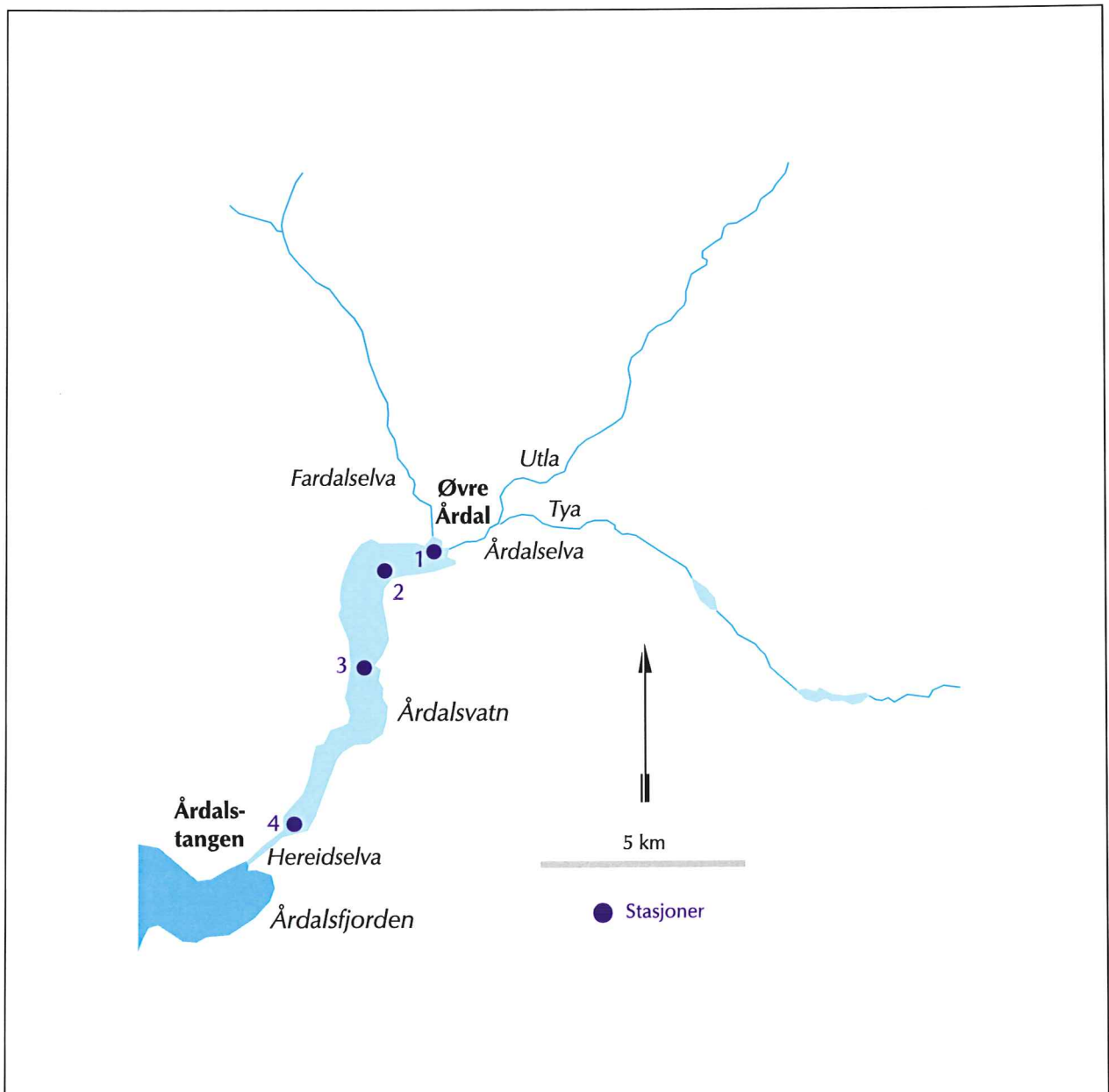


Undersøkelser i Årdalsvatn 1999



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 Undersøkelser i Årdalsvatn 1999.	Løpenr. (for bestilling) 4155-99	Dato 30. desember 1999
	Prosjektnr. Udemnr. O-99113	Sider Pris 35 (inkl. vedlegg)
Forfatter(e) Pål Brettum	Fagområde Vassdrag	Distribusjon
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Årdal kommune, Kommunaltekniske tenester	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag

Det ble i 1999, som flere ganger i løpet av 90-årene, foretatt kontrollundersøkelser av vannkvaliteten i Årdalsvatn. Bakgrunnen for undersøkelsene i 1999 var at kommunen skulle endre utslippsdypet for renseanlegget i Farnes, Øvre Årdal, fra 30 m dyp til 5-6 m dyp. Av den grunn ble det samlet inn prøver for fysisk-kjemiske analyser også fra 30 m dyp i tillegg til blandprøver fra 0-10 m dyp som tidligere. Analyseresultatene av de fysisk-kjemiske parametre viste jevnt over ingen vesentlige endringer fra tidligere undersøkelser. Mye av variasjonene en registrerer i Årdalsvatn skyldes variasjoner i vannføringen. Innholdet av næringssaltene fosfor og nitrogen var også omtrent som tidligere, men i 30 m dyp på stasjon 1 i september var verdien for totalfosfor så høy som 14 µg/l P. Også innholdet av ortofosfat var litt høyere i 30 m dyp enn i blandprøvene fra 0-10 m dyp. Planteplankton sammensetningen var omtrent som tidligere år. Algemengden var litt mindre. Innholdet av tilgjengelig fosfor er ofte begrensende faktor for algevekst i norske innsjølokalteter. Det er derfor en mulighet for at endring av utslippsdyp for avløp fra renseanlegget fra 30 m dyp til 5-6 m dyp vil øke innholdet av fosfat i lyslagene (eufotiske sone) av vannmassene, og dermed føre til noe økt vekst av planteplankton. De bakteriologiske analysene viste at innholdet av termotolerante koliforme bakterier var betydelig høyere i 30 m dyp enn i blandprøvene fra 0-10 m dyp på alle stasjonene i 1999.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Resipientundersøkelser 1999 Årdalsvatn Vannkjemi og planteplankton Bakteriologi 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Recipient surveillance 1999 Lake Årdalsvatn Water chemistry and Phytoplankton Bacteriology
---	--


Pål Brettum
Prosjektleder


Anne Lyche Solheim
Forskningsleder


Nils Roar Sælthun
Forskningsjef

O-99113

Undersøkelser i Årdalsvatn 1999

Forord

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har på oppdrag fra Årdal kommune foretatt en undersøkelse av variasjonene i vannkvaliteten i Årdalsvatn 1999.

All innsamling av prøver og målinger i felten av siktedyp og temperatur er utført av personell knyttet til Kommunaltekniske tjenester i Årdal Kommune.

Programmet for undersøkelsene i 1999 har fulgt tilsvarende undersøkelsesprogram for 1997, men i 1999 ble prøver fra 30 m dyp samlet inn i tillegg. Tre prøvetakingsserier ble gjennomført; 28. juni, 30. august og 27. september 1999.

De fysisk-kjemiske analysene er utført ved NIVAs analyselaboratorium. Planteplanktonanalysene er foretatt av Pål Brettum, som også har utformet og står ansvarlig for denne rapporten.

De bakteriologiske analysene er utført ved Næringsmiddeltilsynet for Sogn i Sogndal, som tidligere.

Oslo, 30. desember 1999

Pål Brettum

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
1.1. Bakgrunn for undersøkelsen	6
1.2. Målsetting og undersøkelsesprogram	6
2. Resultater og diskusjon	8
2.1. Nedbørforholdene	8
2.2. Lufttemperaturen	8
2.3. Vannføring	8
2.4. Fysisk-kjemiske forhold	10
2.4.1. Temperatur og siktedyp	10
2.4.2. Surhetsgrad, konduktivitet, turbiditet og farge	12
2.4.3. Nærings saltene fosfor og nitrogen	17
2.4.4. Totalt organisk karbon (TOC)	21
2.5. Planteplankton	21
2.6. Bakteriologiske forhold	23
3. Referanser	26
4. Vedlegg	27

Sammendrag

Flere undersøkelser av vannkvaliteten i Årdalsvatn er gjennomført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i 90-årene. Bakgrunnen for undersøkelsene i 1999 er at Årdal kommune skulle endre utslippsdypet for avløp fra renseanlegget ved Farnes i Øvre Årdal fra 30 m dyp, slik det er idag, til 5-6 m dyp i år 2000. I den forbindelse ville kommunen ha en undersøkelse av vannkvaliteten før og etter en slik endring. Undersøkellesprogrammet for 1999 har vært i omfang omtrent som tidligere år, men fordi en her tenkte å endre utslippsdypet, ble både blandprøver fra 0-10 m dyp og prøver fra 30 m dyp samlet inn og analysert på kjemiske parametre.

Analyseresultatene viste ikke vesentlige endringer fra tidligere undersøkelser. Mye av de variasjonene en registrerer i Årdalsvatn skyldes variasjoner i vannføringen. I 1999 var det en jevn og relativt lav vannføring store deler av sommeren. Vanntemperaturen var lav og tilførselen av breslam mindre enn enkelte år tidligere. Dette ga stort siktedyp det meste av sommeren. Høy lufttemperatur og økt avsmelting i september ga økte tilførsler og redusert siktedyp da.

Innholdet av næringssaltene fosfor og nitrogen var omtrent som tidligere år, men i september var innholdet av totalfosfor i 30 m dyp 14 µg/l P på stasjon 1. Også innholdet av ortofosfat var litt høyere i 30 m enn i blandprøven fra 0-10 m dyp.

Analysene av planteplanktonet i 1999 viste samme variasjonene i sammensetning som tidligere, men noe mindre algevolum.

Innholdet av tilgjengelig fosfor er ofte begrensende faktor for algevekst i norske innsjølokalteter. En endring av utslippsdyp for avløp fra renseanlegget fra 30 m dyp til 5-6 m dyp vil kunne øke innholdet av fosfat i lyslagene av vannmassene, og dermed føre til noe økt vekst av planteplankton. I dag slippes avløpsvannet ut godt under den eufotiske sone, det vil si dypere enn de vannlag der det er nok lys for algevekst.

De bakteriologiske analysene viser at innholdet av termotolerante koliforme bakterier var betydelig høyere i 30 m dyp enn i blandprøvene på alle stasjonene i 1999. Maksimum ble registrert i 30 m dyp på stasjon 1 med 3700 pr.100 ml. Dette gir samme konklusjon som tidligere år at renseanlegget på Farnes i Øvre Årdal, med de rens tiltak som idag er installert, ikke renser avløpsvannet tilfredstillende. Selv i sørenden av Årdalsvatn er innholdet av termotolerante koliforme bakterier ikke blitt mindre enn tidligere.

1. Innledning

1.1. Bakgrunn for undersøkelsen

Tidligere har Norsk institutt for vannforskning (NIVA) gjennomført flere undersøkelser av vannkvaliteten i Årdalsvatn. De første spredte undersøkelsene ble utført i 1969-70 (Kristiansen 1971, Grande 1971). I 1983-84 (Lingsten og medarb. 1986) ble en mer omfattende undersøkelse gjennomført både av Årdalsvatnet, tilløpselvene og utløpselven. I 90-årene er det gjennomført undersøkelser, for det meste som kontrollundersøkelser, i 1990, 1992, 1994 og 1997 (Brettum 1990, 1992, 1995 og 1997), for å overvåke effekten av utslipp fra renseanlegget ved Farnes i Øvre Årdal og tilførsler forøvrig på vannkvaliteten i Årdalsvatnet. Undersøkelsene i 1999 har sin bakgrunn i at kommunen skulle endre utslippsdypet for renseanlegget fra 30 m dyp, som det er idag, til 5-6 m dyp i år 2000.

1.2. Målsetting og undersøkelsesprogram

Undersøkelsesprogrammet for 1999 og 2000 er i omfang omtrent som tidligere års kontrollprogram, men fordi en her tenker å endre utslippsdypet, ble prøver samlet inn både som blandprøver i dypet 0-10 m, og fra 30 m dyp, slik det også er gjort enkelte år tidligere (Brettum 1990, 1992). For å få et litt bredere grunnlag å vurdere på, ble det analysert på de samme kjemiske parametre i blandprøvene fra 0-10 m og prøvene fra 30 m dyp.

Prøver ble samlet inn 28. juni, 30. august og 27. september 1999 fra de samme fire prøvetakingsstasjonene som tidligere (se kartskissen fig. 1). Prøvene omfattet kvantitative planteplanktonprøver ved siden av prøver for fysisk-kjemiske analyser og bakteriologiske analyser. Planteplanktonprøvene ble samlet inn som blandprøver i vannsjiktet 0-10 m dyp på hver stasjon. Bakteriologiske prøver ble samlet inn som tidligere fra 6 m og 30 m dyp. I tillegg til innsamlinger av disse prøvene ble det på hver stasjon målt siktedyp og vanntemperatur i ulike dyp.

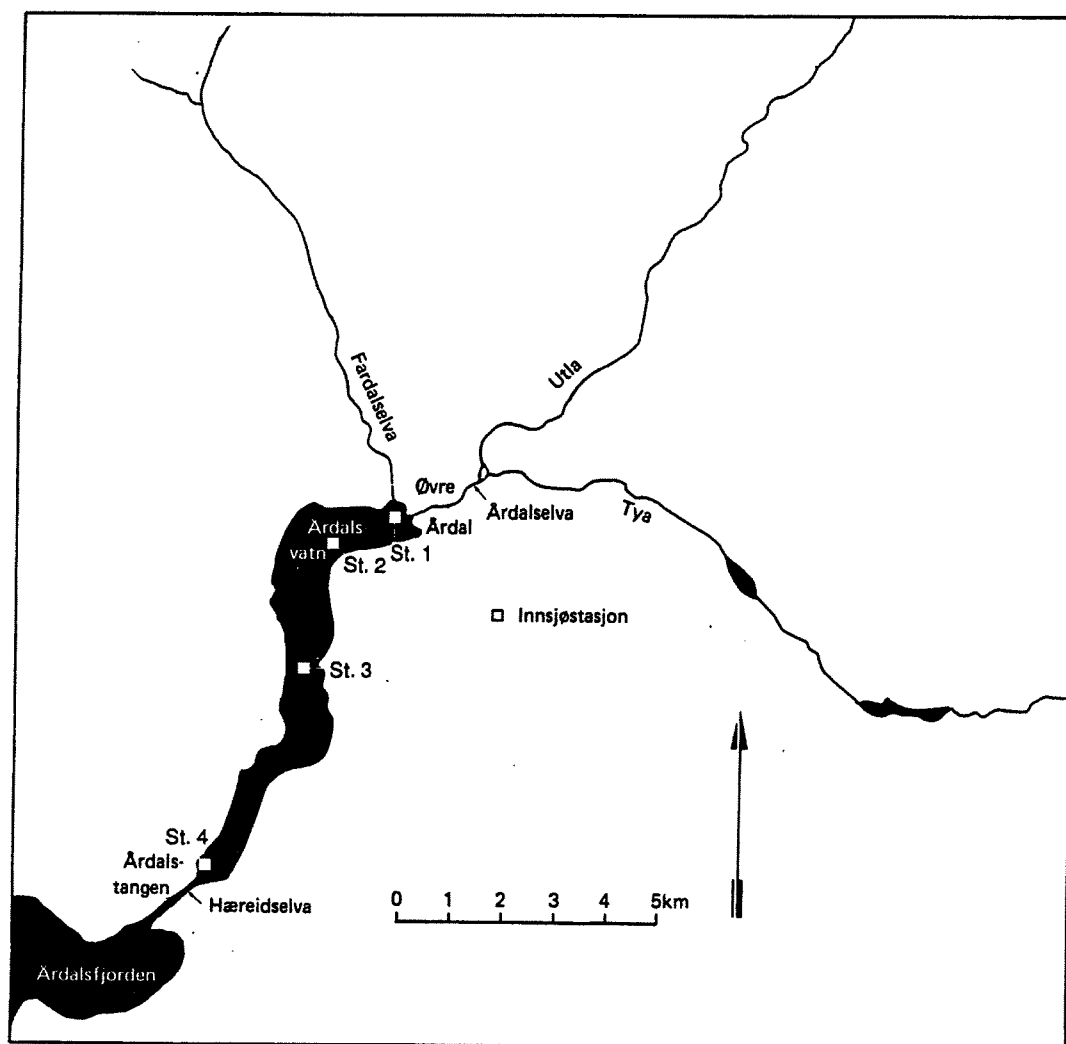


Fig. 1 Prøvetakingsstasjoner i Årdalsvatn 1999.

2. Resultater og diskusjon

2.1. Nedbørforholdene

Øvre Årdal er ikke helt representativ for nedbørforholdene i hele nedbørfeltet for Årdalsvatnet. Indre fjordstrøk vil ofte ligge delvis i regnskyggen, og nedbøren er derfor mindre på årsbasis enn f.eks i deler av fjellområdene. Årsnedbør i Øvre Årdal på 600-700 mm er lite sammenlignet med målestasjoner i fjellheimen som registrerer opp til 1500 mm.

En må likevel anta at de relative variasjonene fra måned til måned i store trekk vil være forholdsvis like. I figur 2 er satt opp månedssum for nedbør i sommerperioden i Øvre Årdal i 1997 og 1999. Mens det i 1997 var omtrent det dobbelte av normal nedbørmengde i juni, var denne mindre i 1999, men fremdeles betydelig høyere enn normalt. I juli var det nær normal nedbørmengde i 1999, men det i august kom usedvanlig lite nedbør, bare omkring 12 % av det normale. I 1997 var nedbøren i august godt over det normale. Også i september kom det nedbør under det normale i 1999. Som helhet for sesongen kan en si at nedbøren i 1999 var noe over det normale på våren og forsommeren, mens den var betydelig under det normale på ettersommeren og første del av høsten.

2.2. Lufttemperaturen

Da Meteorologisk Institutt (DNMI) ikke har noen målestasjon for lufttemperatur i Øvre Årdal, må en benytte resultatene fra Lærdal, som er nærmeste meteorologiske målestasjon som registrerer variasjoner i temperaturen.

Figur 2 viser at det gjennomgående var lavere lufttemperatur på denne målestasjonen store deler av sommersesongen juni-august i 1999 enn i 1997, men at begynnelsen av høsten (september) var betydelig varmere. I september ble det målt døgnmiddelverdier på målestasjonen på over 20 °C.

2.3. Vannføring

I figur 2 er også sammenstilt vannføringsdata for Utlei i Øvre Årdal i sommerperioden juni-september 1997 og 1999.

Vannføringen viser at maksimum vannføring i 1999 ble registrert i månedsskiftet juni/juli med mer enn 300 m³/s. Maksimum i 1997 kom omtrent på samme tiden, men var da noe mindre, omkring 200 m³/s. I juli 1999 lå vannføringen over tilsvarende målinger fra 1997, noe som passer med mer nedbør, mens

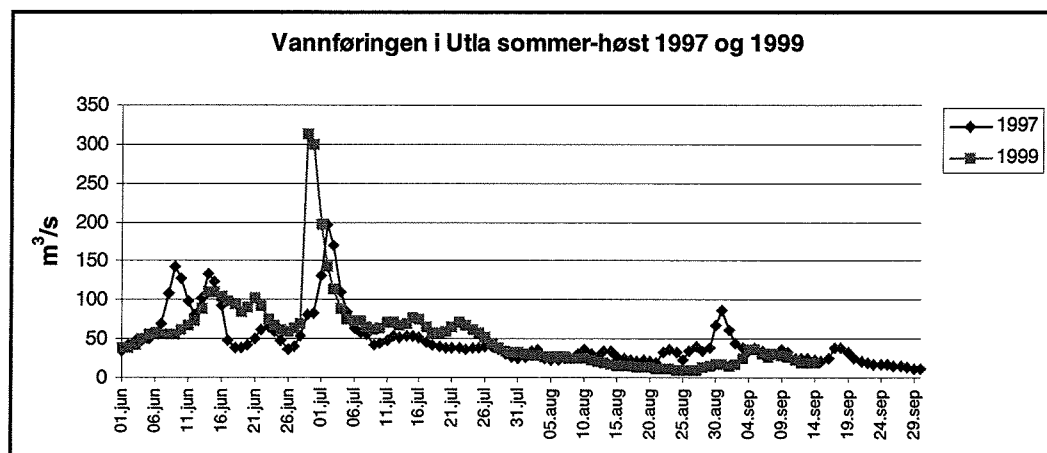
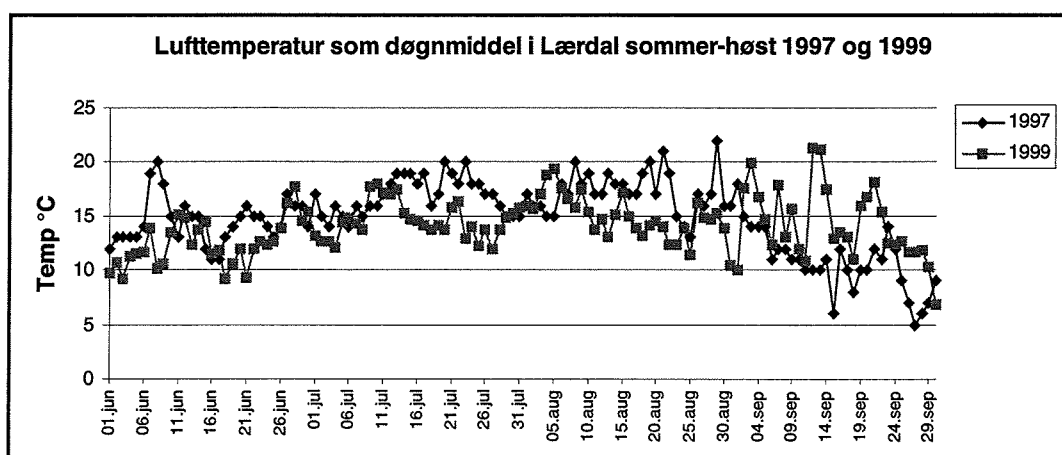
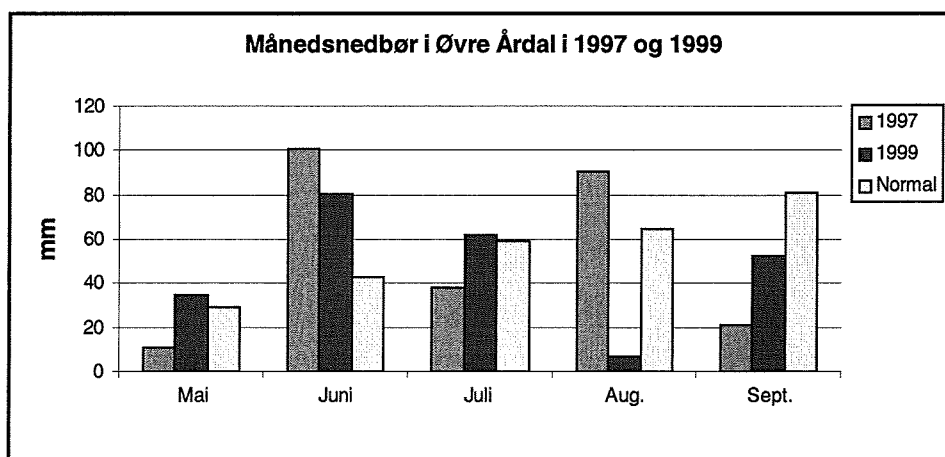


Fig. 2 Variasjoner i månedssum nedbør (Øvre Årdal), døgnmiddel lufttemperatur (Lærdal) og vannføringen i Utla (Øvre Årdal) i 1997 og 1999.

den var mindre i august, da nedbøren var svært liten. Den usedvanlige høye temperaturen i første del av september må være årsaken til økning av vannføringen igjen da. I denne perioden var nedbøren forholdsvis liten. Ufla fører i stor grad vann som har drenert fra breområder og faste snøleier, og i perioder med lite nedbør vil mye av vannet i elven være smeltevann fra slike områder i høysommer/ tidlig høst-perioden.

2.4. Fysisk-kjemiske forhold

Analyseresultatene for de fysisk-kjemiske parametrene på de fire prøvetakingsstasjonene i 1999 er gitt i figurene 3-10 og tabellene 2-5 i vedlegget. Der er også tabellene med temperaturmålingene samlet (tabell 1).

Analysemetodikken for pH, konduktivitet, turbiditet og farge følger Norsk Standard (NS). Til analyse av næringssaltene (totalfosfor, ortofosfat, totalnitrogen og nitrat) er benyttet en automatisert versjon av Norsk Standard. Analysene av TOC (totalt organisk karbon) er utført gjennom oksydasjon ved UV-belysning og peroksoedisulfat.

2.4.1. Temperatur og siktedyp

I tabell 1 i vedlegget er temperaturmålingene sammenstilt. Målingene viser at det var relativt god sirkulering av vannmassene det meste av året i de øverste 30 m. Selv midt på sommeren ble det ikke noen termisk sjikning av vannmassene. Det ble på måletidspunktene i 1999 ikke registrert høyere temperaturer i vannet enn 12.0-12.5 °C i overflaten. På den annen side var temperaturen høyere i slutten av september 1999 enn i 1997. Temperaturen i overflatelagene holdt seg relativt sett høy lenger utover ettersommeren og høsten.

Siktedypet (fig. 3) var ganske stort på forsommeren og sommeren 1999 med 8-9 m. Dette viser at det på disse tidene av sesongen var lite partikler i vannet, spesielt lite breslampartikler. Prøvetakingen i juni ble tatt i det vannføringen var på vei mot maksimum, men vannet var mest nedbør og i mindre grad smeltevann da lufttemperaturen var lav i perioden før. I september sank siktedypet til 4.0-4.7 m på de fire stasjonene. På denne tiden hadde det vært relativt lite nedbør men høye lufttemperaturer (se fig. 2), og større tilførsler av smeltevann med finfordelte partikler fra bre- og snøleieområder. Dette finfordelte brepartikkelmaterialet påvirker siktedypet over hele sjøen da det kan føres med vannmassene forholdsvis langt vekk fra innløpet. Innholdet av planktoniske alger (se senere) og humusstoffer er så lite at det ikke har noen innflytelse på siktedypet.

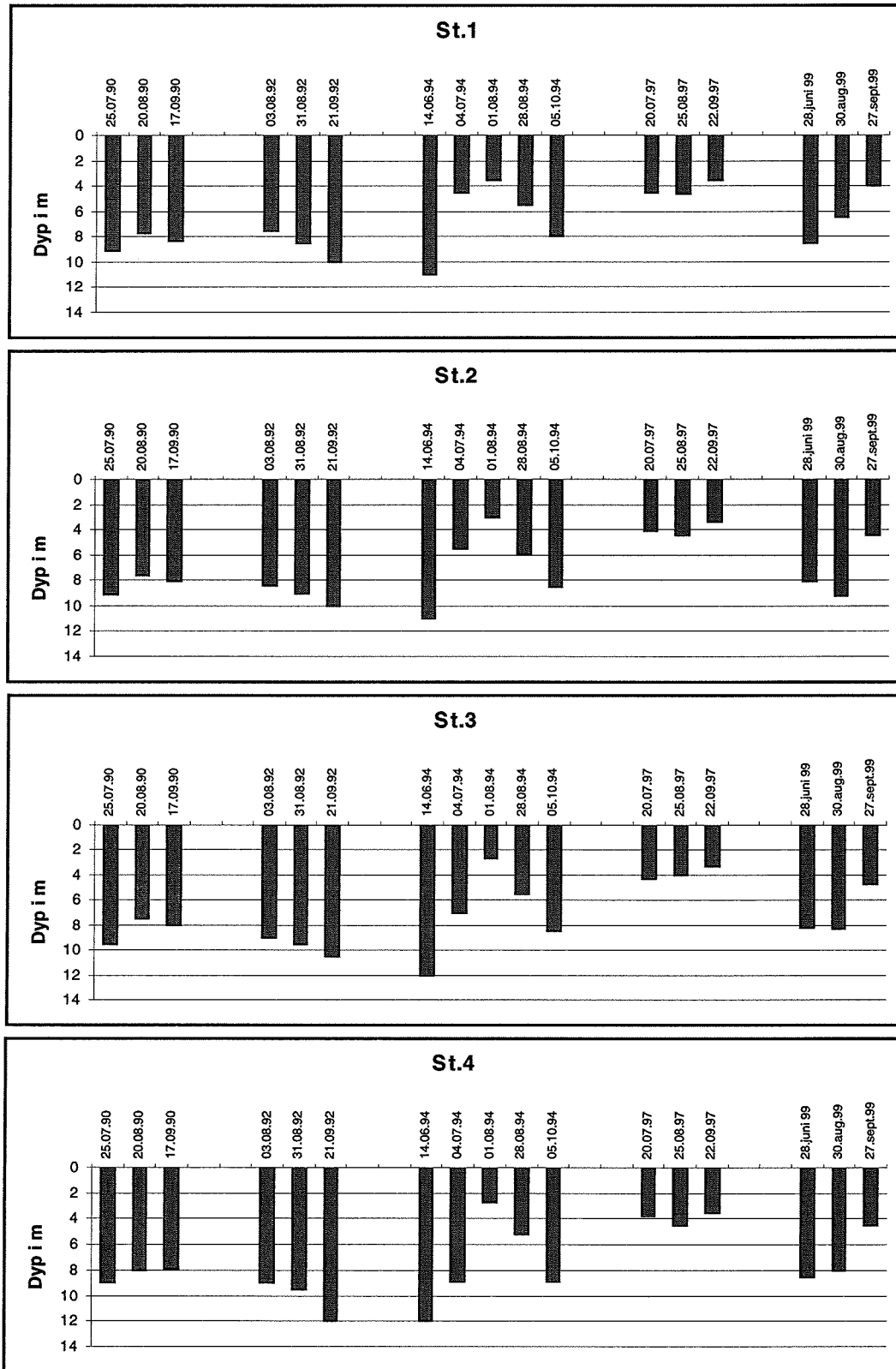


Fig. 3 Variasjoner i siktedyp på stasjoner i Årdalsvatn 1990-1999

2.4.2. Surhetsgrad, konduktivitet, turbiditet og farge

Analyseresultatene av disse parametrene er vist i tabellene 2-5 (vedlegg), og variasjonene i de enkelte parametrene for de fire stasjonene i 1990, 92, 94, 97 og 99 er fremstilt i figurene 4-7.

Som figur 4 viser varierte pH (surhetsgraden) i Årdalsvatn svært lite på all stasjonene i 1999 i blandprøvene fra 0-10 m dyp. Verdiene lå mellom 6.24 og 6.34. På stasjon 1 var pH tilnærmet lik i blandprøvene og prøvene fra 30 m dyp på all tre prøvetakingstidspunktene. På de andre stasjonene var det heller ikke store forskjellen i pH i blandprøvene og prøvene fra 30 m dyp, selv om det på stasjon 4 var en noe lavere pH i 30 m enn i blandprøven 30.august. Verdiene lå, som figur 4 viser, omtrent midt i variasjonsintervallet for målingene fra tidligere år, da variasjonene enkelte år var noe større.

Konduktiviteten (ledningsevnen) er et mål for mengden av oppløste salter i vannmassene. I 1999 varierte også denne parameteren lite gjennom sesongen. Verdiene lå mellom 0.8 og 1.1 mS/m. Konduktivitet i Årdalsvatnet som helhet er lav, noe som viser et lite innhold av oppløste salter. Av figur 5 ser en at verdiene for konduktivitet var praktisk talt lik i blandprøvene og i prøven fra 30 m dyp på all tidspunktene, og verdiene på de enkelte stasjonene var tilnærmet identisk for denne parameter ved hvert prøvetakingstidspunkt. Dette viser godt blandete vannmasser gjennom hele innsjøen, i det minste i de øvre 30 m.

I vannmasser som er så direkte påvirket av avrenningsvann fra nærområdene tidlig på sesongen og fra høyfjellsområdene senere i sesongen, og hvor vannføringen vanligvis varierer en del i løpet av sommersesongen, vil en få variasjoner i verdiene. I prøvetakingsperioden 1999 var imidlertid variasjonene svært små fra stasjon til stasjon for de fysisk-kjemiske parametrene, som følge av at vannføringen i elvene var relativt jevn i perioden, som det fremgår av figur 2.

Vannets innhold av partikler (turbiditet) varierer vanligvis sterkt i Årdalsvatn som en direkte følge av tilført smeltevann fra høyfjellsområdene. Størst er partikkelinnholdet i juli-august når avsmeltingen i høyfjellet er kraftigst. Da øker også innholdet av breslam. I 1999 var det mindre tilførsler av breslam i juli-august enn tidligere, og mest tilførsler registrerte en i september. Dette førte til svært nedsatt siktedyp i vannet i september (se tidligere).

Verdiene for turbiditet økte jevnt fra prøvetaking til prøvetaking i 1999. I juni varierte det omkring 0.4-0.7 FTU på de fire stasjonene, i august omkring 0.7-1.0 FTU og i september omkring 1.2-1.4 FTU. Dette viser små variasjoner i verdiene for de fire stasjonene ved hver prøvetaking. Også for

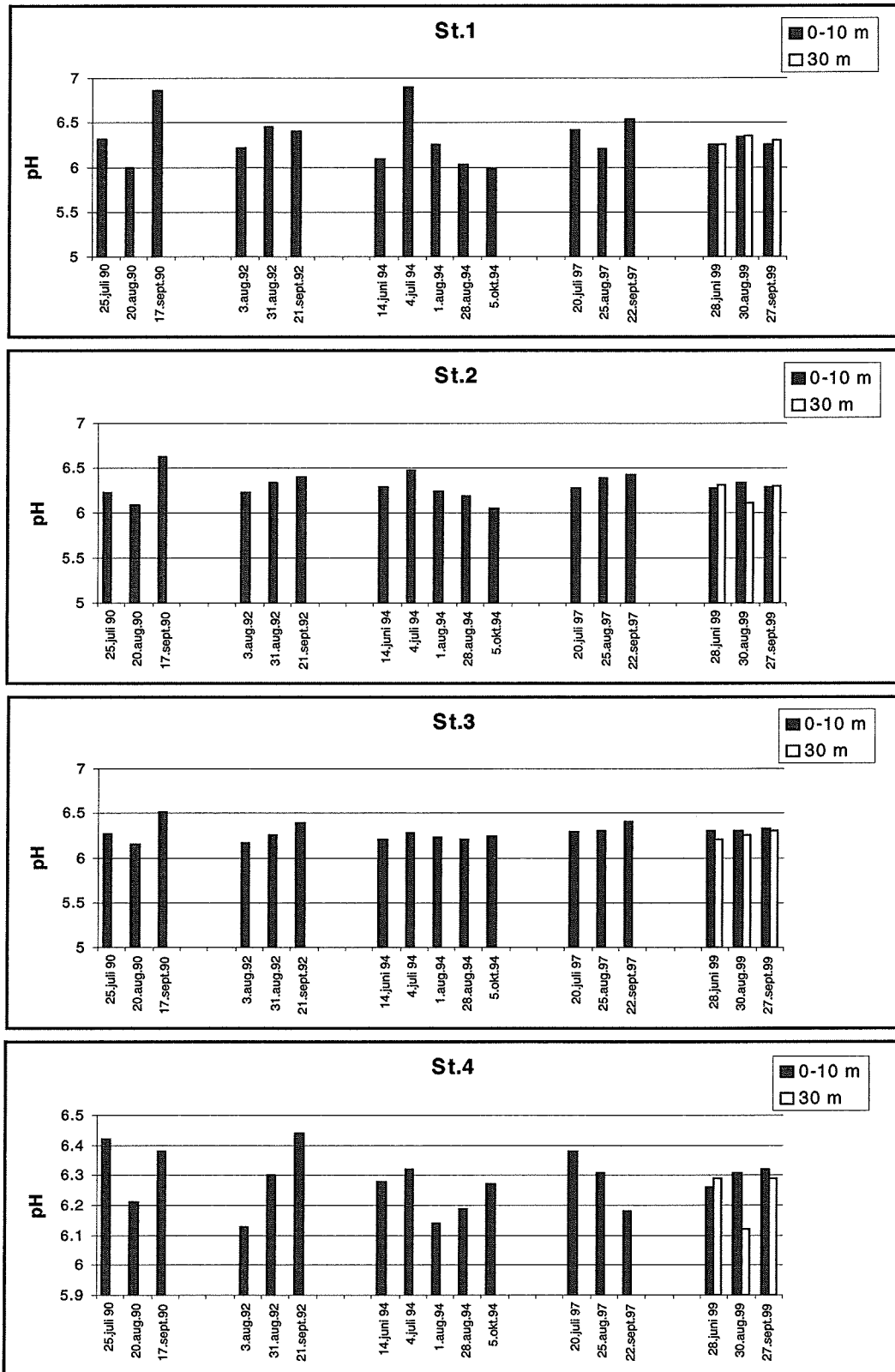


Fig. 4 Variasjoner i pH på stasjoner i Årdalsvatn 1990-1999

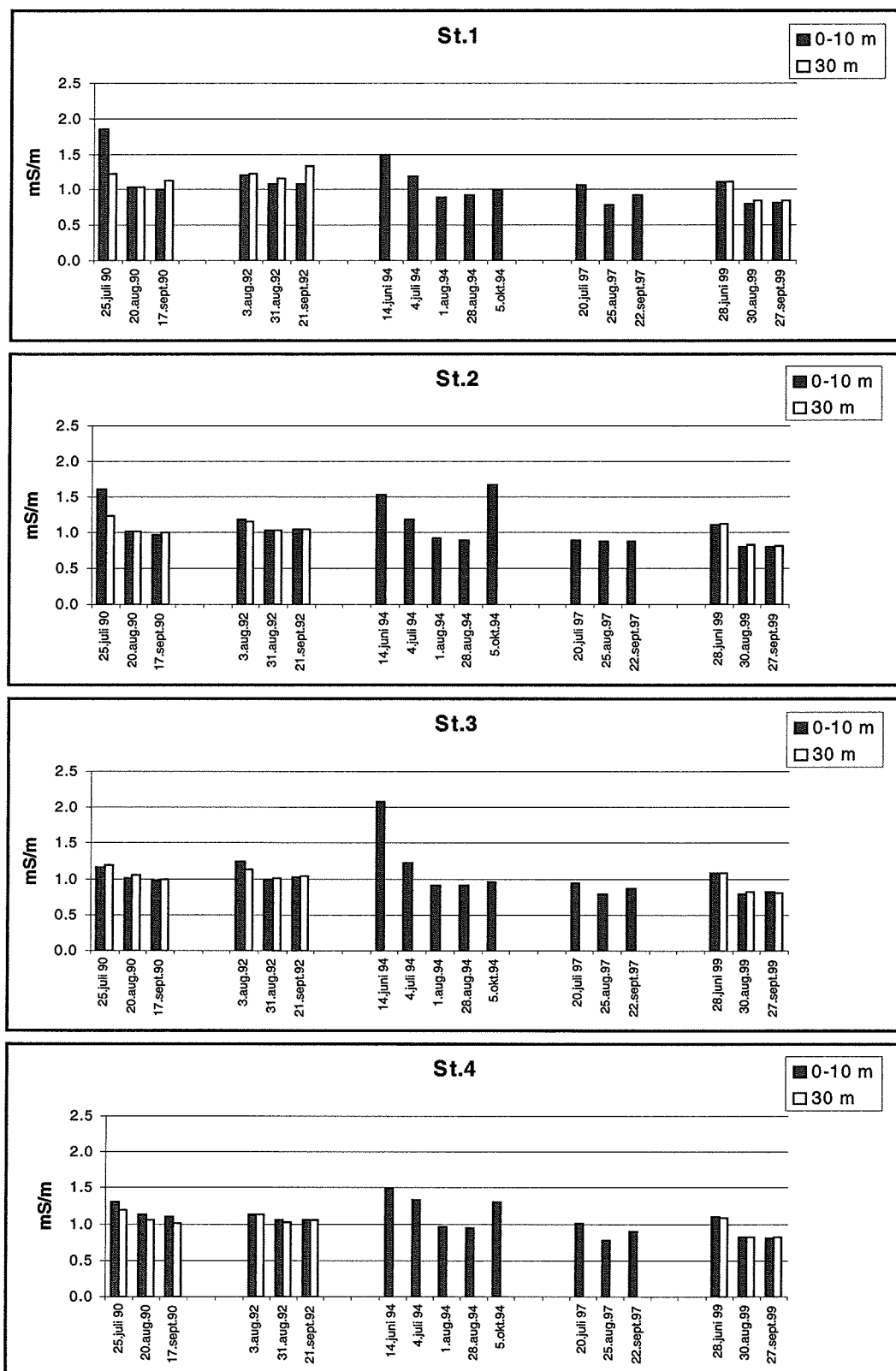


Fig. 5 Variasjoner i konduktivitet på stasjoner i Årdalsvatn 1990-1999

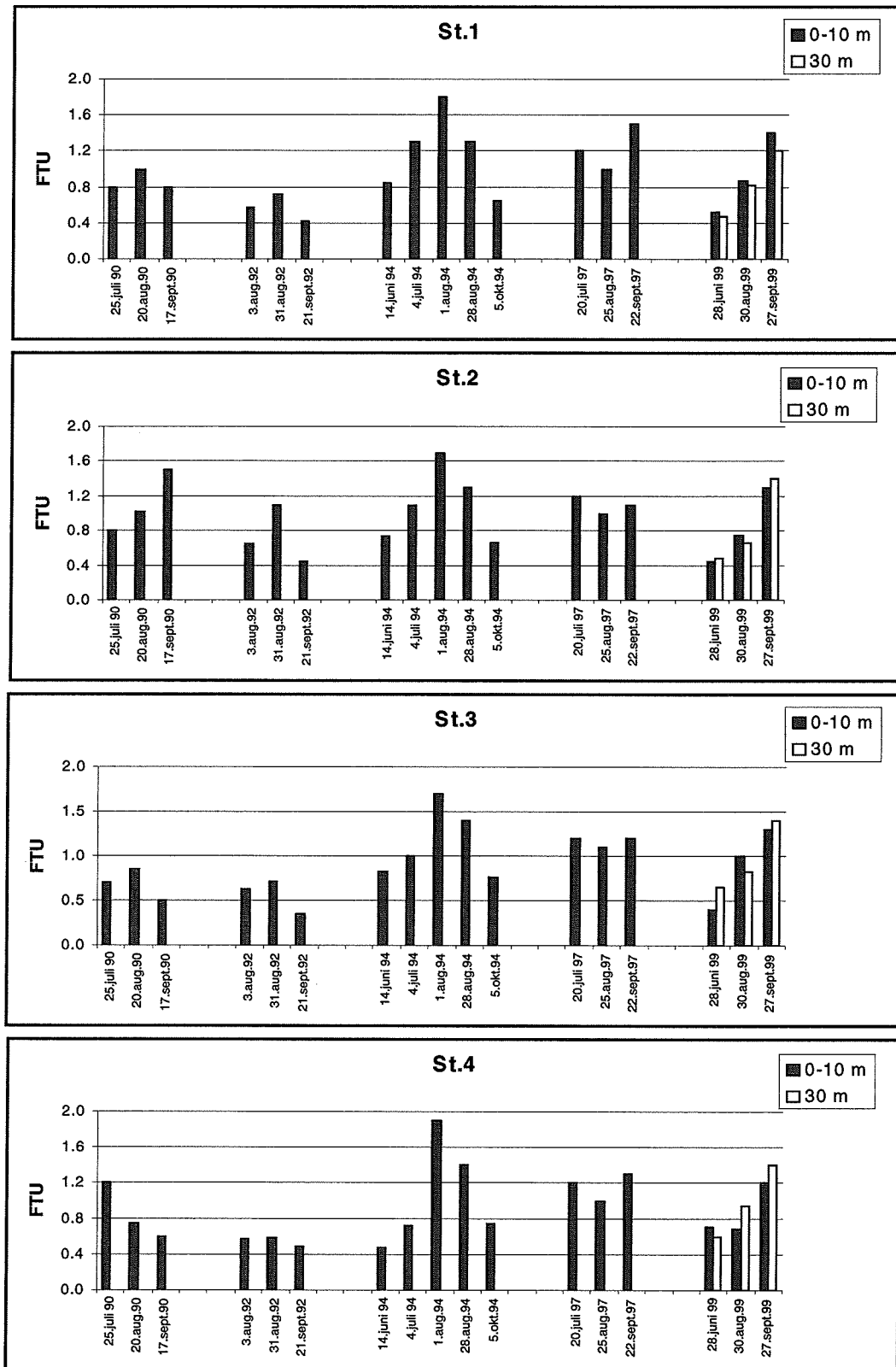


Fig. 6 Variasjoner turbiditet på stasjoner i Årdalsvatn 1990-1999

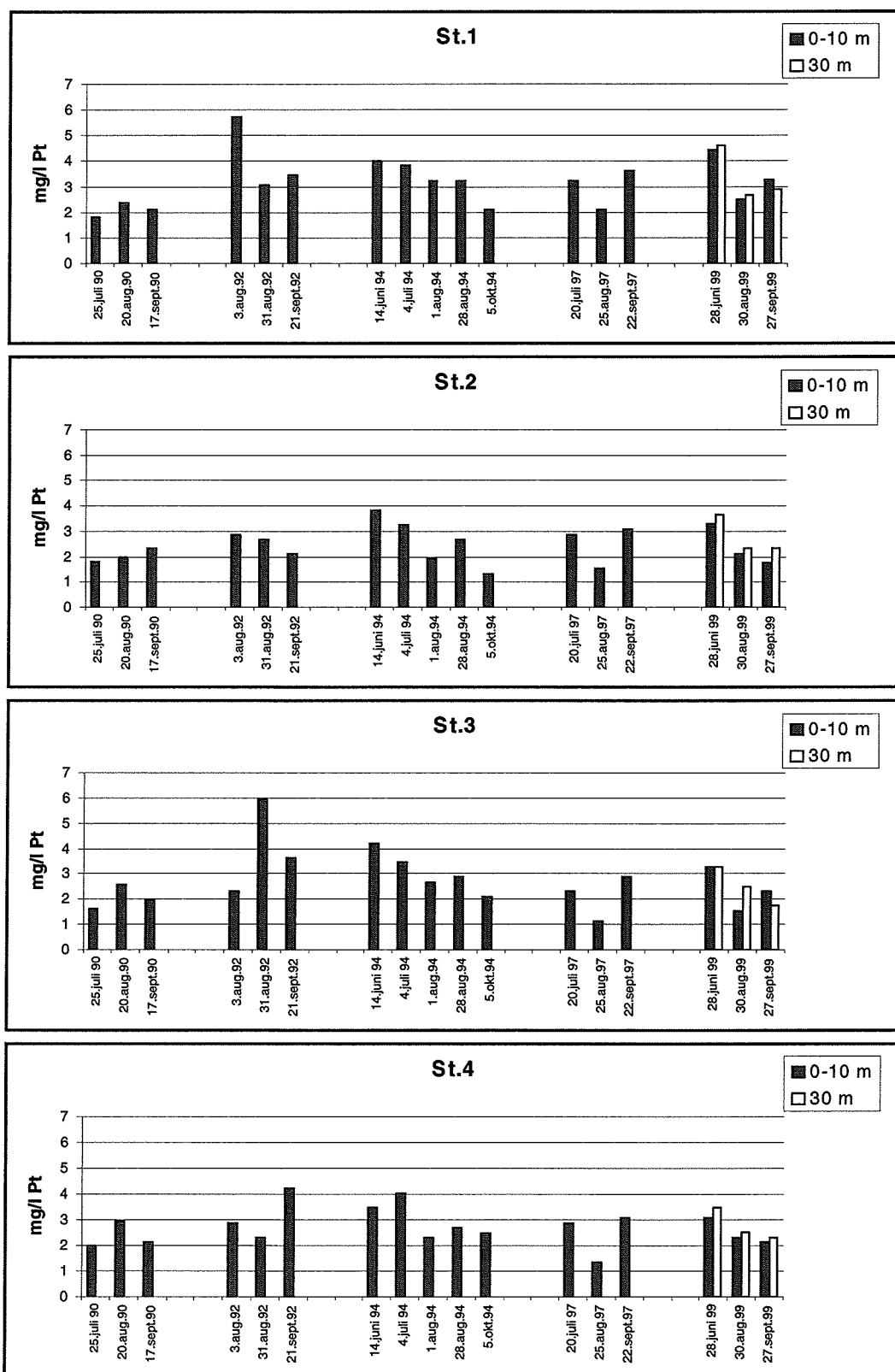


Fig. 7 Variasjoner i farge på stasjoner i Årdalsvatn 1990-1999

turbiditeten viser figuren (figur 6) at det var forholdsvis små variasjoner i verdiene i blandprøven fra 0-10 m dyp og prøven fra 30 m dyp ved hvert prøvetakingstidspunkt. Siktedypet korrelerer i store trekk omvendt med turbiditeten (partikkelinnholdet) i innsjøer som Årdalsvatnet, der planteplanktoninnholdet og innholdet av løst organisk stoff er ekstremt lite.

Vannets fargetall (filtrert farge) er et mål på innholdet av løste, ofte organiske forbindelser. Som figur 7 viser var verdiene litt høyere på stasjon 1 enn de andre stasjonene, men forskjellen er ikke stor. Høyeste verdi ble registrert her i juni med 4.44 mg/l Pt i 0-10 m og 4.65 mg/l Pt i 30 m dyp. De andre stasjonene hadde verdier rundt 3.5 mg/l Pt og lavere. Dette er meget lave verdier (Bratli og medarb. 1997) og viser, som tidligere, at det er svært lite innhold av organisk materiale i vannmassene i Årdal. Verdiene varierte ikke vesentlig mellom 0-10 m og 30 m dyp på noen av stasjonene på noe tidspunkt i 1999.

2.4.3. Næringssaltene fosfor og nitrogen

Analyseresultatene for 1999 av fosfor og nitrogen er gitt i tabellene 2-5 (vedlegg). Variasjonene for 1999 er fremstilt i figur 8 og 9 sammen med tilsvarende verdier for tidligere undersøkelser i 90-årene.

Figur 8 viser at det i 1999 var verdier for totalfosfor i blandprøvene fra 0-10 m dyp som lå omkring samme nivå som tidligere års målinger. Verdiene lå mellom 2-7 $\mu\text{g/l P}$ i blandprøvene, høyeste verdier på alle stasjoner var i september. Dette er opp mot grenseområdet mellom "meget god" og "god" tilstand i SFTs : "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann" (Bratli og medarb. 1997). I 30 m dyp lå verdiene gjennomgående 1-2 $\mu\text{g/l P}$ høyere enn i blandprøven. Unntaket var stasjon 1 i september med svært liten vannføring i Utlå, da verdien i 30 m dyp var hele 14 $\mu\text{g/l P}$ ("mindre god" tilstand etter Bratli og medarb. 1997). Prøvene er imidlertid tatt nær utslippsstedet fra renseanlegget slik det er idag.

Innholdet av ortofosfat, som gir et mål på mengdene av fosfor tilgjengelig for algevekst, lå mellom 1-4 $\mu\text{g/l P}$ i blandprøvene, og 1-6 $\mu\text{g/l P}$ i 30 m dyp. Også innholdet av ortofosfat var størst på stasjon 1 i september med 6 $\mu\text{g/l P}$. Innholdet av tilgjengelig fosfor er ofte begrensende faktor for algevekst i norske innsjølokalteter. Det er derfor en mulighet for at endring av utslippsdyp for avløp fra renseanlegget fra 30 m dyp til 5-6 m dyp vil øke innholdet av tilgjengelig fosfor i lyslagene av vannmassene, og dermed føre til noe økt vekst av planteplankton. I dag slippes avløpsvannet ut godt under den eufotiske sone, det vil si de vannlag der det er nok lys for algevekst. En viss økning av planteplanktoninnholdet kan vise seg å være positivt med en mulig økt fiskeproduksjon som resultat.

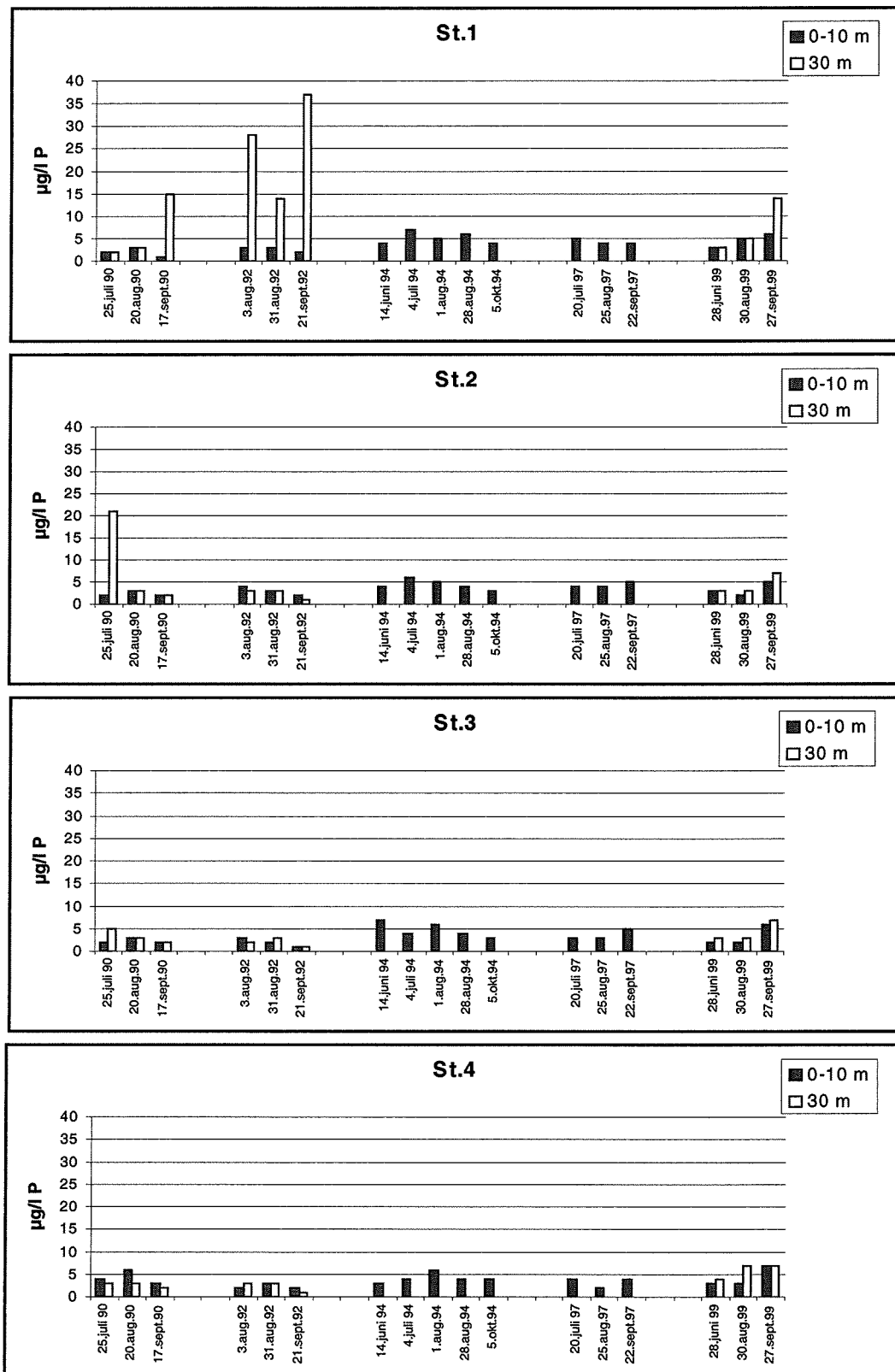


Fig. 8 Variasjoner i totalfosfor på stasjoner i Årdalsvatn 1990-1999

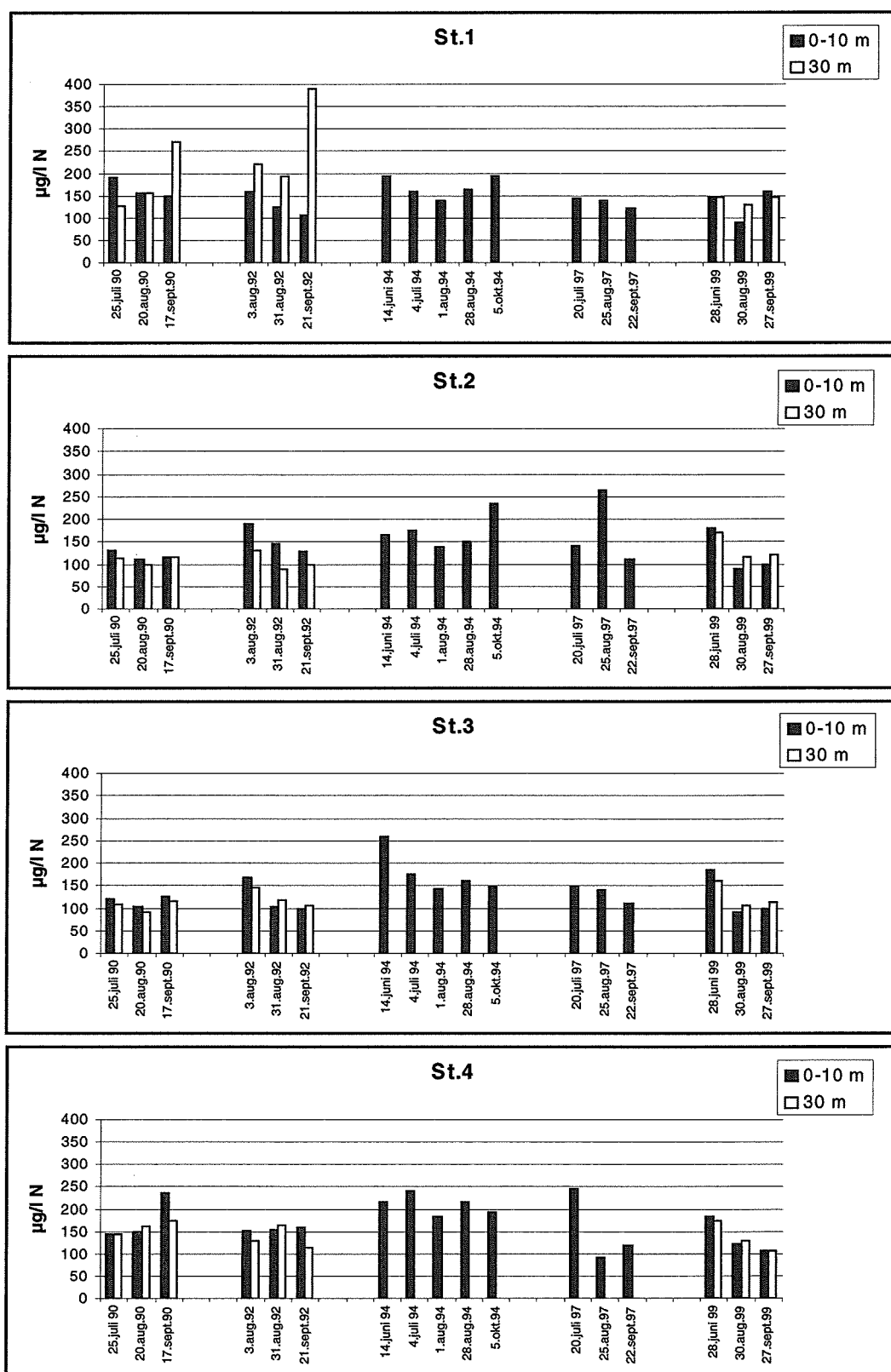


Fig. 9 Variasjoner i totalnitrogen på stasjoner i Årdalsvatn 1990-1999

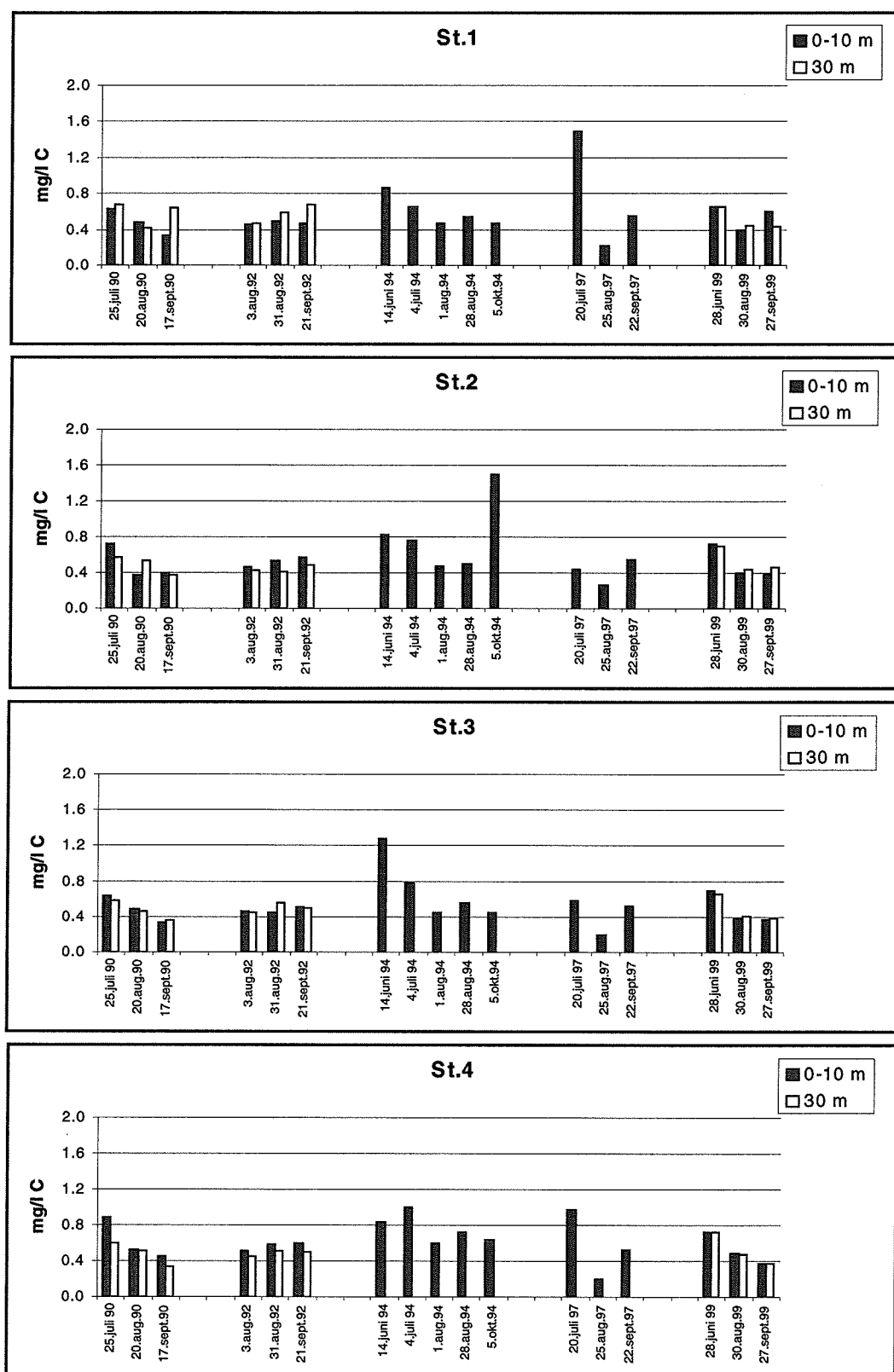


Fig. 10 Variasjoner i totalt organisk karbon (TOC) på stasjoner i Årdalsvatn 1990-1999

I figur 9 er vist en tilsvarende fremstilling av variasjonene i totalnitrogen på de fire stasjonene i innsjøen i 1999. Som figuren viser var det stor likhet mellom stasjonene også for denne parameter fra prøvetaking til prøvetaking og fra stasjon til stasjon. Verdiene for totalnitrogen lå i 1999 i hovedsak mellom 90-185 $\mu\text{g/l N}$ i blandprøvene og omtrent innenfor samme intervall i 30 m dyp. Dette er meget lave verdier. Grovt sett halvparten av dette er nitrat. Nitrat vil være nitrogenkilde for eventuell algevekst. Nitrogen er sjelden begrensende faktor for planteplanktonvekst i norske innsjølokaliteter.

2.4.4. Totalt organisk karbon (TOC)

Om en sammenligner verdiene for totalt organisk karbon (TOC) i 1999 med tilsvarende målinger i 1990, 1992, 1994 og 1997 lå disse, for de fleste målingers vedkommende, omtrent på samme nivå eller litt lavere enn tidligere. Analyseresultatene lå mellom 0.37 og 0.72 mg/l C i blandprøvene fra 0-10 m dyp, og verdiene for prøvene fra 30 m dyp avvek lite fra dette for alle stasjonene og alle tre tidspunktene (figur 10). Det var stor likhet mellom stasjonene også for denne parameteren gjennom sesongen. Verdiene er meget lave og viser svært lite innhold av organisk materiale i vannmassene i Årdalsvatn. Verdiene for farge (filtrert), som også gir et mål på innholdet av løst organisk stoff, var svært lave og varierte etter samme mønster som totalt organisk karbon (se tidligere).

2.5. Planteplankton

På samme måte som tidligere år, ble det samlet inn kvantitative planteplanktonprøver fra de fire stasjonene i Årdalsvatn samtidig med prøver for fysisk-kjemiske analyser og bakteriologiske analyser. Prøvene var blandprøver fra vannsjiktet 0-10 m dyp, og analyseresultatene er gitt i tabellene 6-9 (se vedlegg). Resultatene for årene 1990, 1992, 1994 og 1997 er fremstilt samlet i figur 10, sammen med resultatene for 1999. Prøvene er analysert og algevolumene beregnet etter metodikk utarbeidet av Utermöhl (1958) og Rott (1981). Nærmere beskrivelse av analysemetodikken finnes også hos Brettum (1984) og Olrik og medarb.(1998).

Som det fremgår av tabellene og figuren var det på alle fire stasjonene på prøvetakingstidspunktene et meget beskjedent innhold av planteplankton i 1999 som i de forgående undersøkelsesårene. På de tre prøvetakingstidspunktene var det største registrerte totalvolum planteplankton på stasjon 4 med 76 mm^3/m^3 (= mg/m^3 våtvekt). Dette er ekstremt lite planteplankton (se Brettum 1989). I 1999 var algevolumet ennå mindre enn de øvrige overvåkingsårene på 90-tallet.

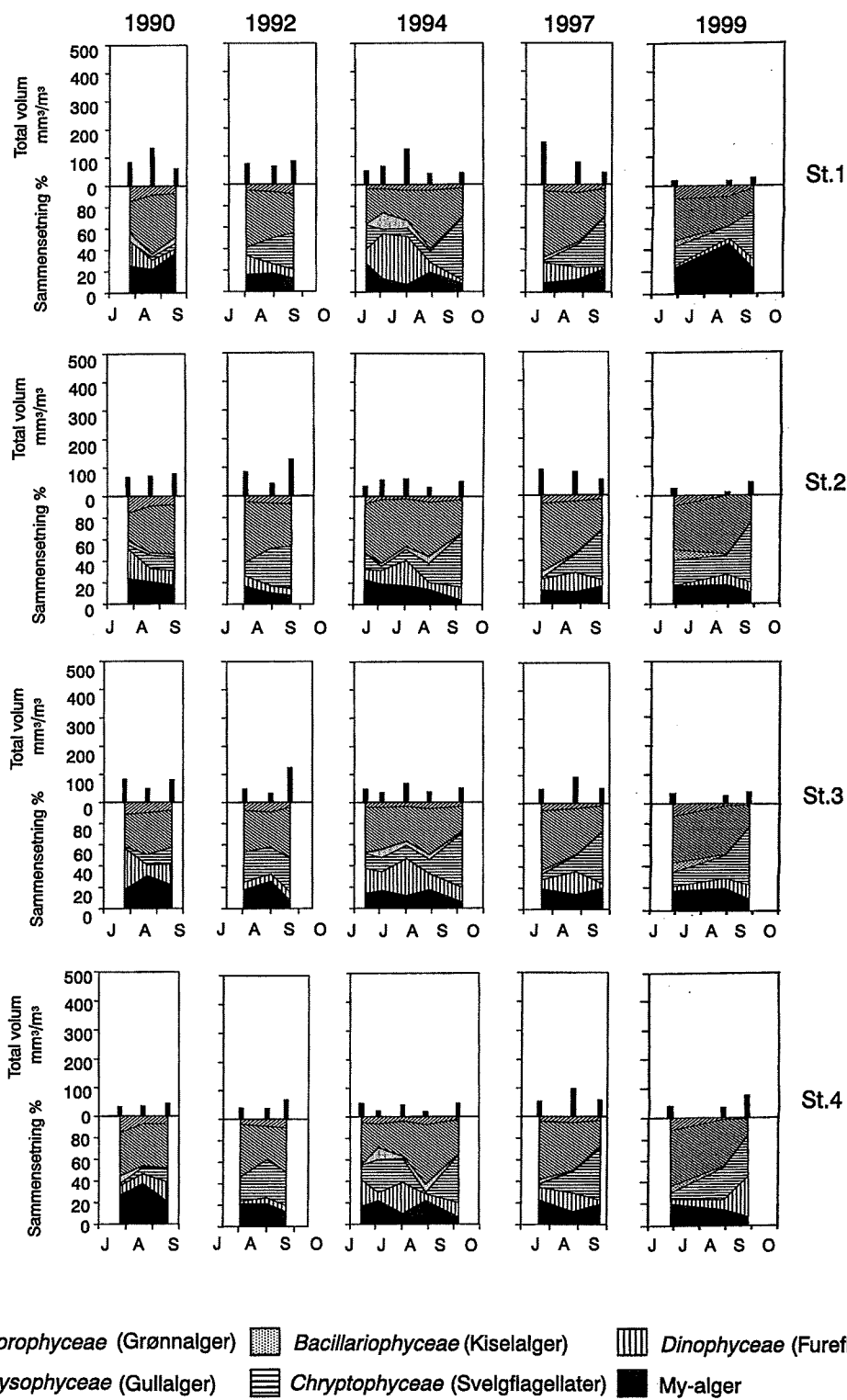


Fig. 11 Variasjoner i totalvolum og sammensetning av planteplankton på stasjoner i Årdalsvatn 1990-99. Verdiene for totalvolum gitt i $\text{mm}^3/\text{m}^3 = \text{mg}/\text{m}^3$ våtvekt.

I figuren er også fremstilt variasjonene i den prosentvise andel av hver av de viktigste planteplanktongruppene gjennom vekstsesongen. Viktigste planteplanktongruppe som prosent andel av totalvolumet i 1999 var, som tidligere år, Chrysophyceae (gullalger) på alle stasjonene. Viktigste arter innen denne gruppen var ulike former for chrysonomader.

Også gruppene Dinophyceae (fureflagellater) og Cryptophyceae (svelgflagellater) var til tider av en viss betydning i planteplanktonsamfunnet, relativt sett. Arter av noen betydning innen disse gruppene var *Gymnodinium cf. lacustre* innen dinoflagellatene og *Cryptomonas* spp. og *Rhodomonas lacustris* innen cryptomonadene. I næringsfattige innsjøer vil gruppen "µ-alger" (små kuleformete, ikke nærmere identifiserte former med diameter 2-4 µm), utgjøre en prosentvis større andel av det samlede planteplankton enn i andre typer innsjøer. Så er også tilfelle i Årdalsvatn.

Selv om nivået for totalvolum var svært lite i 1999 og markert mindre enn på de fleste prøvetakingstidspunktene tidligere i 90-årene, er variasjonene i sammensetningen av planteplanktongrupper og -arter gjennom vekstsesongen svært like fra år til år. Resultatene viser et samfunn karakteristisk for svært næringsfattige, ultraoligotrofe vannmasser.

2.6. Bakteriologiske forhold

I tabell 10 (vedlegg) er satt opp analyseresultatene for bakteriologiske prøver samlet inn på de fire stasjonene i 1999. Bakteriologiske prøver ble samlet inn samtidig med prøver for kjemiske analyser og analyser av planteplanktoninnhold. Analysene omfatter totalantall bakterier/ml (kimtall) ved 22 °C, som er et mål på bakterieinnholdet totalt, og termotolerante koliforme bakterier/100 ml ved 44 °C. De bakteriologiske prøvene ble samlet inn fra 6 og 30 m dyp på hver stasjon. Koliforme bakterier (37°C) er et mål på fekal forurensning fra varmblodige dyr og mennesker, men også en del jordbakterier inngår her. Termotolerante koliforme bakterier (44°C) er et mål på sikre tarmbakterier.

Kimtallet, eller totalantall bakterier, er et indirekte mål på den organiske belastningen generelt, og avspeiler både påvirkningen av kloakkvann og eventuell annen tilførsel av organisk materiale til vannmassene.

Som for tidligere år viser tabellen (tabell 10) at det høyeste bakterieinnholdet registreres på stasjon 1 i 30 m dyp nær utslippsstedet for renseanlegget i Øvre Årdal. I figur 13 er fremstilt analyseresultatene for mengden av termotabile koliforme bakterier i 1999 sammen med tilsvarende resultater fra tidligere år i henholdsvis 6 m og 30 m dyp på de fire stasjonene. Figuren viser at innholdet av termotolerante koliforme bakterier var betydelig høyere i 30 m dyp enn i 6 m på alle stasjonene i

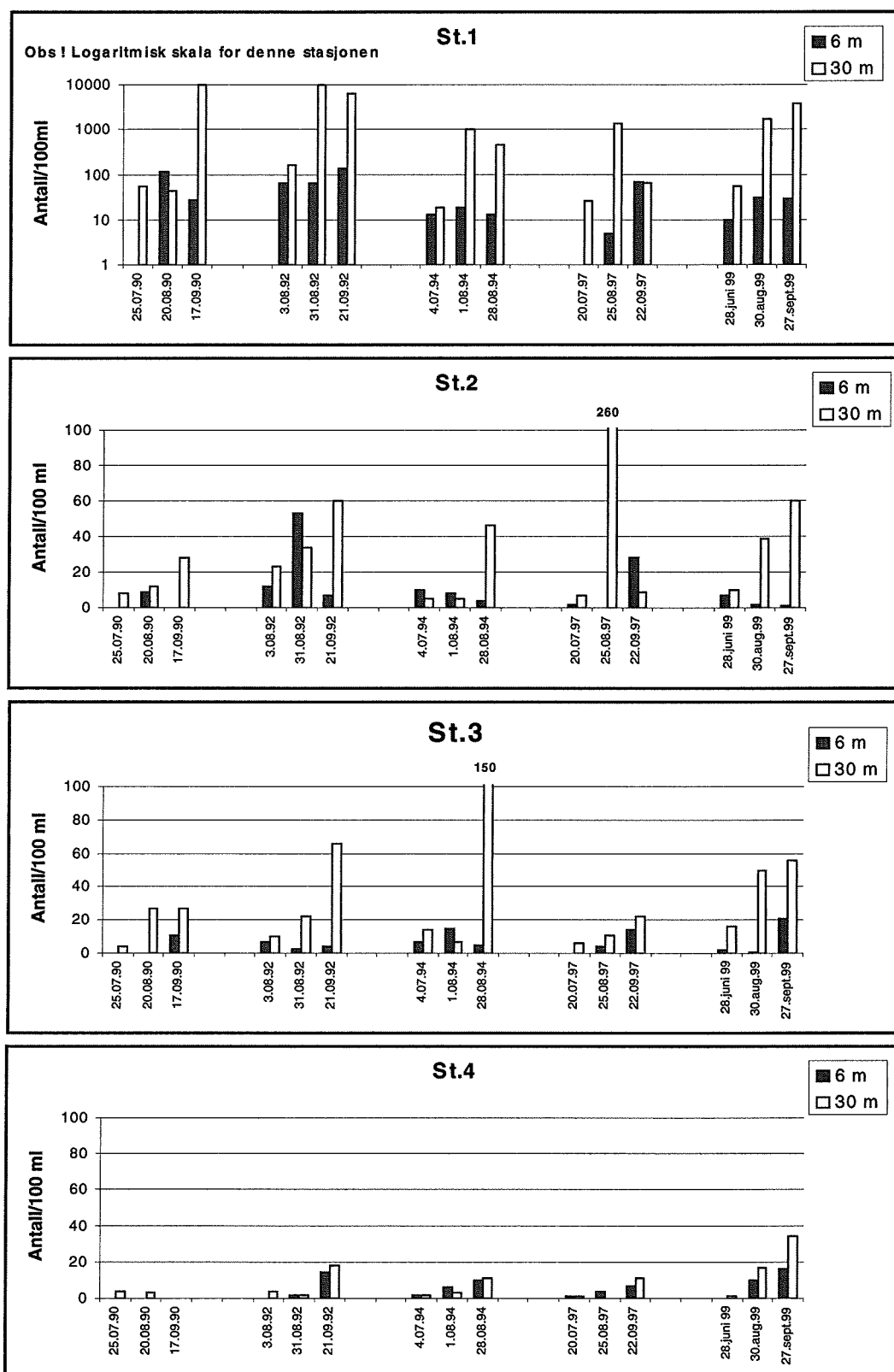


Fig. 12 Variasjoner i antall termotolerante koliforme bakterier (44 °C) i 6 m og 30 m dyp på stasjoner i Årdalsvatn 1990-1999. (NB ! Logaritmisk skala på st.1).

1999 som tidligere år. I september ble maksimum registrert i 30 m dyp på stasjon 1 med 3700 pr. 100 ml. Dette er fremdeles svært høye verdier, selv om høyere verdier har vært registrert tidligere år. Innholdet på stasjon 1 vil i stor grad variere avhengig av hvor nær opp til utslippsstedet fra renseanlegget prøvene tas, og vanngjennomstrømningen.

Utslippene fra renseanlegget fortynnes relativt raskt og gjennomstrømningshastigheten av vannmassene i Årdalsvatn vil være med på å avgjøre hvor mye en finner av termotolerante koliforme bakterier på de andre stasjonene i innsjøen. Omrøring av vannmassene vil også være med på å avgjøre hvor store forskjeller det blir i registrerte mengder av bakterier i de to dypene på stasjonene, selv om tallene gjennomgående vil være høyere i 30 m dyp sammenlignet med 6 m dyp.

Resultatene for 1999 viser ganske høye verdier for termotolerante koliforme bakterier i 30 m dyp også på de andre stasjonene. Maksimum ble registrert i september på alle stasjonene; stasjon 2 med 60, stasjon 3 med 56 og stasjon 4 med 34 pr. 100 ml. Selv i 6 m dyp på stasjon 4 ble det registrert 16 termotolerante koliforme bakterier /100 ml. Vann fra dette området benyttes som reserve råvannskilde, men innholdet av termotolerante koliforme bakterier har ikke bedret seg i denne delen av innsjøen sammenlignet med tidligere år.

Ut fra de gitte grenser for råvannskvalitet som er gitt av Statens forurensningstilsyn (SFT) i: "Klassifisering av miljøkvalitet" (Bratli og medarb. 1997) og Statens institutt for folkehelse (SIF) i: "Kvalitetsnormer for drikkevann" (SIF-rapp. 1987), viser de bakteriologiske analysene fra stasjon 4 at bruk av vannet derfra som råvannskilde ligger i området egnet til mindre egnet. Vannet brukes daglig som råvannskilde ved Hydros industriområde på Årdalstangen, men blir behandlet før det går ut på nettet. Ifølge Årdal kommune, Kommunaltekniske tenester, er det ved analyser av prøver fra nettet ikke påvist termotolerante koliforme bakterier (44 °C) eller koliforme bakterier (37 °C).

3. Referanser

- 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. 1990. Undersøkelser av Årdalsvatn 1990. O-90143. NIVA-rapp. 2563. 32 s.
- Brettum, P. 1992. Kontrollundersøkelser i Årdalsvatn 1992. O-92130. NIVA-rapp. 2855. 28 s.
- Brettum, P. 1995. Undersøkelser av Årdalsvatn 1994. O-94163. NIVA-rapp. 3247. 35 s.
- Brettum, P. 1997. Undersøkelser i Årdalsvatn 1997. O-97130. NIVA-rapp. 3761-97. 38 s.
- Grande, M. 1971. Hydrologiske undersøkelser i Årdalsvassdraget. Rapport O-90/70. NIVA, Oslo. 19 s.
- Kristiansen, H. 1971. Undersøkelser av Årdalsvatn som resipient for Øvre Årdal og vannkilde for Årdalstangen vannverk. Rapport O-22/67. NIVA, Oslo. 32 s.
- Lingsten, L., P. Brettum og J.E. Løvik 1986. Overvåking av Årdalsvassdraget 1983-84. Tiltaksorientert undersøkelse. O-8000233. NIVA-rapp. 1842. 60 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.
- SIFF-rapport 1987. G2 Kvalitetsnormer for drikkevann. Statens institutt for folkehelse. 72 s.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. Mitt. int. Verein. Limnol. 9. 1-38.

4. Vedlegg

Tabell 1 Temperatur i ulike dyp på stasjoner i Årdalsvatnet 1999

Stasjon 1

Dato	Vanntemperatur ° C		
	28.jun	30.aug	27.sep
Dyp i m			
1	6.5	11.9	11.3
3	6.1	11.8	11.2
5	6.1	11.8	11.1
6	6.1	11.7	11.1
7	6.1	11.6	11.1
9	6.0	11.5	11.0
15		11.3	
20		11.2	
25		10.9	
30	6.0	10.1	10.8

Stasjon 2

Dato	Vanntemperatur ° C		
	28.jun	30.aug	27.sep
Dyp i m			
1	6.5	12.5	11.6
3	6.5	12.2	11.5
5	6.3	12.0	11.5
6	6.2	12.0	11.4
7	6.2	12.0	11.4
9	6.2	12.0	11.3
15		11.7	
20		11.5	11.0
25		11.2	
30	6.1	10.0	10.7

Stasjon 3

Dato	Vanntemperatur ° C		
	28.jun	30.aug	27.sep
Dyp i m			
1	8.1	12.0	11.5
3	7.5	11.9	11.4
5	7.4	11.8	11.2
6	7.2	11.8	11.1
7	7.2	11.8	11.1
9	7.0	11.8	11.0
15	6.8	11.5	
20	6.5	11.2	
25		10.5	
30	6.4	10.0	10.9

Stasjon 4

Dato	Vanntemperatur ° C		
	28.jun	30.aug	27.sep
Dyp i m			
1	8.5	12.2	11.6
3	8.0	11.9	11.4
5	8.0	11.8	11.2
6	8.0	11.7	11.1
7	8.0	11.6	11.0
9	8.0	11.5	11.0
15		11.2	
20		11.0	10.9
25		10.8	
30	8.0	10.3	10.8

Tabell 2 Fysisk-kjemiske analyseresultater fra st.1, Årdalsvatn 1999 (bl.prøver 0-10 m dyp)

Dato	Dyp	Siktedyp m	pH	Alk mmol/l	Kond mS/m	Turb FTU	Farge mg Pt/l	Tot-P µg/l	PO ₄ -P µg/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg/l	TOC mg/l	Cl mg/l
28.juni	0-10 m	8.5	6.25	0.051	1.11	0.52	4.44	3	1	147	95	0.65	0.9
	30 m		6.26	0.052	1.11	0.47	4.63	3	2	147	95	0.65	0.9
30.aug.	0-10 m	6.5	6.34	0.055	0.80	0.87	2.51	5	3	90	45	0.40	0.4
	30 m		6.35	0.055	0.85	0.82	2.70	5	3	129	56	0.44	0.5
27.sept	0-10 m	4.0	6.25	0.048	0.82	1.4	3.28	6	4	160	60	0.60	0.4
	30 m		6.30	0.051	0.85	1.2	2.90	14	6	147	60	0.43	0.4

Tabell 3 Fysisk-kjemiske analyseresultater fra st.2, Årdalsvatn 1999 (bl.prøver 0-10 m dyp)

Dato	Dyp	Siktedyp m	pH	Alk mmol/l	Kond mS/m	Turb FTU	Farge mg Pt/l	Tot-P µg/l	PO ₄ -P µg/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg/l	TOC mg/l	Cl mg/l
28.juni	0-10 m	8.1	6.28	0.052	1.11	0.45	3.28	3	1	180	95	0.72	1.0
	30 m		6.31	0.053	1.12	0.49	3.67	3	2	170	95	0.70	0.9
30.aug.	0-10 m	9.2	6.34	0.051	0.79	0.75	2.12	2	<1	90	44	0.40	0.4
	30 m		6.11	0.055	0.83	0.66	2.32	3	2	116	52	0.44	0.4
27.sept	0-10 m	4.4	6.29	0.047	0.80	1.3	1.74	5	4	98	55	0.39	0.4
	30 m		6.30	0.049	0.82	1.4	2.32	7	5	122	60	0.46	0.4

Tabell 4 Fysisk-kjemiske analyseresultater fra st.3, Årdalsvatn 1999 (bl.prøver 0-10 m dyp)

Dato	Dyp	Siktedyp m	pH	Alk mmol/l	Kond mS/m	Turb FTU	Farge mg Pt/l	Tot-P µg/l	PO ₄ -P µg/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg/l	TOC mg/l	Cl mg/l
28.juni	0-10 m	8.2	6.30	0.051	1.09	0.40	3.28	2	<1	185	90	0.69	1.0
	30 m		6.20	0.052	1.09	0.65	3.28	3	1	160	94	0.66	0.9
30.aug.	0-10 m	8.25	6.30	0.054	0.79	1.00	1.54	2	1	92	44	0.38	0.4
	30 m		6.25	0.054	0.83	0.82	2.51	3	2	105	52	0.41	0.5
27.sept	0-10 m	4.7	6.33	0.051	0.82	1.3	2.32	6	4	98	58	0.37	0.4
	30 m		6.30	0.048	0.81	1.4	1.74	7	5	114	60	0.38	0.4

Tabell 5 Fysisk-kjemiske analyseresultater fra st.4, Årdalsvatn 1999 (bl.prøver 0-10 m dyp)

Dato	Dyp	Siktedyp m	pH	Alk mmol/l	Kond mS/m	Turb FTU	Farge mg Pt/l	Tot-P µg/l	PO ₄ -P µg/l	Tot-N µg/l	NO ₃ -N µg/l	TOC mg/l	Cl mg/l
28.juni	0-10 m	8.5	6.26	0.052	1.10	0.71	3.09	3	1	185	85	0.72	0.9
	30 m		6.29	0.052	1.09	0.60	3.47	4	1	175	85	0.73	0.9
30.aug.	0-10 m	8.0	6.31	0.054	0.82	0.68	2.32	3	2	122	51	0.49	0.4
	30 m		6.12	0.055	0.83	0.95	2.51	7	2	128	52	0.48	0.5
27.sept	0-10 m	4.5	6.32	0.048	0.80	1.2	2.12	7	3	108	58	0.37	0.4
	30 m		6.29	0.050	0.82	1.4	2.32	7	4	108	60	0.38	0.4

Tabell 10 Bakterieanalyser fra Årdalsvatn 1999

	St.1		St.2		St.3		St.4	
	6 m	30 m	6 m	30 m	6 m	30 m	6 m	30 m
28.juni 1999								
Tot.antall bakt.	49	54	65	37	31	58	72	32
Term.tol.kolif.bakt.	10	7	7	10	2	16	0	1
20.aug.1999								
Tot.antall bakt.	70	1020	69	240	42	152	70	108
Term.tol.kolif.bakt.	31	1700	2	39	1	50	10	17
27.sept.1999								
Tot.antall bakt.	87	6100	31	142	150	112	96	100
Term.tol.kolif.bakt.	30	3700	1	60	21	56	16	34

Tot.antall bakt. = Totalantall bakterier 22 °C. Antall pr.ml.

Term.tol.kolif.bakt. = Termotolerante koliforme bakterier 44 °C. Antall pr.100 ml.