten



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
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Overvåking i 1999 av vannkvalitet og økologiske forhold i vassdrag i Østmarka berørt av lekkasjene til Romeriksporten.	Løpenr. (for bestilling)	Dato
	4137-99	20. desember 1999
Forfatter(e) Pål Brettum Jarl Eivind Løvik	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
	O-97234	57 + vedlegg
	Fagområde	Distribusjon
	Vassdrag	
	Geografisk område	Trykket
	Oslo	NIVA

Oppdragsgiver(e) NSB Gardermobanen A/S	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag

Etter at en rekke innsjøer og bekker, som en antok kunne være berørt av lekkasjene til Romeriksporten i forbindelse med arbeidene der, ble undersøkt i 1998, har NIVA i 1999 overvåket noen av disse lokalitetene. Det var Søndre og Nordre Puttjern, Puttjernsbekken og Munkebekken og Lutvannsbekken. Dette var lokaliteter som undersøkelsene i 1998 viste var direkte eller indirekte berørt. Etter at en kom igang med å pumpe lekkasjevannet til tunnelen tilbake i fjellet via et infiltreringsanlegg, har en klart å holde vannstanden i Nordre Puttjern så høy at vann rant ut av tjernet til Puttjernsbekken det meste av sesongen 1999. Hevingen av vannstanden i Nordre Puttjern med overløp store deler av sesongen og metting av myrområdene rundt tjernet har vært vellykket for å bedre vannkvaliteten i tjernet. Nordre og Søndre Puttjern var antagelig relativt like før lekkasjene, og ved sammenligning av resultatene for de to tjernene i 1999 viser overvåkingen en klar forbedring, selv om det ennå er et stykke frem til førtilstand i Nordre Puttjern. Planteplanktonet og dyreplanktonet i Nordre Puttjern viser økt mangfold. Analyseverdiene for Puttjernsbekken og Munkebekken, med unntak av enkeltverdier, var i store trekk omtrent på samme nivå i 1998 og 1999 for de fleste parametre. En kan ikke påvise effekter av lekkasjene på disse bekkestasjonene. Resultatene fra Lutvannsbekken viser heller ingen store forskjeller mellom resultatene i 1998 og 1999. Resultatene her vil variere avhengig av om vann fra Lutvann dominerer i bekken eller vannet blir blandet med relativt mye smeltevann eller avløp fra bekkens nærområde og tilførsler fra Krokstjernsbekken.

Fire norske emneord 1. Limnologiske undersøkelser 2. Vannkvalitet 3. Overvåking 4. Østmarka, Oslo	Fire engelske emneord 1. Limnological investigations 2. Water quality 3. Monitoring 4. Østmarka area, Oslo
---	--


Pål Brettum
Prosjektleder


Arne Lysche Solheim
Forskningsleder


Nils Roar Sælthun
Forskningsjef

O-97234

Overvåking i 1999 av vannkvalitet og økologiske forhold i vassdrag i Østmarka berørt av lekkasjene til Romeriksporten

Forord

I 1998 ble flere innsjøer og bekker, som en antok kunne være berørt av lekkasjene til Romeriksporten undersøkt. Etter at disse undersøkelsene var rapportert, ba NSB Gardermobanen A/S Norsk institutt for vannforskning (NIVA) om å utforme og gjennomføre et overvåkingsprogram for de lokaliteter som direkte eller indirekte viste seg å være berørt av lekkasjene.

Overvåkingen har omfattet Søndre og Nordre Puttjern, samt Puttjernsbekken og Munkebekken. I tillegg ble det foretatt analyser av kjemiske prøver fra Lutvannsbekken og Kroktjernsbekken.

Analysene av prøver fra Lutvannsbekken og Kroktjernsbekken var en støtte til de undersøkelsene som LFI (Laboratorium for ferskvannsokologi og innlandsfiske) gjennomfører i dette bekkesystemet.

Alle kjemiske analyser av innsamlete vannprøver er utført ved Kjemisk laboratorium på NIVA.

Hovedansvarlig og koordinator for NIVAs feltarbeid har vært forsk.ass. Sigbjørn Andersen.

Analyse og sammenstilling av dyreplanktonmaterialet er utført av forskn.ass. Jarl Eivind Løvik.

Planteplanktonanalysene er utført av forsker Pål Brettum, som også har sammenstilt de fysiske-kjemiske analyseresultatene og er ansvarlig for utformingen av denne rapporten.

Oslo, 20. desember 1999

Pål Brettum

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	5
Summary	9
1. Innledning	10
2. Prøvetakingsstasjoner, -program og frekvens	10
2.1. Innsjølokalitetene	10
2.2. Bekkelokalitetene	11
3. Nedbør- og lufttemperatur	13
4. Vannstands- og vannføringsvariasjoner	13
4.1. Vannstandsvariasjoner	13
4.2. Vannføringsmålinger	16
5. Fysisk-kjemiske forhold og plankton	17
5.1. Innsjøer	17
5.1.1. Fysisk-kjemiske forhold	17
5.1.2. Planteplankton og klorofyll	33
5.1.3. Dyreplankton i Søndre og Nordre Puttjern 1999.	39
5.2. Bekkelokaliteter	43
5.2.1. Fysisk-kjemiske forhold	43
6. Referanser	56
7. Vedlegg	58

Sammendrag og konklusjoner

Lekkasjer til Romeriksporten, berørte en del vann og vassdrag i Østmarka. I den forbindelse ble det gjennomført en omfattende undersøkelse i 1998 av en rekke vannforekomster som en antok kunne være berørt av lekkasjene. Undersøkelsene ble gjennomført av NIVA (Norsk institutt for vannforskning) og LFI (Laboratorium for fersvannsøkologi og innlandfiske), med A/S Gardermobanen som oppdragsgiver.

Etter at undersøkelsene var gjennomført og resultatene rapportert, ble NIVA bedt om å utforme program for å gjennomføre en overvåking av områdene som ble påvirket av lekkasjene. Undersøkelsene omfattet Puttjernene og Puttjernsbekken. I tjernene ble det gjennomført undersøkelser av fysisk-kjemiske parametre, planteplankton og dyreplankton, i bekkene fysisk-kjemiske undersøkelser

Fordi LFI skulle gjennomføre en treårsundersøkelse av fisk- og bunndyrforholdene, i første rekke i Lutvannsbekken, var det ønskelig med en undersøkelse av de fysisk-kjemiske forholdene også i dette bekkesystemet. Prøver for slike analyser ble derfor i tillegg samlet inn fra tre stasjoner der, to i selve Lutvannsbekken og en i Kroktjernsbekken som renner inn i Lutvannsbekken.

For å bedre forholdene rundt Puttjernsområdet og Puttjernene, og særlig Nordre Puttjern, ble det i 1999 satt igang arbeid der en pumpet vannet, som kom til tunnelen som lekkasjer, tilbake til fjellet ved et infiltrasjonsanlegg, slik at dette skulle skape et mottrykk mot det inntrengende vannet. Dermed ville en dempe lekkasjene og få grunnvannsnivået og vannstanden i tjernet tilbake til tilstanden slik den var før arbeidene med Romeriksporten startet.

Gjennom 1999 var vannstanden i både **Søndre** og **Nordre Puttjern** høy, og det rant vann ut av utløpene i begge tjernene store deler av sesongen. Bare i den tørreste perioden i juli-september rant det ikke vann ut til bekken, men vannstanden i begge tjernene, også **Nordre Puttjern**, holdt seg høy. Dette var sannsynligvis et resultat av tiltakene i Romeriksporten.

I **Søndre Puttjern** var de vannkjemiske forholdene i 1999 gjennomgående som i 1998 med lite O₂ under 5 m dyp, forholdsvis høy pH mellom 6.7 og 7.0, fargetall mellom 30 og 43 mg/l Pt og TOC mellom 5.8 og 7.3 mg/l.

I **Nordre Puttjern** var også variasjonene i temperatur og oksygen gjennom sesongen 1999 mye lik registreringene i 1998. De fysisk-kjemiske analyseresultatene av blandprøvene fra epilimnion viser at vannmassene der var betydelig mindre sure i 1999 sammenlignet med 1998. I 1999 lå pH mellom 5.5 og 6.5. Konduktiviteten sank kraftig, noe som viser at vannmassene i epilimnion i 1999 var mindre ionerike. Innholdet av partikler var også markert mindre, vist ved kraftig redusert turbiditet, mens fargetallet og TOC økte utover høsten på samme måte som i Søndre Puttjern og viste mye høyere verdier enn i 1998. Ekstremt lave pH-verdiene og foto-oksydasjon på grunn av liten vann-gjennomstrømning førte til avfarging av humus i 1998. Siktedypet var 0.5-1.0 m mindre i 1999 enn i 1998 med størst forskjell om høsten, på grunn av mer humusrikt vann.

Også analysene av prøvene fra 2, 4 og 6(7) m dyp viste klar bedring av vannkvaliteten i alle dyp, størst endring i 4 m dyp.

En sammenligning er også gjort mellom analyseresultater for dypvannsprøver i Søndre og Nordre Puttjern. En går ut fra at forholdene i de to tjernene var relativt like før byggingen av Romeriksporten tok til, og resultatene for Søndre Puttjern kan derfor fungere som referanse. Sammenligningen viser at det for de målte parametre ennå er store forskjeller på vannkvaliteten i dypvannet i de to tjernene.

Planteplanktonanalysene for **Søndre Puttjern** viste at variasjonene i totalvolum planteplankton og registrert maksimum lå omtrent på samme nivå de to årene. Også sammensetningen av arter var mye den samme, selv om det var noe større variasjoner i prosentvis andel av noen grupper i 1999 sammenlignet med 1998. Flest arter ble i 1999 som i 1998 registrert innen gruppen Chrysophyceae (gullalger). Dette er en viktig gruppe i Søndre Puttjern, selv om den er mindre dominerende i dette kalkete tjernet enn den normalt ville vært i mer sure skogstjern. Gruppen Dinophyceae (fureflagellater) var i sommerperioden den mest dominerende gruppen. Planteplanktonet viser stort arts-/ taksa-mangfold med et samlet antall taksa i 1998 på 63 og i 1999 på 61. Variasjonene i klorofyllinnholdet var også i stor grad den samme de to årene, og det fulgte i store trekk variasjonene i totalvolum planteplankton.

Dyreplanktonet i **Søndre Puttjern** hadde en normal artssammensetning som tydet på relativt næringsfattige forhold og muligens et betydelig predasjonspress fra planktonspisende fisk. Biomassen av gruppen calanoide hoppekreps var de fleste gangene betydelig større i 1999 enn året før, mens biomassen av cyclopoide hoppekreps og vannlopper var mindre i 1999 enn i 1998. Forskjellene lå imidlertid innenfor det en kan regne med som naturlige år til år variasjoner i et skogstjern. Totalbiomassen var middels høy, og det var ingen store endringer i artssammensetning og biomasse fra foregående år.

Planteplanktonanalysene i **Nordre Puttjern** viser at totalvolumet også i dette tjernet varierte noe, men registrerte maksimum lå omtrent på samme nivå de to årene. Flest arter fant en innen gruppen Chrysophyceae (gullalger) i 1998, men det totale arts-/ taksa-antall var bare 36 det året. Diversiteten økte kraftig i 1999 med 51 registrerte arter eller taksa. Det økte mangfold av arter henger sannsynligvis sammen med den bedre vannkvaliteten som en registrerte i epilimnion i 1999 sammenlignet med forholdene i 1998. I første rekke har økt pH bidratt. Mange arter har vist seg å forsvinne fra planteplanktonsamfunnet når pH blir lavere enn ca. 5. Gruppen Chlorophyceae (grønnalger) hadde en større andel i dette tjernet, som det ofte har i mer sure skogstjern. En dominans av gruppen Cryptophyceae (svelgflagellater) ble registrert begge årene på ettersommeren og høsten.

For dyreplanktonet i **Nordre Puttjern** kan en konkludere med at hjuldyrene har svart på bedringen av vannkvaliteten i 1999 ved økt artsantall og markert økning i bestandene av flere arter. Krepsdyrplanktonet derimot forekom med bare et fåtall arter og svært lav biomasse. Totalt sett hadde derfor dyreplanktonet en uvanlig sammensetning som viste at samfunnet ikke var normalisert ennå. Dataene for vannkvaliteten skulle ikke tilsi at vannet fortsatt virket toksisk på de fleste krepsdyrplankton-arter. Årsaken til den lave andelen og de små biomassene av krepsdyr var derfor mest sannsynlig at re-etableringen av større bestander vil ta noe lengre tid enn ett år.

Av de undersøkte bekkelokalitetene ble Puttjernsbekken (P1), Munkebekken (M1) og Lutvannsbekken (L1) undersøkt også i 1998. Lutvannsbekken (L0) og Kroktjernsbekken (Kr1) kom i tillegg i 1999. Vannkvaliteten i **Puttjernsbekken (P1)** var stort sett den samme i 1999 som i 1998. Ved tilførsler av surt myrvann økte innholdet av aluminium til bekken sterkt, også labilt aluminium.

Stasjon **Munkebekken (M1)**, som ligger nede i bebyggelsen, og påvirkes av andre tilførsler i tillegg til vann fra Puttjernsbekken, viste gjennomgående betydelig høyere pH enn stasjon P1. Også verdiene for konduktivitet og turbiditet var høyere, mens fargetall og TOC var betydelig lavere, noe som viser at det er mindre påvirkning av humøst vann på denne stasjonen enn i Puttjernsbekken. I perioder når vann via Puttjernsbekken blir mer dominerende, synker pH, mens fargetallet og TOC stiger og aluminiumsinnholdet øker sterkt. Samlet viser de fleste analyseresultatene at det ikke har skjedd noen endring i forholdene på denne stasjonen fra 1998 til 1999.

I **Lutvannsbekken (L1)** vil de kjemiske parametrene variere avhengig om det meste av vannet i bekken kommer fra Lutvann via demningen, eller det kommer relativt mye vann via tunnelen i Kroktjern til Kroktjernsbekken. Verdiene for flere fysisk-kjemiske parametre er for det meste svært forskjellige i vannmassene i Lutvann og Kroktjern. Hvorledes dette påvirker forholdene ved stasjonen så en i august-september. Kroktjernsbekken var da tørrlagt, og det meste av vannet i bekken kom fra Lutvann. Da registrerte en høyeste pH, høy konduktivitet, liten turbiditet, lite fargetall, lite organisk materiale (TOC) og svært lite aluminium. Tilsvarende var det lav pH, lav konduktivitet, og høyere turbiditet, farge og TOC i smeltevannsperioden på våren, når større del av avrenningsvannet til bekken kom via Kroktjernsbekken og områdene langs bekken.

Stasjon **Lutvannsbekken (L0)** ligger nedenfor utløpet over dammen i Lutvann, og har derfor verdier for de fleste parametre nær de en registrerer i Lutvann.

Kroktjernsbekken (Kr1) ble tørrlagt i august-september og antall analyseserier ble derfor redusert. I snøsmeltingsperioden var pH lav, mens den i perioden med vann fra Kroktjern hadde relativt høy pH. Konduktiviteten var liten, det samme var tilfelle med partikkel-innholdet målt som turbiditet. Fargeverdiene var ganske høye, noe som sammen med relativt høye verdier for TOC viser humusholdig vann. Forhøyete verdier for aluminium kom i forbindelse med snøsmelting og lavere pH.





















Konklusjonen på årets overvåkingsundersøkelser i Puttjernene er at hevingen av vannstanden i Nordre Puttjern, og den relativt stabile vannstanden med overløp store deler av sesongen, og metting av myrområdene rundt tjernet har vært vellykket for å bedre vannkvaliteten i tjernet. Selv om det ennå er et godt stykke frem til at forholdene er tilbake til tilstanden før lekkasjene til Romeriksporten, viser analyseresultatene for 1999 en markert bedring sammenlignet med resultatene fra undersøkelsene i 1998. Forholdene i Søndre Puttjern må en anta er mye lik forholdene slik de var i Nordre Puttjern før lekkasjene og sammenligner en de to tjernene på denne bakgrunn er det klart at det er et stykke frem til Nordre Puttjern blir helt restituert.

Analyseverdiene i Puttjernsbekken og Munkebekken i 1999 lå i store trekk omtrent på samme nivå som i 1998 for de fleste parametre, med unntak av enkeltverdier som skiller seg markert ut fra gjennomsnittet begge årene. En kan ikke påvise noen effekter av lekkasjene til Romeriksporten i resultatene fra disse stasjonene.

Lutvannsbekken (L1) viser heller ingen store forskjeller mellom resultatene i 1998 og 1999. Analyseresultatene her vil variere avhengig av om vann fra Lutvann dominerer i bekken, eller vannet blir blandet med relativt mye smeltevann eller avrenning fra bekkens nærområder og tilførsler fra Kroktjernsbekken.

På neste side er fremstilt klassifisering av tilstand for ulike miljøparametre i Nordre Puttjern i 1998 og 1999 for å vise den bedre vannkvalitet. (Farge og TOC viser dårligere tilstand p.g.a. økt humuspåvirkning):

Bedømmelse av miljøkvalitet og tilstand i Nordre Puttjern i 1998 og 1999

Lokalitet	pH	Alk	Turb	Farge	TOC	Tot-P	Tot-N	Jern	Klorofyll	Samlet
Nordre Puttjern 1998										
Nordre Puttjern 1999										

Klasse I "Meget god" tilstand



Klasse IV "Dårlig" tilstand



Klasse II "God" tilstand



Klasse V "Meget dårlig" tilstand



Klasse III "Mindre god" tilstand



Summary

Title: Monitoring of water quality and ecological status during 1999 of watercourses in Østmarka (Oslo) affected by leakage to Romeriksporten.

Year: 1999

Author: Pål Brettum and Jarl Eivind Løvik

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3748-8

Building the railway tunnel Romeriksporten caused leakage of water into the tunnel, and lowering of the ground-water level in parts of the Østmarka area in 1997-98. A comprehensive investigation of the water quality and ecological status in lakes and brooks was carried out in 1998. This investigation showed that most of the damage of the leakage were restricted to the lake Nordre Puttjern, where the water level in 1998 was 3-4 m below the outlet level.

Raising the water level in lake Nordre Puttjern by injection of leakage water from the tunnel to the ground, has given a better water quality to this small lake. However, it is still far from the conditions before the leakage started. The report gives the monitoring results of some of the water bodies in the area.

Analyses of samples collected in Puttjernsbekken, Munkebekken and Lutvannsbekken show that these brooks were not discernibly affected by the leakage, and that the conditions in 1998 and 1999 were approximately the same. The results of the analyses in Lutvannsbekken are dependent on whether the water in the brook are dominated by water from lake Lutvann or from the brook Krokjtjernsbekken which is more humic and acid.

1. Innledning

Lekkasjer til Romeriksporten i forbindelse med byggingen av denne, berørte en del vann og vassdrag i Østmarka i områdene over strekningen for tunnelen. I den forbindelse ble det gjennomført en omfattende undersøkelse i 1998 av en rekke vannforekomster som en antok kunne være berørt av lekkasjene. Undersøkelsene ble gjennomført av NIVA (Norsk institutt for vannforskning) og LFI (Laboratorium for fersvannsøkologi og innlanfiske), med NSB Gardermobanen A/S som oppdragsgiver.

Parallellt med dette ble det satt igang tettningarbeider inne i tunnelen i områdene der lekkasjene var størst. Dette var i hovedsak under Puttjernsområdene og under Lutvatn. Under Lutvatn greide en å tette lekkasjene til et tilfredstillende nivå, mens en under Puttjernsområdene ikke nådde et akseptabelt nivå.

Undersøkelsene i 1998, som omfattet 9 elve-/ bekkestasjoner i Ellingsrudvassdraget, Lutvannsbekken og Ljanselva og innsjøene Nordre og Søndre Puttjern, Kroktjern, Lutvatn og Nøklevatn, viste at det stort sett bare var Puttjernene, og da særlig Nordre Puttjern, som var berørt av lekkasjene, mens en ikke kunne registrere endringer i de andre innsjø- og bekkelokalitetene. Av bekkestasjonene var det Puttjernsbekken som ble berørt, ved at det i 1998 ikke rant ut vann fra Nordre Puttjern til denne bekken, da vannstanden i tjernet hele tiden lå lavere enn overløpshøyden.

Etter at undersøkelsene var gjennomført og resultatene rapportert (Brettum og medarb. 1999), ble NIVA bedt om å utforme og gjennomføre en overvåkingsundersøkelse av de områdene der det var registrert endringer på grunn av lekkasjene. Det omfattet Puttjernene og Puttjernsbekken.

Fordi LFI skulle gjennomføre en undersøkelse av fisk- og bunndyrforholdene, i første rekke i Lutvannsbekken, var det ønskelig med en undersøkelse av de fysiske-kjemiske forholdene også i dette bekkesystemet. Prøver for slike analyser ble derfor i tillegg samlet inn fra tre stasjoner der.

For å bedre forholdene rundt Puttjernsområdet og Puttjernene, og særlig Nordre Puttjern, ble det i 1999 satt igang arbeid der en pumpet vannet, som kom til tunnelen som lekkasjer, tilbake til fjellet via et infiltrasjonsanlegg, slik at dette skulle skape et mottrykk til det inntrengende vannet. Dermed ville en dempe lekkasjene og få grunnvannsnivået og vannstanden i tjernet tilbake til tilstanden slik den var før arbeidene med Romeriksporten startet.

Denne rapporten omfatter resultatene av disse overvåkingsundersøkelsene i 1999, og en sammenligning med resultatene for undersøkelsene i 1998.

2. Prøvetakingsstasjoner, -program og frekvens

De aktuelle prøvetakingsstasjonene i forbindelse med overvåkingsundersøkelsene i 1999, er vist i figur 1.

2.1. Innsjølokalitetene

Under overvåkingsundersøkelsene i 1999 var det bare de to små tjernene Nordre Puttjern og Søndre Puttjern av innsjølokaliteter som ble undersøkt. Søndre Puttjern viste seg under undersøkelsene i 1998 å ikke være påvirket i nevneverdig grad av lekkasjene. Det kunne derfor i denne sammenheng fungere

som referanselokalitet mot forholdene i Nordre Puttjern. En må anta at forholdene i Søndre og Nordre Puttjern var svært like før lekkasjene til Romeriksporten. Søndre Puttjern, som renner nordover til Nordre Puttjern, er derfor en god referanselokalitet for å undersøke hvor mye lekkasjene har endret vannkvaliteten i Nordre Puttjern, og hvor langt den har fjernet seg fra det normale.

Overvåkingsprogrammet for 1999 startet med første prøvetaking i februar mens isen ennå lå på tjernene, og prøver fra tjernene ble samlet inn én gang i måneden i perioden februar-oktober.

Prøvene for fysisk-kjemiske analyser omfattet blandprøver fra epilimnion. I tillegg kom prøvene fra 9 m dyp i Søndre Puttjern og 2, 4 og 7 m dyp i Nordre Puttjern. Analyseprogrammet for de fysisk-kjemiske blandprøvene omfattet pH, konduktivitet, alkalitet, turbiditet, farge, tot-P, PO₄-P, tot-N, NH₄, NO₃, TOC, Fe, Mn, Na, Ca, Mg, K, Cl og SO₄. For på en enkel måte å følge med i utviklingen i de ulike dyp i Nordre Puttjern, ble det samlet inn ekstra prøver fra 2, 4 og 7 m dyp, ved hver prøvetakingsdato. Disse ble analysert med henyn på pH, konduktivitet, Fe og SO₄. Prøver for disse parametrene ble også samlet inn fra 9 m dyp i Søndre Puttjern for å kunne sammenligne forholdene i dypvannet.

Prøver for planteplankton og dyreplankton ble samlet inn som blandprøver i epilimnion, ved hvert prøvetakingstidspunkt i vekstsesongen mai-oktober, samtidig med vannprøver for analyse av klorofyll. Ved prøvetakingene i august, september og oktober ble blandprøvene for klorofyll tatt noe for dypt. Dette gjorde at store bestander av fotosyntetiserende bakterier kom med i prøvene, og ga et unormalt høyt klorofyllinnhold. Slike bakterier ligger ofte i store konsentrasjoner i området mellom oksygenholdig og oksygenfritt, H₂S-holdig vann. Denne overgangssonen kan ofte være svært skarp, slik at en lett får vannhenteren ned under dette sjiktet, og dermed får med store konsentrasjoner av disse bakteriene.

I forbindelse med prøvetakingsinnsamlingen ble temperatur og oksygen målt i ulike dyp langs en vertikal gradient fra overflaten til bunnen over det dypeste området i innsjøene.

2.2. Bekkelokalitetene

I tillegg til prøveinnsamling og analyse av prøver fra de to Puttjernene omfattet overvåkingsprogrammet i 1999 også fysisk-kjemiske analyser av prøver samlet inn fra enkelte bekkestasjoner.

Disse stasjonene var:

- Puttjernsbekken P1 (før samsløp med Grønnliabekken)
- Munkebekken M1 (rett oppstrøms Munkebekkveien)
- Lutvannsbekken L0 (ved utløpet av Lutvatn, før samsløp med Kroktjernsbekken)
- Lutvannsbekken L1 (i nedre del av bekken)
- Kroktjernsbekken Kr1 (før samsløp med Lutvannsbekken)

Fra stasjonene Puttjernsbekken P1, Munkebekken M1 og Lutvannsbekken L1 ble det også samlet inn prøver i 1998, mens stasjonene Lutvannsbekken L0 og Kroktjernsbekken Kr1 var nye i forbindelse med overvåkingen i 1999. Disse var med for bedre å få et bilde av hele bekkesystemet mellom Lutvatn og Nøklevatn. I forbindelse med de fisk- og bunndyrundersøkelsene som LFI foretar i Lutvannsbekken var dette av interesse.

Fra bekkestasjonene ble det også samlet inn prøver én gang i måneden i 1999. Første prøveinnsamling ble foretatt 15. januar. Prøver ble samlet inn til og med oktober.

Analyseprogrammet for prøvene fra bekkene omfattet pH, konduktivitet, alkalitet, turbiditet, farge, tot-P, tot-N, TOC, Al/R og Al/I.

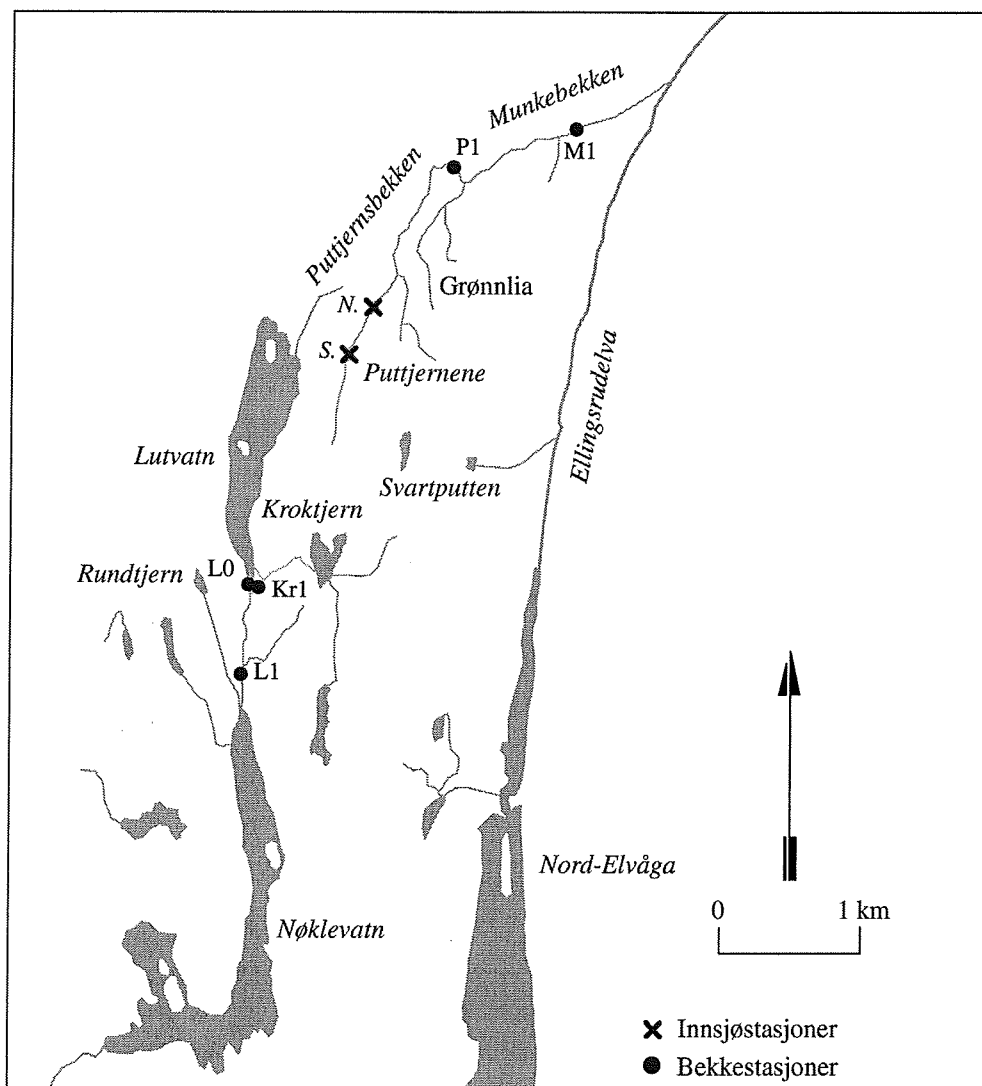


Fig. 1 Kartskisse som viser plasseringen av prøvetakingsstasjonene i tjernene og bekkene i overvåkingsundersøkelsene 1999.

3. Nedbør- og lufttemperatur

I figur 2 er fremstilt variasjonene i nedbør og lufttemperatur målt av DNMI, Det norske meteorologiske institutt, på Blindern. Disse registreringene bør være representative i store trekk for variasjonene i nedbør og lufttemperatur slik de var i Østmarkas vestre deler i 1998 og 1999, selv om enkelte lokale forhold vil spille inn. Figurene viser månedsmiddel for temperaturen i 1998 og 1999 og nedbørmengden pr. måned for de samme årene. Da månedsmiddel er grove mål for å vurdere avrenningen til bekkene, særlig i periodene før prøvetakingene av vannprøver, har en sett mer i detalj på måleresultatene for nedbør i perioden før tidspunktene for prøvetakingene, selv om disse ikke er tatt med i figuren.

Figuren viser at temperaturen sommeren 1999 i stor grad fulgte normaltemperaturen men da lå noe over temperaturen i 1998. Normaltemperaturen er snittet av målingene fra 1961-1990. På våren var temperaturen en del over både normalen og temperaturen i 1998, og utover sensommeren og tidlig høst betydelig over normalen og også over temperaturen i 1998. På ettervinteren i 1999 var temperaturen over det normale, men lavere enn i 1998 som hadde en mild ettervinter.

Ser en på nedbørsforholdene gjennom de to årene 1998 og 1999 viser disse at nedbørmengden som månedssum var svært mye høyere enn normalen både i januar (188 %), mars (279 %), juni (220 %) og september (181 %) 1999, mens den i de mellomliggende måneder var nær lik eller betydelig lavere enn normalen. I august falt det bare 34 % av normalen. Sammenlignet med 1998, som var et nedbørrikt år, lå nedbøren i de nedbørrike månedene i 1999 betydelig over mengdene også ved denne sammenligningen. Selv om hovedinntrykket for 1999 var mye bra vær, kom nedbøren dette året med svært store nedbørmengder konsentrert på én eller noen få dager. Disse kraftige nedbørmengdene konsentrert på korte tidsrom førte til kraftig flom i bekker og diker, med påfølgende utspyling og tilførsel av materiale fra nedbørfeltene til bekker og tjern. Eksempelvis kom det 17. og 22. mars henholdsvis 18 og 22 mm, 20. og 29. juni henholdsvis 16 og 27 mm pr. døgn og i perioden 20. til 27. september døgnsummer som varierte mellom 14 og 46 mm. Dette er svært høye døgnsummer for nedbør i Osloregionen. I august, da det bare kom 30 mm som er 34 % av normalnedbør, kom mer enn halvparten av dette, 16 mm, i løpet av 27. august. Etter lang tørke er det klart at et slikt regnskyll hadde stor utspykende effekt.

For flere parametre, særlig i Puttjernsbecken og Munkebekken, ga de store, konsentrerte nedbørmengdene i slutten av august men også i slutten av september etter lengre perioder med lite nedbør, seg utslag i økning av tilførsler til bekkene. Uheldigvis ble prøvene i august og september tatt før disse periodene, slik at vannføringen da hadde vært minimal i mange dager.

4. Vannstands- og vannføringsvariasjoner

Vannstandsmålingene og vannføringsdata for 1999 i de undersøkte bekkene og innsjøene er samlet inn og bearbeidet av NVE (Norges vassdrags- og energiverk).

4.1. Vannstandsvariasjoner

I figur 3 er fremstilt vannstandsvariasjonene for de to undersøkte innsjølokalitetene, Søndre- og Nordre Puttjern.

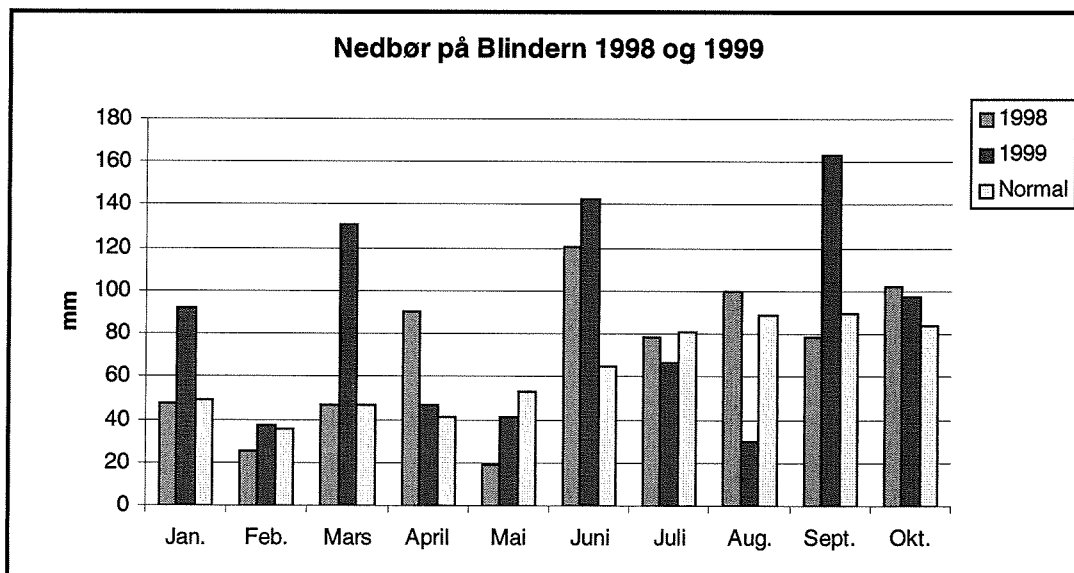
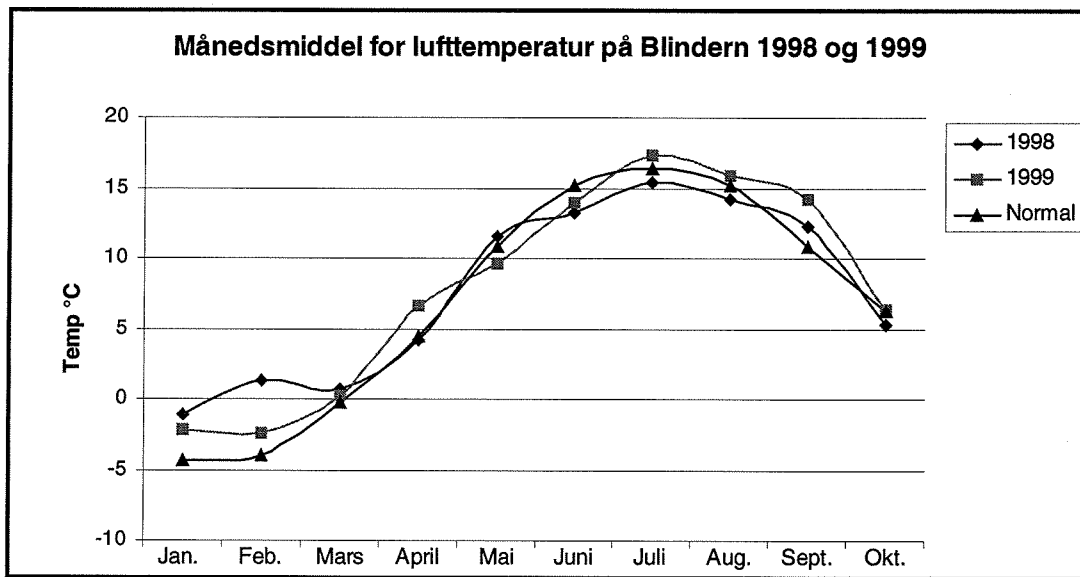


Fig. 2 Variasjoner i månedsmiddel for lufttemperatur og nedbørsmengde pr.måned på Blindern 1998 og 1999.

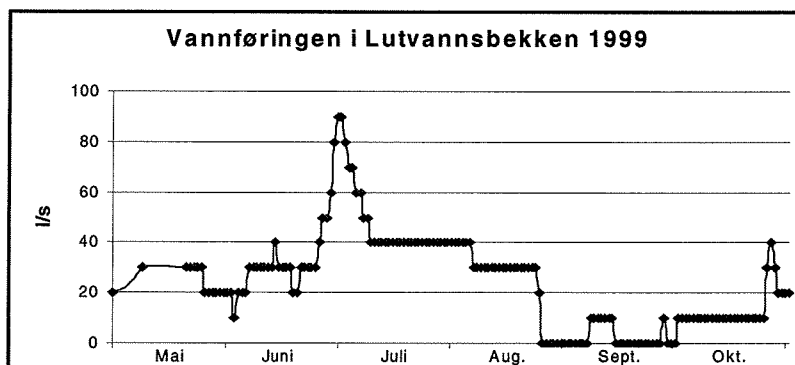
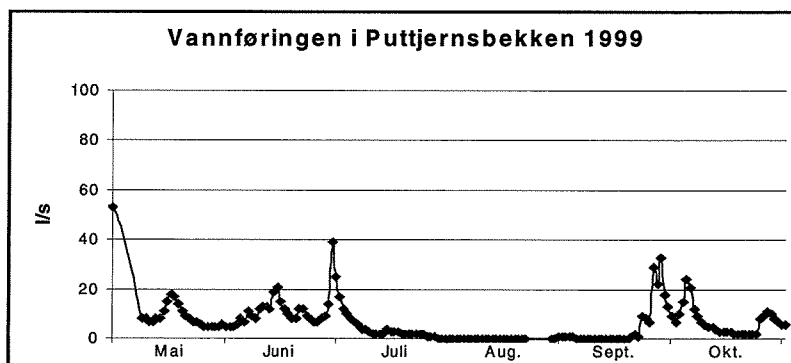
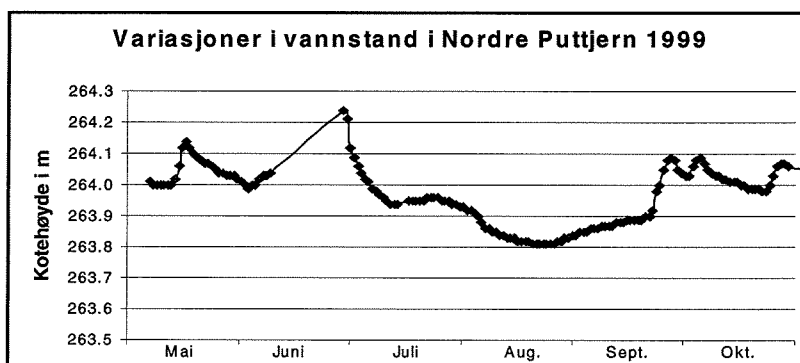
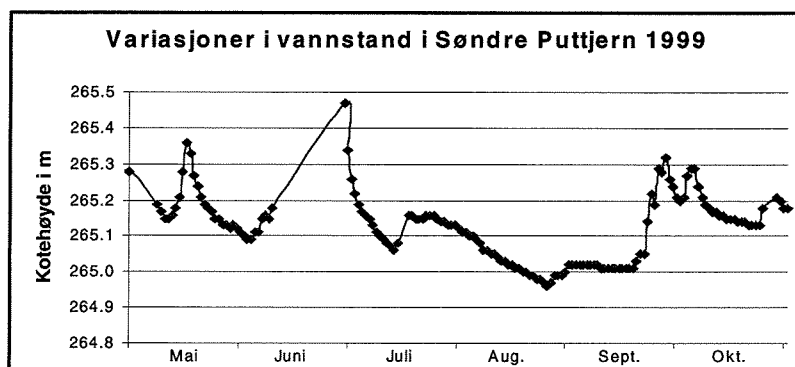


Fig. 3 Variasjoner i vannstand i Søndre og Nordre Puttjern og vannføringen i Puttjernsbekken (P1) og Lutvannsbekken (L0) i 1999.

Søndre Puttjern

Store deler av sesongen 1999 var det så høy vannstand i Søndre Puttjern at det rant ut av tjernet i utløpet mot nord til Nordre Puttjern. Overløpshøyden gitt i kotehøyde er 265.12 m. Som figur 3 viser var det bare i en periode fra månedskiftet juli / august og frem til ca. 20. september at vannstanden var under dette nivå, og bekkeløpet ut av tjernet tørket inn. I en kort periode i mai og store deler av juni var det hele 20 - 30 cm høyere vannstand enn overløpsnivået, og det var da relativt sett stor avrenning fra Søndre Puttjern i bekken. Etter den kraftige nedbørsperioden mot slutten av september kom det igjen en periode med markert avrenning til bekken fra Søndre Puttjern mot Nordre Puttjern. Det har i 1999 ikke vært nødvendig å pumpe opp vann fra Krokstjern til Søndre Puttjern slik det i perioder ble gjort frem til 30. august i 1998.

Nordre Puttjern

Kotehøyden for overløp fra Nordre Puttjern til Puttjernsbekken er litt i underkant av 264 m. Vannstandsmålingene som er vist i figur 3 for Nordre Puttjern viser at vann rant ut av tjernet til Puttjernsbekken store deler av sesongen 1999. Både i mai og juni var det god vannføring ut av tjernet til bekken. Store nedbørsmengder til tider og det at en satte igang tiltak i Romeriksporten med å pumpe lekkasjevannet til tunnelen tilbake inn i fjellet ved et infiltrasjonsanlegg for å motvirke grunnvannsdrenering, har holdt grunnvannspeilet i Puttjerns-området mer stabilt. Dette viste seg å ha den ønskete effekt. I sommerperioden sank vannstanden med inntil 15-20 cm, men tjernet virket svært fullt hele denne perioden uten at det rant vann ut av tjernet. Dette var det motsatte av hva som skjedde med andre tjern i området, der vannstanden sank som følge av lite nedbør i denne perioden samlet (se under nedbørsforholdene). Fra slutten av september, med kraftig nedbør igjen, steg vannstanden, og det ble igjen overløp til bekken.

4.2. Vannføringsmålinger

Vannføringsmålinger foreligger for 1999 fra målestasjoner i nærheten av to av de bekkelokalitetene som vannprøver er samlet inn fra i forbindelse med undersøkelsene (figur 3). Disse målestasjonene er ved stasjonen i Puttjernbekken (P1) og i Lutvannsbekken etter utløp fra Lutvatn ved stasjon Lutvannsbekken (L0).

Da det var tilførsler fra nedbørfeltene for Søndre- og Nordre Puttjern til Puttjernsbekken i 1999, og dermed også Munkebekken, følger vannføringsmålingene i større grad enn i 1998 variasjonene i vannstanden i Nordre Puttjern og periodene med overløp til Puttjernsbekken. Som figuren viser var vannføringen høy etter snøsmeltingen i begynnelsen av mai. Deretter sank den til en normal vannføring i mai og begynnelsen av juni da mye vann suges opp av vegetasjonen. En topp i vannføringen i slutten av juni er overensstemmende med den kraftige nedbøren da. I sommerperioden er vannføringen nede på et minimum til den igjen øker betydelig i forbindelse med store nedbørmengder i slutten av september. Maksimum i juni ble registrert med 39 l/s, i september med 33 l/s.

I Lutvannsbekken ble det også registrert maksimum i slutten av juni med 90 l/s (=5400 l/min). Ny dam i Lutvann og ny overløpsprofil er bestemmende for mengden av vann ut av Lutvann. En bunntappeanordning i forbindelse med dammen kan regulere en del av vannmengden ut. Dette gjelder i første rekke i tørre perioder når vann ikke renner ut av innsjøen til bekken via overløpsprofilen. I følge konsesjonsbetingelsene skal det være en minstevannføring i bekken på 200 l/min.

På grunn av fiskestammer i Lutvannsbekken og bunndyrfaunaen er det viktig at en kan opprettholde en minstevannføring selv i tørkeperioder. Lutvannsbekken får tilførsler fra Krokstjernsbekken under normale forhold, men ved prøvetakingstidspunktene både i august og september var denne bekken tørrlagt.

5. Fysisk-kjemiske forhold og plankton

5.1. Innsjøer

5.1.1. Fysisk-kjemiske forhold

Analysemetodikken for de fysisk-kjemiske parametrene følger Norsk Standard (NS). Til analyse av næringssaltene fosfor og nitrogen er benyttet en automatisert versjon av Norsk Standard. Analysene av TOC (totalt organisk karbon) er utført gjennom oksydasjon ved UV-belysning og peroksidisulfat.

Det er i hovedsak de analyserte blandprøver fra eufotisk sone som danner grunnlaget for omtale og bedømmelse av de kjemisk-fysiske forhold i innsjøene. Disse blandprøvene ble samlet inn fra 0-8 m eller 0-7 m i Søndre Puttjern og 0-3 m dyp i Nordre Puttjern i 1999. Grunnen til at det bare er fra 0-3 m dyp i Nordre Puttjern er for mest mulig å unngå å få med H₂S-holdig vann i blandprøvene.

Variasjonene i de viktigste fysisk-kjemiske parametrene for bedømmelse av miljøkvalitet etter SFTs: "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann", Veiledning 97:04 (Bratli og medarb. 1997), er fremstilt i figurer for de enkelte lokaliteter. Forøvrig er alle analyseresultater å finne under vedlegget bakerst i rapporten.

Som nevnt tidligere ble det fra begge de undersøkte innsjølokalitetene, Søndre og Nordre Puttjern, målt temperatur og oksygenkonsentrasjon i ulike dyp gjennom hele vannsøylen over de dypeste områdene ved hvert prøvetakingstidspunkt. Målingene av oksygeninnholdet ble utført ved hjelp av et oxymeter.

Søndre Puttjern

Temperatur- og oksygenforhold (figur 4, tabell 1 i vedlegg)

Temperaturvariasjonene i Søndre Puttjern fra overflaten til bunnområdene ved største dyp viser at de vertikale variasjonene var svært like de to observasjonstidspunktene mens isen lå på tjernet, i februar og i april. Det var en jevnt stigende temperaturkurve gjennom vannsøylen under isen, i februar fra 0.3 °C i de øverste vannlag til 4.8 - 5.0 °C i bunnlagene og i april fra 0.9 °C. I slutten av mai lå temperaturen i vannmassene under 5-6 m dyp fremdeles mellom 4.6 og 4.9 °C mens det hadde skjedd en temperaturøkning til omkring 9.0 °C i de øverste vannlagene, på grunn av soloppvarmingen av overflatelagene.

Temperaturen i sommerperioden juni og juli viser de samme temperaturer under 5-6 m dyp, men temperaturen i øverste vannlag har økt til henholdsvis 13 °C og 18 °C, slik at termoklinen ble mer og mer utpreget utover sommeren. Mot slutten av august og i september var temperaturen i de øverste 3 m relativt jevn, med en termoklin mellom 3-5 m. Først under ca. 7 m dyp var temperaturen omkring 5 °C eller lavere. Registreringene av temperaturen i oktober viser at vannmassene var godt blandet ned til ca. 4 m dyp. Blanding av vannmassene og nedbrytning av termoklinen var igang på dette tidspunktet. Det registrerte maksimum i 5 m dyp på 8.3 °C viser at vannmassene 12. oktober ennå ikke var gjennomblandet.

I februar var oksygeninnholdet i den øverste meteren høyt med mellom 9-10 mg/l O₂. Deretter sank det raskt til 6 mg/l i løpet av én meter. I sjiktet 2-6 m dyp var det relativt høyt oksygeninnhold i

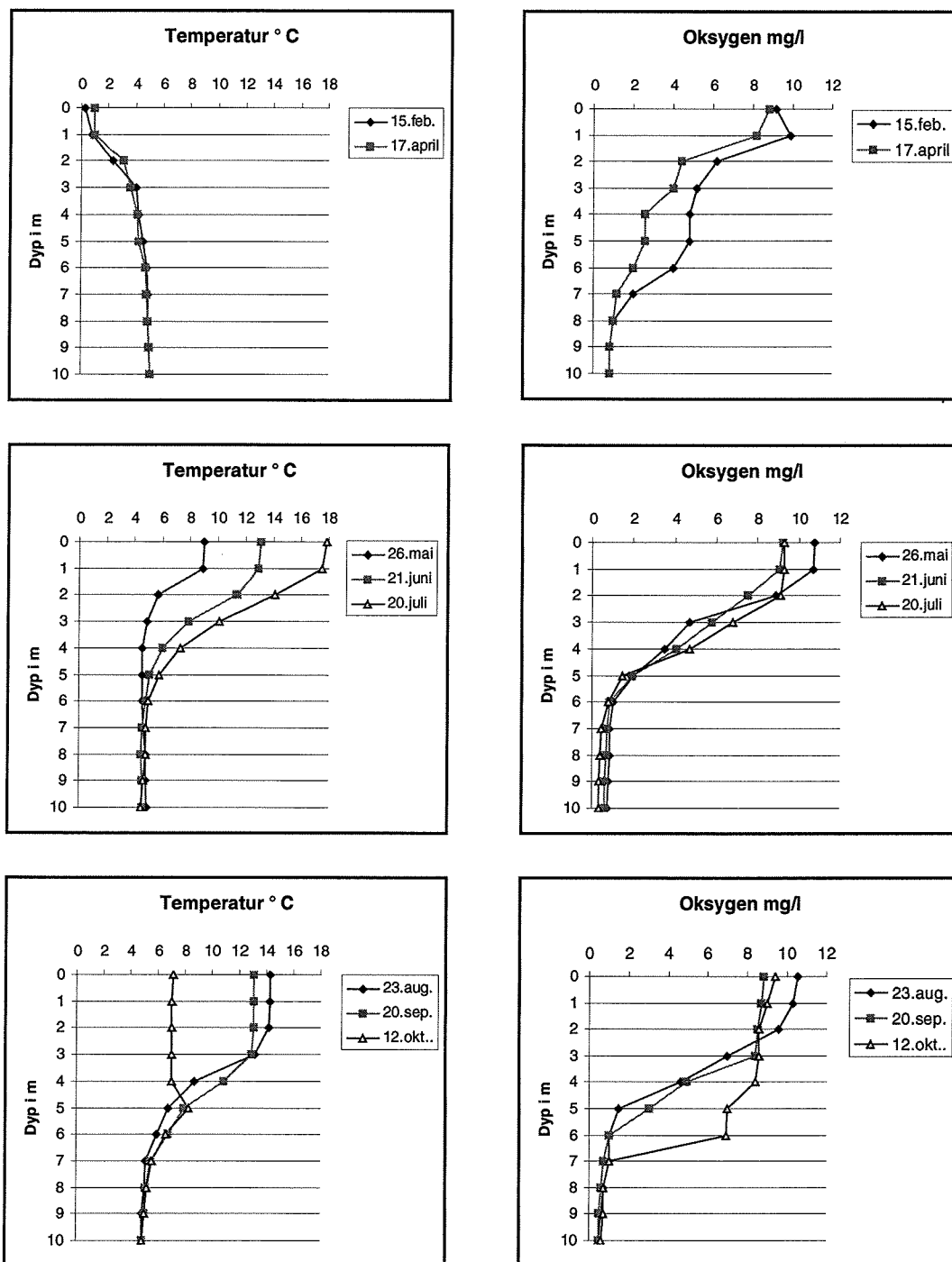


Fig. 4 Vertikale variasjoner i temperatur og oksygen i Søndre Puttjern 1999.

februar med mellom 4-6 mg/l. Under ca. 8-9 m dyp var det oksygenfritt og lukt av hydrogensulfid. I april var oksygeninnholdet i dypet 2-6 m ytterligere redusert. H₂S-holdig vann under 8-9 m dyp også i april.

Gjennom sommerperioden viser oksygenkurvene i store trekk samme vertikale forløp, med oksygeninnhold mellom 9-10.7 mg/l O₂ i de øverste vannlag, og en jevn reduksjon i oksygeninnholdet til 1-1.5 mg/l O₂ ved 5-6 m dyp. Under der var det praktisk talt oksygenfritt. Under ca. 7-8 m var det H₂S-holdig vann hele sommeren. I oktober var oksygenrikere vann blandet inn i vannmassene ned til 6 m dyp. Mellom 6 og 7 m ble oksygeninnholdet raskt redusert til praktisk talt oksygenfritt. Under 7-8 m var det på det tidspunktet H₂S-holdig vann.

Kjemiske forhold (figur 5 og 6, og tabell 3 i vedlegget)

Søndre Puttjern har et lite nedbørfelt, med hovedtilførsler fra områder syd for tjernet. En del av nedbørfeltet er myrområder. Tjernet er kalket flere ganger gjennom 90-årene men, ifølge Oslomarkas Fiskeadministrasjon (OFA), ikke i 1999. Det har i 1999 ikke vært nødvendig å pumpe opp vann fra Krokstjern til Søndre Puttjern slik det av og til ble gjort frem til august 1998.

Figur 5 viser at vannmassene i Søndre Puttjern har hatt en forholdsvis høy pH gjennom sesongen 1999, selv om gjennomsnittsverdien av registreringene i 1999 var litt lavere enn for 1998, henholdsvis 6.76 og 7.01. Det ble kalket i Søndre Puttjern i 1998, men ikke i 1999. Dette ser en også i alkaliteten. Den lå i 1998 mellom 0.186 og 0.400 mmol/l i blandprøvene. I 1999 lå den mellom 0.116 og 0.344 mmol/l. Kalsiuminnholdet, som i blandprøvene i 1998 varierte mellom 4.98 og 9.51 mg/l Ca, varierte i 1999 mellom 4.19 og 7.86 mg/l Ca. Konduktiviteten i Søndre Puttjern hadde også i 1999 lavere verdier i gjennomsnitt for sesongen enn i 1998. Verdiene varierte mellom 3.49 og 5.46 mS/m i 1999 med et snitt på 4.30, mens de i 1998 varierte mellom 4.24 og 6.26 mS/m med et snitt på 5.11 mS/m. Årsaken til noe lavere verdier for disse parametre i 1999 skyldes sannsynligvis mangel på kalking.

Gjennom hele sesongen 1999 var turbiditeten lav. Dette viser at vannmassene i Søndre Puttjern hadde et lite partikkelinnhold. Verdiene varierte mellom 0.31 og 0.75 med et snitt på 0.53 FTU. Selv med unntak av en ekstrem verdi i forbindelse med snøsmeltingen varierte verdiene i 1998 noe mer, mellom 0.42 og 1.2 FTU med et snitt på 0.55 FTU.

Fargetallene var forholdsvis høye gjennom hele sesongen i Søndre Puttjern i 1999 som figur 5 viser. Verdiene varierte mellom 29.6 og 43.4 mg/l Pt med et snitt på 35.8. Fargetallet økte utover høsten noe som viser større tilførsler av humusstoffer med tilløpsvannet. I 1998 varierte verdiene mellom 21.7 og 39.6 mg/l Pt med et snitt på 29.2 for blandprøvene.

Innholdet av totalt organisk karbon (TOC), var relativt jevnt gjennom sesongen og varierte for blandprøvene mellom 5.8 og 7.3 mg/l C. Gjennomsnittet var 6.3 mg/l C. I 1998 varierte de mellom 5.8 og 7.5 mg/l C og snitt 6.5. Dette viser et visst innhold av organisk materiale i vannmassene, først og fremst humusstoffer.

Innholdet av jern varierte en god del mer gjennom sesongen i 1999 enn i 1998, og til tider var det betydelig høyere verdier. De høyeste verdiene ble registrert i forbindelse med høy vannstand i tjernet på grunn av mye markvann i nedbørfeltet etter avsluttet snøsmelting om våren og ved kraftig nedbør. Variasjonene i jerninnhold varierte i 1999 fra 240 µg/l Fe i mai og 185 i september med mye vann i terrenget og høy vannstand, til 77 µg/l Fe i august etter lengre tids tørke og lav vannstand. I 1998 var verdiene generelt lavere og jevnere gjennom sesongen, fra maksimum på 120 µg/l Fe i oktober til minimum 50 µg/l Fe i august.

Figur 6 viser at innholdet av fosfor og nitrogen i vannmassene i Søndre Puttjern varierte tilnærmet innenfor det samme intervallet både i 1998 og 1999. I 1998 mellom 4 og 9 µg/l P, i 1999 mellom 3 og

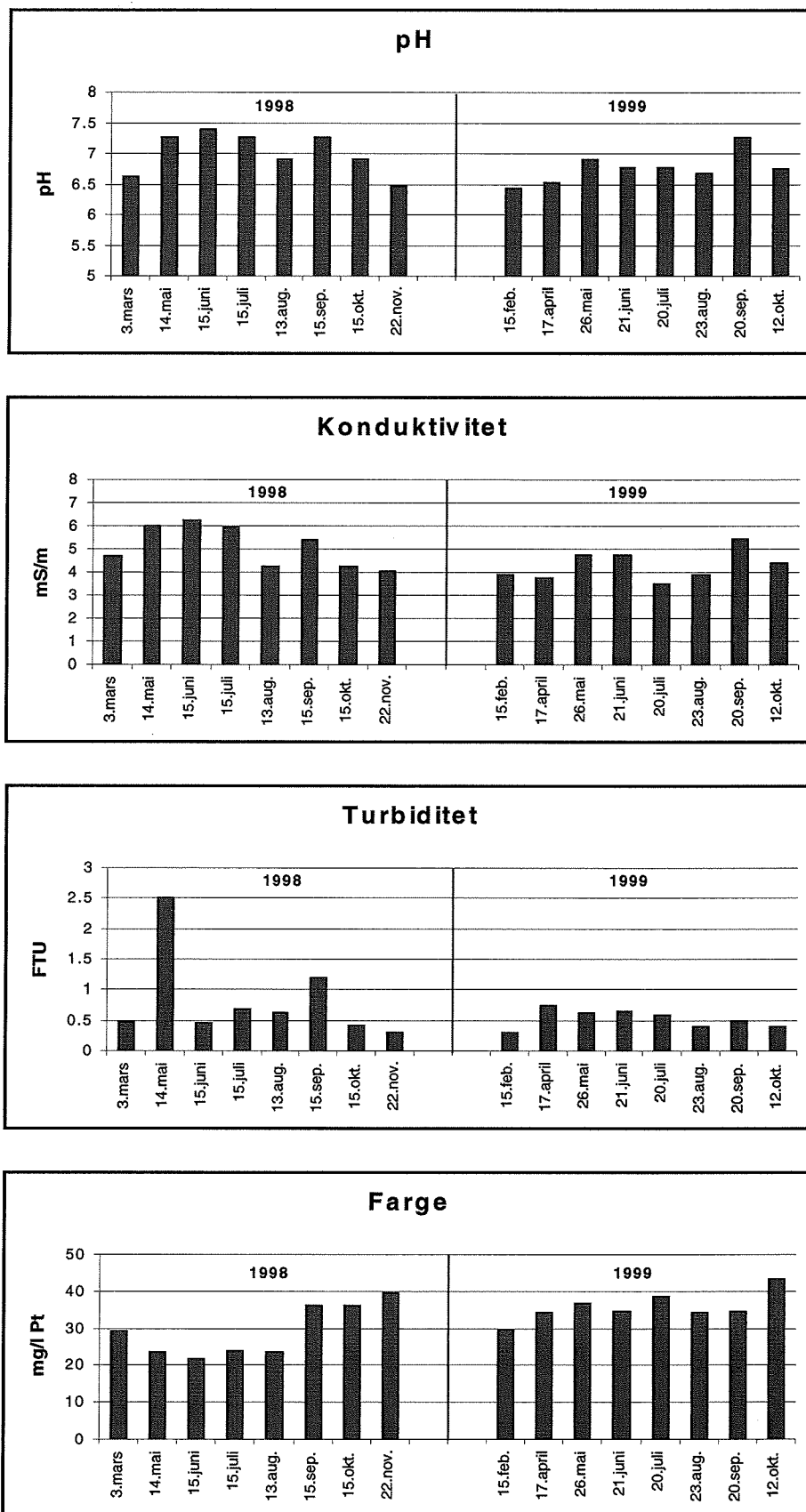


Fig. 5 Variasjoner i pH, konduktivitet, turbiditet og farge i Søndre Puttjern 1999.

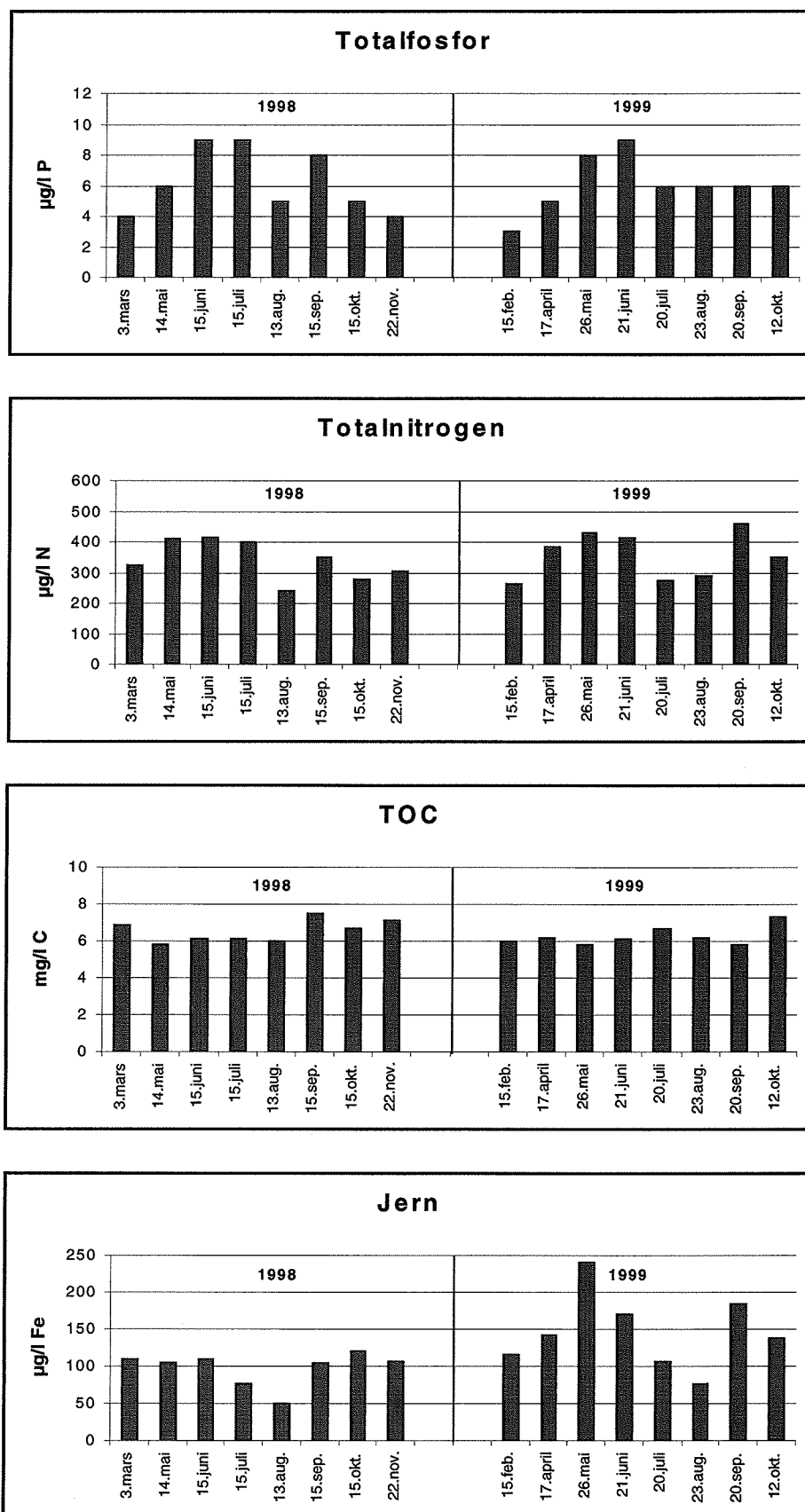


Fig. 6 Variasjoner i totalfosfor, totalnitrogen, TOC og jern i Søndre Puttjern 1999.

9 µg/l P. Det samme var tilfellet med totalnitrogen som varierte mellom 240 og 415 µg/l N i 1998 og 265 og 460 µg/l N i 1999.

Nordre Puttjern

Temperatur- og oksygenforhold (figur 7, tabell 2 i vedlegg)

Temperaturvariasjonene vertikalt i Nordre Puttjern fra overflaten til bunnområdene ved største dyp var praktisk talt identiske for målingene fra februar og april 1999. Temperaturen viser en jevnt stigende kurve gjennom vannsøylen under isen fra 0.3-0.4 °C i de øverste vannlag til 5.9-6.0 °C i bunnlagene. Dette var omkring en grad høyere temperatur i bunnvannet enn det som ble registrert i Søndre Puttjern. Antagelig skyldes det større grunnvannstilsig til bunnvannet i Nordre Puttjern. I slutten av mai var temperaturen i vannmassene jevnt synkende fra 10.9 °C i overflaten til et minimum på 4.5 °C i 4 m dyp. Minimum var litt høyere enn i april. Under dette dypet steg så temperaturen jevnt til 5.9 °C i 9 m dyp. Rask soloppvarming av de øverste vannlag, og høyt innhold av løste salter i de dypere vannlag (se under kjemiske forhold), førte til at det ikke skjedde en sirkulasjon av vannmassene og at vannlagene under ca. 4 m dyp ble liggende i ro.

Temperaturen i sommerperioden juni og juli viser de samme temperaturer under 4 m dyp med minimum der og jevn økning mot bunnen som i mai, men temperaturen i overflaten hadde økt til henholdsvis 12.5 °C og 17.1 °C, slik at det bygget seg opp en termoklin utover sommeren mellom 1 og 3 m dyp.

Mot slutten av august og i september følger temperaturkurvene hverandre ganske likt vertikalt, men med 1-2 °C lavere temperatur i de øverste vannlag i september sammenlignet med august. I september var termoklinen i ferd med å brytes ned. Registreringene i oktober viser at temperaturen var godt blandet ned til ca. 4 m dyp. Fra 6 m og mot bunnen var temperaturen den samme ved all tre prøvetakingstidspunktene, og målingene viste en svak økning av temperaturen nedover på samme måte som tidligere på året.

Av figuren ser en at oksygeninnholdet avtok raskt i vannmassene under isen ved målingene i februar og april. I 1 m dyp ble det registrert henholdsvis 4.5 og 5.8 mg/l O₂ som er en bedring mot målingene i mars 1998 da det bare var 3.2 mg/l O₂ i samme dyp. Som i mars 1998 var imidlertid oksygeninnholdet mindre enn 1 mg/l O₂ under 3 m dyp. Kurven for mai 1999 viser at oksygeninnholdet i overflatelaget da lå nærmere 10 mg/l O₂ men at innholdet sank raskt til mindre enn 1 mg O₂ fra 3 m dyp og dypere. Lukt av H₂S ble hele perioden registrert under 3 m dyp.

Målingene i sommerperioden juni, juli og august viser samme mønster som mai med oksygenfrie forhold og lukt av hydrogensulfid (H₂S) under ca. 3 m dyp, og at oksygeninnholdet i de øverste 2-3 m er betydelig redusert i forhold til målingene i mai. Målingene i september viser en ytterligere reduksjon av oksygeninnholdet i de øverste vannlag, og både i august og september var det svak lukt av hydrogensulfid alt ved ca. 2-3 m dyp. Figur 7 viser at det i oktober hadde skjedd en viss blanding av vannmassene i de øverste 3 m med utjevning av oksygeninnholdet vertikalt, men at det under 3-4 m dyp også da var oksygenfritt med kraftig lukt av H₂S.

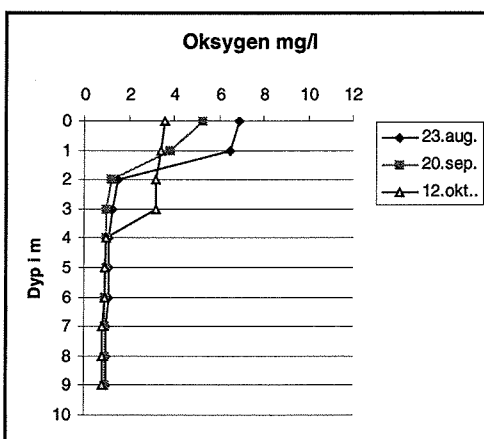
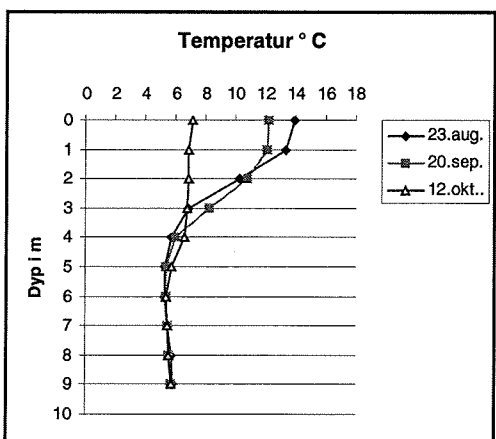
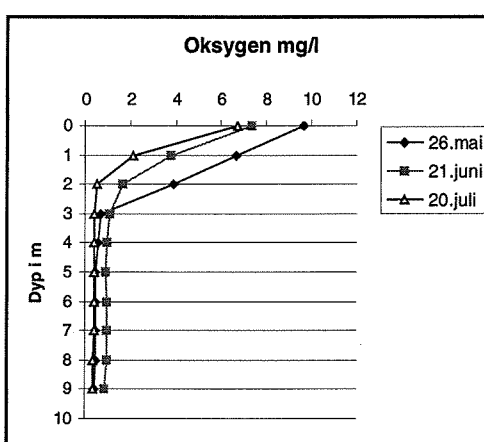
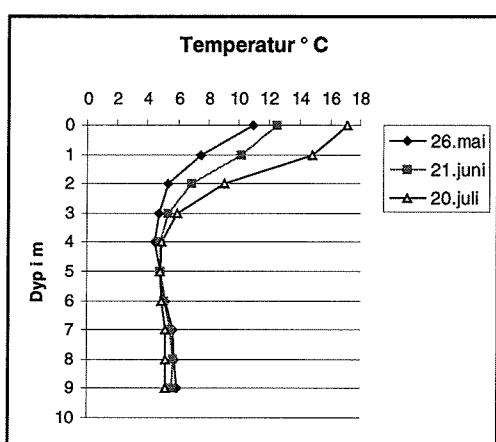
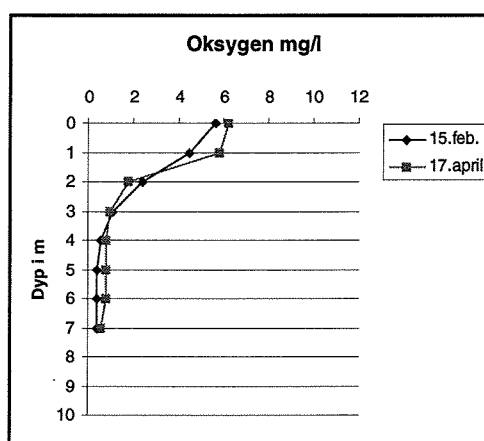
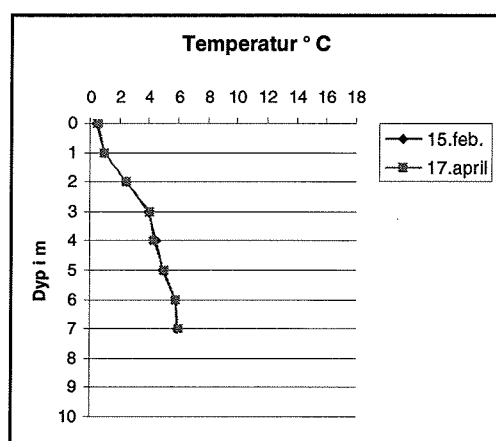


Fig. 7 Vertikale variasjoner i temperatur og oksygen i Nordre Puttjern 1999.

Kjemiske forhold (figur 8 og 9, tabell 4 i vedlegg)

Også Nordre Puttjern har et beskjedent nedbørfelt med hovedtilførsler fra Søndre Puttjern og fra nærområdene på øst og vestsiden. Områdene mellom Søndre og Nordre Puttjern er myrområder. Nordre Puttjern er også kalket flere ganger gjennom 90-årene, men ikke de siste årene etter lekkasjene til Romeriksporten fra dette området. Fra vår/forsommeren 1999 ble det satt igang med å pumpe lekkasjevannet fra Romeriksporten tilbake til grunnen via et infiltrasjonsanlegg under Puttjernene, og da særlig Nordre Puttjern. Dette har, som nevnt tidligere ført til at vannstanden i Nordre Puttjern store deler av sesongen har vært så høy at det har rent naturlig fra tjernet og ut i Puttjernsbekken. Selv i de tørreste periodene har vannstanden vært høy og bassenget tilnærmet fullt, selv om det ikke rant ut av tjernet. Vannet har derfor det meste av sesongen mettet myrområdene i sør, og det ble reduserende forhold igjen som før lekkasjene. Den oksyderingen av bl.a. sulfidforbindelser (f.eks. pyritt FeS_2), som en registrerte i 1997-98 på grunn av lekkasjene og senkingen av grunnvannspeilet, skjedde derfor i betydelig mindre grad i 1999. Dette førte i sin tur til at mindre ionerikt vann kom til dypvannsbassenget i Nordre Puttjern og innholdet av sulfat- og hydrogenioner sank og vannet ble mindre surt.

I figur 8 er fremstilt variasjonene for en del kjemiske parametre i epilimnion gjennom sesongen 1999 i Nordre Puttjern, sammenlignet med tilsvarende verdier for 1998.

Figuren viser at pH i 1999 hadde steget kraftig sammenlignet med 1998, selv om denne tendensen også viste seg i den nedbørrike perioden mot slutten av sesongen 1998. pH lå i 1999 mellom 5.5 og 6.5 mot 1998 da verdier på 5.5 bare ble registrert mot slutten av sesongen, mens pH det meste av sesongen lå omkring 4.5 eller lavere. Alkaliteten var ikke målbar i Nordre Puttjern det meste av sesongen 1998, mens den i 1999 lå mellom 0.047 og 0.132 mmol/l.

Også konduktiviteten viser kraftige endringer i verdiene og mindre ionerikt vann. Med unntak av slutten av sesongen 1998, da konduktiviteten sank kraftig, lå resultatene av målingene det meste av sesongen 1998 mellom 22.0 og 26.0 mS/m. Gjennom sesongen 1999 lå konduktiviteten mellom 3.5 og 5.5 mS/m noe som viser en kraftig reduksjon i ioneinnholdet.

Turbiditeten viser også kraftig reduksjon som et resultat av at vannstanden i tjernet er steget til det normale. Som for flere av de andre parametrene ble det helt mot slutten av 1998 registrert en kraftig reduksjon i turbiditeten til det nivå en har hatt gjennom hele sesongen 1999. Da var vannstanden tilnærmet det normale også i 1998. I perioden i 1998 da vannstanden lå 2-3 m under det normale var særlig strandområdene eksponert for nedbøren, noe som førte til større utvasking av partikler til tjernet. Turbiditetsverdiene i denne perioden i 1998 varierte en del avhengig av nedbørsintensiteten med registreringer mellom 3.3 og 7.6 FTU. Gjennom sesongen 1999 lå turbiditeten mellom 0.52 og 1.70 FTU.

På samme måte viser verdiene for farge også store endringer fra 1998 til 1999, med unntak for slutten av sesongen 1998 også for denne parameteren. Det meste av sesongen 1998 lå fargetallene mellom 8.45 og 20.5 mg/l Pt, noe som viser at det var liten tilrenning av humøst vann til Nordre Puttjern da, hovedsakelig fordi det meste av myrområdene var tørrlagte. De lavere fargetallene i Nordre Puttjern store deler av sesongen 1998 kan også skyldes avfarging av humus ved ekstremt lave pH-verdier og fotooksydasjon i vannmassene pga. liten vanngjennomstrømning. I 1999, med normal vannstand hele sesongen, har verdiene for farge ligget mellom 30.7 og hele 102.0 mg/l Pt. Som figur 8 viser økte fargetallet jevnt utover sesongen og kulminerte i september. I perioder ble det tilført svært humusrikt vann til Nordre Puttjern i 1999, noe som ga betydelig redusert sikt i vannet.

På tross av at det ble registrert en kraftig økning i fargeverdiene i Nordre Puttjern i 1999 (figur 9), endret ikke innholdet av totalt organisk materiale (TOC) seg så dramatisk, selv om det økte. I 1998 varierte innholdet av TOC mellom 4.5 og 7.9 med et snitt for sesongen på 5.7 mg/l C, mens de

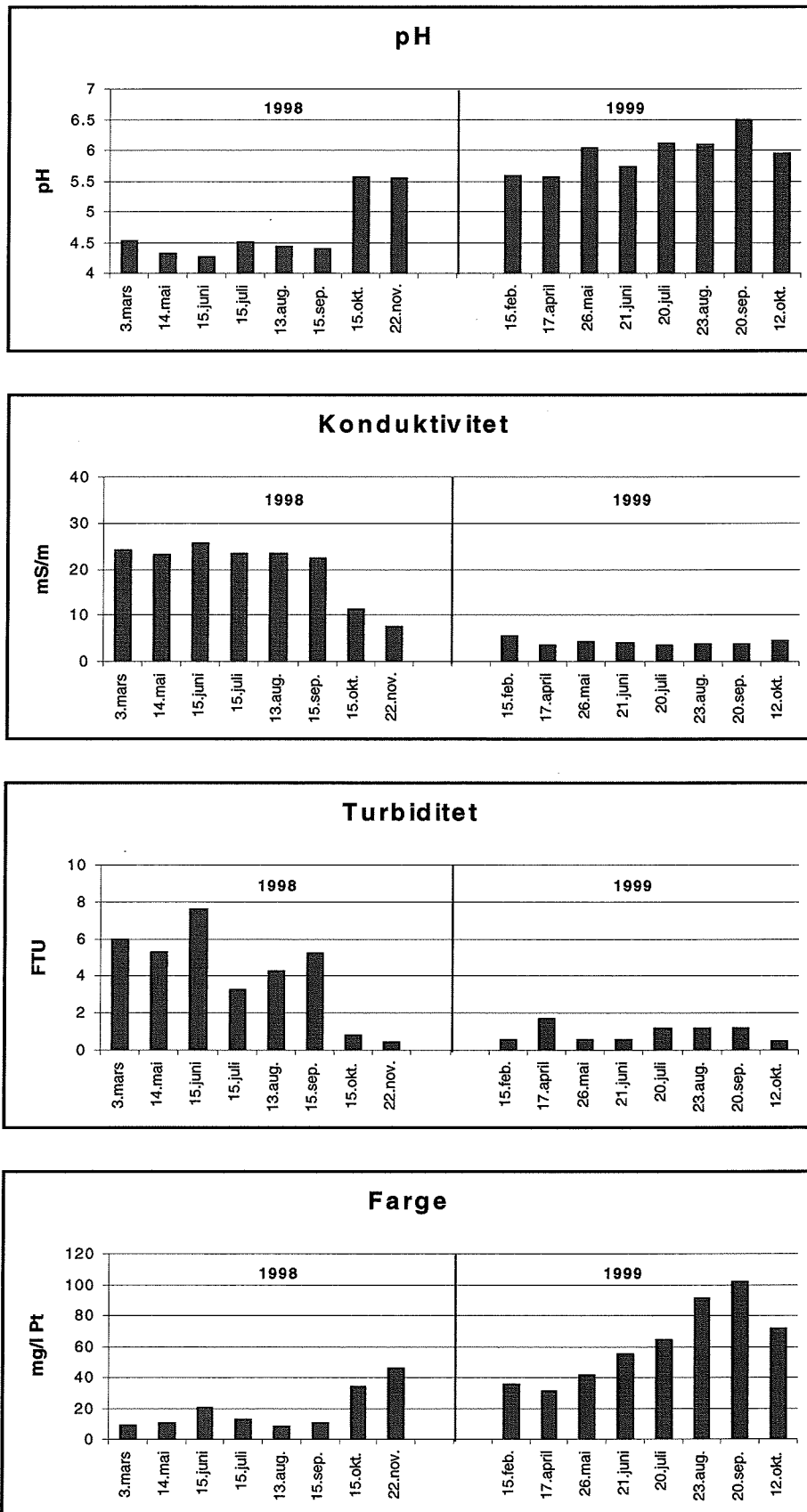


Fig. 8 Variasjoner i pH, konduktivitet, turbiditet og farge i Nordre Puttjern 1999.

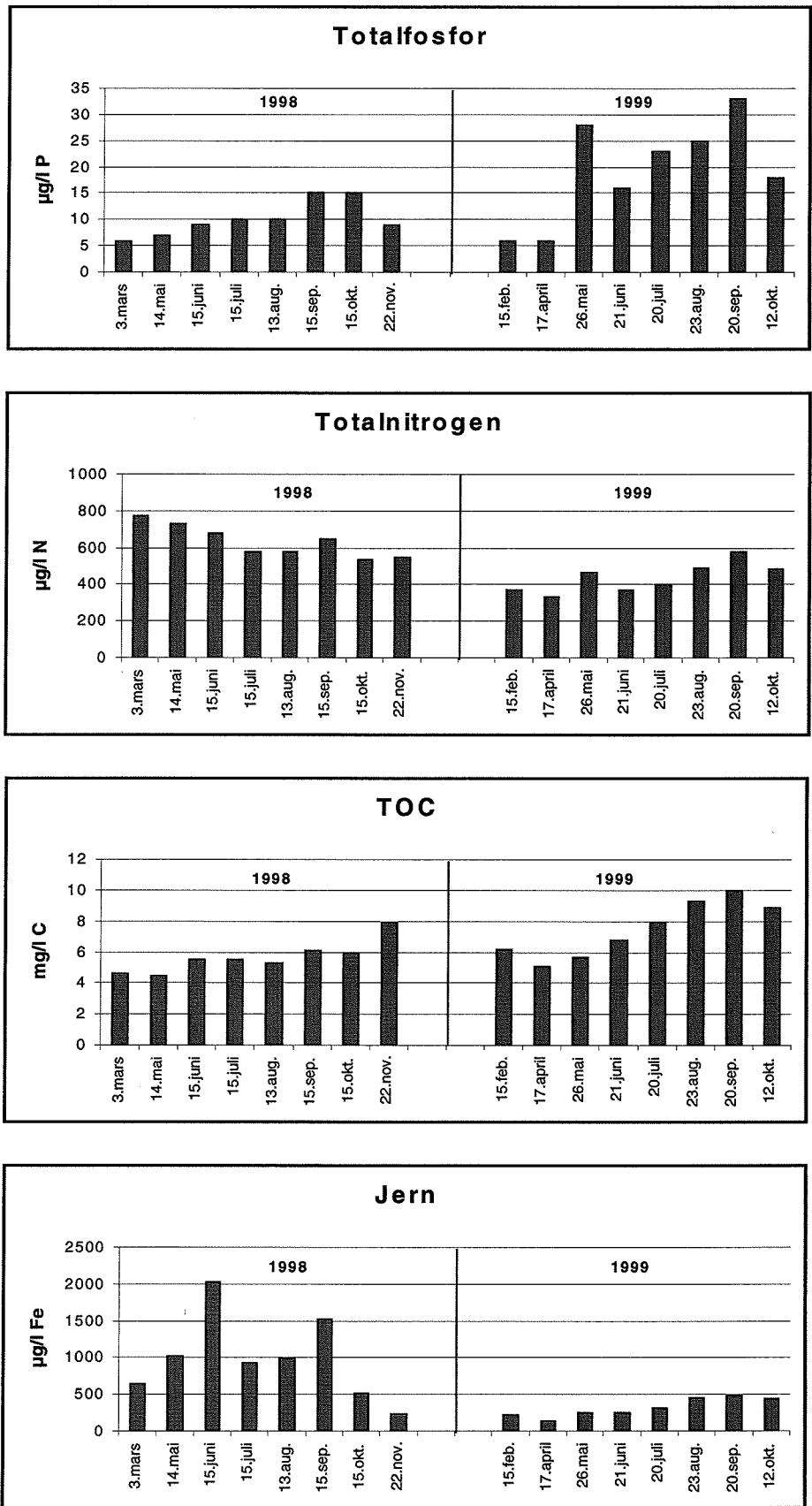


Fig. 9 Variasjoner i totalfosfor, totalnitrogen, TOC og jern i Nordre Puttjern 1999.

tilsvarende verdiene for 1999 var 5.1 og 10.0 med et snitt på 7,5 mg/l C. Dette viser et betydelig innhold av organisk materiale i vannmassene i Nordre Puttjern (se Bratli og medarb. 1997). Innholdet av jern ble også, som figuren viser, sterkt redusert i de øverste vannlag i sesongen 1999. I 1998 var innholdet meget stort men varierte mye selv i blandprøvene, mellom 240 og 2030 µg/l Fe, minst mot slutten av året med tilnærmet normal vannstand i tjernet. I 1999 lå alle verdiene under 500 µg/l Fe, store deler av sesongen også under 350 µg/l Fe.

Innholdet av fosfor var betydelig høyere i 1999 enn i 1998 i den isfrie perioden. Mens høyeste verdier i 1998 lå på 15 µg/l P ble det i den isfrie perioden i 1999 registrert mellom 16 og 33 µg/l P. Det er vanskelig å si hvor fosforet kommer fra. Det er tydelig at økningen ikke er biotilgjengelig, da det ikke fører til økt algebiomasse. Innholdet av nitrogen viser på den annen side en betydelig reduksjon gjennom sesongen 1999 sammenlignet med 1998. I 1998 varierte totalnitrogen mellom 535 og 775 µg/l N, i 1999 mellom 335 og 580 µg/l N.

Vertikale variasjoner for en del parametre i Nordre Puttjern i 1998

I 1998 ble det i tillegg til blandprøvene samlet inn prøver fra ulike dyp for å se på de vertikale variasjonene. Ekstraprøvene ble tatt i 2, 4 og 7 (6) m dyp. I 1999 har en på samme måte tatt ut og analysert prøver fra de samme dyp med hensyn på de samme parametre. Dette var for å følge med i eventuelle bedringer av vannkvaliteten også i dypvannet, slik analyseresultatene for blandprøvene fra de øvre vannlagene viste. Analysene av prøvene omfattet pH, konduktivitet, jern og sulfat. På grunn av den induserte meromiksis i Nordre Puttjern fikk en to adskilte vannvolumer gjennom sesongen, ett over ca. 3 m med relativt normal blanding av vannmassene og ett under dette dyp med stagnerende vannmasser. Dette førte til store forskjeller i verdiene for en del parametre. I figurene 10-12 er sammenstilt variasjonene i tre av de nevnte parametre i de tre dypene både for 1998 og 1999.

pH

Som figur 10 viser var det selv i 2 m dyp en markert økning av pH, selv om disse prøvene er tatt i et dyp der det er omrøring av vannmassene. Økningen var ikke så markert som i de andre dypene, men tydelig nok. I 1998 varierte pH i 2 m dyp mellom 4.52 og 5.62 med et snitt på 5.05. Tilsvarende verdier for 2 m dyp i 1999 var 5.31 og 5.90 med snitt 5.61.

I 4 m dyp registrerte en de største endringene. Med unntak av siste måling i november 1998 på 5.14, var pH-verdiene i 1998 svært lave, laveste verdi var 3.35. Snitt av målingene i 4 m dyp i 1998 var så lav som 3.93. Tilsvarende verdier for 1999 i 4 m dyp var 5.21 og 6.31 med snitt 6.06. Dette viser en kraftig økning i pH i dette dypet.

I dypvannet, 7 (6) m dyp, var det også en betydelig bedring å se. I 1998 var laveste registrerte verdi i dette dyp 3.30 og høyeste 4.31 (november) med snitt 3.58. Tilsvarende verdier for 7 m dyp i 1999 var 3.88 og 5.33 (februar) med snitt 4.63.

Konduktivitet

Konduktiviteten, som er et mål på innholdet av løste salter i vannmassene samlet, viste kraftig endring i verdiene fra 1998 til 1999. Størst utslag ble registrert i 4 m dyp som figur 11 viser. I 2 m dyp var ikke endingene så store, selv om de også her var markerte. I 1998 var laveste registrerte verdi for konduktiviteten 11.3 og høyeste 24.1 med et snitt på 14.8 mS/m. Tilsvarende for 1999 var i 2 m dyp 4.0 og 6.0 med snitt 4.6 mS/m, det vil si en klar senkning av konduktiviteten. I 4 m dyp var konduktiviteten sunket til et betydelig lavere nivå mot slutten av året 1998 etter mye nedbør og økt vannstand til tilnærmet normalt nivå. For 1998 varierte verdiene i dette dyp mellom 12.6 (november)

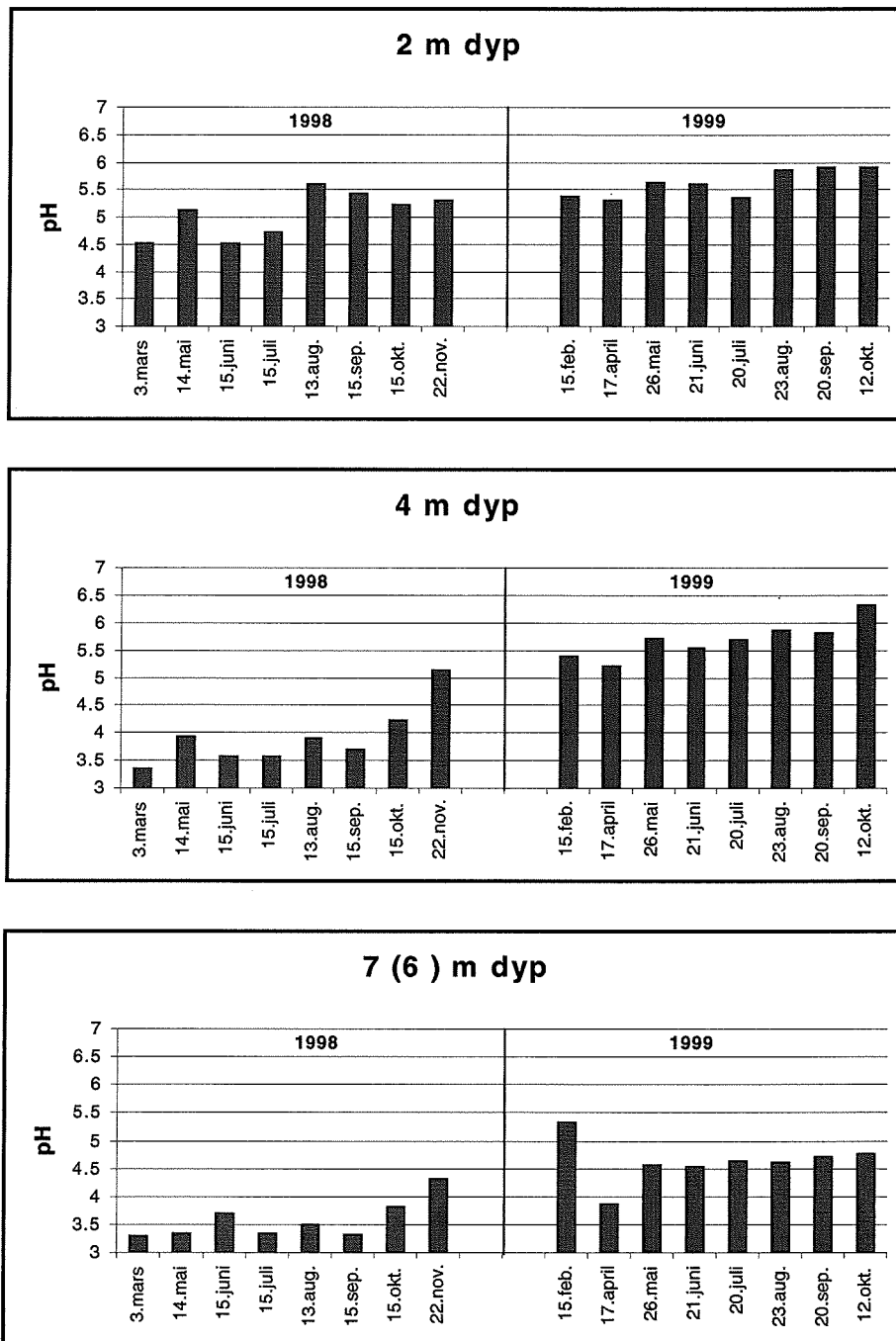


Fig. 10 Vertikale variasjoner i pH i Nordre Puttjern 1998 og 1999.

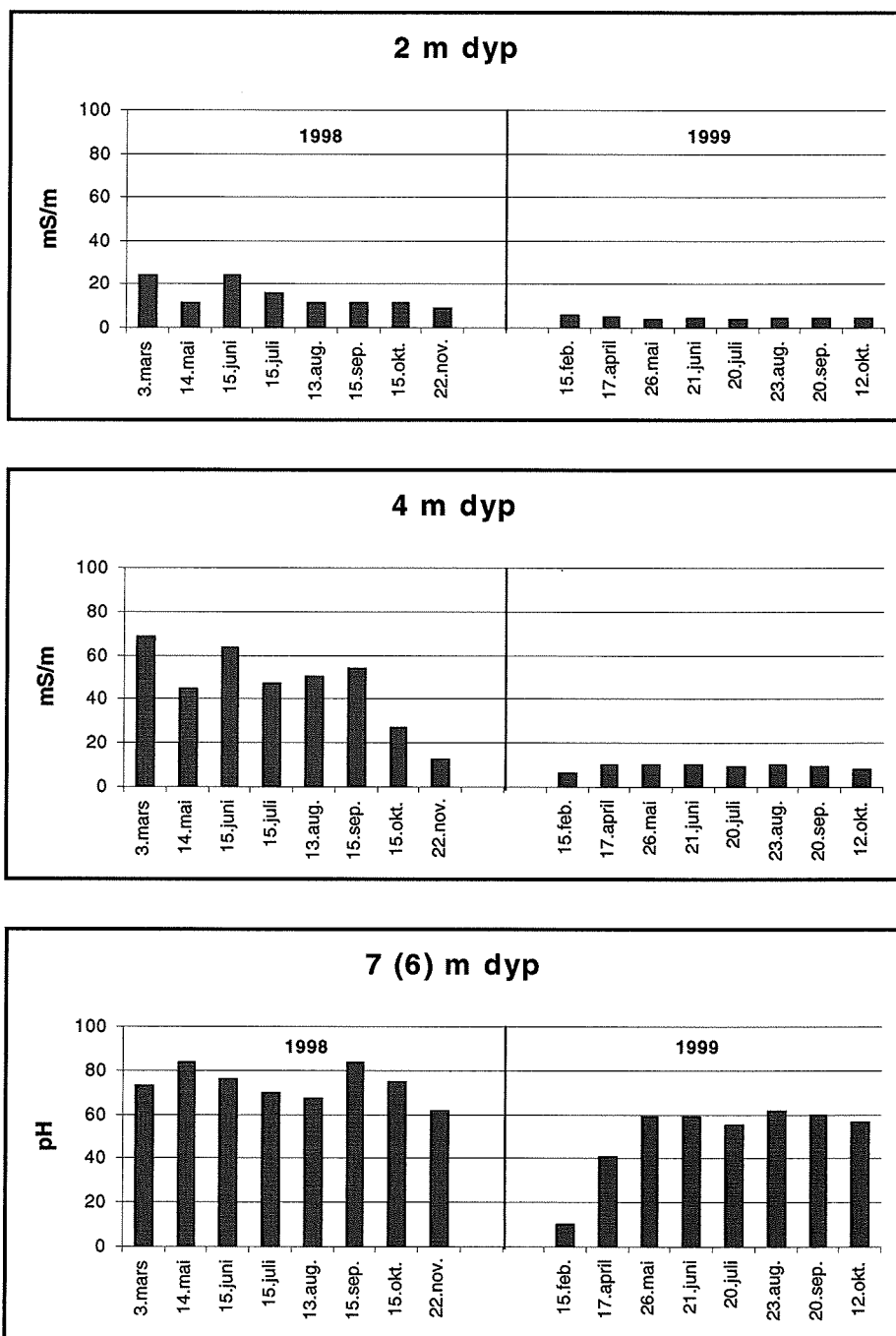


Fig. 11 Vertikale variasjoner i konduktiviteten i Nordre Puttjern 1998 og 1999.

og 68.8 (mars) med et snitt for sesongen på 45.9 mS/m. De tilsvarende verdiene for 1999 var 6.4 og 10.2 med snitt på 9.1 mS/m, som viser en meget kraftig reduksjon av ioneinnholdet i dette dypet. Også for de dypeste delene av tjernet var det en markert reduksjon i innholdet av løste salter i 1999 sammenlignet med året før. I 1998 varierte konduktiviteten mellom 61.4 og 83.7 med et snitt for sesongen på 73.7 mS/m. I februar 1999 ble det målt, relativt sett, svært lav verdi for konduktivitet med 10.2 mS/m. Resten av sesongen varierte verdiene mellom 41.0 og 61.5 mS/m. Snittet for hele sesongen var 50.3 mS/m.

Sulfat (SO₄)

En av årsakene til det ekstremt sure vannet i 1998, spesielt i hypolimnion i Nordre Puttjern, var økt innhold av hydrogen- og sulfationer ved oksydasjon av sulfider til sulfat. Dette skyldtes at grunnvannsspeilet sank kraftig i 1998 slik at store deler av vannet i området, særlig i myrområdene rundt tjernet som tidligere hadde anoksiske forhold, ble eksponert mot luft og en oksydasjon fant sted. Som nevnt var vannstanden i tjernet og myrområdene rundt tilnærmet normal gjennom hele sesongen 1999. I figur 12 er fremstilt variasjonene i sulfat i de tre prøvetakingsdypene for de to årene. Figuren viser en klar endring også av innholdet av sulfat i de tre prøvedypene. Særlig i 4 m dyp var endringene store. På 2 m dyp varierte verdiene i 1998 mellom 2.8 og 99.0 med et snitt på 42.8 mg/l SO₄. I 1999 var tilsvarende verdier 6.1 og 14.8 med snitt 9.7 mg/l SO₄. I 4 m dyp var det i en senkning av verdien mot slutten av 1998 når vannstanden steg til nesten det normale, men resten av året var det høye verdier. Laveste målte verdi i 1998 var 44.5 (november) og høyeste 298 (mars) med et snitt på 207 mg/l SO₄. Tilsvarende verdier for 1999 var 17.2 og 32.0 med et snitt på 25.3 mg/l SO₄. Dette viser en svært stor endring av sulfatinnholdet i vannmassene i dette dyp. I de dypeste områdene av tjernet (i 1998 varierte dette mellom 6 og 7 m) var det i 1998 et sulfatinnhold som varierte mellom 286 og 380 med et gjennomsnitt på 334 mg/l SO₄ som er svært høye verdier. Med unntak av målingen fra februar da det bare ble registret et sulfatinnhold på 32 mg/l SO₄, lå sulfatinnholdet i 1999 mellom 176 og 300 med et snitt for hele sesongen på 237 mg/l SO₄. Dette viser fremdeles svært høye verdier i dette dypet, selv om en viss reduksjon av sulfatinnholdet har skjedd også i vannmassene i dypvannet.

Jern (Fe)

Også for jerninnholdet viser resultatene markert endring fra 1998 til 1999, særlig i 4 m dyp. Bedringen viste seg for denne parameteren alt mot slutten av sesongen 1998 (oktober) da verdiene i 4 m dyp sank fra et nivå tidligere på året, da det var kraftig senket vannstand og tørrlegging av myrområdene, på opp til 10000 µg/l Fe, og ned til 63 µg/l Fe med tilnærmet normal vannstand i tjernet og vasstrukken myr med reduserende forhold. Gjennom hele 1999 da vannstanden var normal og myrene gjennomtrukket av vann, varierte jerninnholdet i 4 m dyp mellom 300 og 1230 µg/l Fe.

Sammenligning av variasjonene for enkelte parametre i dypvannet i Søndre- og Nordre Puttjern

Gjennom undersøkelsene av Puttjernene både i 1998 og 1999 ble det samlet inn og analysert prøver fra dypvannssonen i Søndre Puttjern (9 m dyp) såvel som i Nordre Puttjern (7 m dyp i 1999, 6 og 7 m dyp i 1998). Dette er prøver tatt i H₂S-holdig vann for begge tjernene.

Det er sannsynlig at forholdene i begge disse tjernene har vært svært like før lekkasjene til Romeriksporten begynte i 1997. Begge tjernene er tilnærmet like med hensyn til nedbørfelt, overflateareal, vannvolum og dyp (Brettum og medarb. 1999). Overløpsvann fra Søndre Puttjern renner ned i Nordre Puttjern.

Da eventuelle skader på bassenget i Søndre Puttjern synes å ha vært ubetydelige i forbindelse med lekkasjene til Romeriksporten, og vi forutsetter at de to tjernene i utgangspunktet har vært relativt like

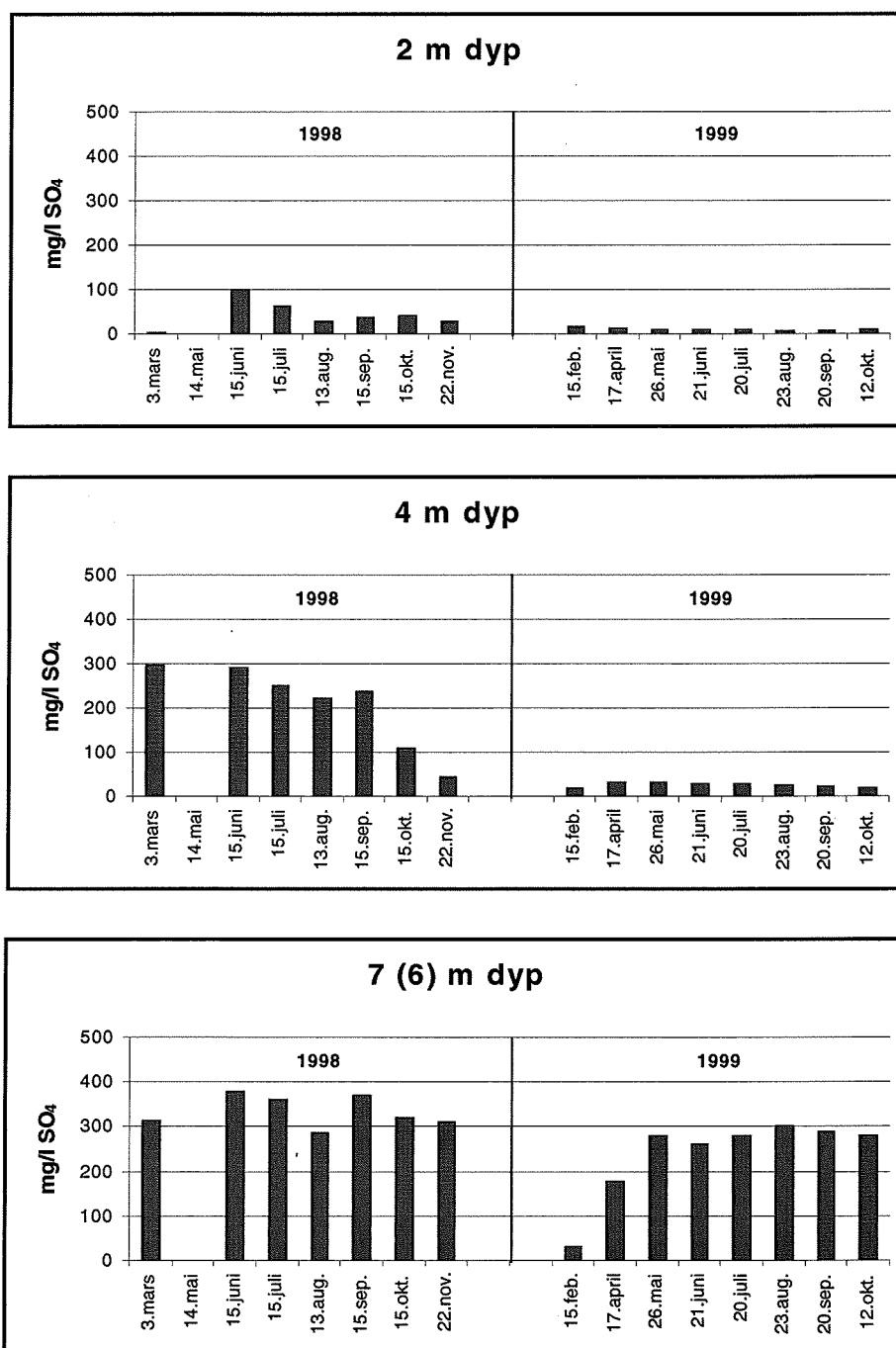


Fig. 12 Vertikale variasjoner i sulfat i Nordre Puttjern 1998 og 1999.

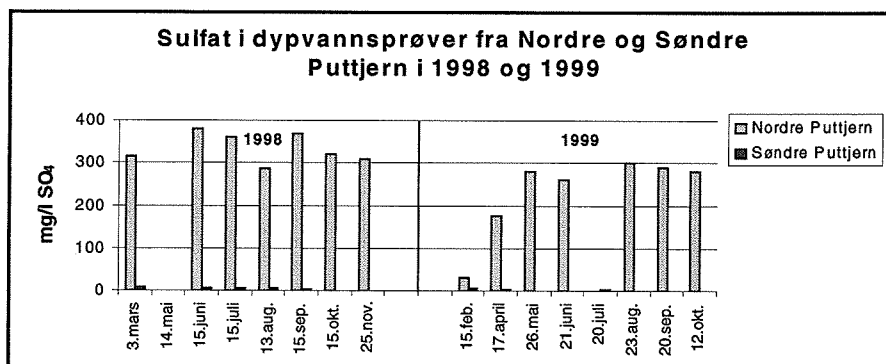
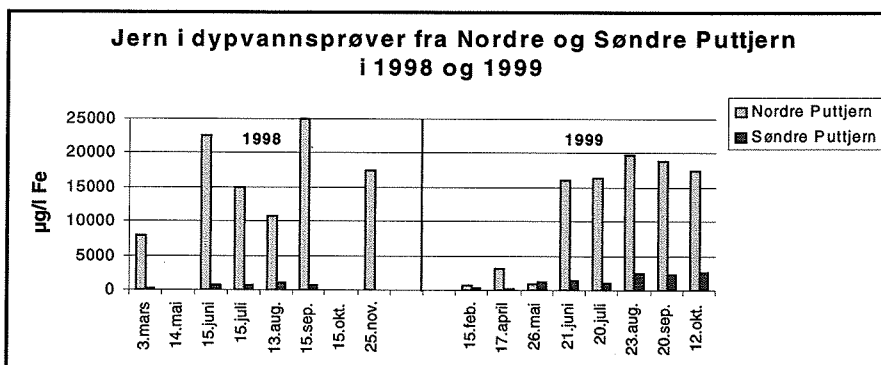
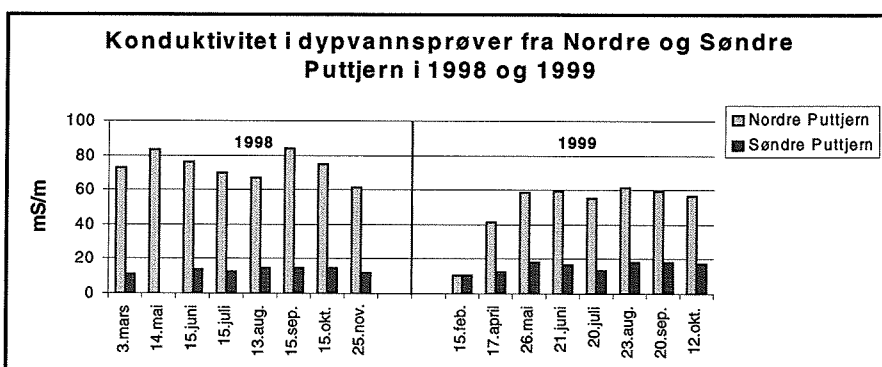
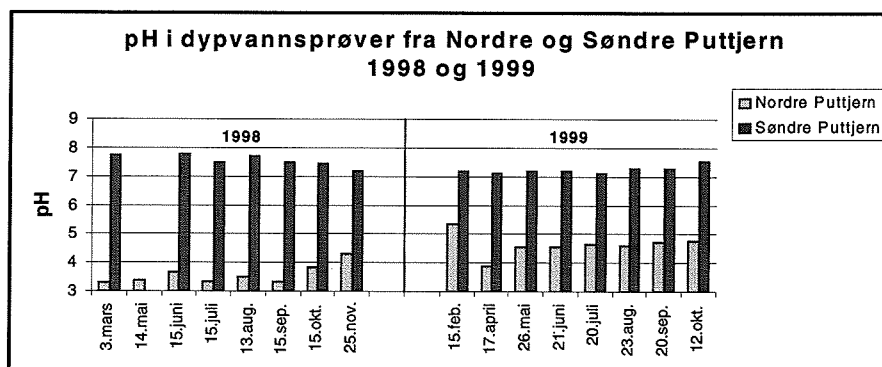


Fig. 13 Variasjoner i pH, konduktivitet, jern og sulfat i dypvannet i Nordre og Søndre Puttjern i 1998 og 1999.

før lekkasjene, kan en bruke resultatene fra dypvannet i Søndre Puttjern som en referanse for forholdene fra før lekkasjene. Dermed kan en sammenligne resultatene der med analyseresultatene i Nordre Puttjerns dypvann for å se hvor langt fra "førtilstanden" forholdene i Nordre Puttjern har vært og er etter lekkasjene.

I figur 13 er sammenstilt de analyseresultater en har fra de to tjernenes dypvannsområder i undersøkelsesperioden. Målte parametre var pH, konduktivitet, jern og sulfat.

Som figuren viser var det, og er fremdeles, store forskjeller på nivået for disse parametrene i de to tjernenes dypvannsbassenger, selv om forholdene, som redegjort for tidligere, har bedret seg markert i Nordre Puttjern fra 1998 til 1999.

5.1.2. Planteplankton og klorofyll

De analyserte prøvene for planteplankton og klorofyll er blandprøver fra eufotisk sone i de undersøkte innsjøene. Dette vil si blandprøver fra 0-7 eller 0-8 m dyp i Søndre Puttjern og fra 0-3 m dyp i Nordre Puttjern. Da oksygenfritt vann forekom under ca. 3 m dyp gjennom sesongen i Nordre Puttjern, forsøkte en for klorofyllprøvenes del å få med bare vann over dette dyp. Dette for å unngå å få med tette bestander av fotosyntetiserende bakterier, som konsentreres som skarpe tette lag i overgangen mellom oksygenholdig og oksygenfritt, H₂S-holdig vann. Ved de tre siste prøvetakingstidspunkter for klorofyllprøver i 1999 unngikk en ikke å få med slike bakteriekonsentrasjoner i prøvene, noe som viste seg i en kraftig økning av klorofyllinnholdet langt ut over det planteplanktonet representerer.

De kvantitative planteplanktonprøvene ble analysert etter "Sedimenteringsmetoden" utarbeidet av Utermöhl (1958), med etterfølgende volumberegninger beskrevet av Rott (1981). En samlet metodebeskrivelse er gitt av Brettum (1984) og Olrik og medarb. (1998). Metoden omfatter analyser ved hjelp av et omvendt mikroskop og gir det kvantitative innholdet av hver enkelt art eller takson planteplankton som volum eller biomasse, den prosentvise andel av hver algegruppe som f. eks. blågrønnalger, kiselalger, grønnalger osv. og det samlede planteplanktoninnhold. Figurene som viser variasjonene i planteplanktonvolum og -sammensetning i Puttjernene er tegnet ut i samme målestokk for å gjøre det enklere å sammenligne innsjøene innbyrdes.

Måling av klorofyllinnholdet i vannet er en enklere metode for å måle planteplanktonets samlede biomasse. Denne metoden gir ingen opplysninger om planteplanktonsamfunnets sammensetning av grupper og arter. Da klorofyllinnholdet i planteplanktonet varierer både med artsammensetningen, vekstfase og ytre forhold, gir det et relativt grovt mål på planteplanktonbiomassen til enhver tid. Med et sammensatt planteplanktonsamfunn vil imidlertid klorofyllmengden variere i store trekk på samme måte som totalvolum av planteplankton beregnet ut fra de kvantitative mikroskopanalyserne. Analysemetodikken for klorofyllanalyser følger Norsk Standard (NS 4767).

Søndre Puttjern

Analyseresultatene for planteplanktonanalysene er gitt i figur 14 og i tabell 5 i vedlegget. I figur 14 er sammenstilt variasjonene i totalvolum og sammensetning av planteplankton både for 1998 og 1999 for lettere å kunne sammenligne resultatene.

Figuren viser at planteplanktonbiomassen eller totalvolum planteplankton lå på omtrent samme nivå de to årene. Den høyeste verdien for totalvolum ble registrert i juli 1998 med 735 mm³/m³. Maksimum i 1999 ble registrert i august med 664 mm³/m³. Dette er ikke spesielt høye verdier men det normale for mange skogstjern av denne typen, tjern med vannmasser i overgangen mellom oligotrofe og oligomesotrofe forhold. Det vil si forholdsvis næringsfattige vannmasser. Gjennomsnittsverdi for analysetidspunktene var i 1998 på 427 mm³/m³, i 1999 på 399 mm³/m³.

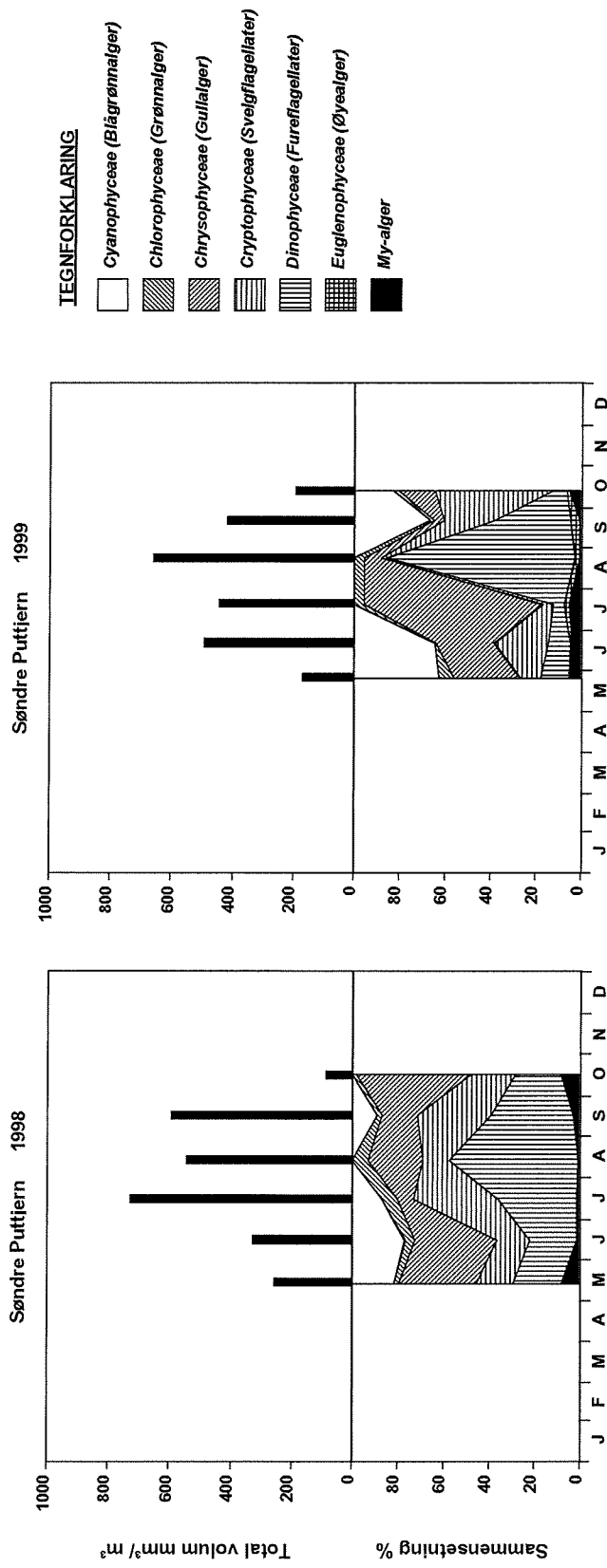


Fig. Variasjoner i totalvolum og sammensetning av planteplankton i Søndre Puttjern 1998 og 1999.

Av figuren og tabellen ser en at det var et ganske variert planteplankton i Søndre Puttjern gjennom sesongen 1998 med 63 registrerte arter eller taksa. Flest arter eller taksa ble registrert innen gruppen Chrysophyceae (gullalger), hele 25. I prøvene fra 1999 ble 61 arter eller taksa registrert, også da flest i gruppen Chrysophyceae med 26. I 1999 var det noe mer dominans av enkelte grupper til tider. Særlig var det tilfelle for gruppen Dinophyceae (fureflagellater) på ettersommeren.

Gruppen Dinophyceae (fureflagellater) var den mest fremtredende gruppen i 1998, sesongen sett under ett med hensyn til prosentvis andel av det samlede planteplanktonvolum. Særlig i august var gruppen dominerende i planktonet med hele 56 % av det samlede volum. Denne gruppen var også dominerende i 1999 i august, da den utgjorde mer enn 80 % av det samlede planteplanktonvolum. Det var i første rekke en stor form, *Peridinium raciborskii* (*P. palustre*), som dominerte innen gruppen både i 1998 og 1999, en art som ikke er uvanlig i små, relativt humøse, myrpåvirkete tjern. *Peridinium umbonatum* (*P. inconspicuum*) ble registrert, men i mindre mengder begge årene, fordi vannmassene er mindre sure etter tidligere kalking. Arten har vanligvis størst forekomst i sure vannlokaliteter.

Gruppen Chrysophyceae (gullalger) hadde som nevnt det største arts-/taksa-antallet begge årene, men den prosentvise andel av det samlede planteplanktonvolum var mindre for gruppen enn hva som er vanlig i små, forholdsvis humøse tjern. Gruppen er vanligvis den mest fremtredende også med hensyn til volumandel i slike innsjøer, men kalkingen av tjernet tidligere år har gjort forholdene mindre typiske. I 1998 utgjorde denne gruppen en større andel gjennom det meste av sesongen. I 1999 var gruppen mest fremtredende på forsommeren. Ulike chrysomonader utgjorde det meste av volumet innen denne gruppen, men også arter innen slekten *Dinobryon*. Arter som *D. bavaricum*, *D. crenulatum*, *D. divergens* og *D. sociale v. americanum* ble fra tid til annen registrert med større individantall i 1998, mens disse artene bare forekom sporadisk i prøvene fra 1999. Det samme var tilfelle med *Chrysolykos skjuii*, en vanlig art i slike vannforekomster, men mest i surere vann (Brettum 1989).

Gruppen Cryptophyceae (svelflagellater) utgjorde en jevn andel av det samlede planteplanktonvolum i Søndre Puttjern gjennom hele vekstsesongen i 1998. Det var i første rekke ulike arter innen slekten *Cryptomonas* som var vanlig forekommende da. Arter innen denne slekten var også mest dominerende innen gruppen i 1999. *Rhodomonas lacustris* og *Katablepharis ovalis*, som er vanlige i de fleste norske vannforekomster men forsvinner i de sure vannforekomstene med pH < 5, ble registrert her i mindre mengder. Disse ble også registrert i 1999 i prøvene, men da med en større andel av *Katablepharis ovalis*.

Chlorophyceae (grønnalger) var av helt underordnet betydning kvantitativt i planteplanktonet begge årene i Søndre Puttjern, på tross av at en rekke arter innen gruppen ble registrert i planktonet; 14 i 1998 og 11 i 1999. Derimot var det, særlig på forsommeren men delvis også om høsten, et visst innslag av *Pseudanabaena constricta*, en art innen Cyanophyceae (blågrønnalger, cyanobakterier), begge årene. Dette er en art som ikke er uvanlig i små myrpåvirkete vannforekomster.

I figur 15 er vist variasjonene i klorofyll gjennom sesongen 1998 og 1999. Sammenligner en resultatene for klorofyll de to årene, viser de stor likhet i mengde. Det er god overenstemmelse mellom variasjonene i klorofyll innen en sesong og variasjonene innen totalvolum planteplankton, slik det ofte er der planteplanktonsamfunnet er sammensatt. Maksimum både i 1998 og 1999 lå mellom 7-8 µg/l Chl a.

Resultatene for analyse av planteplanktonvolum og -sammensetning sammen med klorofyll både i 1998 og 1999, viser at det er en del planteplankton i Søndre Puttjerns vannmasser, og at planteplanktonsamfunnet er sammensatt og variert. Totalvolum og gruppesammensetning er i store trekk det en forventer å finne i skogstjern av denne typen, selv om tidligere kalking og relativt høy pH er den sannsynlige årsaken til et økt artsinventar sammenlignet med tilsvarende ukalkete og sure lokaliteter. Resultatene begge årene viser at vannmassene i Søndre Puttjern må betegnes som å være i

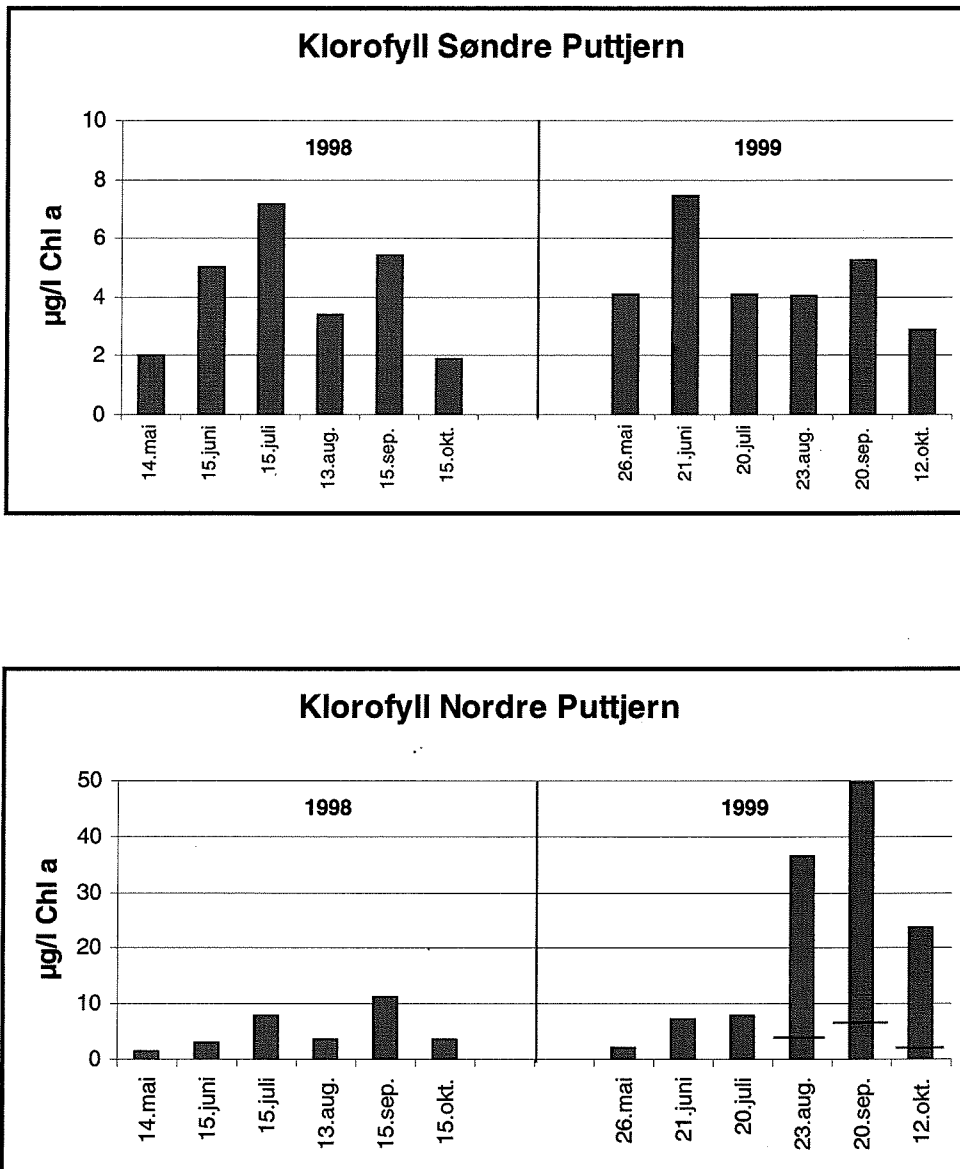


Fig. 15 Variasjoner i klorofyll i 1998 og 1999 i Søndre- og Nordre Puttjern. De høye verdiene de tre siste prøvetakingstidspunktene i N.Puttjern i 1999, skyldes store bestander av fotosyntetiserende bakterier i prøvene. Horisontalstreker antyder omtrent hvor mye av klorofyllet som er planteplanktonklorofyll.

overgangen mellom næringsfattige og middels næringsrike, eller oligomesotrofe (Brettum 1989). Den forholdsvis store artsdiversiteten støtter denne antagelsen (Brettum og medarb. 1997).

Nordre Puttjern

Analyseresultatene for planteplanktonanalysene er gitt i figur 16 og i tabell 6 i vedlegget. I figur 16 er sammenstilt variasjonene i totalvolum og sammensetning av planteplankton både for 1998 og 1999.

Figuren viser at planteplanktonbiomassen eller totalvolum planteplankton også her lå på omtrent samme nivå de to årene. Den høyeste verdien for totalvolum ble registrert i september 1998 med $990 \text{ mm}^3/\text{m}^3$. Maksimum i 1999 ble også registrert i september med $873 \text{ mm}^3/\text{m}^3$. Verdiene er ikke spesielt høye men viser at vannmassene er oligomesotrofe. Det vil si vannmasser som er i overgangen mellom å være næringsfattige og middels næringsrike. Gjennomsnittsverdi for analysetidspunktene var i 1998 på $490 \text{ mm}^3/\text{m}^3$, i 1999 på $462 \text{ mm}^3/\text{m}^3$. Dette viser litt mer planteplankton i Nordre Puttjern de to årene enn i Søndre Puttjern. Som det fremgår av de kjemiske analyseresultatene for Nordre Puttjern ble det registrert høye verdier for totalfosfor begge årene, noe som skulle tilsi større algevolum i Nordre Puttjern enn det en registrerer. Det er i første rekke innholdet av tilgjengelig fosfor for planteplanktonvekst som bestemmer planteplanktonbiomassen i de fleste innsjøer. På tross av høye totalfosforverdier i Nordre Puttjern kan bare lite av dette være tilgjengelig for plantevekst.

Planteplanktonet i Nordre Puttjern var betydelig mindre variert gjennom sesongen både i 1998 og 1999 enn i hva som ble registrert i Søndre Puttjern. Det er naturlig å sammenligne disse to tjernene da de i utgangspunktet sannsynligvis har vært svært like, også med hensyn til kalkingshistorie. Bare 36 arter eller taksa ble registrert totalt i prøvene fra 1998. I prøvene fra 1999 ble 51 arter eller taksa registrert. Dette er en kraftig bedring. Det økte artsmangfold henger sannsynligvis sammen med den bedre vannkvaliteten som en registrerte i epilimnion i 1999 sammenlignet med forholdene i 1998. I første rekke har økt pH bidratt. Mange arter har vist seg å forsvinne fra planteplanktonsamfunnet når pH blir lavere enn ca. 5.

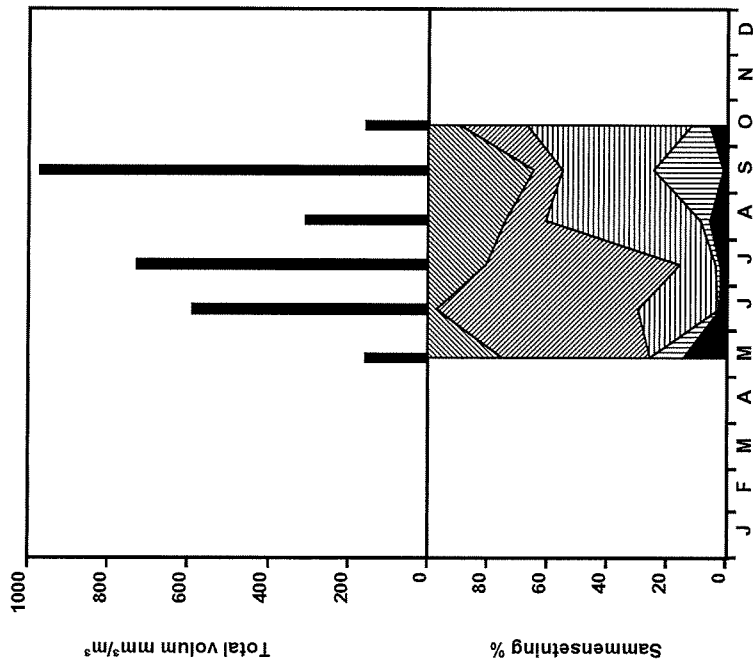
Flest arter fant en innen gruppen Chrysophyceae (gullalger) i 1998, da denne gruppen var den helt dominerende tidlig i veksts sesongen. I juni og juli utgjorde gruppen ca. 65-67 % av det samlede planteplanktonvolum. Det var ulike chrysonader som var mest fremtredende i 1998, men i Nordre Puttjern var det i 1998 mye av *Chrysidiastrum catentatum* og *Dinobryon sociale v. americanum* i juni og stor forekomst av *Uroglena americana* i juli. I 1999 var gruppen Chrysophyceae mindre fremtredende kvantitativt enn i 1998, selv om antall arter eller taksa var økt kraftig innen gruppen. I 1999 ble det registrert hele 25 arter fra denne gruppen i prøvene, det vil si halvparten av alle de registrerte artene.

Både i 1998 og 1999 økte andelen av gruppen Cryptophyceae (svelgflagellater) utover siste halvdel av veksts sesongen. Det var begge årene ulike arter av slekten *Cryptomonas* og en ubestemt cryptomonade som utgjorde det meste av volumet.

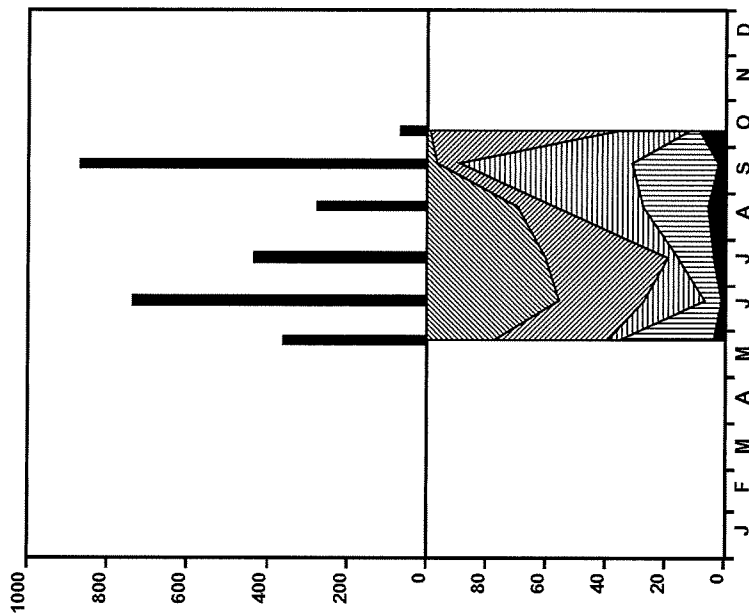
I Nordre Puttjern ble ikke de to artene *Rhodomonas lacustris* og *Katablepharis ovalis* registrert hverken i 1998 eller 1999 slik som i Søndre Puttjern. Som nevnt tidligere forsvinner disse artene når $\text{pH} < 5$, og det må være en høyere pH over en lengre periode før de igjen kommer tilbake i planteplanktonsamfunnet.

Gruppen Chlorophyceae (grønnalger) utgjorde en større andel av det samlede planteplankton i Nordre Puttjern både i 1998 og 1999, men mens gruppen var mest fremtredende på ettersommeren i 1998 var den dominerende på forsommeren i 1999. Arter innen slekten *Chlamydomonas* og en liten flagellat, *Scourfieldia complanata*, var de viktigste artene begge årene innen denne gruppen. I sure vannforekomster kan ofte grønnalgene dominere (Brettum 1996). *Scourfieldia complanata* var særlig dominerende i september i 1998, mens den dominerte i juni-juli i 1999. Maksimalt utgjorde den

1998



1999



TEGNFORKLARING :



-  Chlorophyceae (Grønnalger)
-  Chrysophyceae (Gullalger)
-  Cryptophyceae (Sveigflagellater)
-  Dinophyceae (Fureflagellater)
-  My-alger

Fig. 16 Variasjoner i totalvolum og sammensetning av planteplankton i Nordre Puttjern 1998 og 1999.
(Verdiene for totalvolum gitt i mm³/m³ = mg/m³ våtvekt)

omkring en tredjedel av det samlede planteplanktonvolum. Økende andel av grønnalger i planktonsamfunnet blir ofte registrert i innsjøer som er ute av likevekt pga. kraftige endringer i miljøet som en følge av f.eks. eutrofiering, forsurening og/eller kraftig økt tungmetallpåvirkning.

Gruppen Dinophyceae (fureflagellater) var av mindre betydning i Nordre Puttjern enn i Søndre Puttjern, vekstsesongen sett under ett, men i planktonprøven fra september 1998 var det et stort individantall av arten *Peridinium umbonatum* (*P.inconspicuum*) som er en vanlig form i sure vannforekomster. Den foretrekker vanligvis vannforekomster der nitrat er den dominerende nitrogenkilden og ikke ammonium som tilfellet var i Nordre Puttjern i 1998 (Blomqvist og medarb.1993). I 1999 var innholdet av ammonium mindre enn i 1998. Arten *Peridinium raciborskii* (*P.palustre*) hadde også større bestander i sommerplanktonet i Nordre Puttjern i 1999.

Ingen arter innen gruppen Cyanophyceae (blågrønnalger, cyanobakterier) ble registrert i planteplanktonet i Nordre Puttjern noen av årene.

Variasjonene i klorofyll gjennom sesongene 1998 og 1999 er vist i figur 15. Som figuren viser ble det registrert forholdsvis høye verdier for klorofyll gjennom sesongen 1998, med maksimum på mer enn 11 µg/l Chl a i september. Som nevnt tidligere ble prøvene for de tre siste prøvetakingstidspunktene i 1999 tatt slik at større bestander av fotosyntetiserende bakterier kom med i prøvene. Mengden av bakterieklorofyll kommer med i den analyserte totalmengden klorofyll, og gir derfor et helt annet mål enn planteplanktonklorofyllet alene. Ut fra erfaring med forholdet mellom klorofyll og totalvolum planteplankton fra andre lokaliteter, har en på figuren antydnet omtrent nivået for planteplanktondelen av det samlede klorofyll.

Resultatene for planteplanktonanalysene de to årene viser at det er en del planteplankton i Nordre Puttjern, men at planteplanktonsamfunnet har lavere diversitet enn hva tilfellet var i Søndre Puttjern. Særlig var dette tilfelle i 1998, da antall registrerte arter eller taksa i Nordre Puttjern var bare det halve av det i Søndre Puttjern. Dette pga. de kraftige endringene som skjedde med vannmassene i Nordre Puttjern som en følge av lekkasjene til Romeriksporten. De bedre forholdene i 1999 har ført til et mer mangfoldig planteplanktonsamfunn igjen.

Totalvolum er derimot ikke svært forskjellig de to årene da det i første rekke er konsentrasjonen av tilgjengelig fosfor for algevekst som bestemmer den mengde planteplankton totalt som kan produseres i vannmassene. Vannmassene i Nordre Puttjern må, ut fra planteplankton- og klorofyllanalysene, betegnes som å være i overgangen mellom næringsfattig og middels næringsrikt, eller oligomesotrofe (Brettum 1989)

5.1.3. Dyreplankton i Søndre og Nordre Puttjern 1999.

Prøver av dyreplankton ble samlet inn månedlig i perioden mai-oktober. 5 enkeltprøver ble samlet inn hver gang ved hjelp av en 3 liters Limnos-henter fra sjiktet 0-6 m i Søndre Puttjern og fra 0-3 m i Nordre Puttjern. Enkeltprøvene ble i felt slått sammen til en blandprøve som ble filtrert gjennom duk med maskevidde 45 µm. Planktoniske krepsdyr (Crustacea) ble identifisert til art med unntak av copepoditter og nauplier av cyclopoide hoppekreps. Alle individer i prøven ble vanligvis telt opp, men i en del tilfeller med spesielt mye dyr ble nauplier av hoppekreps telt i en representativ delprøve (1/5 eller 1/10). Hjuldyr (Rotifera) ble identifisert til art eller slekt og telt opp i en representativ del av prøven (oftest 1/5 eller 1/10). Ved beregningene av biomasser (tørrvekt) ble det brukt faste spesifikke vekter for de forskjellige hjuldyrartene og for nauplier av cyclopoide og calanoide hoppekreps (Copepoda). For alle vannlopper (Cladocera) samt copepoditter og voksne av hoppekreps ble total lengde målt enten på hvert individ i prøven eller på et representativt utvalg i de tilfellene der individantallet var større enn 20. Tørrvekter av hjuldyr og nauplier samt lengde/vekt-relasjoner for de

Øvrige gruppene ble utledet fra Bottrell og medarb. (1976) og Dumont og medarb. (1975). Resultatene er gitt i tabellene 7 og 8 i vedlegget og vist i figur 17 og 18.

Søndre Puttjern

Dyreplanktonet var i 1999 dominert av arter som er vanlige i et vidt spekter av innsjøtyper (generalister) i likhet med foregående år. Gelekrepsen *Holopedium gibberum*, som ble funnet i betydelig antall i september, forekommer imidlertid først og fremst i nærings- og kalkfattige lokaliteter (Hessen og medarb. 1995 a og b). Alle hovedgrupper som er vanlig å finne, var tilstede i planktonet. Bare et fåtall arter av hoppekreps ble observert, men totalt sett kan dyreplanktonet sies å ha en "normal" sammensetning. Artssammensetningen og størrelsen på de dominerende vannloppeartene (*Ceriodaphnia quadrangula* og *Bosmina longirostris*) kunne tyde på et hardt predasjonspress ("beitepress") på krepsdyrplanktonet fra planktonspisende fisk. Middellengden av voksne hunner av *C. quadrangula* og *B. longirostris* var henholdsvis ca. 0.6 mm og ca. 0.3 mm. Totalbiomassen kan betegnes som middels høy. Biomassen av gruppen calanoide hoppekreps var de fleste gangene betydelig større i 1999 enn året før, mens biomassen av cyclopoide hoppekreps og vannlopper var mindre i 1999 enn i 1998. Forskjellene lå imidlertid innenfor det en kan rekne med som naturlige år til år variasjoner i et skogstjern.

Som en oppsummering kan vi si at dyreplanktonet i Søndre Puttjern hadde en normal artssammensetning som tydet på relativt næringsfattige forhold og muligens et betydelig predasjonspress fra planktonspisende fisk. Totalbiomassen var middels høy, og det var ingen store endringer i artssammensetning og biomasser fra foregående år.

Nordre Puttjern

I Nordre Puttjern var det totale artsantallet lavt i 1999 i likhet med i 1998. Spesielt var artsantallet av planktoniske krepsdyr lavt, og biomassen av denne gruppen var også svært lav i 1999. Det ble observert en del individer av cyclopoide hoppekreps (nauplier og copepoditter) samt av vannloppen *Bosmina longirostris*, men totalt sett var forekomsten av krepsdyr i planktonet dårlig. Antall arter/taksa samt biomassen av gruppen hjuldyr hadde imidlertid økt betydelig sammenliknet med foregående år. Totalbiomassen av dyreplankton kan derfor betegnes som middels høy i 1999, dvs. at den var på omtrent samme nivå som i Søndre Puttjern. Dyreplanktonet var dominert av hjuldyrene *Polyarthra vulgaris* og *Asplanchna priodonta* på forsommeren, mens det var overvekt av *Keratella cochlearis* i august-september da denne arten representerte ca. 56-78 % av totalbiomassen. For sesongen som helhet representerte gruppen hjuldyr 90 % av den gjennomsnittlige totalbiomassen. Dette må regnes som en uvanlig stor andel da denne gruppen generelt ikke utgjør mere enn 5-15 % av totalbiomassen i de fleste norske innsjøer (jfr. Hessen og medarb. 1995 b). Disse representerer imidlertid typiske bakteriebeitere.

Det kan se ut som det i hovedsak er hjuldyrene som i første omgang har klart å utnytte den bedre vannkvaliteten og dermed økt bestandene betraktelig sammenliknet med forrige sesong. Fra litteraturen er det kjent at hjuldyrene er den gruppen innen dyreplanktonet som gir raskest respons på forandringer i miljøet (Allan 1976). Hjuldyrene er også ofte de første til å rekolonisere en innsjø etter en forurensningssituasjon, mens krepsdyrene gjerne trenger noe lengre tid for å etablere større bestander. Det kan være store artsforskjeller med hensyn til toleranse overfor "skadelig" vannkvalitet også blant hjuldyrene. Likevel synes denne gruppen å tåle ekstreme forhold som f.eks. surt vann eller høye konsentrasjoner av metaller og/eller andre forurensninger bedre enn mange av krepsdyrene (se f.eks. Schartau og medarb. 1997). Surhetsgraden i de øvre vannmassene (0-3 m) varierte i 1999 i området ca. 5.5-6.5. Det er velkjent at artsdiversiteten av krepsdyrplankton generelt reduseres ved pH < 6.0-5.5, men det er også flere vanlige, forsuretolerante arter som normalt klarer seg bra i vann med de pH-verdier som ble målt i Nordre Puttjern i 1999. Konsentrasjonene av metaller skulle heller ikke ha vært så høye at det ikke var levelige forhold også for flere arter av krepsdyrplankton (jfr.

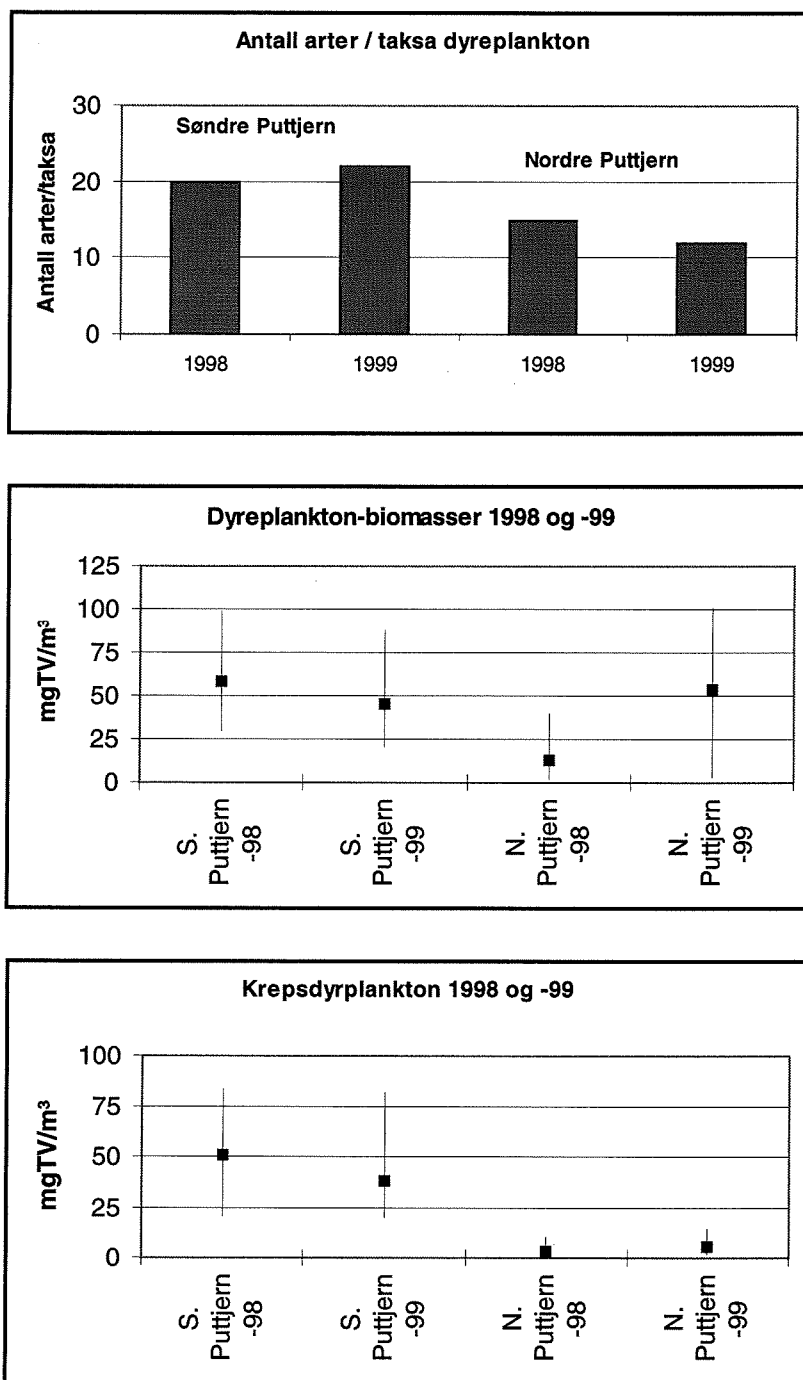


Fig. 17 Antall registrerte arter av dyreplankton og biomasse dyreplankton totalt og krepsdyrplankton i Søndre og Nordre Puttjern 1998 og 1999.

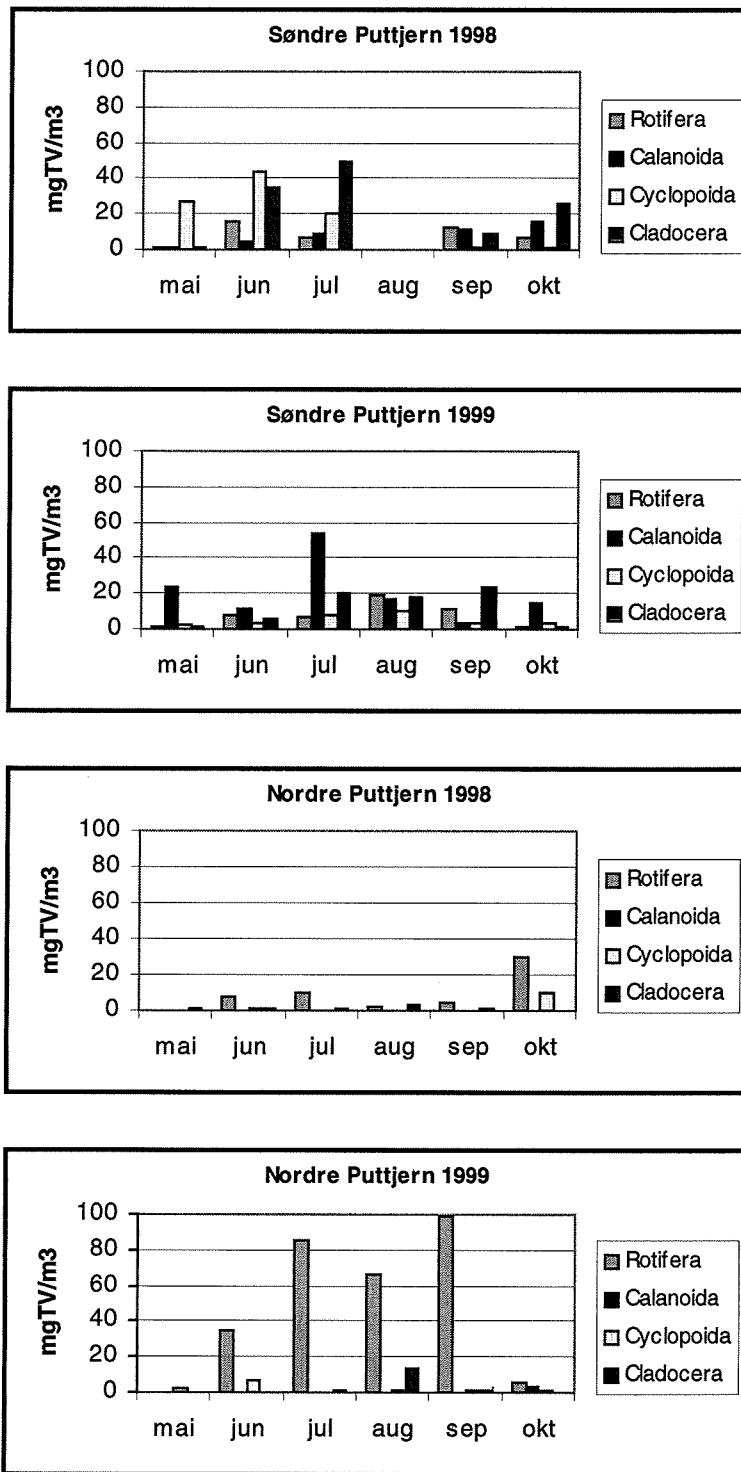


Fig. 18 Variasjoner i mengden av dyreplankton i Søndre og Nordre Puttjern 1998 og 1999 fordelt på hovedgruppene Rotifera (hjuldyr), calanoide hoppekreps, cyclopoide hoppekreps og vannlopper (Cladocera). Mengden er beregnet som tørrvekt.

Biesinger og Christensen 1972). Når det likevel ble funnet så lite krepsdyr, skyldes det sannsynligvis tidsfaktoren, dvs. at re-koloniseringen vil ta noe lengre tid enn bare ett år.

Vi kan konkludere med at hjuldyrene har svart på bedringen av vannkvaliteten i Nordre Puttjern i 1999 ved økt artsantall og markert økning i bestandene av flere arter. Krepsdyrplanktonet derimot forekom med bare et fåtall arter og svært lav biomasse. Totalt sett hadde derfor dyreplanktonet en uvanlig sammensetning som viste at samfunnet ikke var normalisert ennå. Dataene over vannkvaliteten skulle ikke tilsi at vannet fortsatt virket toksisk på de fleste krepsdyrplankton-arter. Årsaken til den lave andelen og de små biomassene av krepsdyr er derfor mest sannsynlig at re-etableringen av større bestander vil ta noe lengre tid enn ett år.

5.2. Bekkelokaliteter

5.2.1. Fysisk-kjemiske forhold

Ellingsrudvassdraget

Puttjernsbekken (P1) (figur 19 og 20, tabell 9 i vedlegg)

Figuren viser at vannmassene på denne stasjonen i 1998 var gjennomgående forholdsvis sure, men at pH varierte mye fra prøvetaking til prøvetaking, fra svært surt vann med verdier på 4.68 og 4.79 til bare svakt surt med verdier på 6.43 og 6.49. Selv om det var en del variasjoner i pH på denne stasjonen også i 1999, ble minimum da registrert med 5.51 og maksimum med 6.72, litt høyere enn i 1998.

I 1998 rant det ikke vann ut av Nordre Puttjern til bekken etter at lekkasjene til Romeriksporten startet, med unntak av en kort periode helt i begynnelsen av november. Vannet i Puttjernsbekken var mer eller mindre surt avhengig av om det meste av vannet kom fra nedbørfeltet til bekken nedenfor utløpet fra Nordre Puttjern, eller fra større myrområder lenger ned og vest for utløpsbekken med meget surt vann. Avløpet fra disse myrområdene løper sammen med bekkeløpet fra Nordre Puttjern før prøvetakingsstasjonen (P1).

Store deler av sesongen 1999 rant det vann ut av Nordre Puttjern til bekken. Som vi har sett tidligere økte pH i de øverste vannlag i tjernet betraktelig i 1999 noe som kan ha vært medvirkende til å dempe noe innflytelsen av det surere vannet fra myrområdene lengre nede.

Konduktiviteten varierte mye i 1998, fra 3.19 til 9.07 mS/m og partikkelinnholdet målt som turbiditet viste da forholdsvis lave verdier, for det meste mellom 0.3 og 0.8 FTU, men økte av og til ved snøsmelting og mye nedbør som førte til økt utvasking til bekken. I 1999 varierte også verdiene for konduktivitet relativt mye, fra 3.26 til 8.25 mS/m, altså innenfor samme ramme som i 1998. For turbiditeten lå de fleste målingene i 1999 mellom 0.3 og 0.8 FTU som i 1998, men økte kraftig til 1.40 og 2.90 FTU i en periode med lite nedbør, da omtrent alt vannet kom fra myrområdene lenger ned.

Verdiene for farge var for det meste meget høye men varierte svært i 1998, fra 34.6 mg/l Pt og relativt lite tilførsler av myrvann, til 121 mg/l Pt og til og med over 200 mg/l Pt. Dette viser kraftig påvirkning av myrvann med høyt humusinnhold. I 1999 lå fargeverdiene for de fleste målingene mellom 64.7 og 103.0 mg/l Pt, men i perioden med lite nedbør, fra midten av august til midten av september, økte verdier til 165 og helt opp i 285 mg/l Pt som viser stort humusinnhold i vannet og mest tilførsler fra myrområdene.

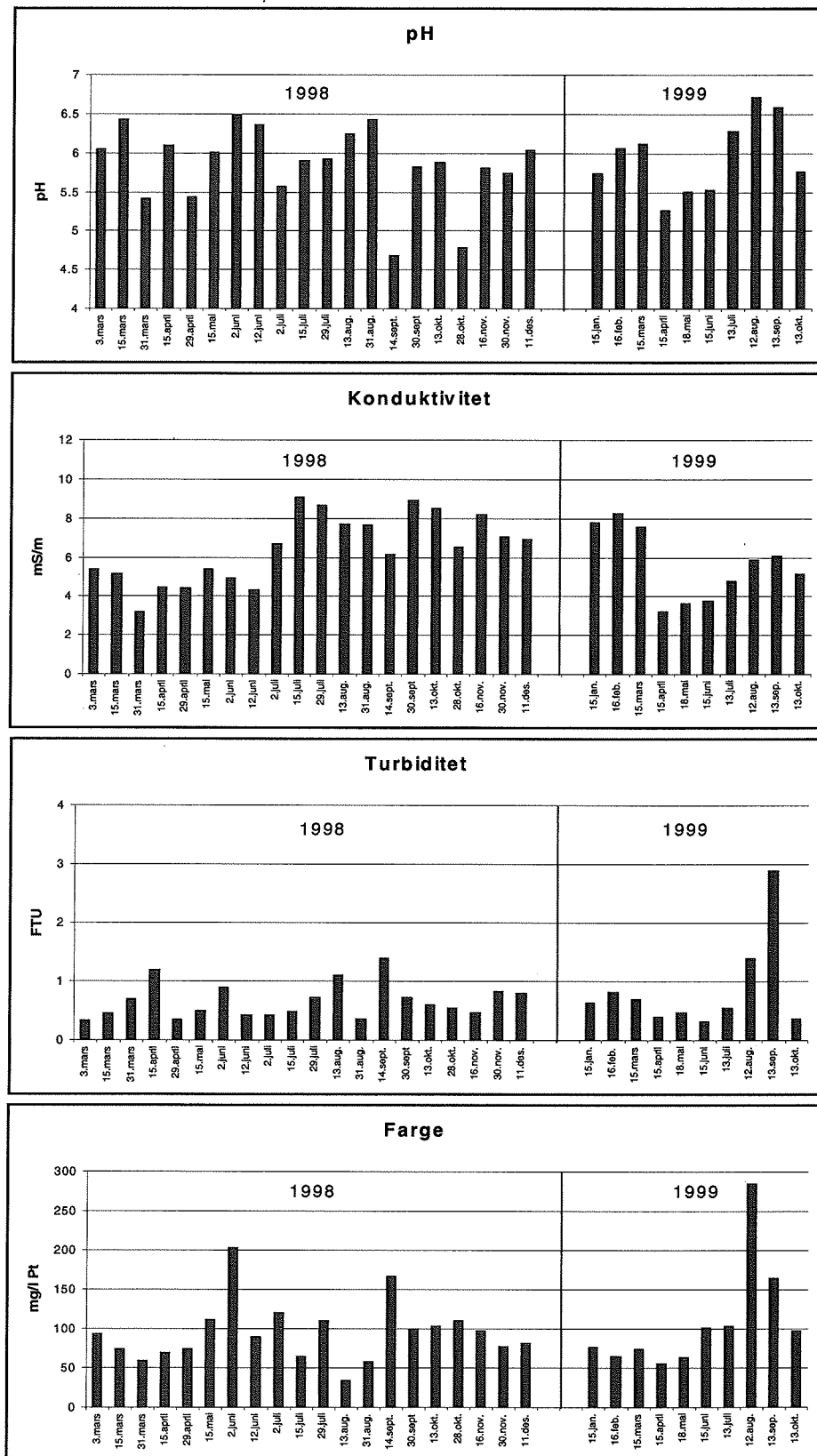


Fig. 19 Variasjoner i pH, konduktivitet, turbiditet og farge i Puttjemsbekken (P1) 1998 og 1999.

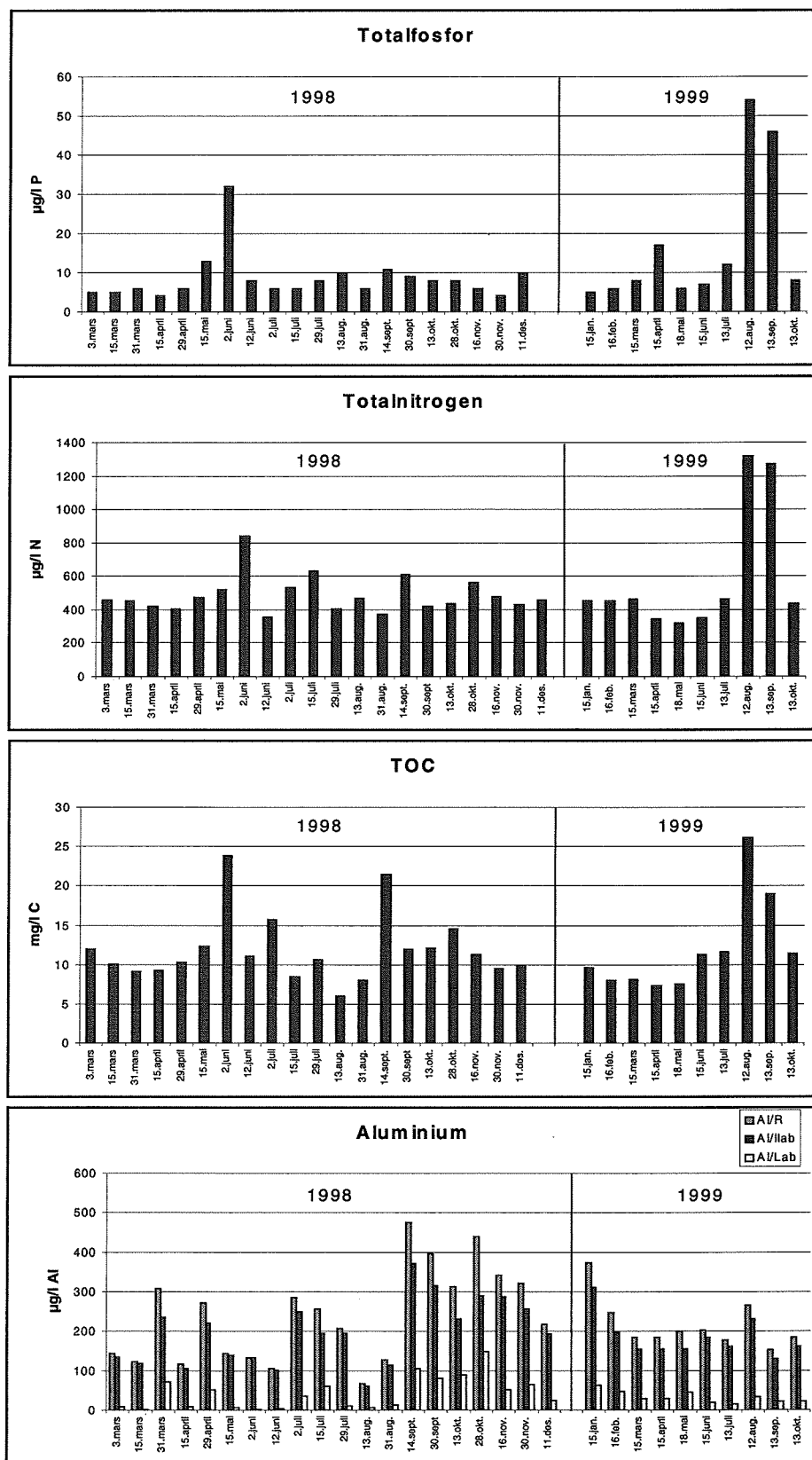


Fig. 20 Variasjoner i totalfosfor, totalnitrogen, TOC og aluminium i Puttjernsbekken (P1) 1998 og 1999.

Innholdet av totalt organisk karbon (TOC) var på samme måte svært varierende i 1998 og viste samme varierende påvirkning av vanntyper. I 1998 lå verdiene for det meste mellom 6.0 og 15.7 mg/l C med kraftig økning til 21.5 og 23.9 mg/l C. I 1999 lå de fleste verdiene mellom 7.4 og 11.7, men med økning til 19.0 og 26.2 mg/l C i den tørre perioden med hovedsakelig tilførsler fra myrområdene. Målingene viser at det er mye organisk stoff, vesentlig i form av humusstoffer, i vannet.

I 1998 varierte totalfosforinnholdet for det meste mellom 4 og 8 µg/l P, men enkelte analyseresultater viste verdier på 9, 13 µg/l og hele 32 µg/l P på denne stasjonen. I 1999 lå de fleste målingene av totalfosfor mellom 5 og 12 µg/l P, men i forbindelse med lengre tørkeperiode, ble totalfosforverdier på hele 46 og 54 µg/l P målt. Totalnitrogen i Puttjernsbekken viser gjennomgående noe høyere verdier enn en vanligvis registrere i vann som drenerer fra relativt sure skogs- og myrområder. Verdiene varierte mye i 1998, for det meste mellom 355 og 635 µg/l N men også med en verdi på hele 840 µg/l N. I 1999 lå verdiene i hovedsak mellom 320 og 465 µg/l N, men en kraftig økning ble registrert også for denne parameteren ved målingene i august og september. Da ble det målt nær det tredobbelte for totalnitrogen, 1270 og 1320 µg/l N.

Sure vannmasser fører til økt utløsning av aluminium, og verdiene som ble registrert var i 1998 ganske høye men svært variable. Reaktivt aluminium varierte mellom 68 og 477 µg/l Al og labilt aluminium mellom 2 og 148 µg/l Al. 14. september og 28. oktober ble innholdet av labilt aluminium beregnet til 105 og 148 µg/l Al. Tilsvarende målinger i 1999 viste reaktivt aluminium som varierte mellom 154 og 374 µg/l Al og det labile aluminium mellom 16 og 63 µg/l Al. Det ble registrert noe mindre variasjoner i aluminiumsinnholdet i 1999 enn i 1998.

Munkebekken (M1) (figur 21 og 22, tabell 10 i vedlegg)

Ved denne stasjonen er bekken kommet ned i områder med bebyggelse. Her viser figuren vannmasser med betydelig høyere pH enn i Puttjernsbekken, og at bekken før stasjon M1 tilføres vann av en annen kvalitet enn det en registrerte på stasjon P1. Fra Munkebekken viser analyseresultatene mindre variasjoner i pH enn i Puttjernsbekken (P1), med verdier i 1998 mellom 6.64 og 7.85, og omtrent samme verdi-intervall i 1999, 6.57 og 7.74.

Innholdet av løste salter var gjennomgående høyere her enn på stasjon P1 men svært varierende, mellom 5.31 og 15.50 mS/m i 1998, noe en må regne som forholdsvis høy konduktivitet. En unormal høy verdi på 22.80 mS/m ble målt i løpet av sesongen. I 1999 var verdiene de samme eller litt lavere, mellom 4.27 og 13.30 mS/m. Unntaket var her, som på stasjon P1 i Puttjernsbekken, prøvene fra august og september, det vil si i perioden med lengre tørke og liten vannføring. Da ble det målt konduktivitet på hele 66.60 og 69.20 mS/m.

Turbiditeten var i 1998 relativt høy, hovedsakelig mellom 1.0 og 3.5 FTU. En unormal høy verdi ble registrert på våren med 9.4 FTU i forbindelse med snøsmeltingen. I 1999 lå verdiene gjennom sesongen mellom 0.93 og 3.20 FTU, det samme område som i 1998, men med en ekstremt høy verdi 12. august etter lengre tørkeperiode. Turbiditetsvariasjonene varierte ikke etter samme mønster som på stasjon P1 i Puttjernsbekken, så årsaken til denne spesielt høye verdien i august må skyldes tilførsler fra andre områder eller aktiviteter i nærområdet som påvirker vannkvaliteten.

Fargetallet var i 1998 lavere her enn på stasjon P1, for det meste mellom 15.4 og 45.9 mg/l Pt, men med spesielt høye verdier av og til. Det ble målt 91.6 i september. Lave verdier viser at vannmassene fikk tilførsler av annet vann enn bare humøst myrvann. I 1999 varierte fargeverdiene mellom 15.4 og 47.3, med en topp i juni på 69.1 mg/l Pt. Verdiene for totalt organisk materiale (TOC) er også lavere sammenlignet med stasjon P1, og hadde et innhold i 1998 som for det meste varierte mellom 4.0 og 9.9 mg/l C. I september det året ble det registrert 13.7 mg/l C. I 1999 var det forholdsvis jevne verdier for TOC gjennom hele sesongen på denne stasjonen, mellom 3.2 og 8.5 mg/l C.

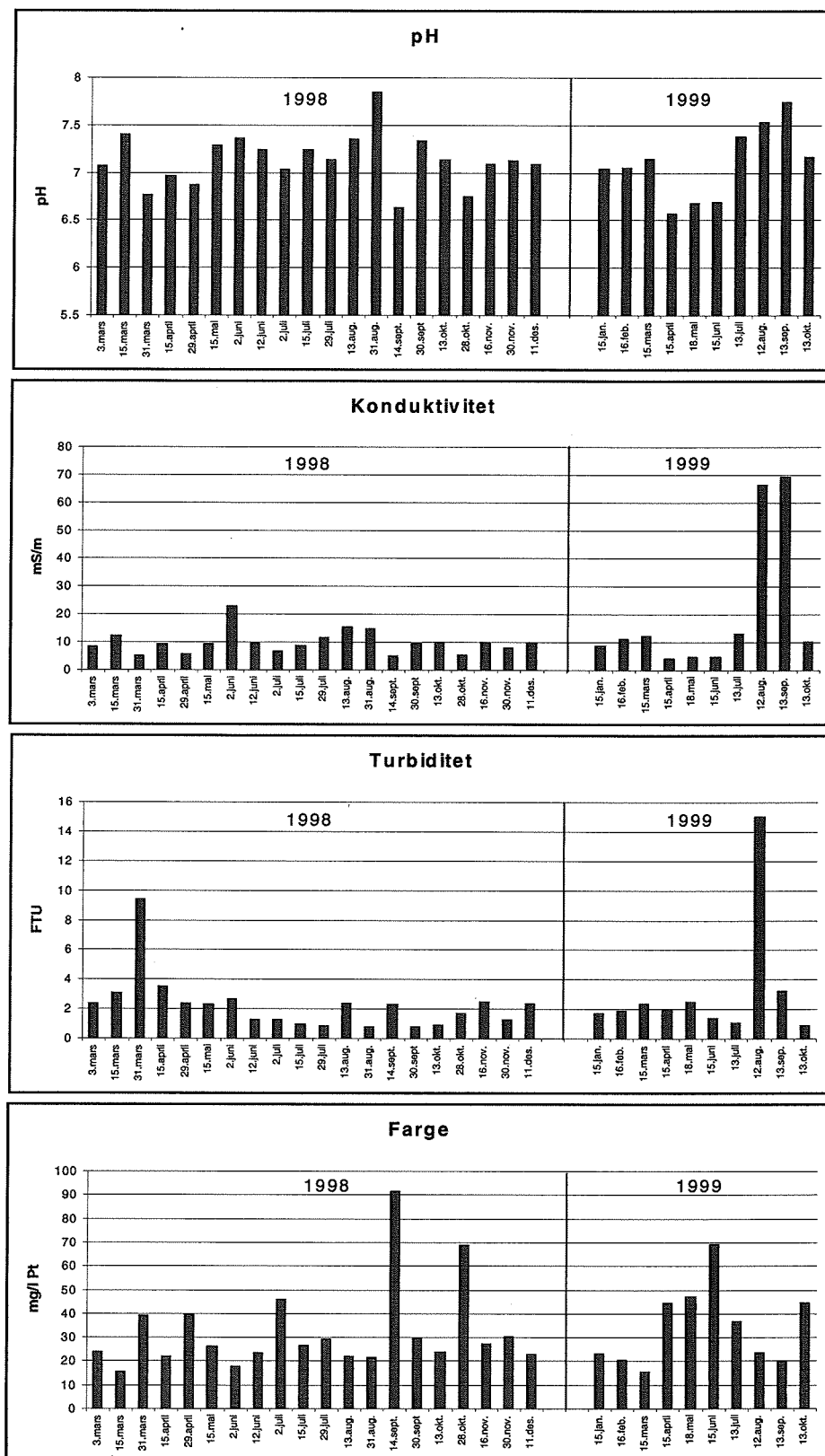


Fig. 21 Variasjoner i pH, konduktivitet, turbiditet og farge i Munkebekken (M1) 1998 og 1999.

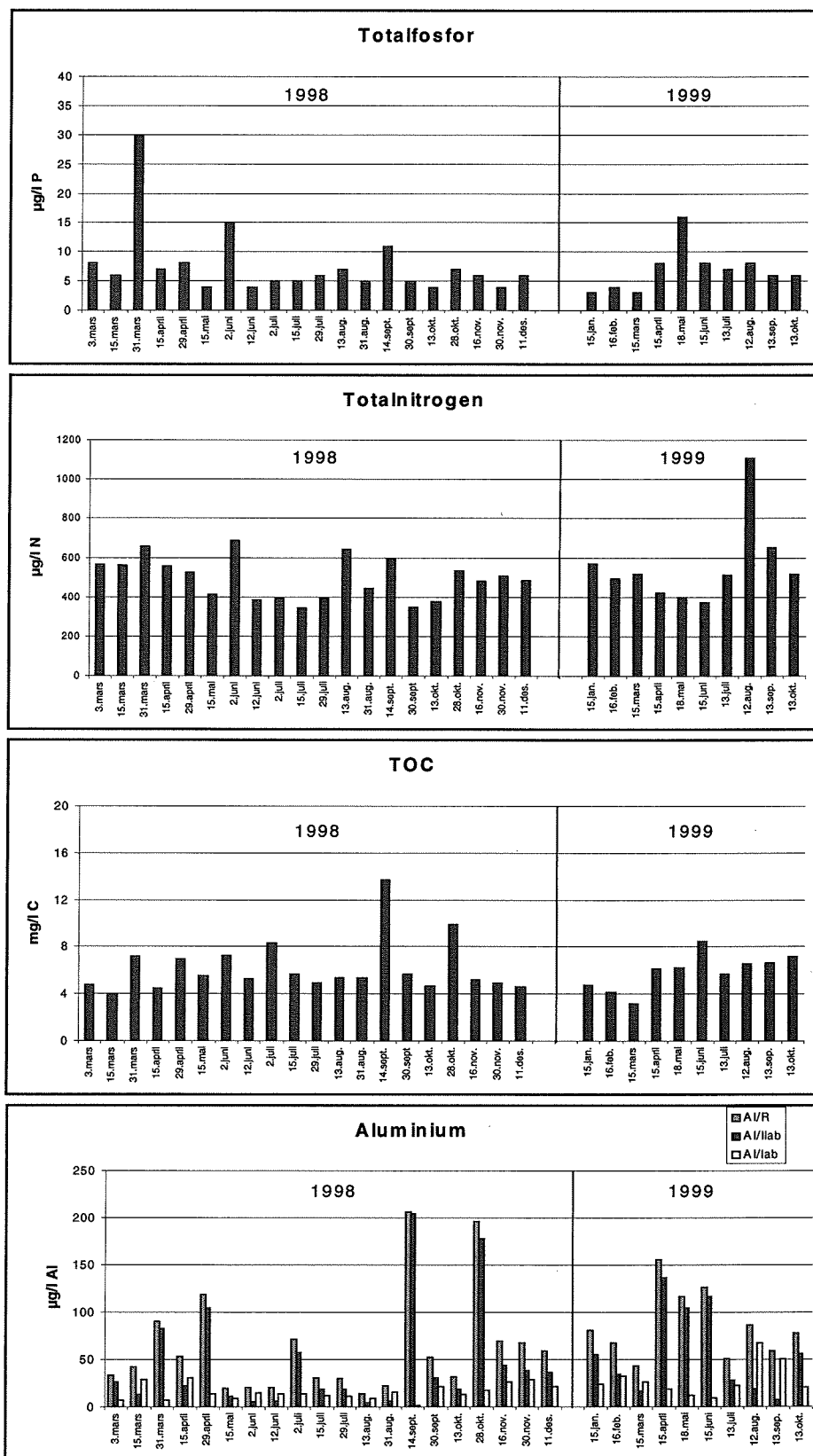


Fig. 22 Variasjoner i totalfosfor, totalnitrogen, TOC og aluminium i Munkebekken (M1) 1998 og 1999.

Innholdet av totalfosfor varierte i 1998 for det meste mellom 4 og 8 $\mu\text{g/l}$ P, men enkelte høye verdier som 30 $\mu\text{g/l}$ P den 31. mars tydet på at bekken ved denne stasjonen ble tilført næringsrikere vann fra overløp i forbindelse med økt nedbør og snøsmelting. I 1999 varierte innholdet av totalfosfor mellom 3 og 8 $\mu\text{g/l}$ P, med en ekstremverdi i mai på 16 $\mu\text{g/l}$ P. Dette var etter en periode med en del nedbør. Innholdet av totalnitrogen varierte i Munkebekken i 1998 mellom 345 og 690 $\mu\text{g/l}$ N. Også i 1999 lå verdiene av totalnitrogen på dette nivået, mellom 370 og 650 $\mu\text{g/l}$ N. En ekstremverdi ble registrert i prøven fra august med 1110 $\mu\text{g/l}$ N. Dette var samme tidspunkt som ekstremverdi for turbiditet, og kan tyde på at det på dette tidspunkt kan ha vært aktiviteter i bekkens nærområde. Verdien for totalnitrogen var høy på P1 også på dette tidspunktet, men turbiditeten var ikke spesielt høy

Med økt pH løses mindre aluminium ut i vannet. Verdiene for reaktivt aluminium lå da også betydelig lavere enn på P1 gjennom sesongen 1998. Høyeste verdi for labilt aluminium i 1998 var på 31 $\mu\text{g/l}$ Al. I 1999 var høyeste verdi 68 $\mu\text{g/l}$ Al.

Lutvann- / Nøklevannsvassdraget

Lutvannsbekken har tilførsler både fra Lutvann og Kroktjern. Opprinnelig var utløpet fra Kroktjern i sørenden av tjernet med avløp til Hauktjern, men ved å sprengte en tunnel ble utløpsbekken fra tjernet flyttet til vestsiden. Den nye bekken fra Kroktjern kunne, i den nedre delen, tidligere enten renne til Lutvannsbekken nedenfor dammen ved utløpet fra Lutvann, eller via en kanal inn i Lutvann, eller ha tilløp begge veier. Fra midten av september 1998 er tilløpet inn i Lutvann stengt av, og bekken fra Kroktjern renner nå direkte til Lutvannsbekken. Lutvann er demmet opp, og demningen ble fornyet og tettet sommeren 1998. En anordning ved demningen gjør det mulig å tappe ut fra Lutvann en definerte vannmengde for å garantere minstevannføring i Lutvannsbekken i tørre perioder (200 l/min). Nærmere om dette se Lien (1998).

I 1998 ble prøver samlet inn og analysert på kjemisk-fysiske parametre fra en prøvetakingsstasjon i bekkens nedre del, ca. to tredeler av strekningen fra Lutvannsdemningen til Nøklevatn. Denne stasjonen i Lutvannsbekken, L1, ble det samlet inn prøver fra også i 1999. I tillegg ble det i 1999 samlet inn og analysert prøver fra en bekkestasjon øverst i Lutvannsbekken ved demningen, stasjon L0. For å se hvilken innflytelse vann fra Kroktjern hadde på vannkvaliteten i Lutvannsbekken, ble det også samlet inn prøver fra en stasjon nederst i Kroktjernsbekken, før samløp med Lutvannsbekken.

Lutvannsbekken (L1) (figur 23 og 24, tabell 11 i vedlegg)

En antar at de kjemiske parametrene vil variere avhengig om det meste av vannet i bekken kommer fra Lutvann via demningen, eller det kommer relativt mye vann fra Kroktjernsbekken. Verdiene for flere fysisk-kjemiske parametre er for det meste svært forskjellige i vannmassene i Lutvann og Kroktjern, som vist tidligere (Brettum og medarb. 1999).

På grunn av blandingen av vann fra de to innsjøene varierte verdiene for pH en del gjennom sesongen i 1998, fra 6.48 til 7.51. Kroktjern har vært kalket men pH-verdiene er lavere enn i Lutvann. Variasjonene i pH er derfor en måte å se hvilken type vann som dominerer i bekken til enhver tid. pH i Lutvann lå hele sesongen i 1998 godt over 7. I 1999 ble det også registrert høye pH-verdier gjennom sesongen, mellom 6.82 og 7.43. Et unntak var 15. april med pH 6.12. Dette må skyldes snøsmelting i området og smeltevann fra nedbørfeltet til bekken. Også i 1998 ble de laveste pH-verdiene på denne stasjonen registrert på den tiden.

Konduktiviteten reflekterer at de laveste verdiene har en i perioden med snøsmelting i området, og perioder med mer vann fra Kroktjern til Lutvannsbekken. Vannet fra Lutvann har naturlig høy

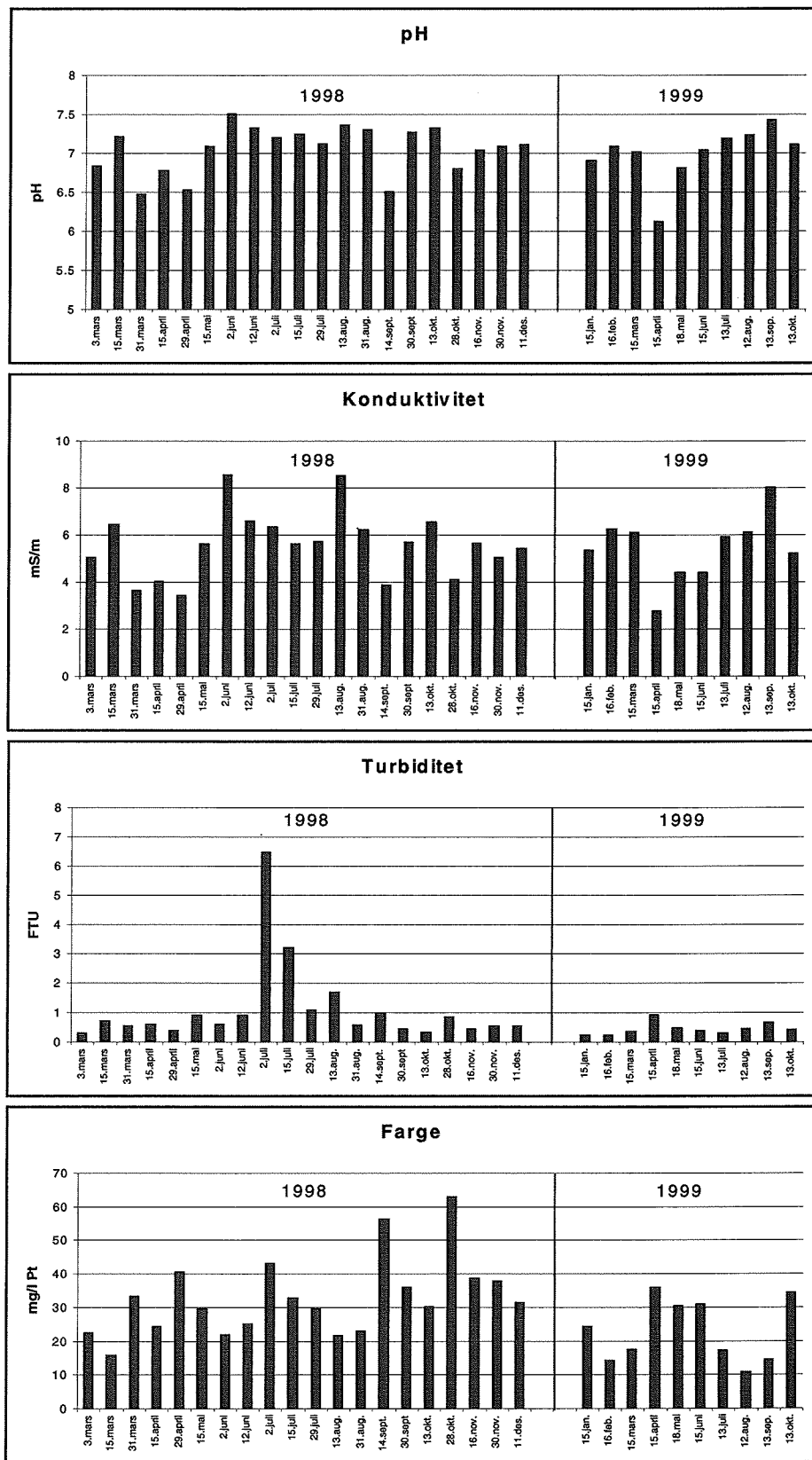


Fig. 23 Variasjoner i pH, konduktivitet, turbiditet og farge i Lutvannsbekken (L1) 1998 og 1999.

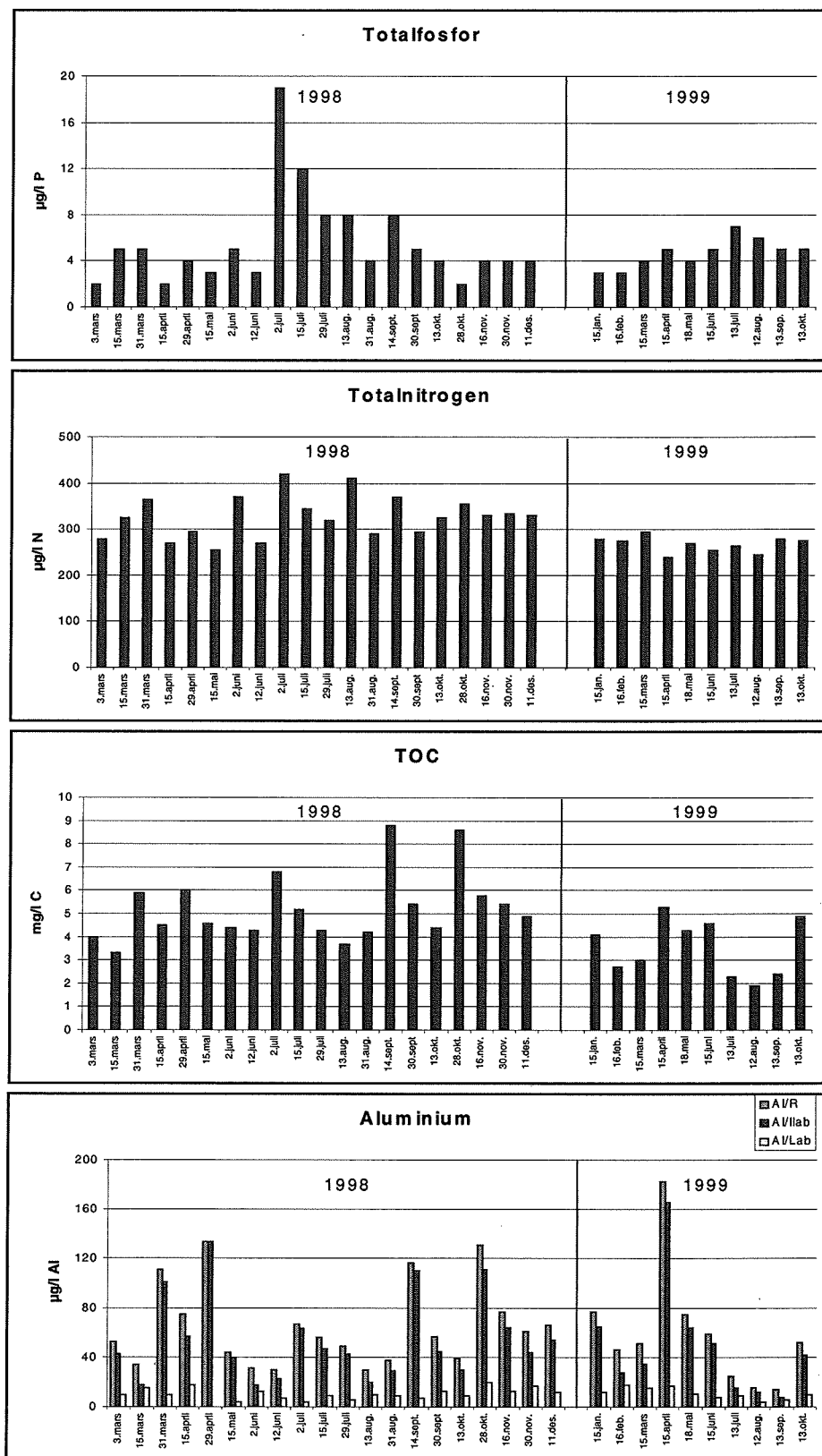


Fig. 24 Variasjoner i totalfosfor, totalnitrogen, TOC og aluminium i Lutvannsbekken (L1) 1998 og 1999.

konduktiviteten. På ettervinteren og under snøsmeltingperioden i 1998 ble minimum i konduktiviteten med 3.42 mS/m registrert. Maksimum kom i perioder med tørke, da vann fra Lutvann dominerte. I 1998 var maksimum 8.51 og 8.55 mS/m. Under snøsmeltingen i april ble minimum registrert også i 1999. Verdien var da 2.81, mens maksimum ble i september med 8.04 mS/m. Dette var i en periode med lengre tids tørke og før store nedbørmengder kom mot slutten av måneden. Krokstjernesbekken var på den tiden tørrlagt, så alt vannet som gikk i bekken kom fra Lutvann. Turbiditetsverdiene lå under 1.0 FTU begge årene under normale forhold. De høye verdiene som figuren viser for turbiditet om sommeren 1998 skyldtes gravearbeider ved demningen, og trafikk langs bekken i anleggstiden

Fargetallene viser tydelig innflytelsen fra de ulike vanntypene til Lutvannsbekken med høyt fargetall når vann fra Krokstjernesbekken og nedbørfeltet nedenfor Krokstjern har betydning, og lave fargetall når det meste av vannet kommer fra Lutvann. I 1998 varierte verdiene det meste av året mellom 15.9 og 43.2 mg/l Pt. I forbindelse med mye nedbør og økt avrenning fra Krokstjernesbekken økte imidlertid fargetallet markert i september og oktober med 56.6 og 63.0 mg/l Pt. I 1999 var verdiene noe jevnere, mellom 14.4 og 36.1 mg/l Pt. Variasjonene i innhold av totalt organisk karbon (TOC) følger, som figur 24 viser helt ut variasjonene i fargetallet begge årene og viser at det er humusinnholdet i vannet som er grunnlaget for TOC. Høyeste målte verdier var i 1998 på 8.8 og laveste 3.3 mg/l C. I 1999 var tilsvarende verdier lavere, henholdsvis 1.9 og 5.3 mg/l C.

Med unntak av høyere verdier i forbindelse med gravearbeidene og trafikk med gravemaskinen langs bekken i 1998, var det relativt lave verdier for totalfosfor begge årene. I 1998 varierte det mellom 2 og 8 og i 1999 mellom 3 og 7 µg/l P. Som figuren viser ble det registrert totalfosfor på 19 µg/l P under anleggsvirksomheten. Totalnitrogen hadde i 1998 verdier mellom 255 og 420 µg/l N, mens de i 1999 var en del lavere, mellom 240 og 295 µg/l N

Høyeste verdi for reaktivt aluminium var 134 µg/l Al i 1998 og 183 µg/l Al i 1999. Innholdet av labilt aluminium var imidlertid ikke over 20 µg/l Al i 1998 og 18 µg/l Al, m.a.o. godt under giftighetsgrensen for laksefisk.

Lutvannsbekken (L0) (figur 25, tabell 12 i vedlegg)

En ny prøvetakingsstasjon ble lagt i øvre delen av bekken rett etter utløpet av Lutvann i 1999. Prøvene fra denne stasjonen ble analysert for de samme parametrene som de andre bekkestasjonene.

Som figuren viser var det høye pH-verdier gjennom hele sesongen. Vannet på denne stasjonen vil i det alt vesentlige være vann fra Lutvann, som er sterkt grunnvannspåvirket. Ved snøsmelting og kraftig nedbør vil innsjøen tilføres mer vann fra nedbørfeltet. De laveste verdiene ble da også registrert om våren, og etter mye nedbør sent på høsten. Høyeste pH-verdi var 7.40, laveste 6.84. Figuren viser videre at konduktiviteten på denne stasjonen var jevn gjennom hele sesongen, og varierte mellom 5.91 til 7.46 mS/m.

Da partikkelinnholdet i Lutvann er svært lite, vil også vannet på stasjon L0 det meste av sesongen inneholde lite partikler. Turbiditeten lå gjennom sesongen 1999 mellom 0.25 og 0.61 FTU. Dette viser svært lite partikkelinnhold i vannet fra denne stasjonen. Også fargetallet er svært lite i Lutvann, og fargetallsverdiene på stasjon L0 gjenspeiler dette og er lave, noe som viser et svært lite humusinnhold. Fargen varierte i 1999 mellom 4.05 og 10.20 mg/l Pt. Det er også svært lite organisk materiale i vannet på denne stasjonen som det er i Lutvann. TOC varierte mellom 1.4 og 2.2 mg/l C.

Innholdet av nærings saltene fosfor og nitrogen var, som undersøkelsene i 1998 viste, svært lite i Lutvann. Innholdet av totalfosfor og totalnitrogen blir derfor lite også i vann fra stasjon L0 i

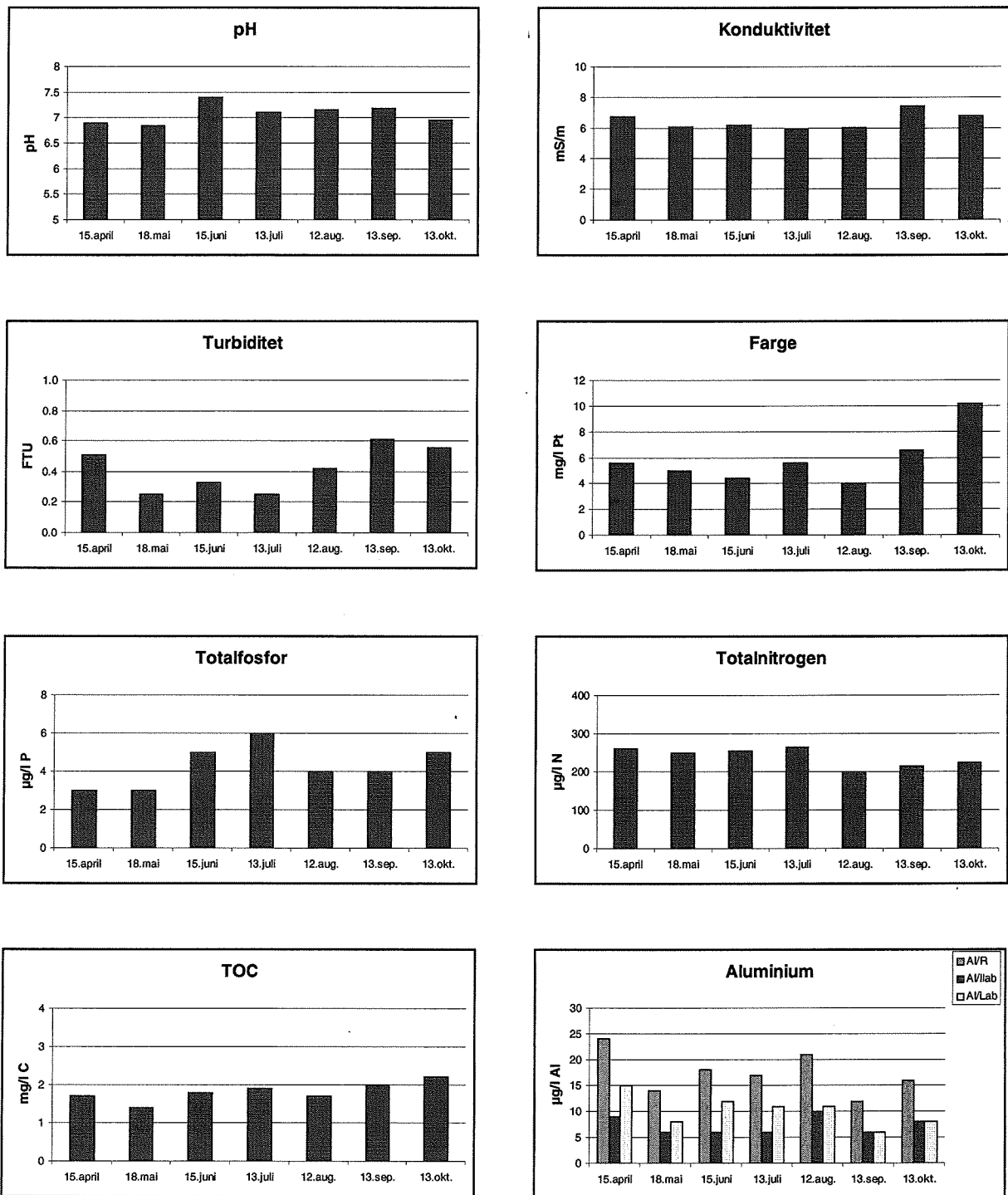


Fig. 25 Variasjoner i en del fysisk-kjemiske parametre i Lutvannsbekken (st.L0) i 1999.

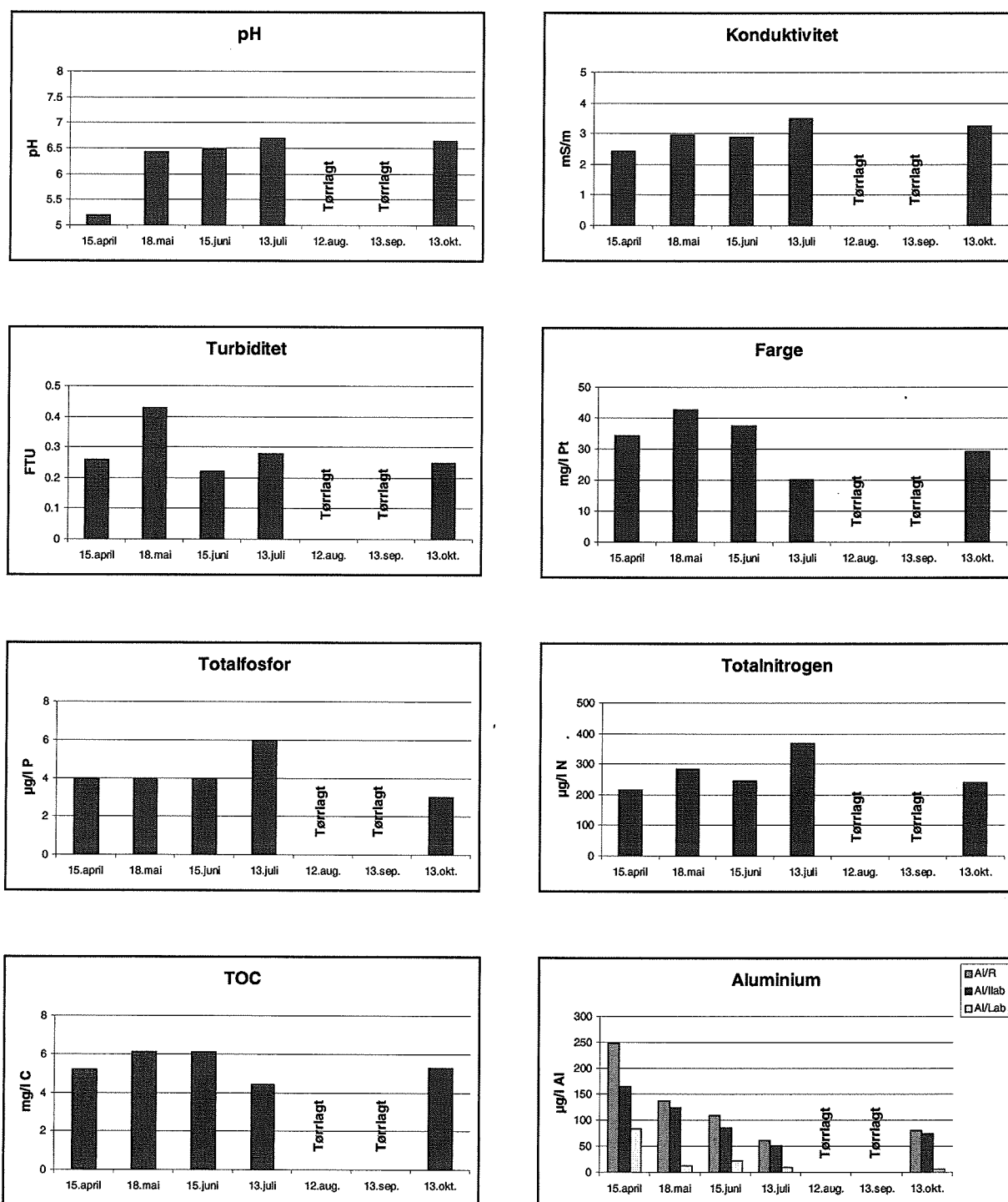


Fig. 26 Variasjoner i en del fysisk-kjemiske parametre i Kroktjernsbekken (st.Kr.1) i 1999.

Lutvannsbekken. Verdiene for totalfosfor varierte mellom 3 og 6 µg/l P og totalnitrogen mellom 200 og 265 µg/l N.

Innholdet av labilt aluminium lå, som figuren viser, under 15 µg/l Al gjennom hele sesongen 1999.

Kroktjernsbekken (Kr1) (figur 26, tabell 13 i vedlegg)

Kroktjern, hvor nåværende Kroktjernsbekken kommer fra via en tunnel sprengt gjennom fjellet på vestsiden av tjernet, er i utgangspunktet et surt, humøst skogstjern. Tjernet er imidlertid kalket ved flere anledninger.

Ved to prøvetakingstidspunkter, 12. august og 13. september, var Kroktjernsbekken som renner inn i Lutvannsbekkenes øvre del, tørrlagt. Det ble derfor begrenset med data fra denne stasjonen i 1999.

Figuren viser at det i april ble registrert lav pH, bare 5.19. Dette skyldtes stor tilførsel av surt smeltevann fra nedbørfeltet. Resten av sesongen med vann fra Kroktjern lå pH mellom 6.44 og 6.69 det vil si en relativt høy pH. Konduktiviteten var lav, noe som viser et forholdsvis lite innhold av løste salter. Konduktiviteten varierte mellom 2.43 og 3.50 mS/m.

Også innholdet av partikler var meget lavt gjennom sesongen 1999 med verdier for turbiditet på bare 0.22 til 0.46 FTU. Verdiene for fargetall, varierende mellom 20.3 og 42.7 mg/l Pt, viser derimot at vannmassene var en del humuspåvirket. Dette fremgår også av verdiene for TOC som varierte mellom 4.4 og 6.1 mg/l C.

Innholdet av næringssaltene fosfor og nitrogen var også i Kroktjernsbekken lavt, med verdier for totalfosfor mellom 3 og 6 µg/l P og totalnitrogen mellom 215 og 370 µg/l N.

Innholdet av reaktivt aluminium ble i snøsmeltingperioden målt til 249 µg/l Al og labilt aluminium til 84 µg/l Al. Resten av sesongen var de beregnede verdiene for labilt aluminium meget lavere.

6. Referanser

- Allan, J.D. 1976. Life history patterns in zooplankton. Amer. Natur. 110: 165-180.
- Biesinger, K. and G.M. Christensen. 1972. Effects of various metals on survival, growth, reproduction and metabolism of *Daphnia magna*. J. fish. Res. Bd. Canada 29: 1691-1700.
- Blomqvist, P., Bell, R.T., Olofsson, H., Stensdotter, U. og Vrede, K. 1993. Pelagic Ecosystem Responses to Nutrient Additions in Acidified and Limed Lakes in Sweden. Ambio 22 (5): 283-289.
- Bottrell, H.H., A. Duncan, Z.M. Gliwics, E. Grygierek, A. Herzig, A. Hillbricht-Ilkowska, H. Kurasawa, P. Larsson, and T. Weglenska. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. -Norw. J. Zool. 24: 419-456.
- Bratli, J.L., Andersen, J.R., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O., og Aanes, K.J. 1997. 1997. Statens forurensningstilsyn (SFT). Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning nr.97:04. 31 s.
- Brettum, P. 1984. Planteplankton, telling. I: Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi. K. Vennerød (red.). Norsk Limnologiforening. Universitetsforlaget, Oslo. 146-154.
- Brettum, P. 1989. Alger som indikator på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton. NIVA-rapport nr.2344. O-86116. 111 s.
- Brettum, P. 1996. Changes in the volume and composition of phytoplankton after experimental acidification of a humic lake. Environ. Intern. 22 (5): 619-628.
- Brettum, P., Faafeng, B. og Oredalen T.J. 1997. Virkninger av forurensning på biologisk mangfold: Vann og vassdrag i by og tettstedsnære områder. Biologisk mangfold av planteplankton - En kunnskapsstatus. NIVA-rapport nr.3770-97. P-966024. 73 s.
- Brettum, P., Berge, D., Løvik, J.E., Mjelde, M., Saltveit, S.J., Brabrand, Å. og Bremnes, T. 1999. Undersøkelse av vannkvalitet og økologiske forhold i Østmarka berørt av lekkasjene til Romeriksporten. NIVA-rapport nr. 4019-99. O-97234. 137 s.
- Dumont, H.J., I. Van de Velde and S. Dumont. 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. Oecologia, 19: 75-97.
- Hessen, D.O., B.A. Faafeng and T. Andersen. 1995 a. Competition and niche segregation between *Holopedium* and *Daphnia*; empirical light on abiotic key parameters. Hydrobiologia 307: 253-261.
- Hessen, D.O., B.A. Faafeng and T. Andersen. 1995 b. Replacement of herbivore zooplankton species along gradients of ecosystem productivity and fish predation pressure. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 733-742.

- Lien, L. 1998. Lutvannsbekken. En foreløpig vurdering av vannføring og vannkvalitet. NIVA-rapport nr.3968-98.11 s.
- Olrik, K., Blomqvist, P., Brettum, P., Cronberg, G. og Eloranta, P. 1998. Methods for Quantitative Assessment of Phytoplankton in Freshwaters, part I. Naturvårdsverkets rapport nr.4860. 86 s.
- Rott, E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. Schweiz. Z. Hydrol. 43. 34-62.
- Schartau, A.K.L., A.. Hobæk, B. Faafeng, G. Halvorsen, J.E. Løvik, T. Nøst, A.L. Solheim, og B. Walseng. 1997. Diversitet av dyreplankton og litorale krepsdyr – naturlige gradienter og effekter av forurensninger, fysiske inngrep og introduksjoner. NINA temahefte 14, NIVA-rapport, løpenr. 3768: 1-58.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. Mitt. int. Verein. Limnol. 9. 1-38.

7. Vedlegg

Tabell 1 Temperatur-, oksygen- og siktedypmålinger i Søndre Puttjern 1999

Dato	15.feb.		17.april		26.mai		21.juni		20.juli		23.aug.		20.sep.		12.okt.		
	Dyp i m	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l
0	0.3	0.9	9.2	8.8	9.0	10.8	9.3	13.1	9.3	17.8	9.3	14.3	10.5	13.0	8.8	7.1	9.4
1	0.8	0.9	9.9	8.2	8.9	10.7	9.1	12.9	9.1	17.5	9.3	14.3	10.3	13.0	8.7	7.0	9.0
2	2.3	3.1	6.2	4.4	5.7	8.9	7.5	11.4	9.1	14.1	9.1	14.2	9.6	13.0	8.5	7.0	8.6
3	4.0	3.6	5.2	4.0	4.9	4.7	5.8	7.9	6.8	10.1	6.8	13.1	7.0	12.9	8.4	7.0	8.6
4	4.2	4.1	4.8	2.6	4.6	3.5	4.1	6.0	4.7	7.3	4.7	8.7	4.6	10.9	4.9	7.0	8.4
5	4.5	4.2	4.8	2.6	4.6	2.0	5.1	5.1	1.9	5.8	1.5	6.8	1.5	7.9	3.0	8.3	7.0
6	4.0	4.7	4.8	2.0	4.6	1.0	4.8	4.8	0.9	5.0	0.8	5.9	1.0	6.8	1.0	6.6	6.9
7	2.0	4.8	4.9	1.2	4.7	0.9	4.6	4.6	0.8	4.8	0.5	5.1	1.0	5.5	0.7	5.6	1.0
8	1.0	4.9	4.9	1.0	4.8	0.9	4.5	4.5	0.7	4.8	0.4	5.0	0.7	5.1	0.6	5.2	0.7
9	0.8	5.0	5.0	0.8	4.8	0.8	4.6	4.6	0.6	4.7	0.4	4.9	0.6	5.0	0.5	5.0	0.7
10		5.1	0.8	0.8	4.9	0.8	4.6	4.6	0.6	4.5	0.4	4.9	0.5	4.9	0.5	4.9	0.6
Siktedyp i m					4.5		4.4		3.1		4.75		5.1		3.6		

Tabell 2 Temperatur-, oksygen- og siktedypmålinger i Nordre Puttjern 1999

Dato	15.feb.		17.april		26.mai		21.juni		20.juli		23.aug.		20.sep.		12.okt.		
	Dyp i m	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l
0	0.40	0.50	5.60	6.20	10.90	9.65	12.50	7.35	17.10	6.70	13.90	6.90	12.20	5.30	7.10	3.60	
1	1.00	1.00	4.50	5.80	7.50	6.65	10.20	3.80	14.80	2.10	13.30	6.50	12.10	3.80	6.90	3.40	
2	2.50	2.50	2.40	1.80	5.30	3.90	6.90	1.65	9.00	0.50	10.30	1.50	10.80	1.20	6.90	3.20	
3	4.00	4.10	1.10	1.00	4.70	0.70	5.30	1.10	5.90	0.40	6.90	1.30	8.30	1.00	6.80	3.20	
4	4.50	4.30	0.60	0.80	4.50	0.55	4.80	1.00	4.90	0.40	5.70	1.10	6.00	1.00	6.60	1.00	
5	4.90	5.00	0.40	0.80	4.80	0.45	4.80	0.90	4.80	0.40	5.30	1.10	5.40	1.00	5.70	0.90	
6	5.80	5.80	0.40	0.80	5.20	0.45	5.10	0.95	4.90	0.40	5.30	1.10	5.40	0.90	5.40	0.90	
7	5.90	6.00	0.40	0.60	5.70	0.45	5.50	0.95	5.20	0.40	5.50	1.00	5.50	0.90	5.50	0.80	
8					5.80	0.45	5.70	0.95	5.20	0.35	5.70	1.00	5.60	0.90	5.60	0.80	
9					5.90	0.40	5.60	0.85	5.20	0.35	5.80	1.00	5.70	0.90	5.70	0.80	
Siktedyp i m					4.10		2.10		2.05		1.60		1.30		1.50		

Tabell 4 (forts.) Kjemiske analyseresultater fra Nordre Puttjern

Dato	Dyp	Mn µg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	Klf a µg/l
15.feb.	0-3 m	136	2.19	4.91	0.86	0.37	3.1	14.3	
	2 m							14.8	
	4 m							17.2	
	7 m							32.0	
17.april	0-3 m	83	1.52	3.01	0.56	0.28	1.7	9.2	
	2 m							12.7	
	4 m							31.6	
	7 m							176.0	
26.mai	0-3 m	128	1.46	4.26	0.74	0.45	1.8	11.8	2.26
	2 m							9.7	
	4 m							32.0	
	7 m							280.0	
21.juni	0-3 m	132	1.40	3.78	0.67	0.46	2.0	10.4	7.38
	2 m							9.5	
	4 m							28.0	
	7 m							260.0	
20.juli	0-3 m	135	1.41	3.38	0.63	0.46	1.6	8.5	7.79
	2 m							10.2	
	4 m							26.8	
	7 m							280.0	
23.aug.	0-3 m	147	1.48	4.03	0.70	0.64	1.7	7.3	*36.70
	2 m							6.5	
	4 m							24.4	
	7 m							300.0	
20.sept.	0-3 m	177	1.48	3.88	0.70	0.72	1.7	6.4	*49.60
	2 m							6.1	
	4 m							22.5	
	7 m							290.0	
12.okt.	0-3 m	165	1.62	4.5	0.77	0.53	1.9	8.9	*23.80
	2 m							8.0	
	4 m							20.0	
	7 m							280.0	

* Klorofyllverdiene innbefatter også bakterieklorofyll

Tabell 5 Kvantitative planteplanktonanalyser fra Søndre Puttjern 1999

Tallene angir volum i mm³/m³ (=mg/m³ våtvekt).

År	1999	1999	1999	1999	1999	1999
Måned	5	6	7	8	9	10
Dag	26	21	20	23	20	12

Cyanophyceae (Blågrønnalger)

<i>Pseudanabaena constricta</i>	64.0	173.3	.	.	137.5	32.6
Sum - Blågrønnalger	64.0	173.3	0.0	0.0	137.5	32.6

Chlorophyceae (Grønnalger)

<i>Chlamydomonas</i> sp. (l=12)	2.2	.	.	.	.	.
<i>Chlamydomonas</i> sp. (l=8)	9.5	.	0.3	0.5	.	0.8
<i>Closterium kutzingii</i>	.	.	0.6	.	.	.
<i>Cosmarium ornatum</i>	.	.	4.0	.	.	.
<i>Monoraphidium dybowskii</i>	.	.	0.3	0.9	2.4	.
<i>Oocystis rhomboidea</i>	.	.	.	2.7	.	.
<i>Oocystis submarina</i> v. <i>variabilis</i>	.	.	11.7	4.8	3.0	1.6
<i>Paramastix conifera</i>	.	0.3	2.0	.	.	.
<i>Scourfieldia complanata</i>	.	0.5	.	0.6	.	0.6
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	.	.	2.9	7.7	0.6	.
Ubest.cocc.gr.alge (<i>Chlorella</i> sp.?)	.	3.2	.	16.6	2.0	3.2
Sum - Grønnalger	11.7	4.0	21.7	33.8	8.0	6.2

Chrysophyceae (Gullalger)

<i>Bitrichia chodatii</i>	.	1.4	2.3	0.3	0.3	0.3
<i>Chromulina</i> sp. (<i>Chr.pseudonebulosa</i> ?)	0.3	.	.	.	.	.
<i>Chrysolykos skujai</i>	.	0.3	0.6	0.1	.	.
<i>Craspedomonader</i>	3.7	17.5	0.1	.	0.8	2.3
Cyster av <i>Bitrichia chodatii</i>	1.7	.	.	.	.	.
Cyster av chrysophyceer	1.3	1.1	20.7	0.8	.	.
<i>Dinobryon bavaricum</i>	.	.	12.6	0.1	.	.
<i>Dinobryon crenulatum</i>	0.5	2.8	9.1	0.4	0.4	0.4
<i>Dinobryon divergens</i>	.	.	5.9	0.4	0.1	.
<i>Dinobryon korshikovii</i>	.	0.5	.	0.9	.	.
<i>Dinobryon sociale</i> v. <i>americanum</i>	1.7	8.8	13.0	.	.	.
<i>Dinobryon suecicum</i> v. <i>longispinum</i>	.	.	.	0.2	.	.
<i>Kephyrion boreale</i>	.	.	0.1	.	.	.
<i>Kephyrion</i> sp.	.	0.2	.	0.1	.	.
Løse celler <i>Dinobryon</i> spp.	.	2.3	.	.	.	.
<i>Mallomonas caudata</i>	.	.	.	2.1	.	4.0
<i>Mallomonas punctifera</i> (<i>M.reginae</i>)	.	.	.	.	1.4	.
<i>Mallomonas</i> spp.	.	12.6	7.6	17.6	0.2	.
<i>Ochromonas</i> sp. (d=3.5-4)	4.5	5.9	5.9	7.2	4.3	6.4
<i>Pseudokephyrion</i> sp.	.	.	.	.	0.1	.
<i>Pseudokephyrion taeniatum</i>	.	.	0.1	.	.	.
Små chrysomonader (<7)	15.8	37.9	7.9	11.2	7.2	11.9
Store chrysomonader (>7)	21.5	32.7	6.0	4.3	4.3	4.3
<i>Syncrypta</i> sp.	.	1.1	.	.	.	.
Ubest.chrysophyceae	.	.	.	.	.	0.8
<i>Uroglena</i> cf. <i>americana</i>	.	1.6	250.4	1.4	.	.
Sum - Gullalger	51.0	126.6	342.5	47.3	19.2	30.5

Tabell 5 Kvantitative planteplanktonanalyser fra Søndre Puttjern 1999

Tallene angir volum i mm³/m³ (=mg/m³ våtvekt).

År	1999	1999	1999	1999	1999	1999
Måned	5	6	7	8	9	10
Dag	26	21	20	23	20	12
Bacillariophyceae (Kiselalger)						
Eunotia sp.	0.1	.	.	.	.	.
Stenopterobia intermedia	.	.	.	0.5	.	.
Tabellaria flocculosa	.	.	0.6	.	.	1.0
Sum - Kiselalger	0.1	0.0	0.6	0.5	0.0	1.0
Cryptophyceae (Svelgflagellater)						
Cryptomonas erosa v.reflexa (Cr.refl.?)	.	.	.	.	1.2	0.7
Cryptomonas marssonii	.	.	.	0.3	4.6	1.2
Cryptomonas sp. (I=15-18)	11.1	97.8	1.6	1.3	57.2	89.0
Cryptomonas sp. (I=20-22)	1.1	3.1	.	.	2.2	.
Cryptomonas spp. (I=24-30)	.	3.0	7.8	6.6	20.5	5.0
Cyathomonas truncata	.	.	0.4	.	.	.
Katablepharis ovalis	.	10.6	10.3	5.8	1.9	.
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)	1.6	.	.	.	.	.
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)	.	.	.	.	1.7	1.7
Ubest.cryptomonade (I=6-8) Chro.acuta ?	0.7	2.4	3.1	5.7	4.1	2.6
Sum - Svelgflagellater	14.6	116.9	23.1	19.8	93.4	100.3
Dinophyceae (Fureflagellater)						
Amphidinium sp.	.	.	.	.	1.3	.
Gymnodinium cf.lacustre	4.8	9.5	3.0	.	3.2	2.1
Gymnodinium cf.uberrimum	.	.	.	4.4	18.0	10.2
Gymnodinium sp. (I=14-16)	6.0	3.3	.	.	.	.
Peridinium raciborskii (P.palustre)	.	27.0	18.0	535.5	117.0	.
Peridinium umbonatum (P.inconspicuum)	8.3	4.8	.	.	0.4	.
Ubest.dinoflagellat	3.0	4.8	1.6	1.2	.	0.5
Sum - Fureflagellater	22.0	49.4	22.6	541.1	139.9	12.9
Euglenophyceae (Øyealger)						
Euglena acus	0.3	3.6	7.8	10.8	14.7	2.1
Sum - Øyealger	0.3	3.6	7.8	10.8	14.7	2.1
Xanthophyceae (Gulgrønnaalger)						
Isthmochloron trispinatum	.	0.7	1.3	.	.	.
Sum - Gulgrønnaalger	0.0	0.7	1.3	0.0	0.0	0.0
My-alger						
My-alger	9.3	21.1	26.4	10.8	5.6	10.6
Sum - My-alge	9.3	21.1	26.4	10.8	5.6	10.6
Sum totalt :	173.0	495.6	446.1	664.1	418.4	196.1

Tabell 6 Kvantitative planteplanktonanalyser fra Nordre Puttjern 1999.

Tallene angir volum i mm³/m³ (=mg/m³ våtvekt).

År	1999	1999	1999	1999	1999	1999
Måned	5	6	7	8	9	10
Dag	26	21	20	23	20	12

Chlorophyceae (Grønnalger)

Chlamydomonas sp. (l=12)	15.9	66.8	4.8	22.3	.	.
Chlamydomonas sp. (l=8)	59.9	24.4	14.0	40.8	5.3	0.3
Chlorogonium minimum	0.5	.	.	.	.	.
Closterium acutum v.linea	.	0.2	1.0	.	.	.
Koliella sp.	1.5	1.6	17.0	1.2	0.3	0.2
Oocystis submarina v.variabilis	.	.	0.5	.	.	.
Paramastix conifera	0.9	10.6	.	.	1.1	.
Scourfieldia complanata	0.8	223.3	134.8	21.0	2.6	.
Sphaerellopsis sp.	.	.	.	.	20.4	.
Ubest.cocc.gr.alge (Chlorella sp.?)	2.7	.	0.8	.	.	.
Sum - Grønnalger	82.2	326.8	172.8	85.3	29.7	0.5

Chrysophyceae (Gullalger)

Bicosoeca sp.	.	.	.	.	.	2.7
Bitrichia chodatii	.	.	3.3	.	.	.
Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)	.	1.1	.	.	.	.
Chrysidiastrum catenatum	.	.	5.6	.	.	.
Chrysolykos skujai	2.2	.	.	.	.	.
Craspedomonader	8.0	1.1	4.9	3.0	4.5	7.8
Cyster av chrysophyceer	2.7	.	.	.	.	.
Desmarella moniliformis	.	.	.	.	.	4.1
Dinobryon bavaricum	.	.	3.2	.	7.6	.
Dinobryon crenulatum	.	17.5	9.1	0.4	.	.
Dinobryon cylindricum var.alpinum	.	0.1	.	.	.	.
Dinobryon divergens	.	.	.	.	2.0	.
Dinobryon korshikovii	.	.	4.6	.	.	.
Dinobryon sociale v.americanum	.	8.7	4.6	.	.	.
Mallomonas caudata	.	.	.	.	2.4	.
Mallomonas punctifera (M.reginae)	.	.	0.4	.	.	0.4
Mallomonas spp.	.	.	7.6	.	.	.
Ochromonas sp. (d=3,5-4)	19.2	1.7	9.9	4.7	3.2	5.7
Pseudokephyrion sp.	1.0	.	0.3	.	.	.
Små chrysomonader (<7)	63.0	121.2	29.1	12.1	14.0	14.8
Spiniferomonas sp.	.	0.9	11.1	.	0.9	.
Store chrysomonader (>7)	41.3	58.6	28.4	12.9	5.2	6.9
Synura sp. (l=9-11 b=8-9)	.	.	8.3	.	.	.
Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)	.	.	0.3	.	.	.
Uroglena cf.americana	.	.	48.4	1.4	24.5	1.0
Sum - Gullalger	137.3	210.8	179.3	34.5	64.3	43.4

Bacillariophyceae (Kiselalger)

Eunotia lunaris	0.2	0.5	0.1	.	.	0.6
Tabellaria flocculosa	1.2	4.2	10.8	0.4	0.4	.
Sum - Kiselalger	1.4	4.7	10.9	0.4	0.4	0.6

Tabell 6 Kvantitative planteplanktonanalyser fra Nordre Puttjern 1999.

Tallene angir volum i mm³/m³ (=mg/m³ våtvekt).

År	1999	1999	1999	1999	1999	1999
Måned	5	6	7	8	9	10
Dag	26	21	20	23	20	12
Cryptophyceae (Svelgflagellater)						
Cryptomonas marssonii	.	.	.	3.8	.	.
Cryptomonas sp. (I=15-18)	.	.	3.2	.	29.7	1.1
Cryptomonas sp. (I=20-22)	3.1	.	.	31.7	466.9	7.8
Cryptomonas spp. (I=24-30)	.	.	1.8	.	6.6	6.0
Cyathomonas truncata	.	.	.	.	.	0.1
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)	12.5	150.2	10.3	47.3	2.0	0.9
Sum - Svelgflagellater	15.6	150.2	15.3	82.8	505.1	15.8
Dinophyceae (Fureflagellater)						
Amphidinium sp.	.	2.7	.	.	.	.
Gymnodinium cf.lacustre	106.1	29.7	.	1.1	.	.
Gymnodinium sp.	.	0.9	0.6	.	.	.
Katodinium sp.	.	1.2	.	.	.	.
Peridinium raciborskii (P.palustre)	.	.	34.0	8.5	42.5	.
Peridinium umbonatum (P.inconspicuum)	6.3	3.0	17.0	51.5	213.4	1.8
Ubest.dinoflagellat	.	2.7	0.5	.	.	0.5
Sum - Fureflagellater	112.4	40.1	52.1	61.1	255.9	2.3
My-alger						
My-alger	13.7	9.4	15.5	15.5	17.6	5.7
Sum - My-alge	13.7	9.4	15.5	15.5	17.6	5.7
Sum totalt :	362.6	742.0	446.0	279.5	873.1	68.4

Tabell 7 Dyreplankton i Søndre Puttjern i 1999 gitt som mg tørrvekt pr. m³

	26. mai	21. jun	20. jul	23. aug	20. sep	12. okt
<u>HJULDYR (Rotifera)</u>						
Kellicottia longispina	0,50	2,80	4,60	9,00		
Conochilus spp.		4,80				
Polyarthra spp.				0,60		0,09
Keratella cochlearis		0,05	1,40	2,80	7,58	0,50
Keratella serrulata	0,02					
Keratella spp.			0,26	0,52	0,22	
Gastropus sp.			0,50	5,00	1,83	0,18
Filinia spp.		0,15		0,80	0,67	0,18
Collotheca spp.				0,20	0,17	
Lecane sp.	0,08					0,09
Rotifera ubest.					0,33	
Sum Rotifera	0,61	7,80	6,76	18,92	10,80	1,05
<u>HOPPEKREPS (Copepoda)</u>						
Eudiaptomus gracilis	23,77	11,69	54,05	16,27	3,58	14,36
Sum Calanoida	23,77	11,69	54,05	16,27	3,58	14,36
Cyclops scutifer	4,92		2,06			
Cyclopoida cop. + naup. ubest.	2,04	3,04	5,34	9,93	3,10	3,69
Sum Cyclopoida	6,96	3,04	7,40	9,93	3,10	3,69
<u>VANNLOPPER (Cladocera)</u>						
Holopedium gibberum					8,50	
Diaphanosoma brachyurum				0,70		
Daphnia sp.		0,06				
Ceriodaphnia quadrangula		2,80	14,88	13,68	12,60	1,53
Bosmina longispina		2,60	3,24			
Bosmina longirostris	1,28	0,50	1,80	3,96	1,50	
Polyphemus pediculus			0,20		0,30	
Chydoridae ubest.					0,20	
Sum Cladocera	1,28	5,96	20,12	18,34	23,10	1,53
Sum krepsdyrplankton	32,00	20,69	81,57	44,54	29,78	19,58
Sum dyreplankton	32,61	28,49	88,33	63,46	40,58	20,63

Tabell 8 Dyreplankton i Nordre Puttjern i 1999 gitt som mg tørrvekt pr. m³

	26. mai	21. jun	20. jul	23. aug	20. sep	12. okt
<u>HJULDYR (Rotifera)</u>						
Kellicottia longispina			0,50			
Conochilus spp.		0,86		0,75		
Polyarthra vulgaris		33,43	52,75	5,50	2,20	
Keratella cochlearis			1,63	44,75	79,40	1,40
Keratella spp.		0,37				4,30
Synchaeta sp.					17,40	0,30
Asplanchna priodonta		0,43	30,00	15,00		
Rotifera ubest.					0,10	
Sum Rotifera	0,00	35,09	84,88	66,00	99,10	6,00
<u>HOPPEKREPS (Copepoda)</u>						
Diaptomidae ubest.	0,05				0,35	3,31
Sum Calanoida	0,05	0,00	0,00	0,00	0,35	3,31
Cyclopoida cop. + naup. ubest.	2,75	6,97	0,21	1,19	1,34	0,95
Sum Cyclopoida	2,75	6,97	0,21	1,19	1,34	0,95
<u>VANNLOPPER (Cladocera)</u>						
Bosmina longirostris		0,14	1,02	12,42	0,56	0,12
Chydoridae ubest.		0,09				
Sum Cladocera	0,00	0,23	1,02	12,98	0,56	0,12
Sum krepdyrplankton	2,80	7,20	1,23	14,18	2,25	4,38
Sum dyreplankton	2,80	42,29	86,11	80,18	101,35	10,38

Tabell 9 Kjemiske analyseresultater for Putjernesbekken P1 i 1999

Parameter Dato	pH	Kond. mS/m	Alkalitet mmol/l	Turbiditet FTU	Farge mg/l Pt	Totalfosfor µg/l P	Totalnitrogen µg/l N	TOC mg/l C	Al/R µg/l	Al/lab µg/l	Al/lab µg/l
15.jan.	5.74	7.80	0.091	0.64	76.0	5	455	9.6	374	311	63
16.feb.	6.06	8.25	0.112	0.82	64.7	6	450	8.0	247	199	48
15.mars	6.12	7.57	0.127	0.69	74.1	8	465	8.2	186	156	30
15.april	5.27	3.26	0.040	0.40	55.9	17	345	7.4	186	156	30
18.mai	5.51	3.65	0.042	0.47	63.9	6	320	7.6	200	155	45
15.juni	5.53	3.79	0.049	0.32	101.0	7	350	11.3	204	184	20
13.juli	6.28	4.78	0.106	0.55	103.0	12	465	11.7	178	162	16
12.aug.	6.72	5.89	0.412	1.40	285.0	54	1320	26.2	266	232	34
13.sep.	6.59	6.07	0.373	2.90	165.0	46	1270	19.0	154	131	23
13.okt.	5.77	5.15	0.064	0.37	98.2	8	435	11.4	185	162	20

Tabell 10 Kjemiske analyseresultater for Munkebekken M1 i 1999

Parameter Dato	pH	Kond. mS/m	Alkalitet mmol/l	Turbiditet FTU	Farge mg/l Pt	Totalfosfor µg/l P	Totalnitrogen µg/l N	TOC mg/l C	Al/R µg/l	Al/lab µg/l	Al/lab µg/l
15.jan.	7.04	8.64	0.356	1.70	23.2	3	570	4.8	81	56	25
16.feb.	7.05	11.20	0.532	1.90	20.5	4	495	4.2	68	35	33
15.mars	7.15	12.40	0.646	2.40	15.4	3	515	3.2	43	17	26
15.april	6.57	4.27	0.162	2.00	44.4	8	420	6.1	156	137	19
18.mai	6.68	4.74	0.174	2.50	47.3	16	400	6.2	117	105	12
15.juni	6.69	4.78	0.188	1.40	69.1	8	370	8.5	126	117	9
13.juli	7.38	13.30	0.855	1.10	36.7	7	510	5.7	51	28	23
12.aug.	7.54	66.60	5.956	15.00	23.4	8	1110	6.6	87	19	68
13.sep.	7.74	69.20	6.000	3.20	20.1	6	650	6.7	59	8	51
13.okt.	7.17	10.30	0.581	0.93	44.4	6	385	7.2	78	57	21

Tabell 11 Kjemiske analyseresultater for Lutvannsbekken L1 i 1999

Parameter Dato	pH	Kond. mS/m	Alkalitet mmol/l	Turbiditet FTU	Farge mg/l Pt	Totalfosfor µg/l P	Totalnitrogen µg/l N	TOC mg/l C	AIR µg/l	A/l/lab µg/l	A/l/lab µg/l
15.jan.	6.91	5.35	0.208	0.25	24.4	3	280	4.1	77	65	12
16.feb.	7.09	6.25	0.263	0.25	14.4	3	275	2.7	46	28	18
15.mars	7.02	6.12	0.249	0.35	17.5	4	295	3.0	51	35	16
15.april	6.12	2.81	0.068	0.93	36.1	5	240	5.3	183	166	17
18.mai	6.82	4.40	0.157	0.49	30.5	4	270	4.3	75	64	11
15.juni	7.05	4.43	0.167	0.39	30.9	5	255	4.6	59	51	8
13.juli	7.19	5.94	0.250	0.31	17.2	7	265	2.3	25	16	9
12.aug.	7.24	6.12	0.250	0.44	10.8	6	245	1.9	16	12	4
13.sep.	7.43	8.04	0.454	0.66	14.7	5	280	2.4	14	8	6
13.okt.	7.11	5.20	0.234	0.41	34.5	5	275	4.9	52	42	10

Tabell 12 Kjemiske analyseresultater for Lutvannsbekken L0 i 1999

Parameter Dato	pH	Kond. mS/m	Alkalitet mmol/l	Turbiditet FTU	Farge mg/l Pt	Totalfosfor µg/l P	Totalnitrogen µg/l N	TOC mg/l C	Al/R µg/l	Al/lab µg/l	Al/lab µg/l
15.april	6.89	6.75	0.291	0.51	5.57	3	260	1.7	24	9	15
18.mai	6.84	6.10	0.245	0.25	5.02	3	250	1.4	14	6	8
15.juni	7.40	6.19	0.264	0.33	4.44	5	255	1.8	18	6	12
13.juli	7.11	5.91	0.238	0.25	5.60	6	265	1.9	17	6	11
12.aug.	7.16	6.02	0.238	0.42	4.05	4	200	1.7	21	10	11
13.sep.	7.19	7.46	0.324	0.61	6.56	4	215	2.0	12	6	6
13.okt.	6.96	6.79	0.317	0.56	10.20	5	225	2.2	16	8	8

Tabell 13 Kjemiske analyseresultater for Krokjernsbekken Kr1 i 1999

Parameter Dato	pH	Kond. mS/m	Alkalitet mmol/l	Turbiditet FTU	Farge mg/l Pt	Totalfosfor µg/l P	Totalnitrogen µg/l N	TOC mg/l C	A/R µg/l	Al/lab µg/l	Al/lab µg/l
15.april	5.19	2.43	0.033	0.26	34.2	4	215	5.2	249	165	84
18.mai	6.44	2.96	0.080	0.43	42.7	4	285	6.1	137	124	13
15.juni	6.48	2.89	0.080	0.22	37.6	4	245	6.1	109	86	23
13.juli	6.69	3.50	0.135	0.28	20.3	6	370	4.4	61	52	9
12.aug.	Tørrlagt										
13.sep.	Tørrlagt										
13.okt.	6.64	3.25	0.092	0.25	29.1	3	240	5.3	81	74	7