

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 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 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

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

Tittel Akersvatnet. Hydrobiologisk vannkvalitet. Observasjoner 1997.	Løpenr. (for bestilling) 3785-98	Dato 25.2. 1998
	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
Forfatter(e) Olav Skulberg	Fagområde Hydrobiologi	Distribusjon VIV
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Vestfold interkommunale vannverk (VIV)	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag

Undersøkelsen ble utført for Vestfold interkommunale vannverk for å fremskaffe en løpende bedømmelse av råvannskvaliteten i Akersvatnet. Månedlige situasjonsbeskrivelser ble utarbeidet. Sommeren 1997 ble den varmeste på Østlandet på over hundre år. Masseutvikling av planktonalger, med *Ceratium hirundinella* og blågrønnalger i dominans, medførte bl.a. en kritisk situasjon for fiskebestanden i perioden juli-august. Praktiske tiltak ble iverksatt, fiskedød inntraff ikke. Vannkvaliteten var i perioden med masseutvikling av alger uegnet som råvann til Akersvannverket. Cyanotoksiner ble påvist i blågrønnalgene som utviklet seg. *Aphanizomenon flos-aquae* fikk oppmerksomhet som mulig ny toksinproduserende art i Akersvatnet.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Akersvatnet, Vestfold 2. Limnologiske forhold 1997 3. <i>Ceratium hirundinella</i> 4. Toksiske blågrønnalger 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lake Akersvatnet, Vestfold 2. Limnological conditions 1997 3. <i>Ceratium hirundinella</i> 4. Toxigenic cyanophytes
---	--

Olav Skulberg

Olav Skulberg

Prosjektleder

ISBN 82-577-3359-8

Dag Berge

Dag Berge

Forskningsjef

Norsk institutt for vannforskning

O-92040

AKERSVATNET

**Hydrobiologisk vannkvalitet
Observasjoner 1997**

Oslo, 25. februar 1998

Olav Skulberg

"Før Akersmyra hadde vokst opp til den høgden den har i dag, kan det godt tenkes at Akersvannet hadde utløp nordover."

Stokke Bygdebok, Bind I,
Christensen & Hagelund 1978.

Forord

Vestfold interkommunale vannverk (VIV) har fra 1968 av hatt Akersvatnet som reservevannkilde. I 1980 var det nye reservevannverket ferdig utbygd. Siden da har det vært regelmessige undersøkelser av Akersvatnet for å ha en løpende bedømmelse av råvannskvaliteten, og å kunne iverksette praktiske forholdsregler knyttet til vannforsyningen.

Også i 1997 dannet disse oppgavene bakgrunn for arbeidet med undersøkelsene. Imidlertid inntraff det på ettersommeren en kritisk situasjon for Akersvatnet. Oksygenreservene i vannmassene var tilnærmet oppbrukt, og det var fare for populasjonen av fisk i innsjøen. Dette forholdet gjorde det nødvendig med en utvidet overvåking av tilstanden. Forholdsregler for å motvirke oksygenbrist ble iverksatt, og utviklingen ble fulgt med observasjoner. Det inntraff ikke noen omfattende fiskedød.

Som i tidligere år har det praktiske arbeidet med undersøkelsene i Akersvatnet vært gjennomført i fellesskap av VIV og NIVA. Samarbeidet har fungert utmerket.

Det rettes takk til medarbeiderne som har bistått i gjennomføringen for god hjelp og velvilje.

Oslo, 25. februar 1998

Olav Skulberg

Bilde på omslagssiden:

- *Utsikt over Akersvatnet fra høyden ved Brekke.*
- *Plakat med informasjon om faren for fiskedød. Lågerød, juli 1997*

Fotografier: Olav Skulberg

Innhold

Forord	3
1. Sammenfatning	5
2. Oppgaver og gjennomføring	7
2.1 Problemstillinger	7
2.2 Metoder og fremgangsmåter	7
2.3 Prøvetaking og feltarbeid	7
2.4 Rapportering	8
3. Hydrografiske og biologiske utviklingsforløp	8
3.1 Værforhold og hydrologi	8
3.2 Vannkjemi - hydrografi	9
3.3 Algeutvikling og toksindannelse	10
3.4 <i>Ceratium</i> -oppblomstringen	15
4. Diskusjon	15
5. Henvisninger	19
 VEDLEGG	 21
1. Grafiske fremstillinger av observasjoner og analyseresultater i 1997	
2. Datasamling for Akersvatnet 1997	
3. Oversikt over rapporter og publikasjoner om Akersvatnet	

1. Sammenfatning

- Det ble i 1997 foretatt en undersøkelse av Akersvatnet for å dekke VIVs behov for en løpende bedømmelse av råvannskvaliteten til Akersvannverket.
- Prøvetakingen var konsentrert om hovedstasjonen i det dypeste området av Akersvatnet. Metoder og fremgangsmåter i felt og laboratorium var de rutinemessige benyttet ved Norsk institutt for vannforskning.
- Månedlige situasjonsbeskrivelser om forholdene i Akersvatnet ble utarbeidet til VIV i perioden april-september 1997.
- Sommeren 1997 var på Østlandet den varmeste på over hundre år. Gjennomsnittstemperaturen for juni, juli og august i luft var ca 18,7 °C. Vanntemperaturen i Akersvatnet var i overflatelaget 20-25 °C. Nedbørmengden i perioden juni-august var omlag 161 mm.
- Den hydrografiske situasjon i Akersvatnet var preget av et tidlig etablert temperatursprangsjikt. Vannmassenes nitratreserve ble gjennom forsommeren betydelig redusert ved intensiv aktivitet av fotosyntetiske organismer. Det produserte organiske stoffet medførte - gjennom mikrobiell nedbrytning - oksygenbrist i vannmassene under ca 2 m dyp.
- Mot slutten av juli forelå en kritisk situasjon i Akersvatnet med betydelig risiko for massedød av fisk (vannmasser med høy temperatur, oksygenmangel). VIV ble varslet om Akersvatnets tilstand, og behovet for å ta praktiske forholdsregler. Tiltak ble iverksatt (uttapping av overflatevann, lufting). Massedød av fisk inntraff ikke. Flere faktorer bidro til dette, og de gjennomførte tiltakene hadde utvilsomt positiv effekt.
- De dominerende algeartene med masseutvikling i vegetasjonsperioden 1997 var *Ceratium hirundinella*, *Aphanizomenon flos-aquae* og *Microcystis aeruginosa*. I tidsrommene med stor forekomst av disse algene var vannmassene i Akersvatnet lite egnet som råvann til Akersvannverket. Dette skyldtes den store biomassekonsentrasjonen, tendens til dannelse av råttent vann, lukt- og smakspåvirkning, samt innhold av algetoksiner.

- Blågrønnalger med toksinproduserende stammer ble påvist. Microcystiner med protrauert giftvirkning ble dannet. Undersøkelser viste dessuten at et nytt cyanotoksin trenger oppmerksomhet i Akersvatnet. Det gjelder toksinet cylindrospermopsin som kan produseres av *Aphanizomenon flos-aquae*. Denne algen hører til Akersvatnets dominerende organismer i planktonet.
- Akersvatnets utpregede stagnasjonskarakter er en vesentlig faktor som begunstiger masseutviklingen av vannblomstdannende alger. Hydrologiske tiltak som kan motvirke stagnasjonstendensen i innsjøen bør granskes.

2. Oppgaver og gjennomføring

2.1 Problemstillinger

De hydrobiologiske undersøkelsene i Akersvatnet skal dekke behovet som Vestfold interkommunale vannverk (VIV) har for regelmessig kjennskap til vannkvaliteten og innsjøens tilstand.

Virkninger av praktiske tiltak som gjennomføres for å bedre råvannskvaliteten og motvirke masseutvikling av blågrønnalger (cyanobakterier), skal følges opp.

I situasjoner hvor akutte miljøepisoder kan medføre alvorlige konsekvenser for råvannskvaliteten eller Akersvatnets hydrografiske tilstand, skal forholdene bli detaljert overvåket.

2.2 Metoder og fremgangsmåter

Som tidligere tok undersøkelsen i 1997 praktisk utgangspunkt i observasjoner og prøvetaking i Akersvatnet. Dette arbeidet ble foretatt etter rutinemessig opplegg og med standard fremgangsmåte (Vennerød 1984, NIVA 1991). Det ble i felt gjort målinger av fysiske faktorer (temperatur, siktedyp, oksygenkonsentrasjon og lys) og innsamlet prøver til kjemiske og biologiske analyser. Laboratoriebearbeiding av prøvene begynte umiddelbart etter innsamling med måling av turbiditet og pH, og filtrering for bestemmelse av seston (Skulberg 1978). Vannprøvene ble deretter transportert til NIVAs laboratorier i Oslo for videre analysering. Metodene som ble anvendt var de vanlige for undersøkelser av kjemisk og biologisk vannkvalitet (NIVA 1994). Identifikasjon og kvalitative undersøkelser av alger ble foretatt med optisk mikroskop.

Når det gjelder biotester for akutt toksisitet, ble disse utført ved Institutt for næringsmiddelhygiene, Norges veterinærhøgskole. Metodene som ble benyttet er tidligere beskrevet (Berg et al. 1987).

2.3 Prøvetaking og feltarbeid

Prøvetakingen i 1997 var konsentrert om hovedstasjonen i det dypeste området av innsjøen. Den praktiske gjennomføringen ble gjort i samarbeid mellom NIVA og VIV (NIVA 1997). Laboratoriet på Akersvannverket ble benyttet som base for prøvebehandling og målinger på stedet.

Gjennom arbeidet med feltundersøkelsene i Akersvatnet er det blitt etablert egnede rutiner for utførelsen av oppgavene. Personalet som deltar fra VIV har fått en fagmessig god erfaring. Samarbeidet VIV-NIVA har vært realisert på beste måte.

2.4 Rapportering

Det ble i 1997 gitt løpende informasjon til VIV om resultater fra feltobservasjoner og laboratorieanalyser. Månedlige situasjonsbeskrivelser om forholdene i Akersvatnet ble utarbeidet i perioden april - september. I forbindelse med den kritiske innsjøtilstanden i juli-august ble det tilsvarende laget fjortendaglige meldinger til VIV.

Det er under forberedelse en sammenfattende faglig rapport om utviklingen i Akersvatnet for årene 1993-1997. Det foreligger for denne pentade et verdifullt materiale av hydrografiske og biologiske data som bør spesielt bearbeides og sikres. Vitenskapelig viktige resultater bør dessuten bli publisert som tidligere praktisert.

3. Hydrografiske og biologiske utviklingsforløp

Resultatene fra feltobservasjonene og analysene i 1997 er samlet i Vedlegg 1 og 2. De limnologiske og vannkvalitetsmessige forhold beskrives i det følgende på dette grunnlaget. Det kan spesielt fremheves at det ikke fant sted noen vinterpumping av vann ut av Akersvatnet 1996-1997.

3.1 Værforhold og hydrologi

Sommeren 1997 var den varmeste på Østlandet siden Det norske meteorologiske institutt startet målingene i 1837. Dette preget forholdene i Akersvatnet over deler av vegetasjonsperioden. Gjennomsnittstemperaturen for juni, juli og august i luft var ca. 18,7 °C. Vanntemperaturen i Akersvatnet (overflatevannlaget, epilimnion) var i samme periode i området 20-25°C. I juli-august ble det registrert 17 tropenetter på Færder. Disse varme døgnene innebar en spesiell påkjenning av oksygenbalansen i Akersvatnets vannmasser.

Nedbørforholdene var i juni tilnærmet som normalt når det gjelder gjennomsnittsnedbør. Derimot hadde juli og august betydelig reduserte nedbørmengder, f.eks. omtrent halvparten av normale verdier med hensyn til middelnedbør. Nedbørmengden for perioden juni-august var omlag 161 mm. Regnet kom utpreget som byger, med en fremtredende tørkeperiode mot slutten av sommeren, (Det norske meteorologiske institutt 1997).

3.2 Vannkjemi - hydrografi

Ved behandlingen av analyseresultatene er de grafiske fremstillingene i rapporten utarbeidet på to måter. Den hydrografiske situasjon på prøvetakingstidspunktene blir presentert som diagrammer hvor miljøfaktorer (konsentrasjon, intensitet etc.) fremstilles som funksjon av innsjødyb. Dessuten er det foretatt en beregning for å gi et karakteriserende uttrykk for tilstanden i innsjøens samlede vannvolum. Disse beregningsresultatene er fremstilt i søylediagrammer. Tallverdiene som er fremkommet representerer altså en beregnet verdi for den relevante faktor for hele vannmassen i Akersvatnet ved en tenkt, fullstendig blanding på tidspunktet det gjelder. Ved å foreta en sammenliknende betraktning mellom prøvetakingstidspunktene, belyses på denne måten bl.a. graden av forandringer som har foregått i perioden som bedømmes.

Basert på målingene av vanntemperatur kan den hydrografiske situasjon i Akersvatnet i undersøkelsesperioden deles inn i tre hovedkategorier. (1) Fra isløsningen (26. mars 1997) og til mai var det fullsirkulasjon i vannmassene. (2) I perioden juni-august var et markert temperatursprangsjikt etablert. (3) Fra september og videre ut året var det høstfullsirkulasjon i Akersvatnet (islegging fant først sted i januar 1998).

- (1) Vårfullsirkulasjon. Ved observasjonene 7. april hadde det allerede funnet sted et betydelig forbruk av vannmassenes nitratreserve, fra ca 1450 µg N/l i mars til ca 830 µg N/l målt i april. I mai var nitratkonsentrasjonen tilsvarende sunket til under 600 µg N/l. Silisiuminnholdet i vannmassene var tilnærmet oppbrukt av kiselalgene, og konsentrasjonen var nær deteksjonsgrensen for stoffet. Oksygenkonsentrasjonen var i alle vanddyb > 11 mg O/l, dvs. mer enn 100% oksygenmetning.
- (2) Sommerstagnasjon. Prøvetakingen som ble foretatt i Akersvatnet i juni viste at lagdelingen av vannmassene var etablert. Det var avtakende oksygeninnhold i vannet i alle dyp, med en oksygenmetning på ca 20% nær bunnen. Nitratreserven var ytterligere redusert, med verdi omlag 300 µg N/l. Denne tendensen ble forsterket gjennom juli. Ved prøvetakingen 14.-15. juli var nitratkonsentrasjonen i overflatevannet (epilimnion) mindre enn 50 µg N/l, og i august under deteksjonsgrensen. Målingene for vannmassenes oksygeninnhold viste at det forelå en akutt kritisk situasjon i Akersvatnet. Den store *Ceratium*-populasjonen i epilimnion var kommet i utpreget mangelsituasjon for nitrogen, samtidig var

oksygeninnholdet i hypolimnion praktisk talt oppbrukt i nedbrytningsprosessene av organisk stoff. En betydelig risiko forelå for en episode med fiskedød tilsvarende som i 1995 (NIVA 1995).

(Det ble i juli varslet om Akersvatnets tilstand til VIV og forurensningsmyndighetene, og om behovet for praktiske forholdsregler for å unngå massedød av fisk.)

Det kan nevnes at vannmassenes innhold av silisium viste økende konsentrasjoner gjennom sommeren. I august var verdiene større enn 1,5 mg SiO₂/l i overflaten, og omlag 4,0 mg SiO₂/l nær bunnen. Mot slutten av august - synkende døgntemperaturer - gjorde partialsirkulasjon seg gjeldende med tilførsel av oksygen til vannmassene. Imidlertid var råvannskvaliteten grunnet svært høy algebiomasse fortsatt problematisk i vannverksteknisk sammenheng.

- (3) Høstfullsirkulasjon. Ved innledning til høstfullsirkulasjonen var det vedvarende en betydelig varmereserve i Akersvatnet med vanntemperatur >15°C i alle dyp. Imidlertid var vannmassenes oksygenmetning i innsjøen >50%. Farene for akutt fiskedød på grunn av oksygenmangel var dermed forbi. På nytt bygget nitratkonsentrasjonen seg opp i Akersvatnets vannmasser. I september ble det f.eks. målt nitratverdier på omlag 200 µg N/l. Som følge av indre mobilisering av fosfor-forbindelser ble det påvist høye verdier av totalfosfor (> 100 µg P/l). Akersvatnet var hovedsakelig isfritt frem til årsskiftet.

3.3 Algeutvikling og toksindannelse

Vårsituasjonen (april-mai) var preget av frodig forekomst av algeplankton med kiselalger og grønnalger i dominans. Samtidig var det en stor krepsdyrpopulasjon. En intensiv nedbeiting av mikroalger fant sted, og vannmassene hadde relativt klart vann (turbiditet <2 FTU - omregnet til hele innsjøvolum). På forsommeren var blågrønnalger i betydelig fremvekst. Det samme gjaldt *Ceratium hirundinella* som først ble påvist i begynnelsen av mai.

I de første ukene av juli etablerte flagellaten *C. hirundinella* masseforekomst, men en betydelig populasjon av blågrønnalgen *Microcystis aeruginosa* var også utviklet. Lysmålingene viste at grensen for positiv fotosyntetisk aktivitet var på ca 2 m dyp. Biomassen av mikroalger var midt i juli større enn observert i 1995 (14. juli 1997, fotosyntetisk produsert organisk stoff > 20 mg/l tørrvekt partikulært materiale i hele innsjøvolumet). Algesjiktet - med mektighet 2 m - hadde ekstremt høyt oksygeninnhold tilsvarende omlag 200 % metning. Under algesjiktet var det intenst

oksygenforbruk med dannelse av råttent vann. Samtidig var vannmassene i hele innsjøvolumet betydelig oppvarmet, omlag 20°C. Avtakende nitratinnhold i vannmassene gjorde seg sterkt gjeldende. Under de rådende forhold kunne flagellatbestanden komme i sulttilstand med risiko for sammenbrudd som i 1995. Dette inntraff imidlertid ikke (se nedenfor, 3.4).

I midten av august var det tilnærmet anaerobe forhold under 7 m dyp og ned til bunnen. Konsentrasjonen av nitrat var nær påviselighetsgrensen. Nitrogenveksttallet hadde verdier opp mot 100. *C. hirundinella* og blågrønnalger (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*) hadde nå stor biomasse i epilimnion.

I perioden med høstfullsirkulasjon ble tilgangen av plantenæringsstoffer endret så vel kvalitativt som kvantitativt. *Ceratium*-populasjonen gikk tilbake (dannelse av dinocyster, FIGUR 1), mens blågrønnalgene i hovedsak beholdt sin dominans. Gjennom september og oktober hadde *Aphanizomenon flos-aquae* økende forekomst, med to topper i mengdemessig utvikling (henholdsvis uke 39 og uke 40). I denne perioden ble også *Anabaena crassa* påvist i planktonet.

Av andre alger med betydelig forekomst utover høsten var arter av slektene *Trachelomonas* og *Cryptomonas*. Det tiltakende innhold av silisium i vannmassene ga kiselalger gode vekstmuligheter. Arter av slekten *Melosira* hadde frodig utvikling frem til midten av oktober. Fra begynnelsen av november var det markert tilbakegang i mengdemessig utvikling av planktonalger i Akersvatnet.

Blågrønnalgene i Akersvatnet opptrådte i 1997 igjen med stammer som produserte cyanotoksiner. Dette gjelder artene *Microcystis aeruginosa* og *Aphanizomenon flos-aquae*. Biotester for akutt toksisitet ble utført ved Norges veterinærhøgskole. Resultatene bekreftet at stoffer med protrauert toksisk virkning var til stede (Skulberg et al. 1994).

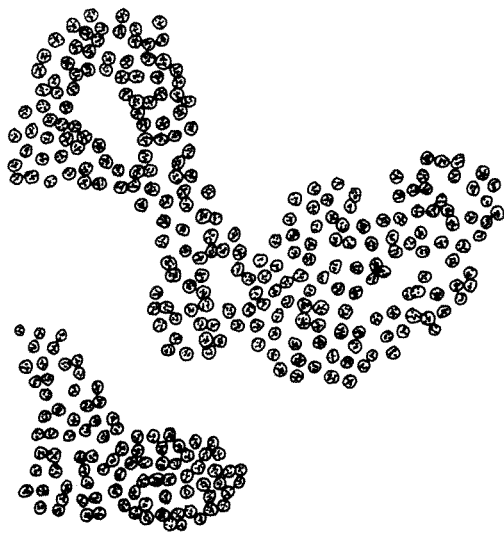
Toksikologiske undersøkelser av materiale med *Aphanizomenon flos-aquae* fra Akersvatnet gir indikasjoner på at toksinet som det dreier seg om er cylindrospermopsin (Underdal et al. 1998, Banker et al. 1997). Dette stoffet - polypeptid - er et alkaloid som besitter en syklisk guanidin-gruppe. Molekylvekten er 415 dalton. Forgiftningssymptomene til cylindrospermopsin er

forskjellige fra de som observeres for microcystin (Skulberg 1996). Stoffet er en generelt cytotoxisk forbindelse som skader flere organer på fremskridende måte, inkludert leveren. Letaldose - LD₅₀ - er bestemt i biotester med mus til 2,1 mg/kg (24 timer), henholdsvis 0,2 mg/kg (5-6 døgn) (Falconer 1994).

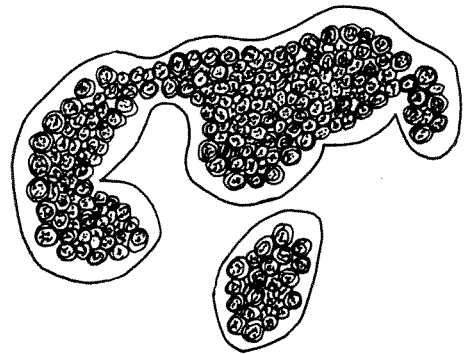
Det kan spesielt nevnes at arter av *Microcystis* igjen begynner å gjøre seg kvantitativt gjeldende i Akersvatnet. I perioden 1991-1993 opphørte populasjonen av *Microcystis aeruginosa* i Akersvatnet å være dominert av toksinproduserende stammer (Utkilen et al. 1996). Materialet innsamlet juli 1997 viste at cyanotoksiner med protrauert giftvirkning kunne påvises. Slekten *Microcystis* er representert med fire arter i Akersvatnet (FIGUR 2).

FIGUR 1. Eksempler på dinocyster av flagellaten *Ceratium hirundinella*.

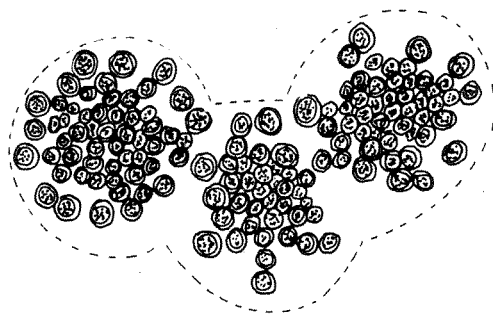
Fotografier: Gina Mikarlsen
Institutt for geologi, Universitetet i Oslo



Microcystis aeruginosa



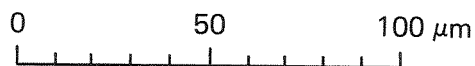
Microcystis wesenbergii



Microcystis botrys



Microcystis viridis *



FIGUR 2. Arter av slekten *Microcystis* med forekomst i Akersvatnet.

* Forekomst av denne art trenger verifikasjon.

3.4 *Ceratium*-oppblomstringen

1997 ble et utpreget år med masseforekomst av dinoflagellaten *Ceratium hirundinella* (NIVA 1995). Den ble først påvist med betydelig utgangsbestand i mai. Fra juni og frem til september var denne arten en dominerende organisme i Akersvatnets plankton. Sammen med *Aphanizomenon flos-aquae* og *Microcystis aeruginosa* utgjorde *C. hirundinella* hovedtyngden av biomasse i epilimnion, med verdier for klorofyll-a som i perioder overskred 150 µg/l (juli 1997). Kulminasjonen av oppblomstringen fant sted i juli og august.

Tidligere år med masseutvikling av *C. hirundinella* har vært 1994 og 1995 (NIVA 1995). Det var større bestand av denne flagellaten i 1997 sammenliknet med i 1995. Imidlertid inntraff ikke et plutselig sammenbrudd av populasjonen som i 1995, da det kom til omfattende fiskedød. Årsaken til forholdet kan være flere, men de praktiske tiltakene som ble iverksatt sommeren 1997 av VIV, Stokke kommune og Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Vestfold, hadde utvilsomt positiv effekt. Disse tiltakene besto i uttapping av overflatevann og resirkulering (lufting) av vann ved Akersvannverket i den mest kritiske periode. Bestanden av *C. hirundinella* gikk tilbake med omfattende dannelse av dinocyster som sedimenterte (Hauge 1958).

4. Diskusjon

Akersvatnet hadde i vegetasjonsperioden 1997 en særdeles frodig utvikling av planktonalger. Det var et fåtall arter som hadde masseutvikling. Spesielt kan nevnes *Ceratium hirundinella*, *Aphanizomenon flos-aquae* og *Microcystis aeruginosa*. Under lange perioder med disse algene i dominerende forekomst var vannmassene i Akersvatnet lite tjenlige som råvann til vannforsyning. Dette skyldes flere faktorer:

- algebiomassen lager betydelige filtreringsproblemer
- lett nedbrytbart organisk materiale har høy konsentrasjon og medfører tendens til dannelse av råttent vann
- stoffer som gir uønskede lukt- og smakspåvirkninger av vannet er til stede
- algetoksiner produsert av blågrønnalger (cyanotoksiner) kan medføre helserisiko.

Resultatene fra 1997 kan sammenholdes med observasjonene fra Akersvannet i fire tidligere år (TABELL 1).

TABELL 1 Sammenlikning mellom årene i perioden 1993-1997 av faktorer med betydning for vannkvaliteten i Akersvatnet.

Faktorer	1993	1994	1995	1996	1997
Blågrønnalger	<i>Anabaena</i>	<i>Anabaena</i>	<i>Anabaena</i>	<i>Aphanizomenon</i>	<i>Aphanizomenon</i>
	<i>Aphanizomenon</i>	<i>Aphanizomenon</i>	<i>Aphanizomenon</i> <i>Microcystis</i>	<i>Anabaena</i>	<i>Microcystis</i>
Ceratium		Masseforekomst	Masseforekomst		Masseforekomst
Toksiner	Ikke påvist	Ikke påvist	Microcystin-LR Microcystin-YR	Toksiner med protrahert virkning	Toksiner med protrahert virkning
Vinterpumping (ukenummer)	2-12	1-13		52(1995) - 8	
Oksygenbrist		juli, august	juli, august	mars, august	juli, august
Fiskedød			Gjørs Gjedde		
NO₃-begrensning		juli, august	juli, august	juli, august	august
SiO₂-begrensning	juni, juli	juni, juli	juni, september	juni, juli, august	april, mai
Lys-begrensning	juni (under 5 m dyp)	juni (under 1 m dyp) juni, august, september (under 2 m dyp)	juni (under 2 m dyp)	juni, juli, august (under 3 m dyp)	juli, august (under 2 m dyp)

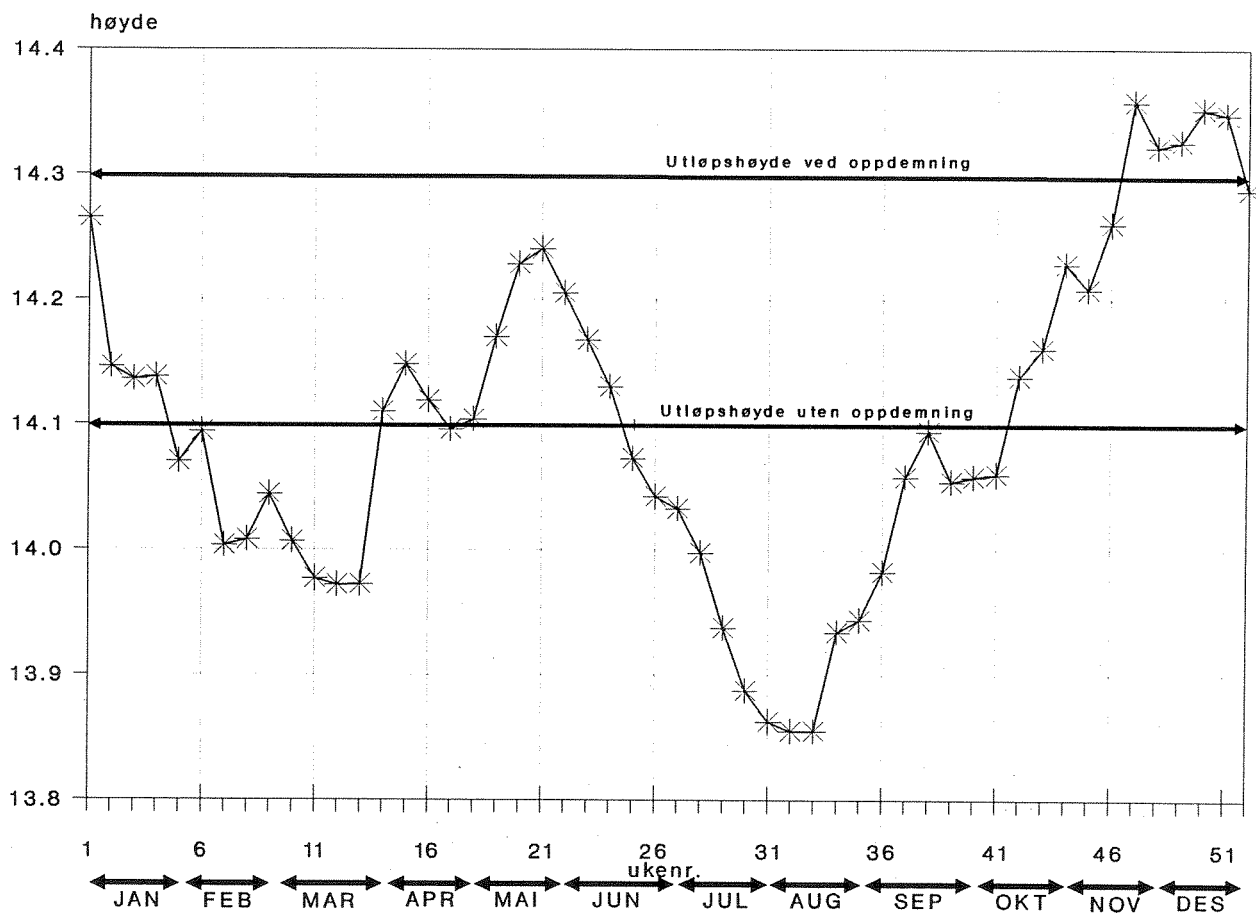
Det er tredje gangen i femårsperioden 1993-1997 at *Ceratium hirundinella* har masseforekomst. I slike situasjoner har denne algen dominans gjennom en stor del av vegetasjonsperioden. I 1995 inntraff fiskedød i forbindelse med flagellatbestandens plutselige sammenbrudd. Faren for en slik episode vil stadig være til stede i Akersvatnet når *Ceratium* har slike masseoppblomstringer. Det bør derfor tilrettelegges en løpende beredskap for å kunne gjøre nødvendige forholdsregler i aktuelle situasjoner. Det kan f.eks. være hensiktsmessig med et luftesystem som på kort varsel kan tas i bruk.

For produksjonen av fisk i Akersvatnet kan imidlertid stor utvikling av planktonalger også være en gunstig faktor i ernæringsammenheng. Som primærprodusent har f.eks. *Ceratium* verdifulle egenskaper.

Blågrønnalger hadde stor forekomst i Akersvatnet i 1997. Både *Aphanizomenon flos-aquae* og *Microcystis aeruginosa* var fremtredende arter i planktonet. Det var toksinproduserende stammer av artene som utviklet seg. Flere typer av microcystiner dannes i Akersvatnet av de aktuelle artene i slekten *Microcystis*. Det er nødvendig at et nytt beskrevet cyanotoksin får oppmerksomhet i vannhygienisk sammenheng. Observasjonene i Akersvatnet indikerer at *Aphanizomenon flos-aquae* har stammer som produserer toksinet cylindrospermopsin. Undersøkelser av dette blir videreført i 1998.

Når det gjelder virkninger av tiltaket med vinterpumping av vann ut av Akersvatnet, er dette ennå utført for lite systematisk til å kunne trekke konklusjoner. I 1997 ble det ikke foretatt vinterpumping.

En hovedfaktor når det gjelder masseutviklingen av alger i Akersvatnet utgjør innsjøens utpregede stagnasjon. Forholdet fremgår av bl.a. observasjonene av vannstandsvekslingene som blir registrert på Akersvannverket. Målingene for 1992 - 1997 er gjengitt i FIGUR 3. Både i vintersituasjon og sommersituasjon er det lange perioder uten avrenning fra innsjøen. Dette lager gunstige betingelser for de vannblomstdannende artene i planteplanktonet (f.eks. *Ceratium*, *Aphanizomenon* og *Microcystis*). Resultatene understreker betydningen av å kunne gjøre hydrologiske tiltak for å motvirke masseutviklingen av planktonalger. Hvordan dette eventuelt kan få en praktisk gjennomføring bør avklares i det videre arbeid med Akersvatnet.



FIGUR 3. Vannstandsvekslinger i Akersvatnet. Middelerdier for perioden 1992-1997. Målinger utført ved Akersvannverket av VIV.

5. Henvisninger

- Banker, R., Carmeli, S., Hadas, O., Teltsch, B., Porat, R. & Sukenik, A. (1997): Identification of cylindropermopsin in *Aphanizomenon ovalisporum* (Cyanophyceae) isolated from Lake Kinneret, Israel. *J. Phycol.* 33: 613-616.
- Berg, K., Carmichael, W.W., Skulberg, O.M., Benestad, Chr. & Underdal, B. (1987): Investigation of a toxic water bloom of *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae) in Lake Akersvatn, Norway. *Hydrobiologia* 144: 97-103.
- Det norske meteorologiske institutt (1997): Personlig meddelelse.
- Falconer, I.R. (ed.) (1993): *Algal Toxins in Seafood and Drinking Water*. Academic Press, London. 224 pp.
- Hauge, H.V. (1958): On the freshwater species of *Ceratium*. *Nytt Magasin for Botanikk* 6: 97-119.
- Norsk institutt for vannforskning (1991): Akersvatnet. Blågrønnalger - vannkvalitet, resultater av undersøkelser i 1989 og 1990. Rapport O-90086. Oslo, 29 juli 1991. 56 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1994): Akersvatnet. Hydrobiologisk vannkvalitet og kontrollert utskiftning av vannmasser. Observasjoner 1992 og 1993. Rapport O-92040. Oslo, 10. januar 1994. 72 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1995): Akersvatnet. Hydrologisk vannkvalitet og kontrollert utskiftning av vannmasser. Observasjoner 1994. Rapport O-92040. Oslo, 15. mars 1995. 43 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1997): Akersvatnet. Arbeidsprogram 1997. Oslo, 17. januar 1997. 3 pp.
- Skulberg, O.M. (1978): Sestonobservasjoner ved vassdragsundersøkelser. *Fauna* 31: 48-54.
- Skulberg, O.M. (1996): Toxins produced by cyanophytes in Norwegian inland waters - health and environment. In: *Chemical data as a basis of geomedical investigations*. Ed. J. Låg. The Norwegian Academy of Science and Letters, Oslo. pp. 197-216.

- Skulberg, O.M., Underdal, B. & Utkilen, H. (1994): Toxic waterblooms with cyanophytes in Norway - current knowledge. Arch. Hydrobiol./Suppl. 105, Algological Studies 75: 279-289.
- Underdal, B., Nordstoga, K. & Skulberg, O.M. (1998): Toxicological studies of protracted poisoning effects caused by metabolites of *Aphanizomenon flos-aquae* (Cyanophyta). Aquatic Toxicology (in press).
- Utkilen, H., Skulberg, O.M., Underdal, B., Gjølme, N., Skulberg, R. & Kotai, J. (1996): The rise and fall of a toxigenic population of *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae, Cyanobacteria) - a decade of observations in Lake Akersvatnet, Norway. Phycologia 35 (Suppl.6): 189-197.
- Vennerød, K. (red.) (1984): Vassdragsundersøkelser - en metodebok i limnologi. Norsk Limnologforening, Universitetsforlaget, Oslo.

VEDLEGG

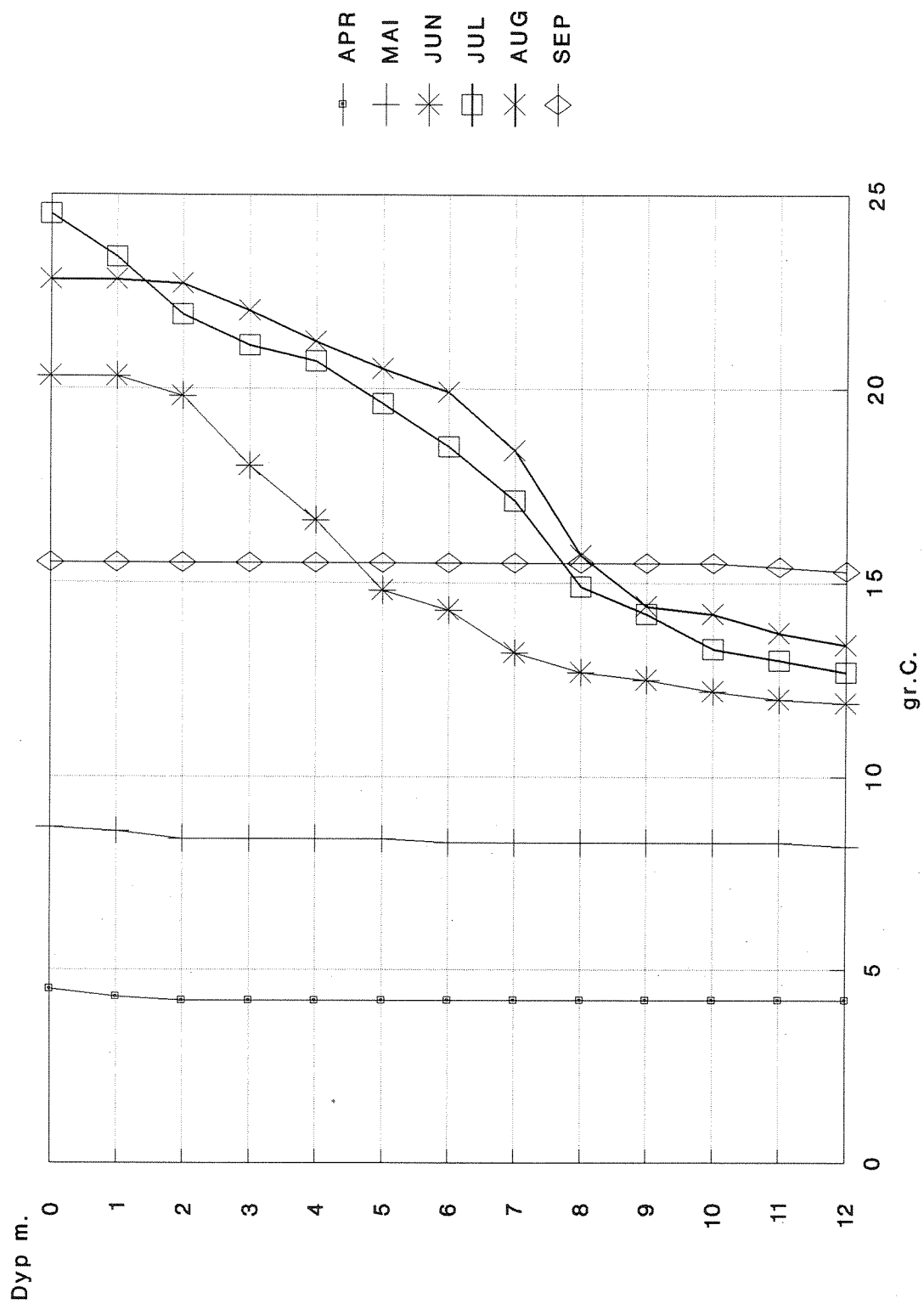
1. Grafiske fremstillinger av observasjoner og analyseresultater i 1997

Figur 1-18 Miljøfaktorer fremstilt som funksjon av innsjødyb

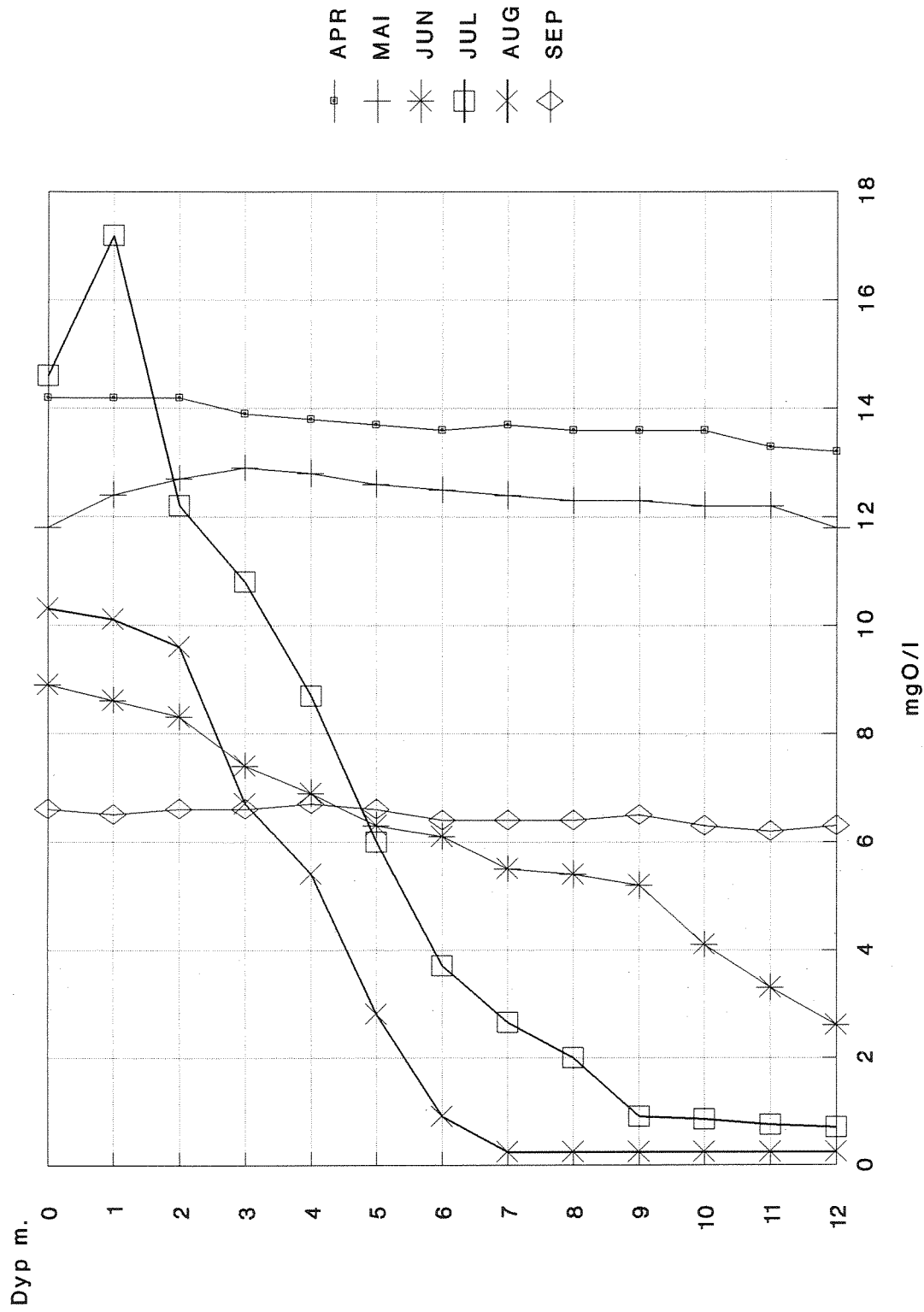
Figur 19-36 Observerte verdier omregnet til vannmassen i hele innsjøbassenget

Figur 1.	Vanntemperatur	°C
Figur 2.	Oksygenkonsentrasjon	mg/l
Figur 3.	Oksygenmetning	%
Figur 4.	Surhetsgrad	pH
Figur 5.	Konduktivitet	mS/m 25°C
Figur 6.	Farge	mg Pt/l
Figur 7.	Turbiditet	FTU
Figur 8.	Totalfosfor	µg P/l
Figur 9.	Totalnitrogen	µg N/l
Figur 10.	Nitrat	µg N/l
Figur 11.	Organisk nitrogen (Tot N - nitrat)	µg N/l
Figur 12.	Silisium	mg SiO ₂ /l
Figur 13.	Klorofyll a	µg Chla/l
Figur 14.	Suspendert stoff. Tørrvekt	mg/l
Figur 15.	Suspendert stoff. Gløderest	mg/l
Figur 16.	Suspendert organisk stoff	mg/l
Figur 17.	Total nitrogen : total fosfor	TN/TP
Figur 18.	Nitrogenveksttall	Vn

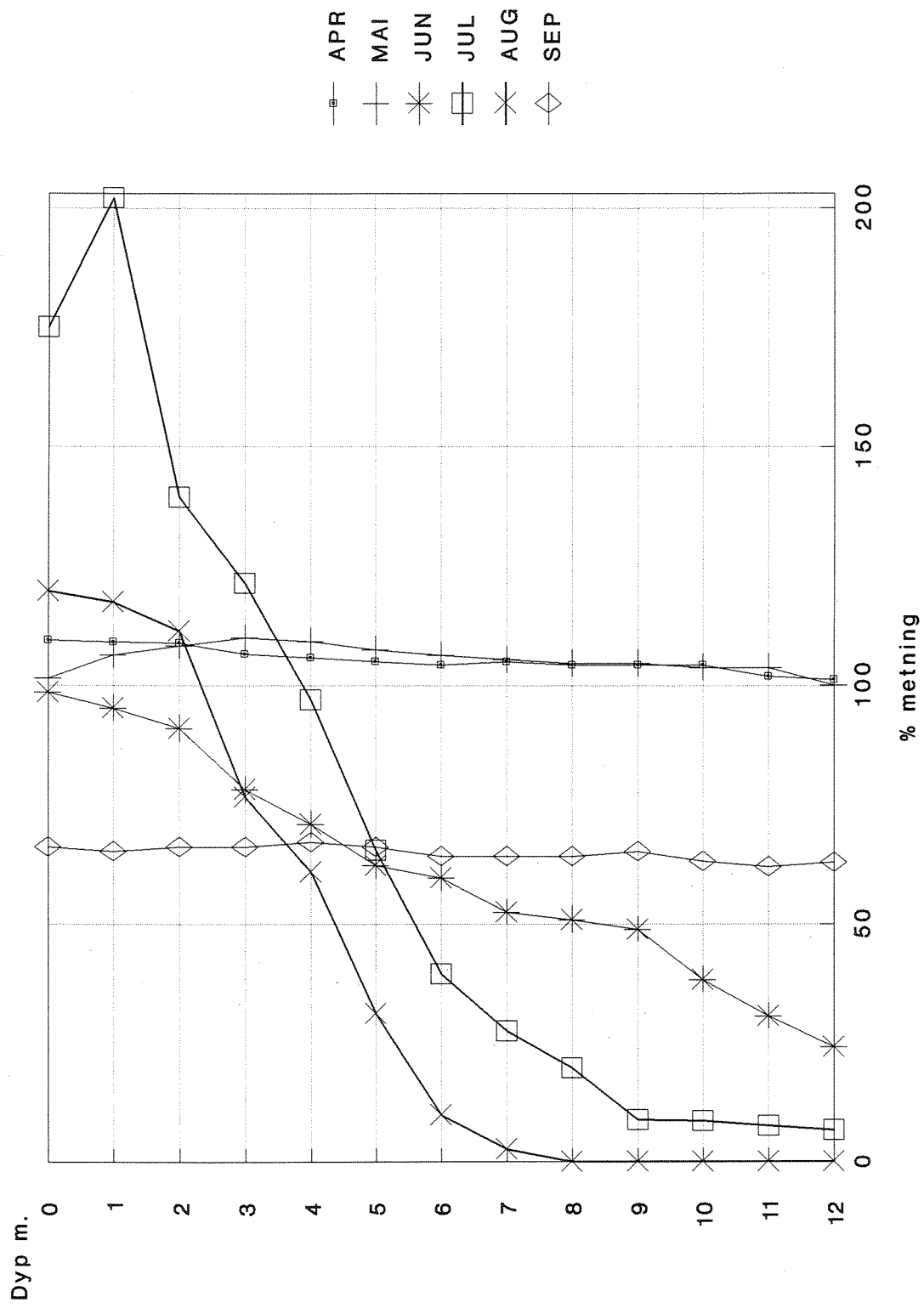
- Figur 19. Forandringer i vanntemperatur.
- Figur 20. Forandringer i oksygenkonsentrasjon.
- Figur 21. Forandringer i oksygenmetning.
- Figur 22. Forandringer i surhetsgrad.
- Figur 23. Forandringer i konduktivitet.
- Figur 24. Forandringer i farge.
- Figur 25. Forandringer i turbiditet.
- Figur 26. Forandringer i totalfosfor.
- Figur 27. Forandringer i totalnitrogen.
- Figur 28. Forandringer i nitrat.
- Figur 29. Forandringer i organisk nitrogen.
- Figur 30. Forandringer i silisium.
- Figur 31. Forandringer i klorofyll a.
- Figur 32. Forandringer i tørrvekt.
- Figur 33. Forandringer i gløderest av suspendert stoff.
- Figur 34. Forandringer av suspendert organisk stoff.
- Figur 35. Forandringer av forholdet totalnitrogen/totalfosfor.
- Figur 36. Forandringer av nitrogenveksttallet Vn.



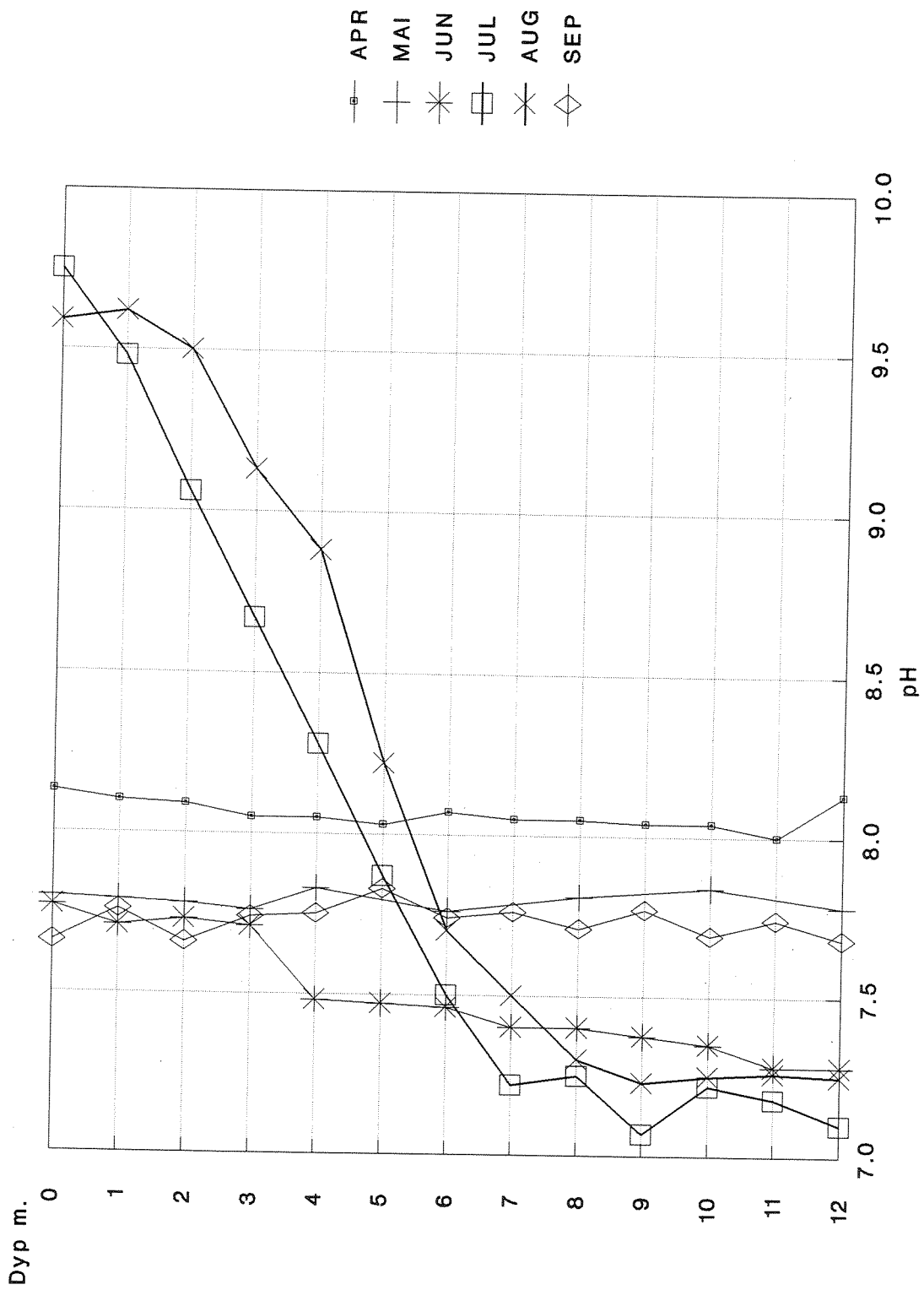
FIGUR 1. Observasjoner av vanntemperatur. April - september 1997



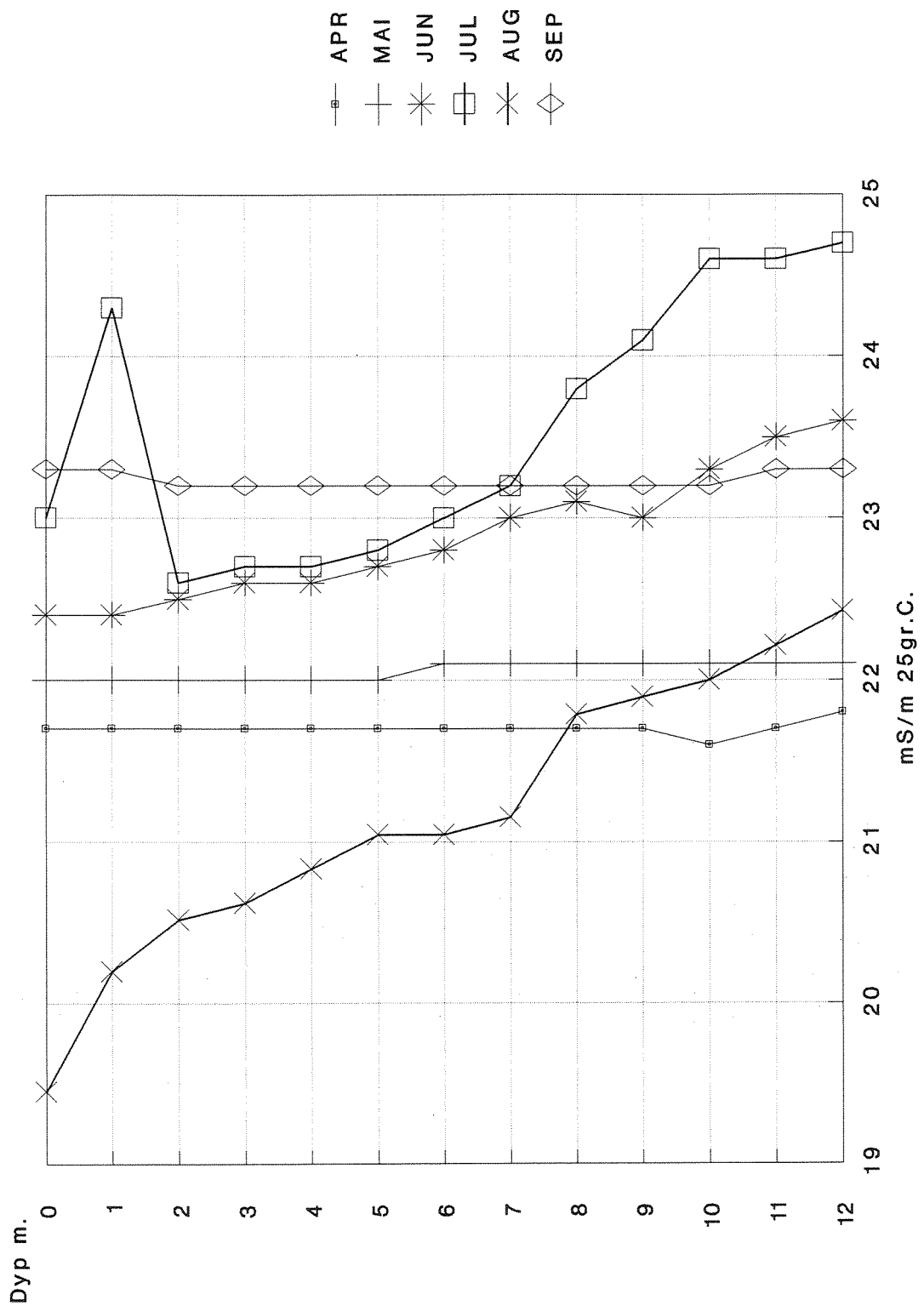
FIGUR 2. Oksygenkonsentrasjon. April - september 1997



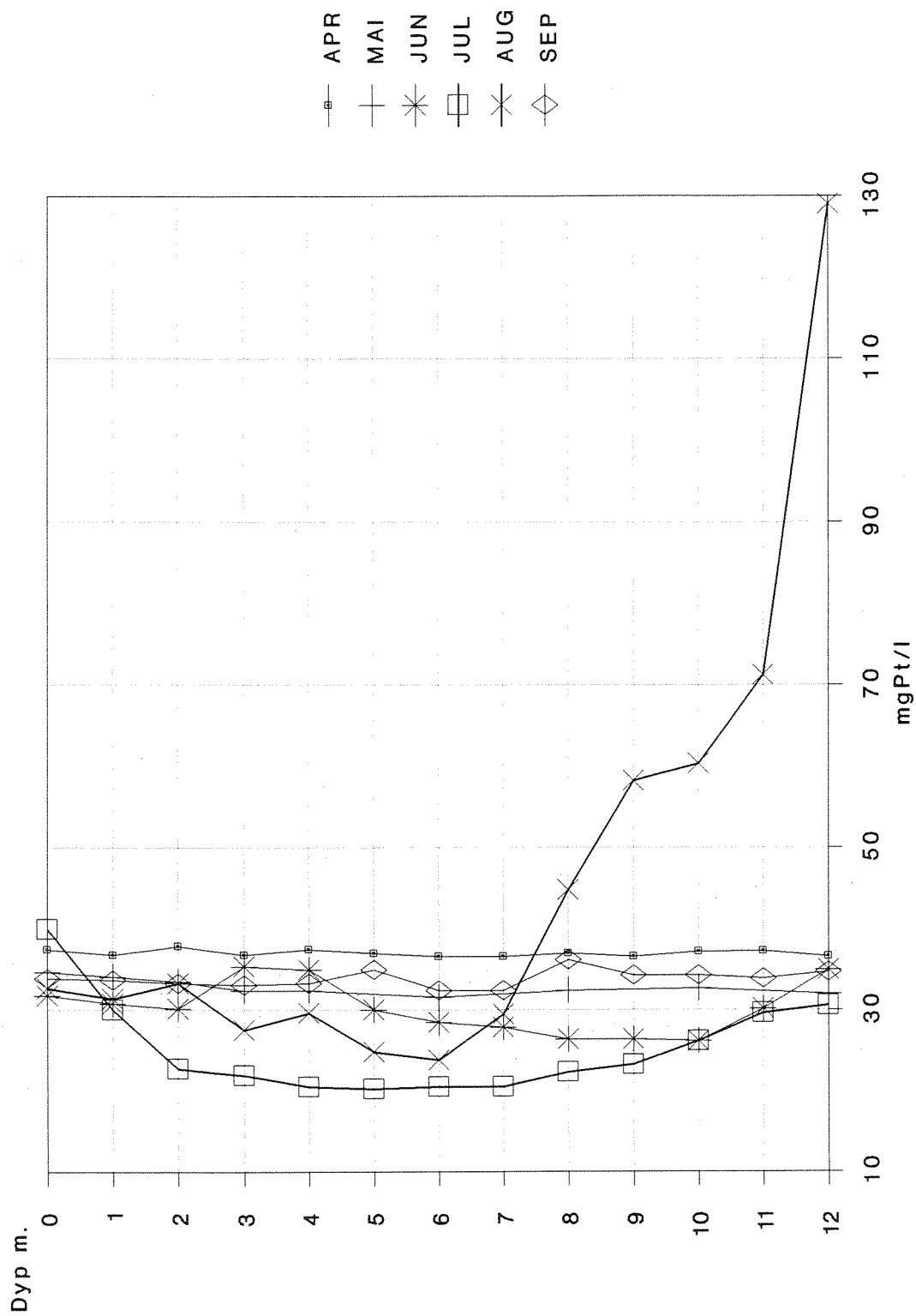
FIGUR 3. Oksygenmetning. April - september 1997



FIGUR 4. Bestemmelser av surhetsgrad. April - september 1997

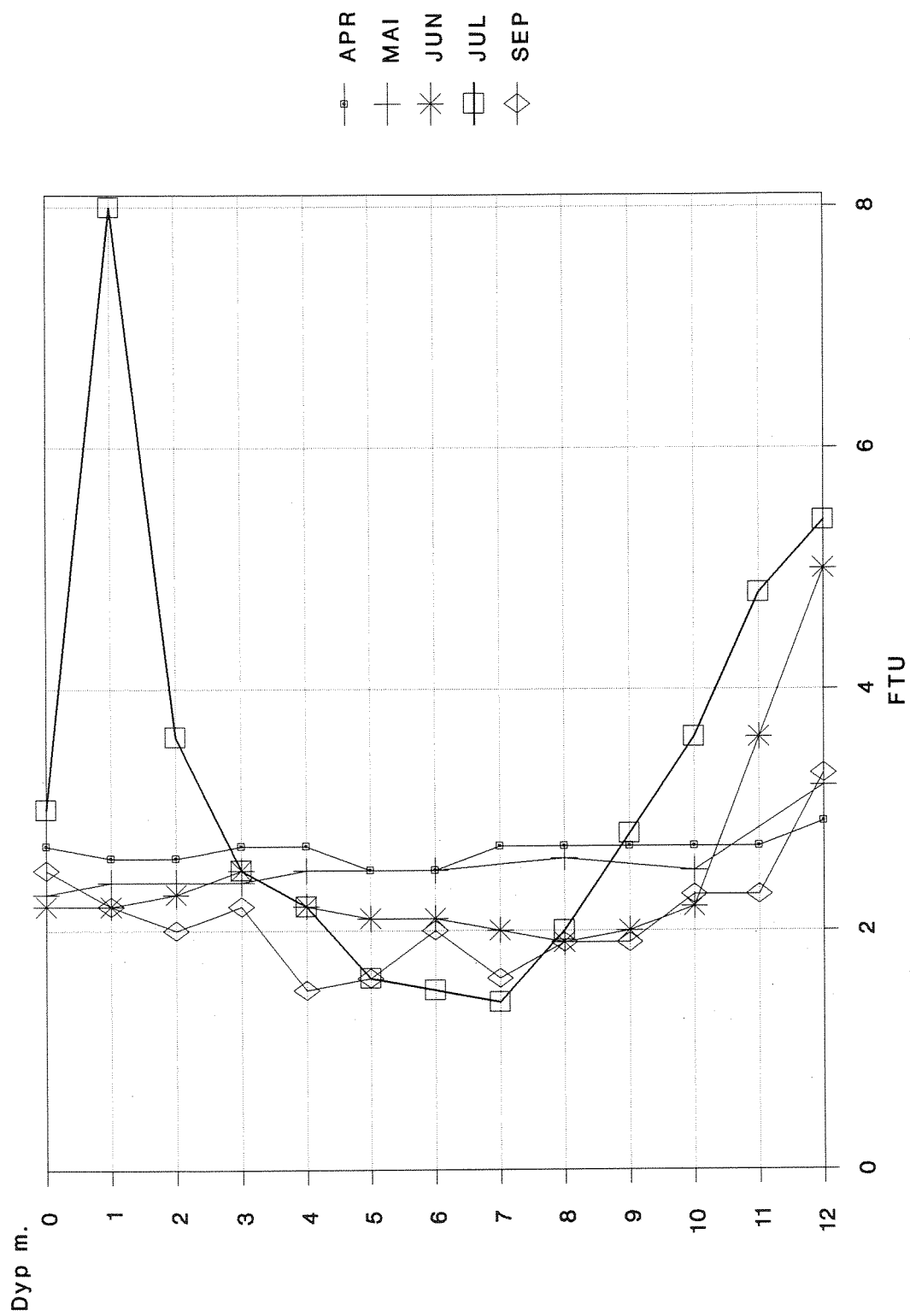


FIGUR 5. Resultater av konduktivitetsmålinger. April - september 1997



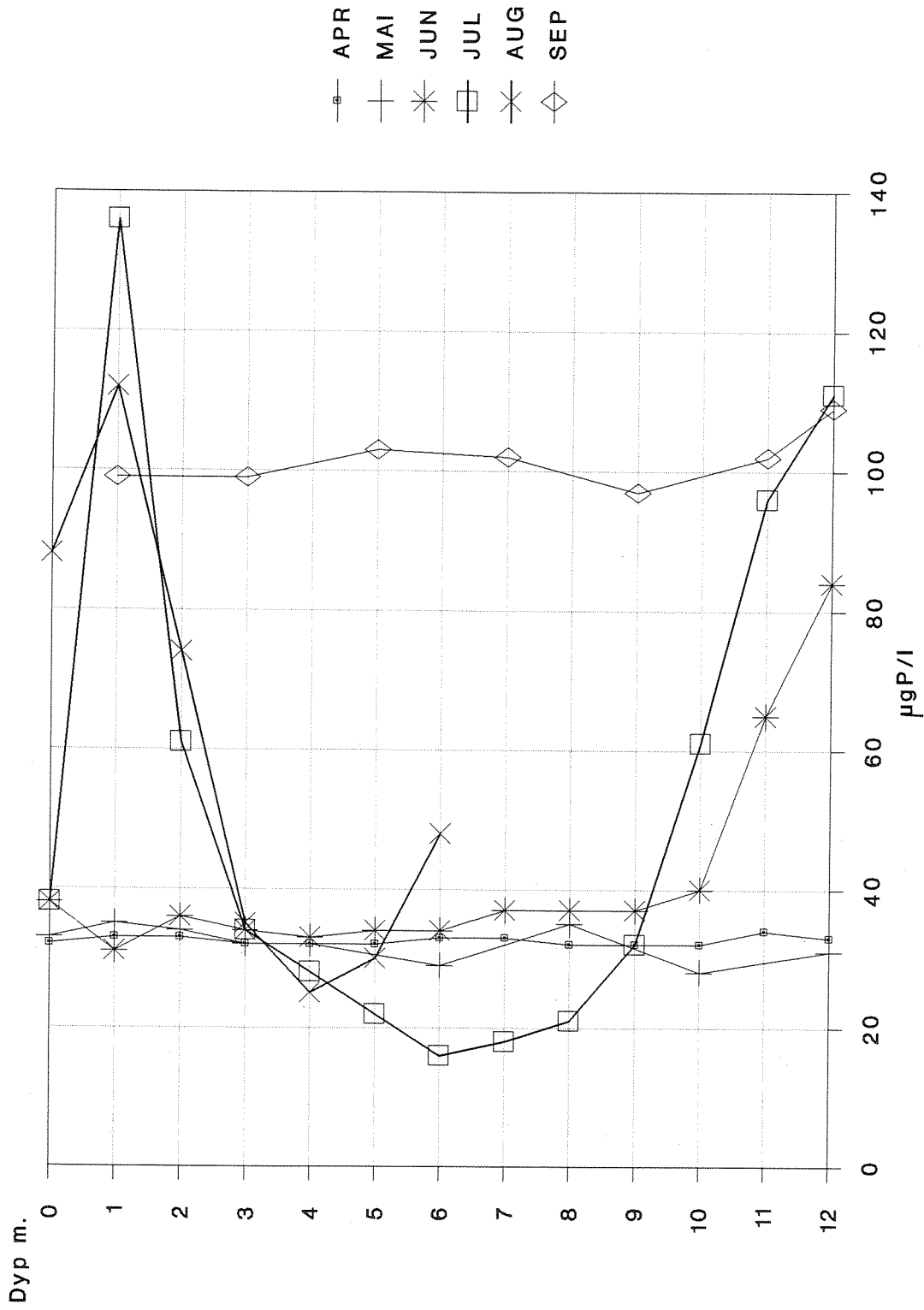
Utfelling i AUG-prøve fra 7-14m dyp.

FIGUR 6. Bestemmelse av farge. April - september 1997



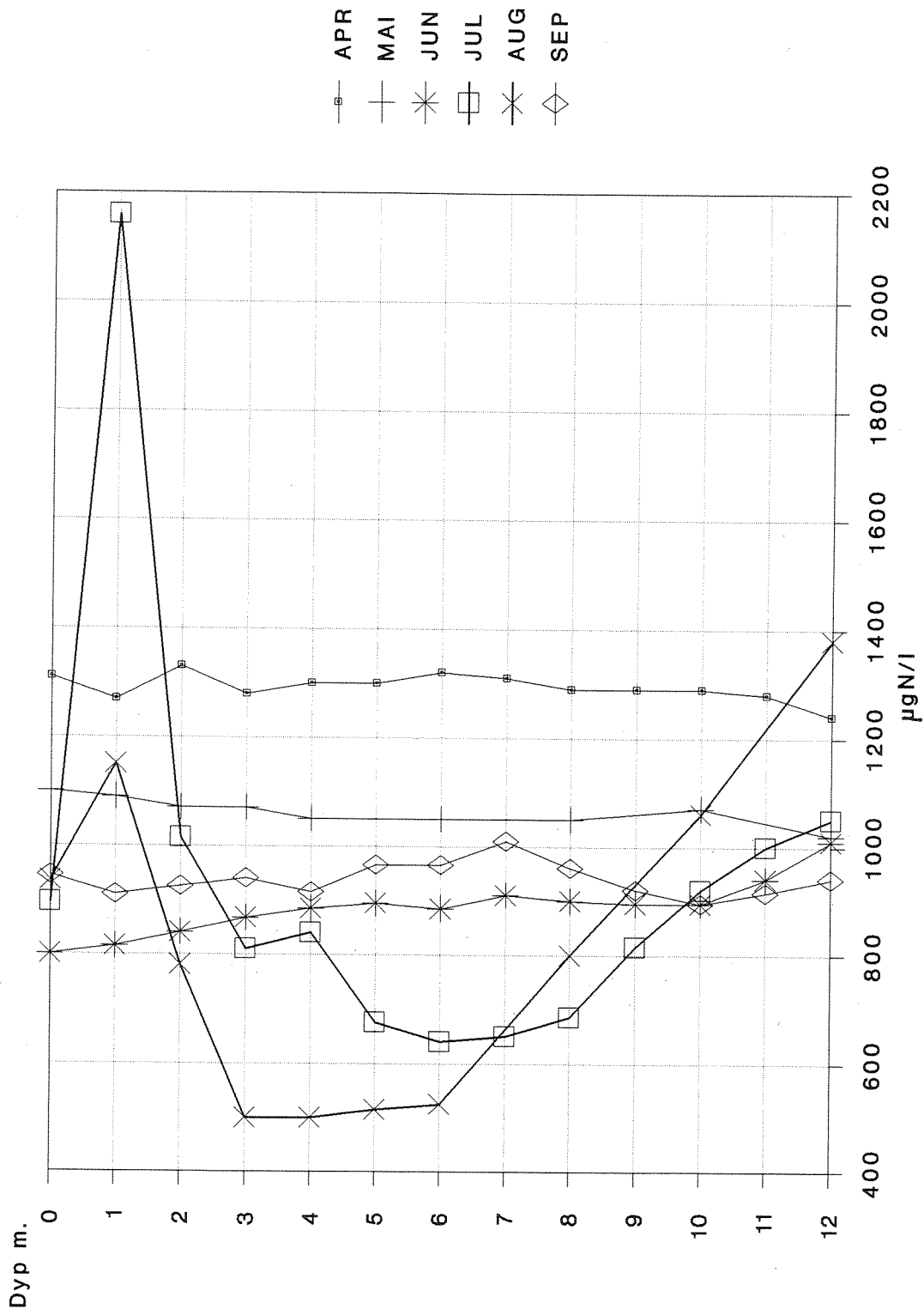
Utfelling i AUG-prøve fra 7-14m dyp.

FIGUR 7. Vannmassenes turbiditet. April - september 1997



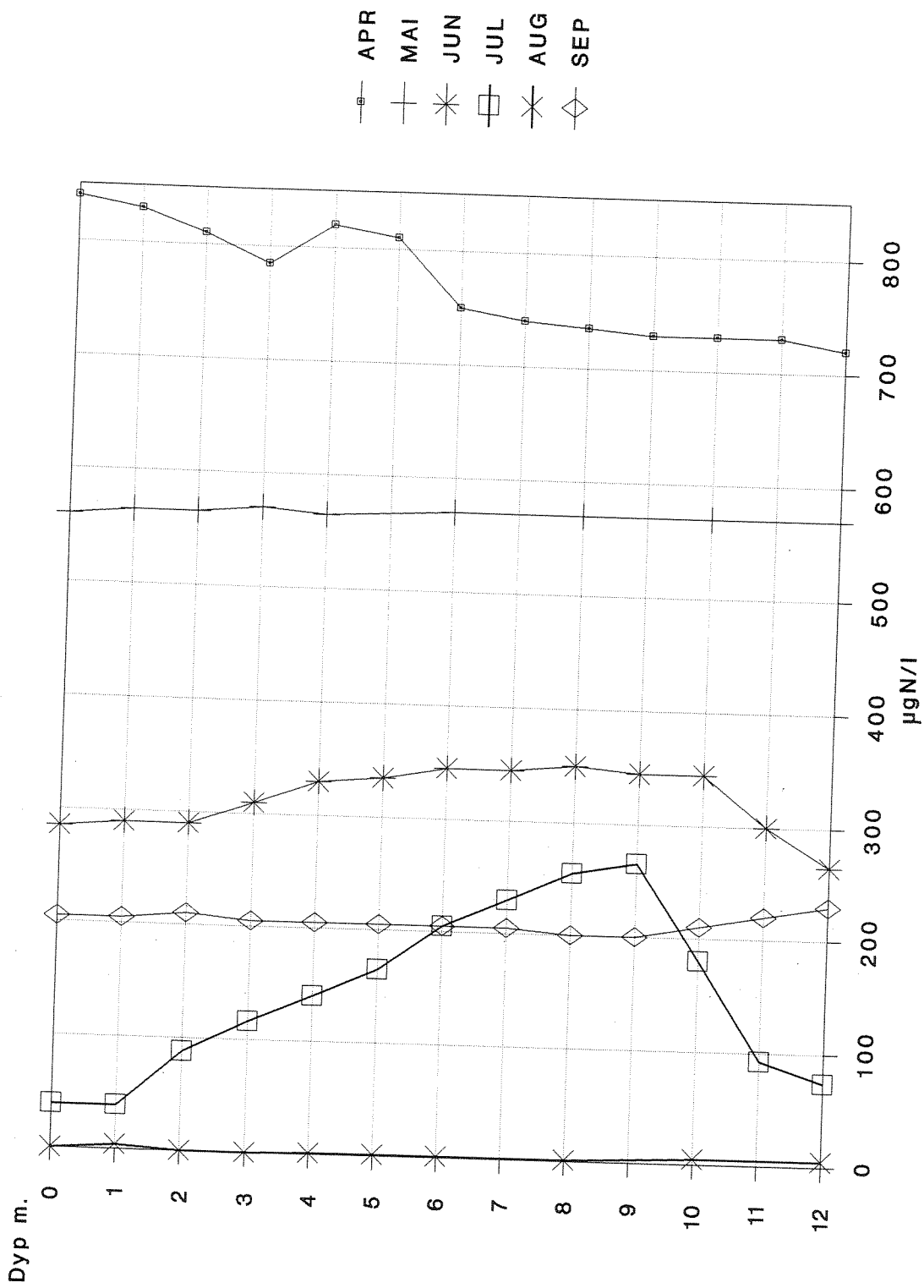
Utfelling i AUG-prøve fra 7-14m dyp.

FIGUR 8. Konsentrasjoner av totalfosfor. April - september 1997

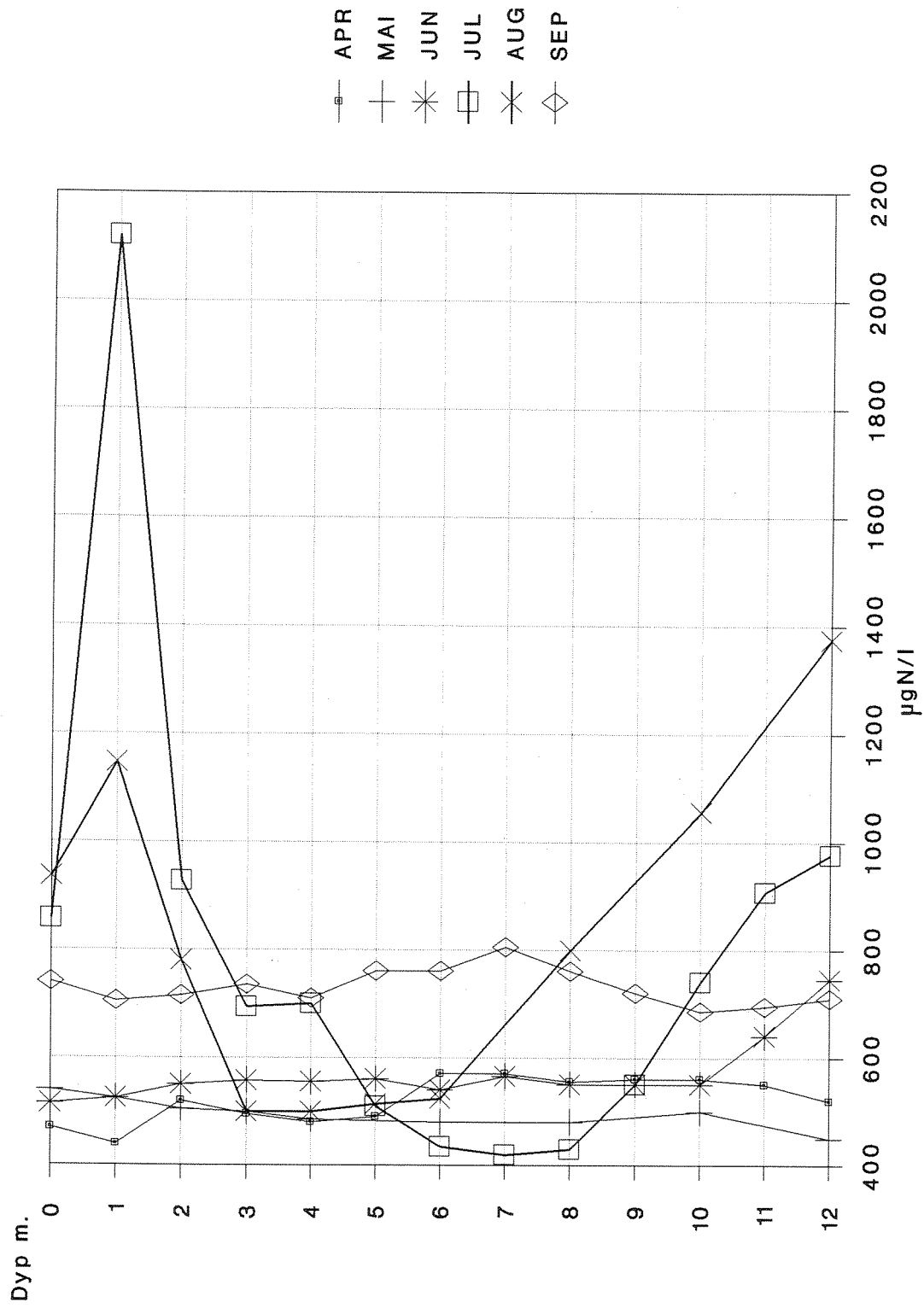


Utfelling i AUG-prøve fra 7-14m dyp.

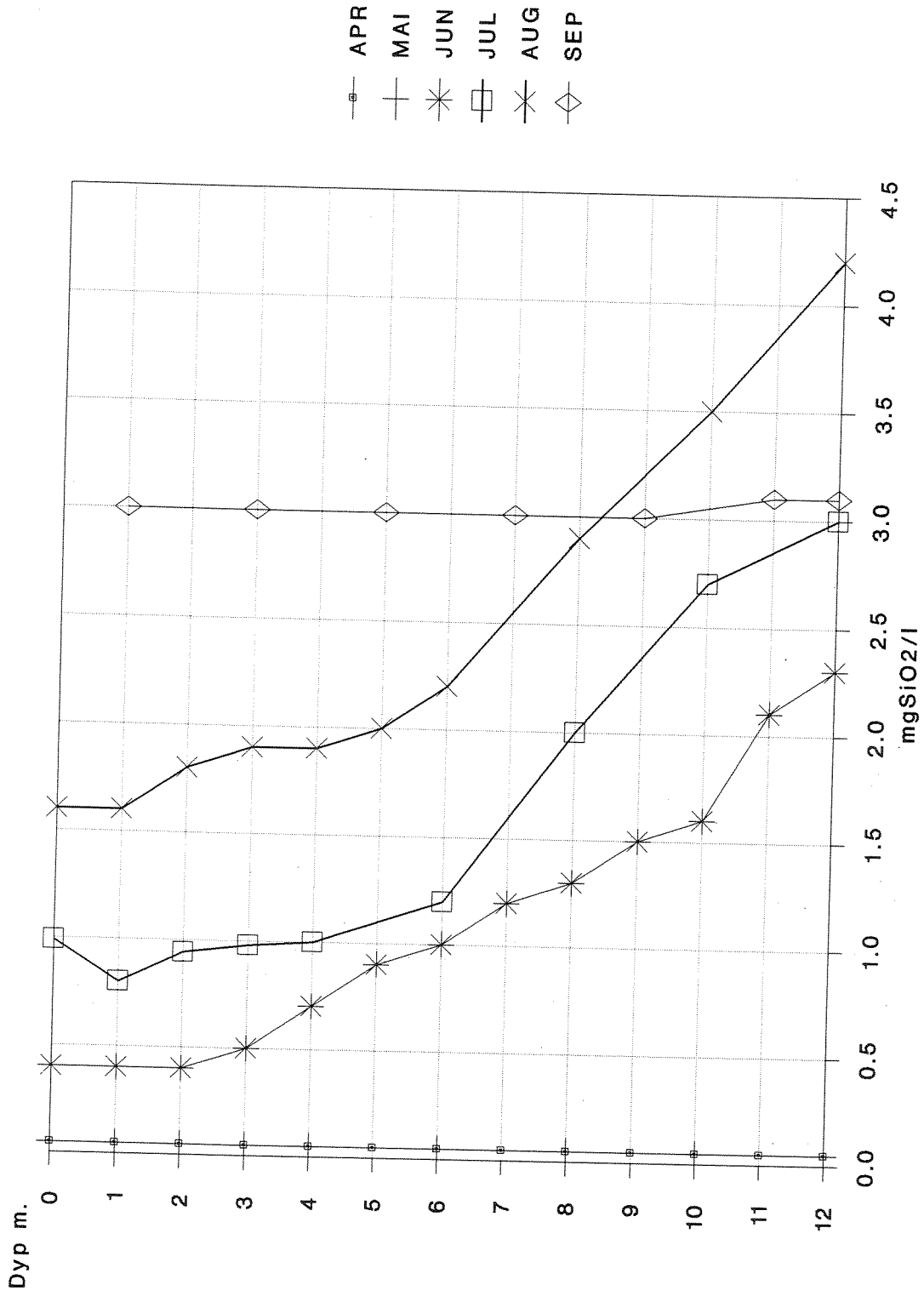
FIGUR 9. Konsentrasjoner av totalnitrogen. April - september 1997



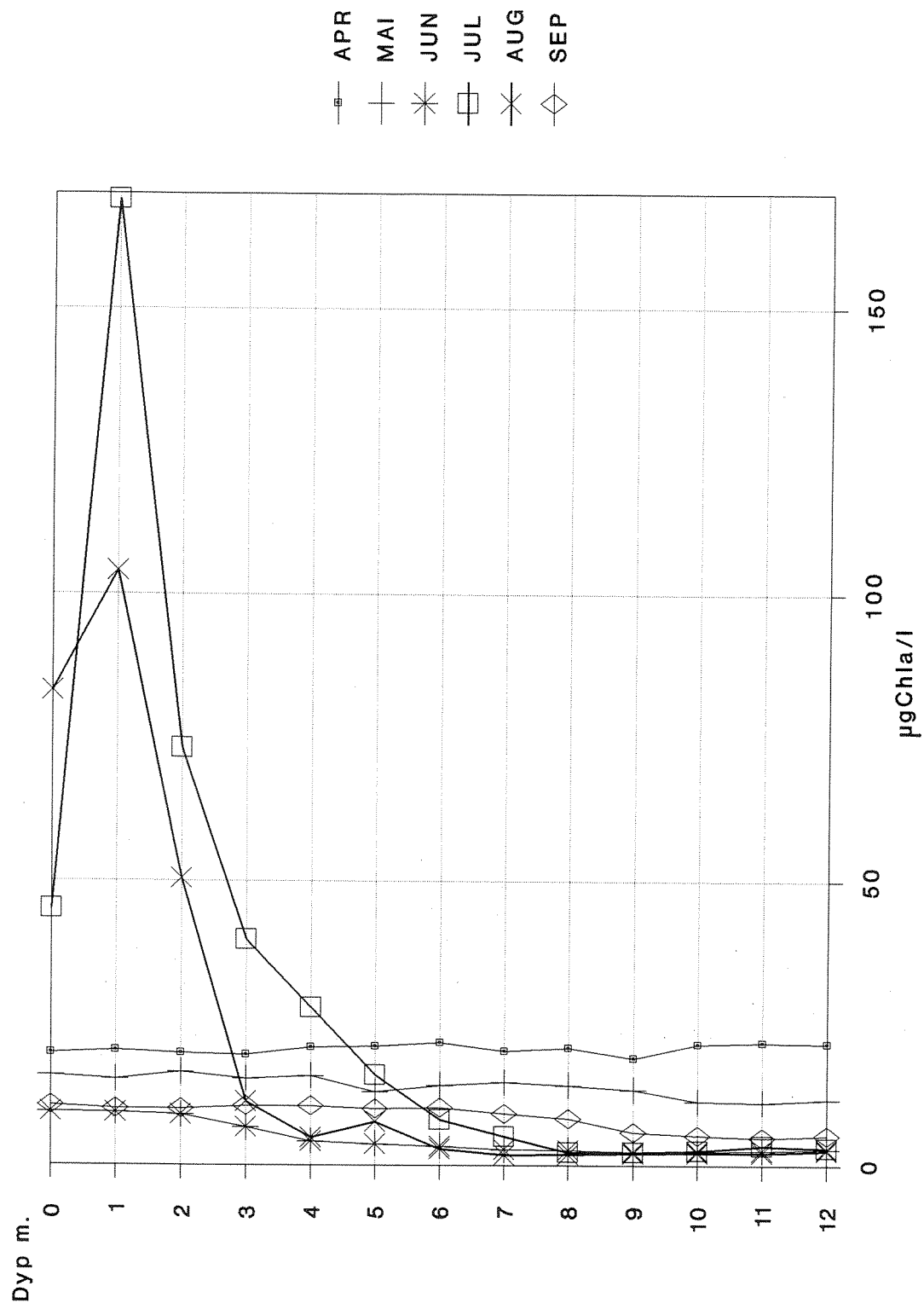
FIGUR 10. Konsentrasjoner av nitrat. April - september 1997.



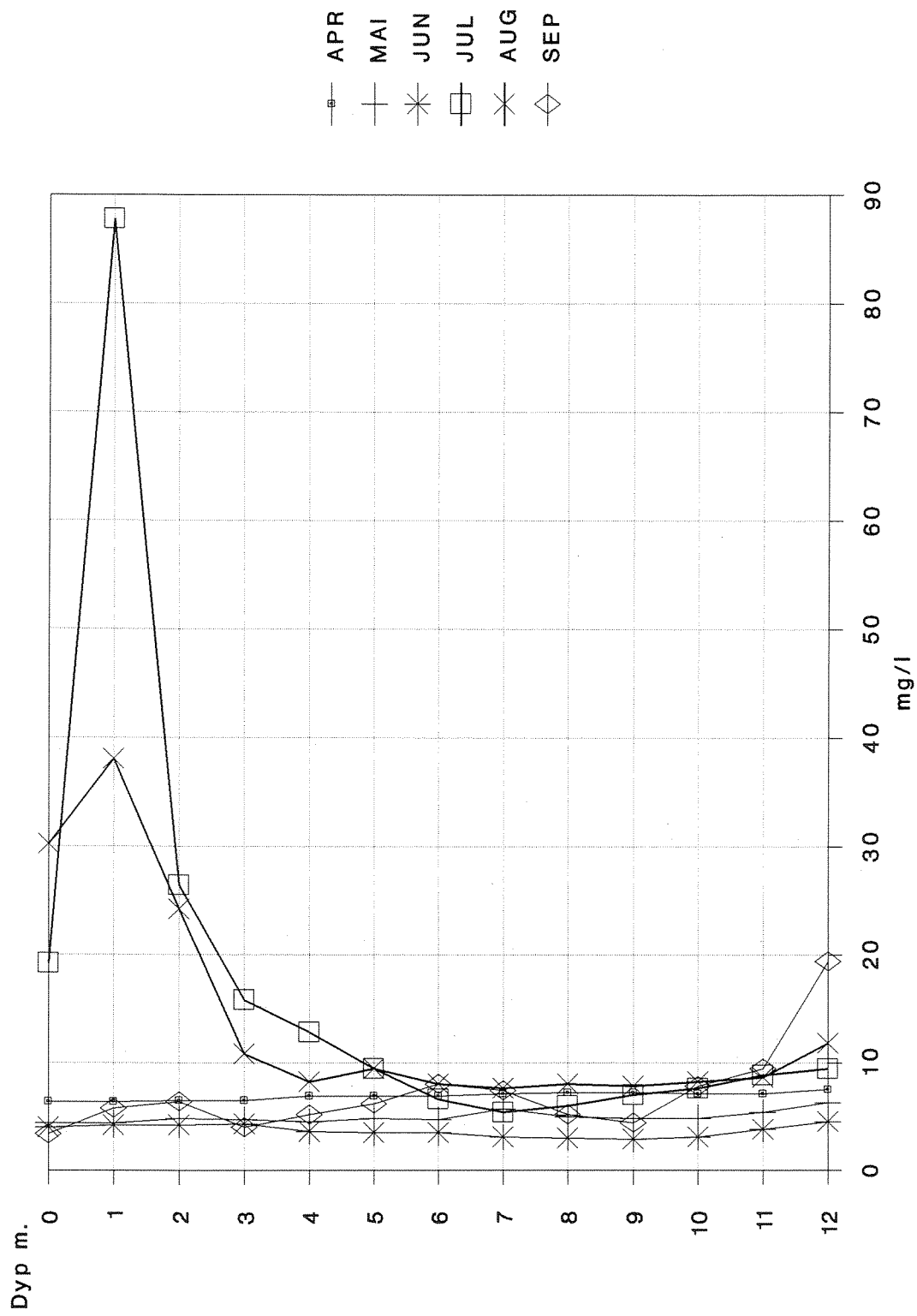
FIGUR 11. Konsentrasjoner av organisk nitrogen. April - september 1997



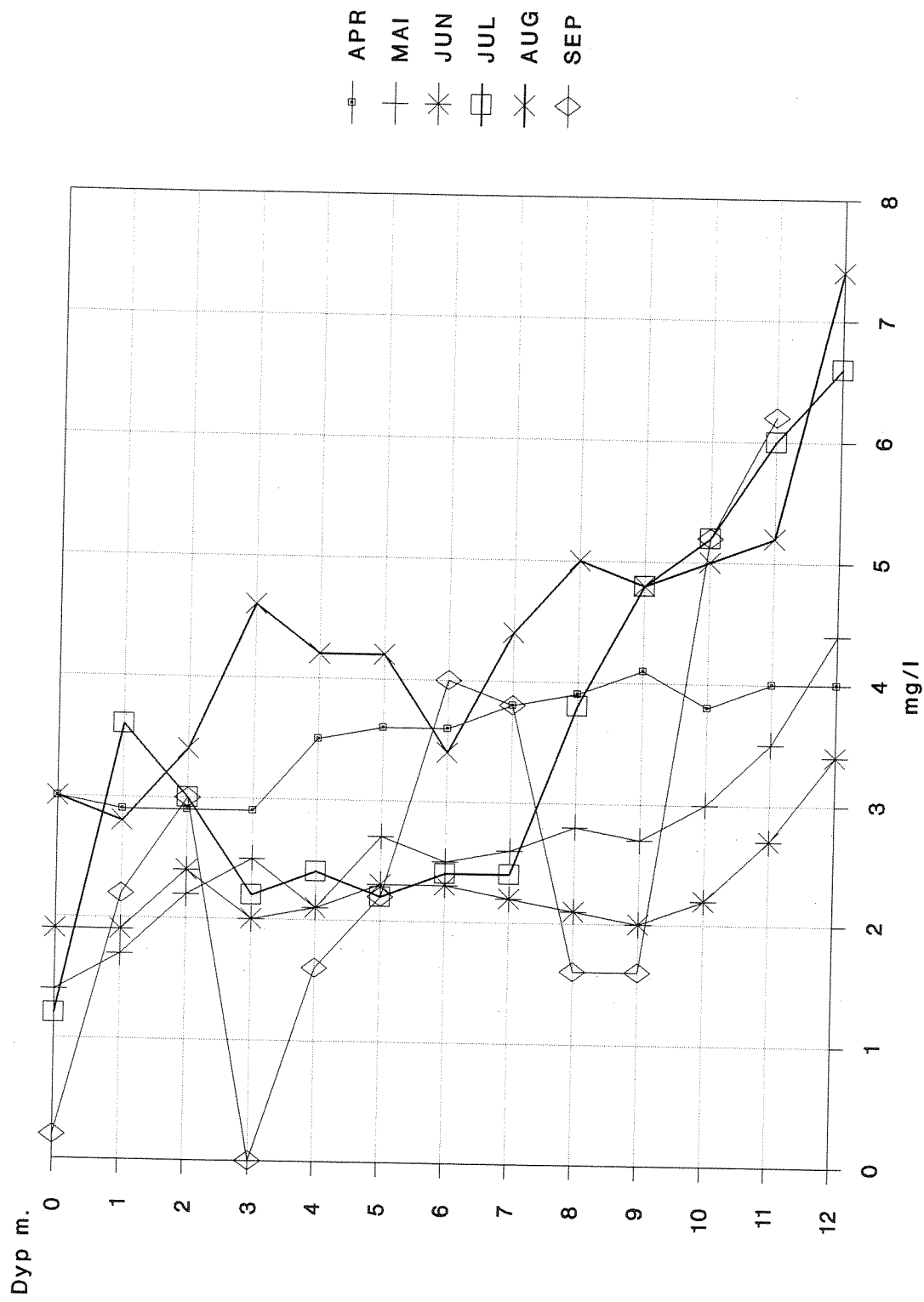
FIGUR 12. Konsentrasjoner av silisium. April - september 1997



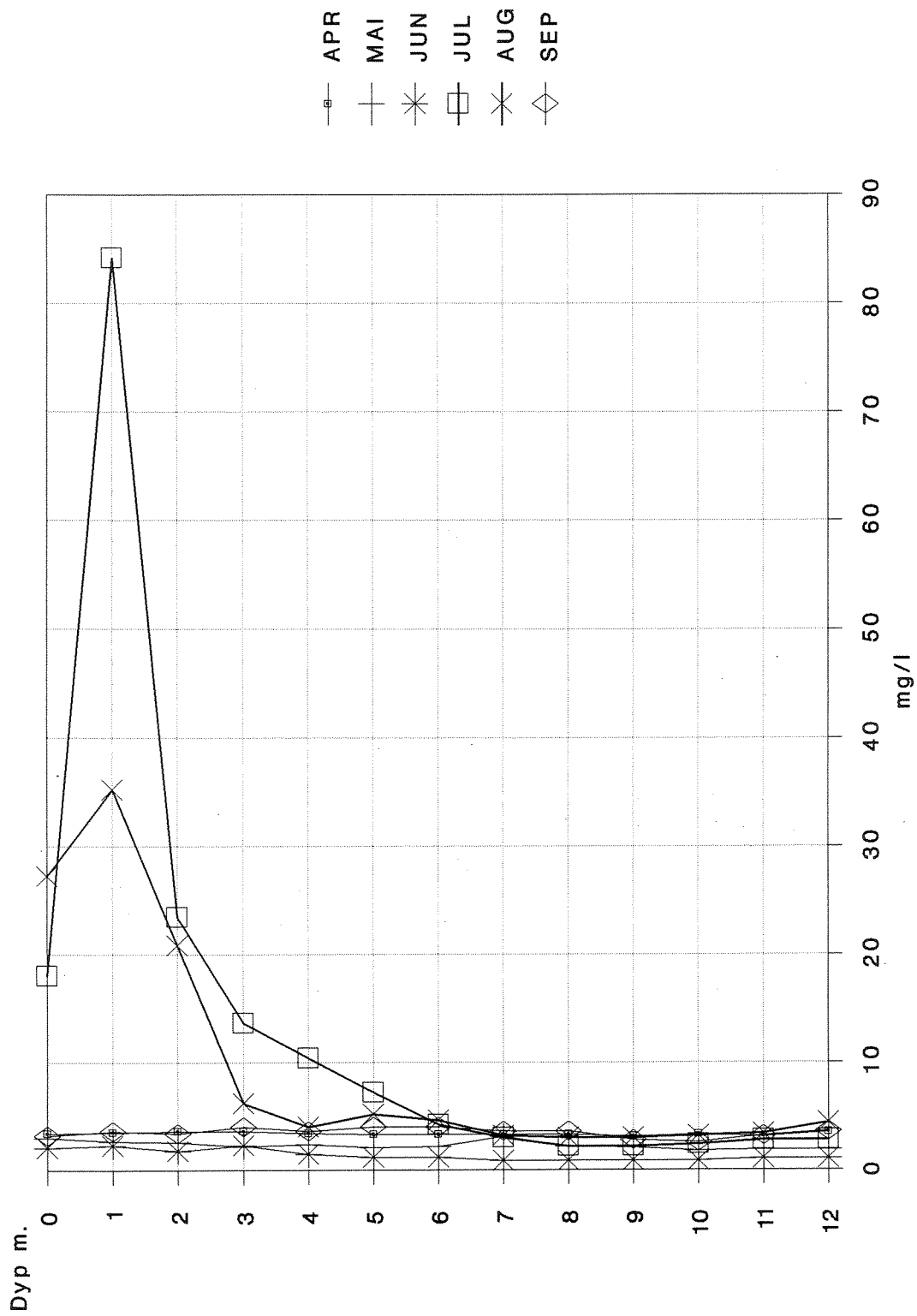
FIGUR 13. Bestemmelser av klorofyll a. April - september 1997



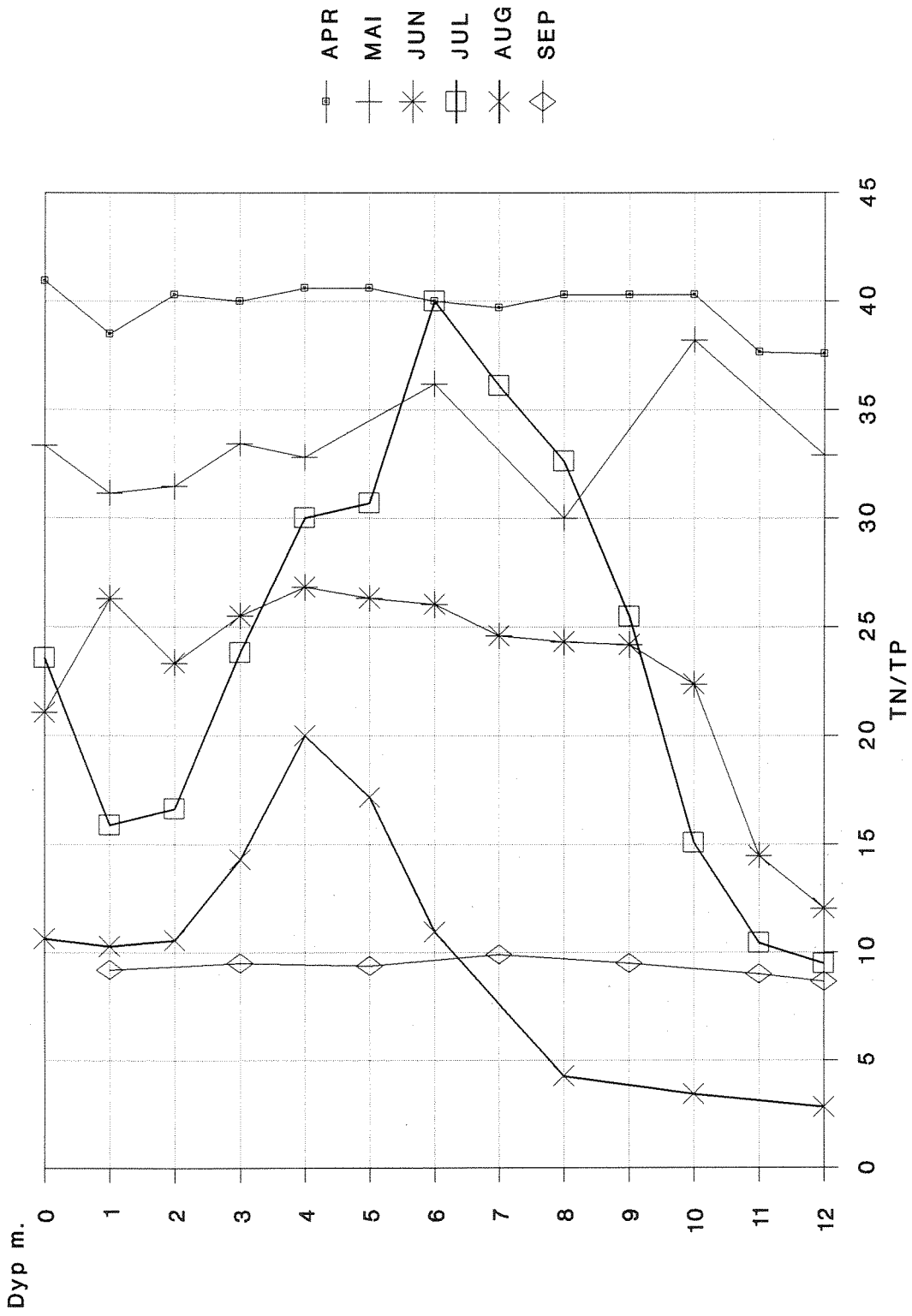
FIGUR 14. Bestemmelser av suspendert stoff som tørrvekt. April - september 1997



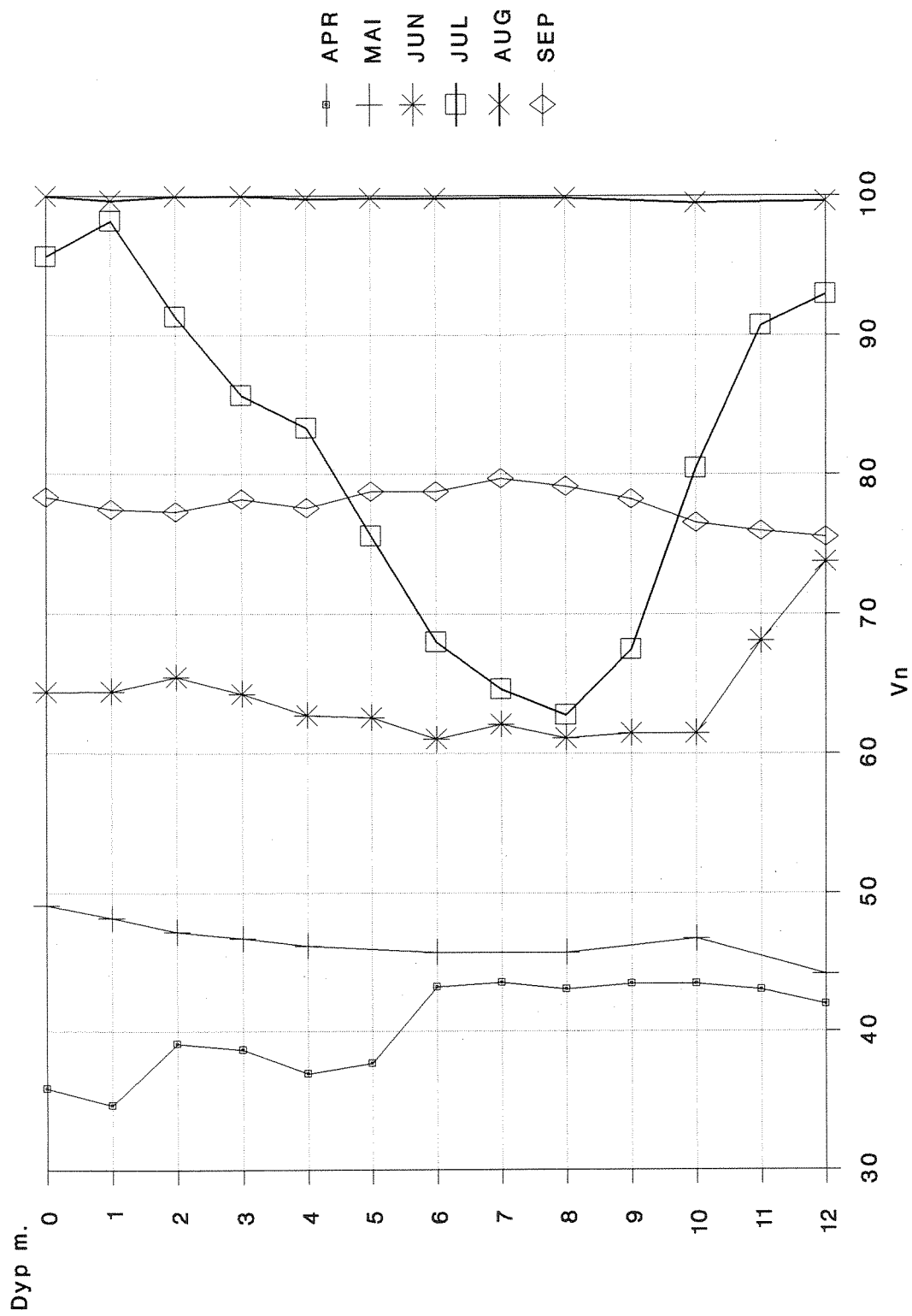
FIGUR 15. Bestemmelser av suspendert stoff som gløderest. April - september 1997.



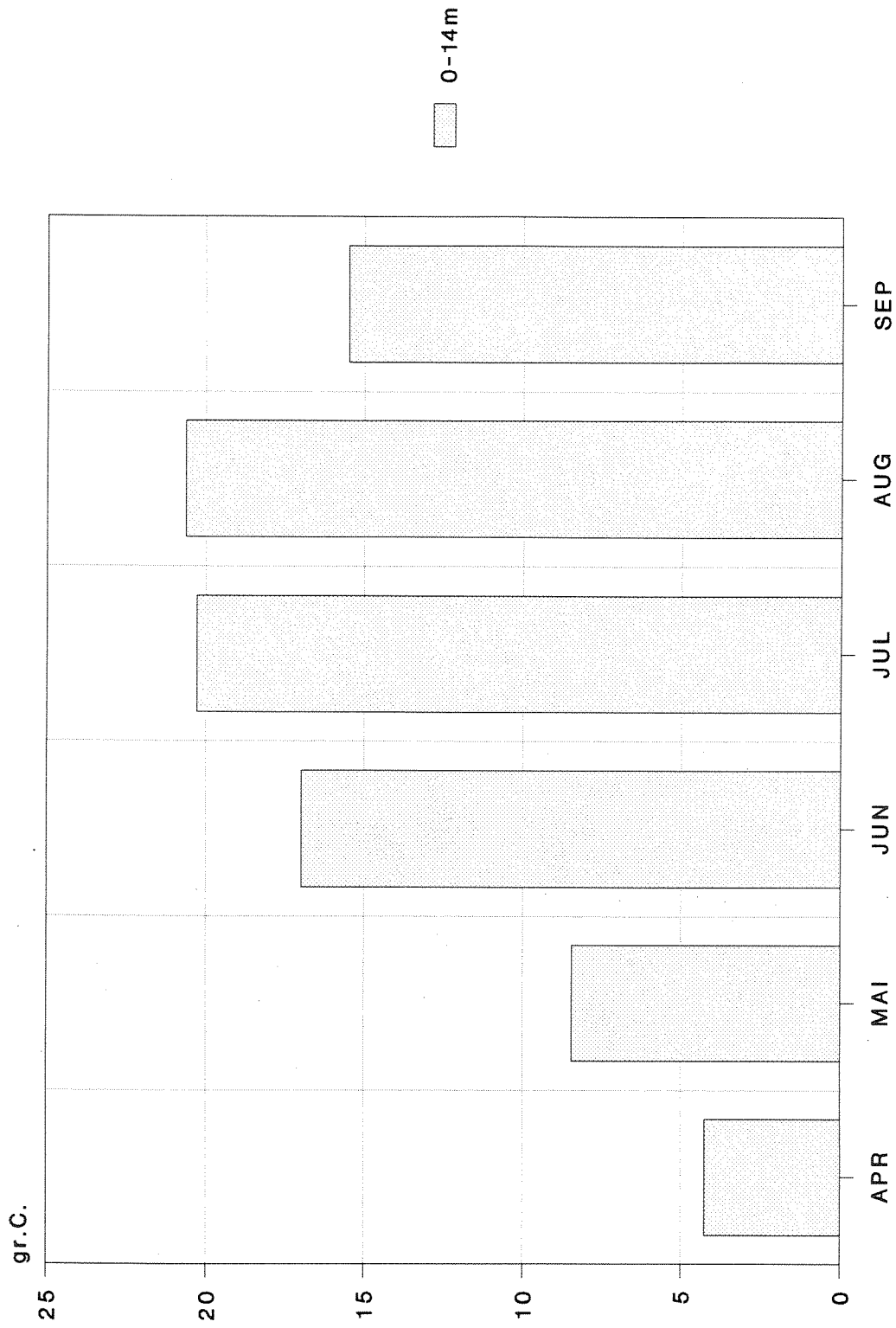
FIGUR 16. Bestemmelser av suspendert organisk stoff. April - september 1997



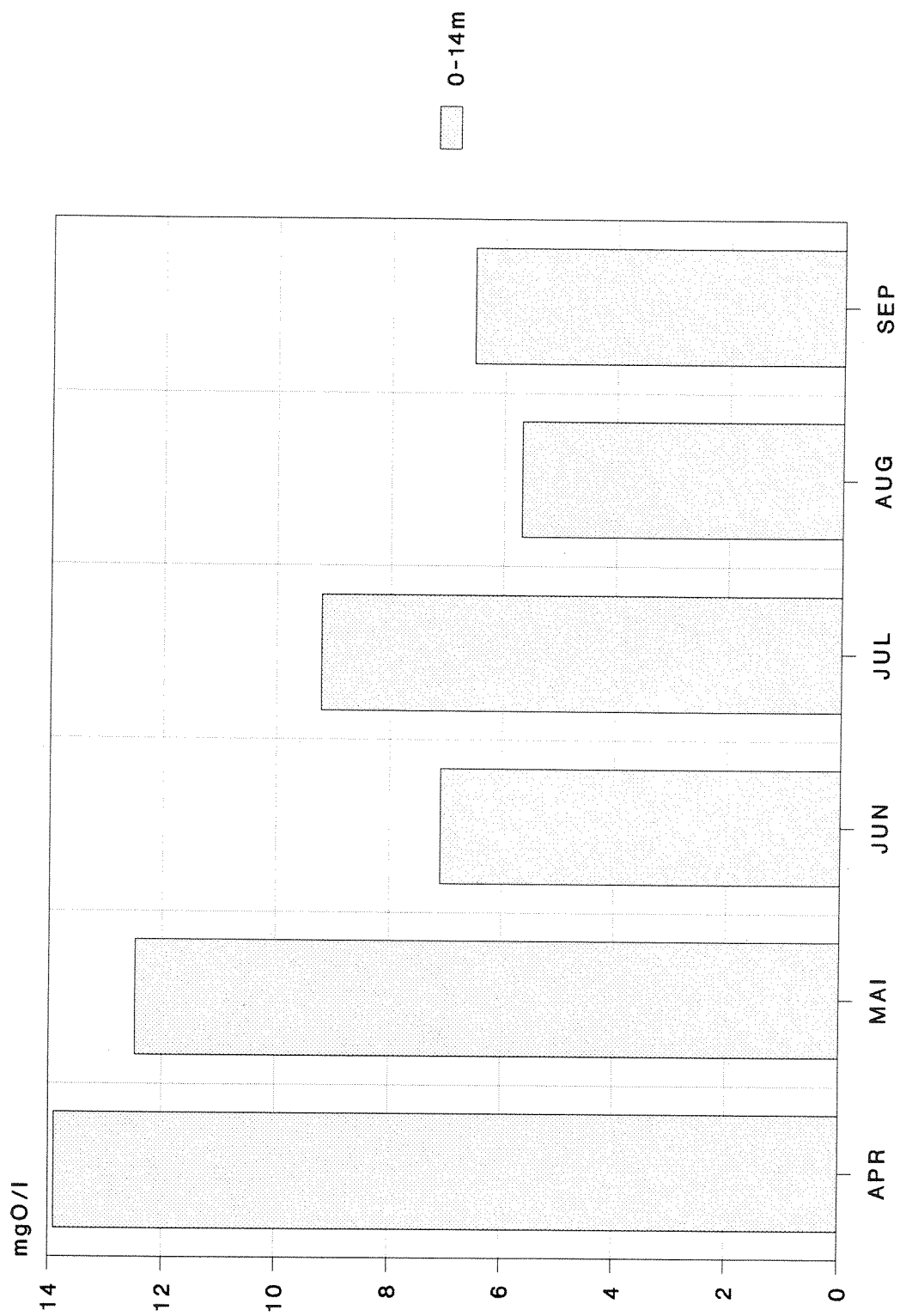
FIGUR 17. Forholdstallet mellom totalnitrogen og totalfosfor. April - september 1997



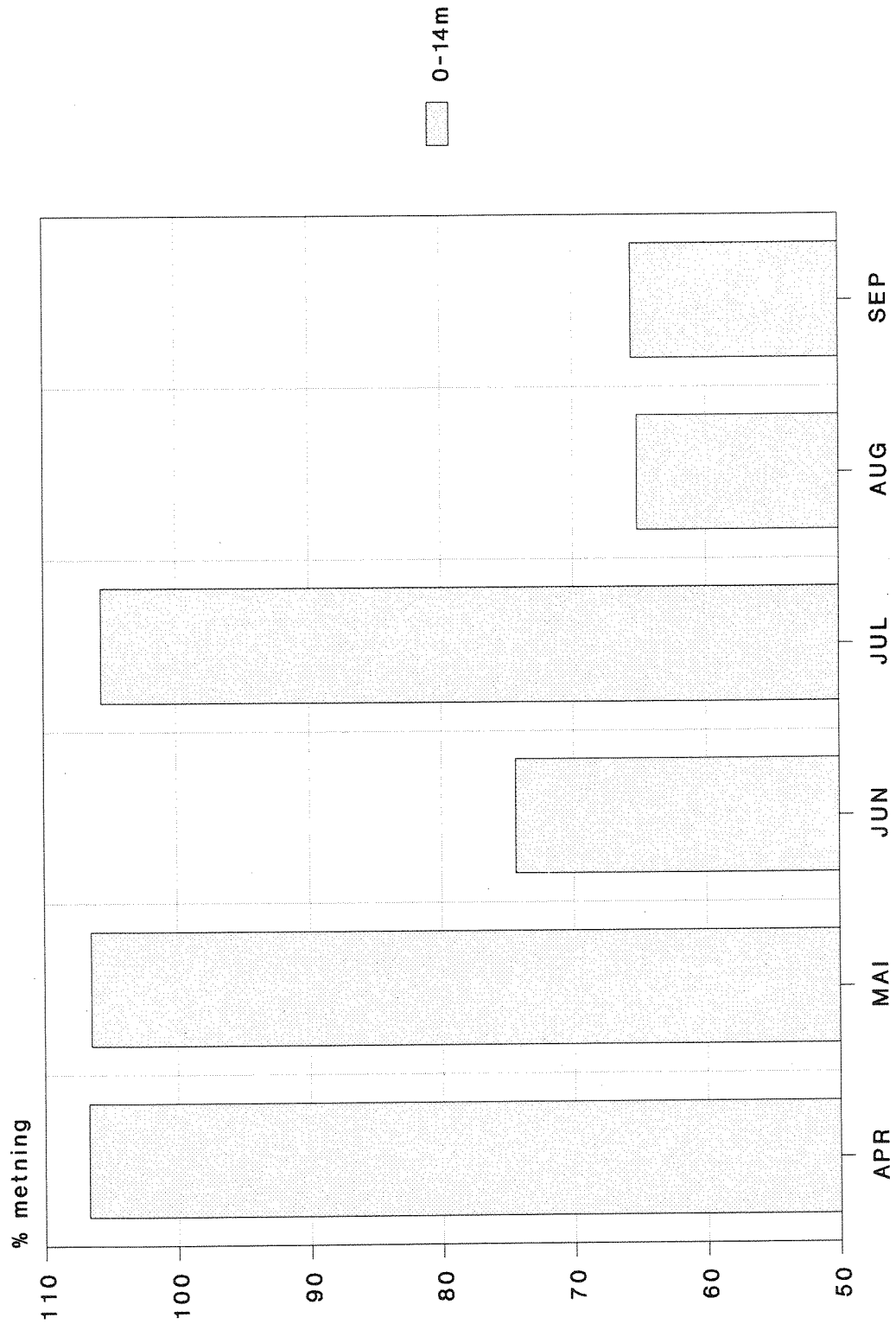
FIGUR 18. Nitrogenekstallet. April - september 1997



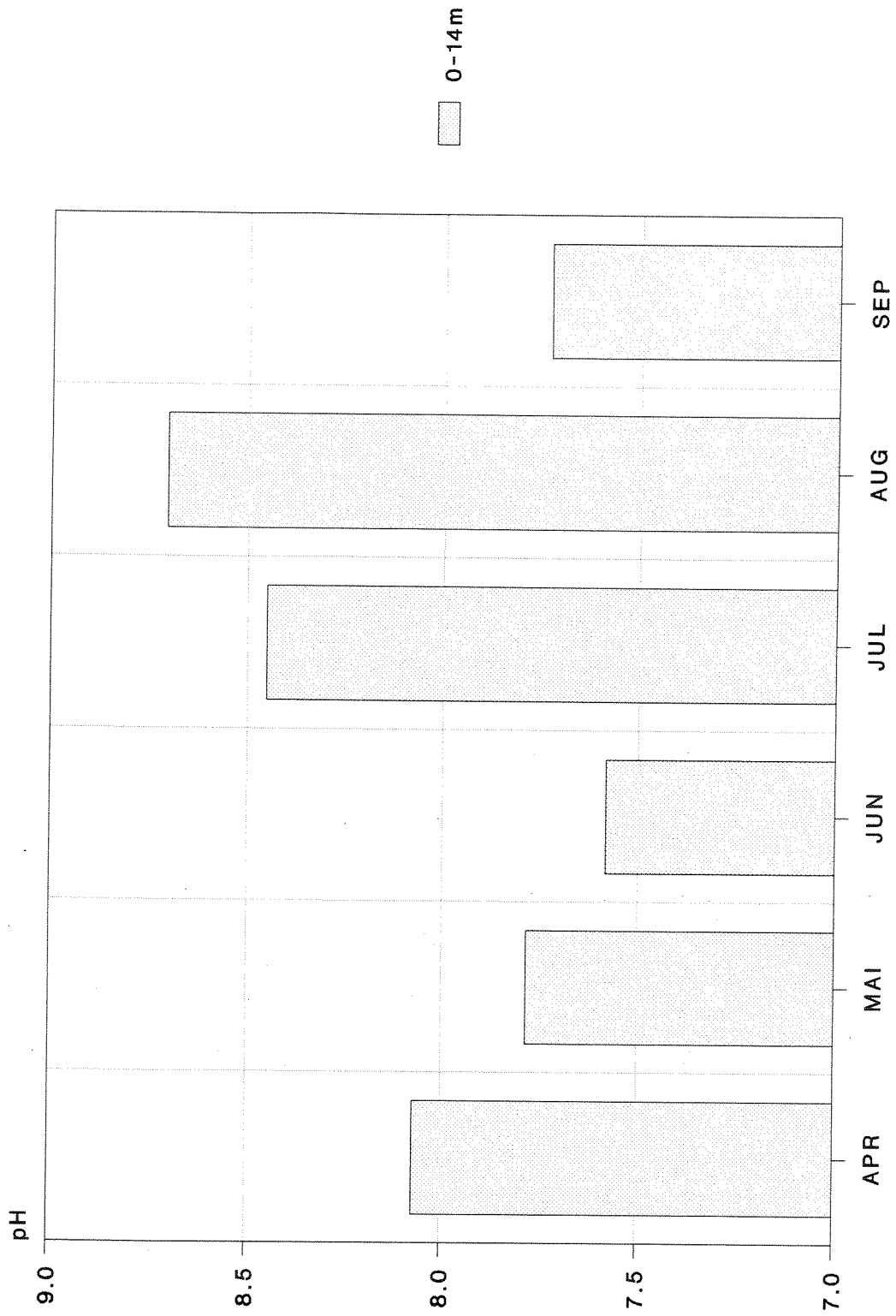
Figur 19. Forandringer i vanntemperatur. April - september 1997



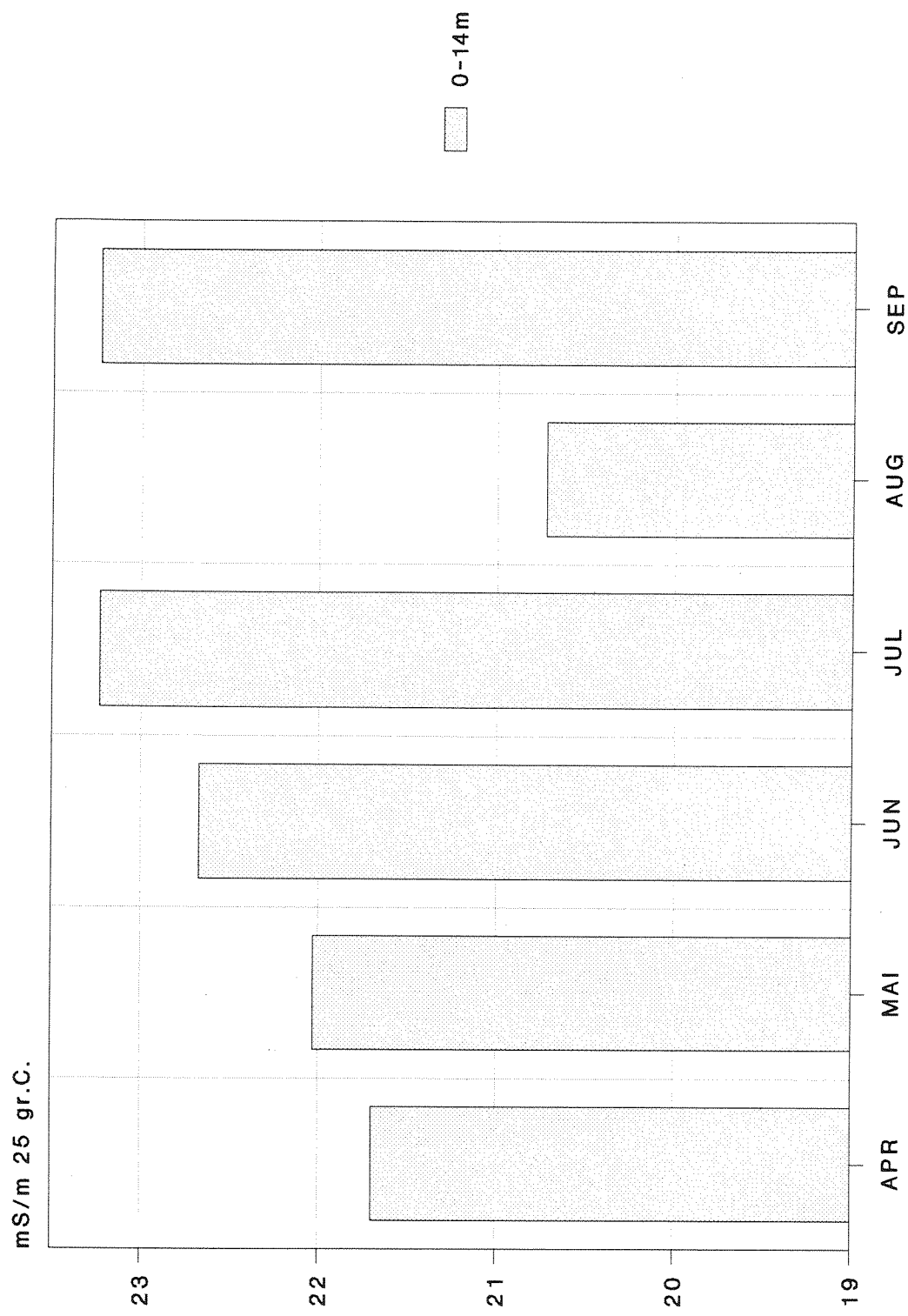
Figur 20. Forandringer i oksygenkonsentrasjon. April - september 1997



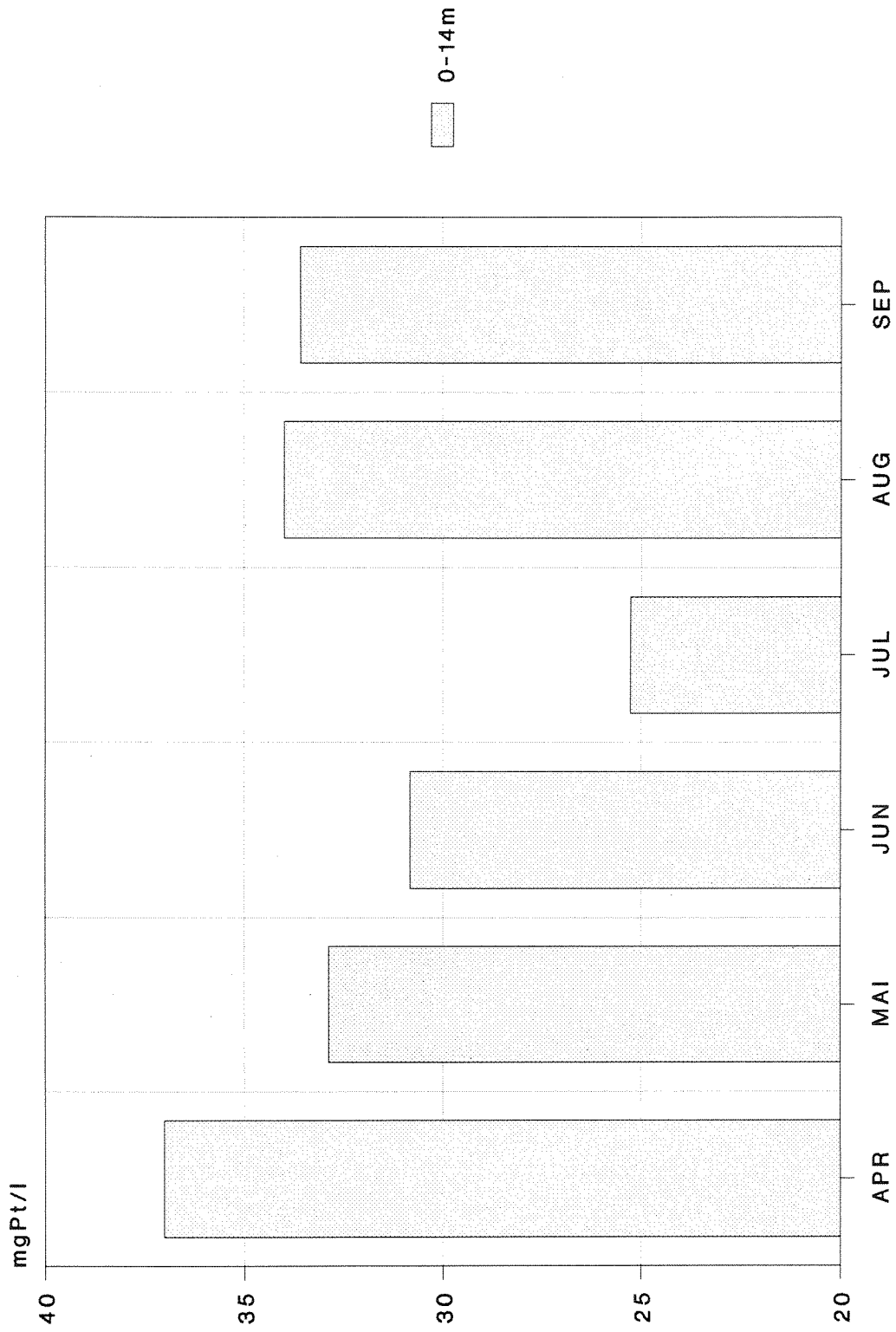
Figur 21. Forandringer i oksygenmetning. April - september 1997



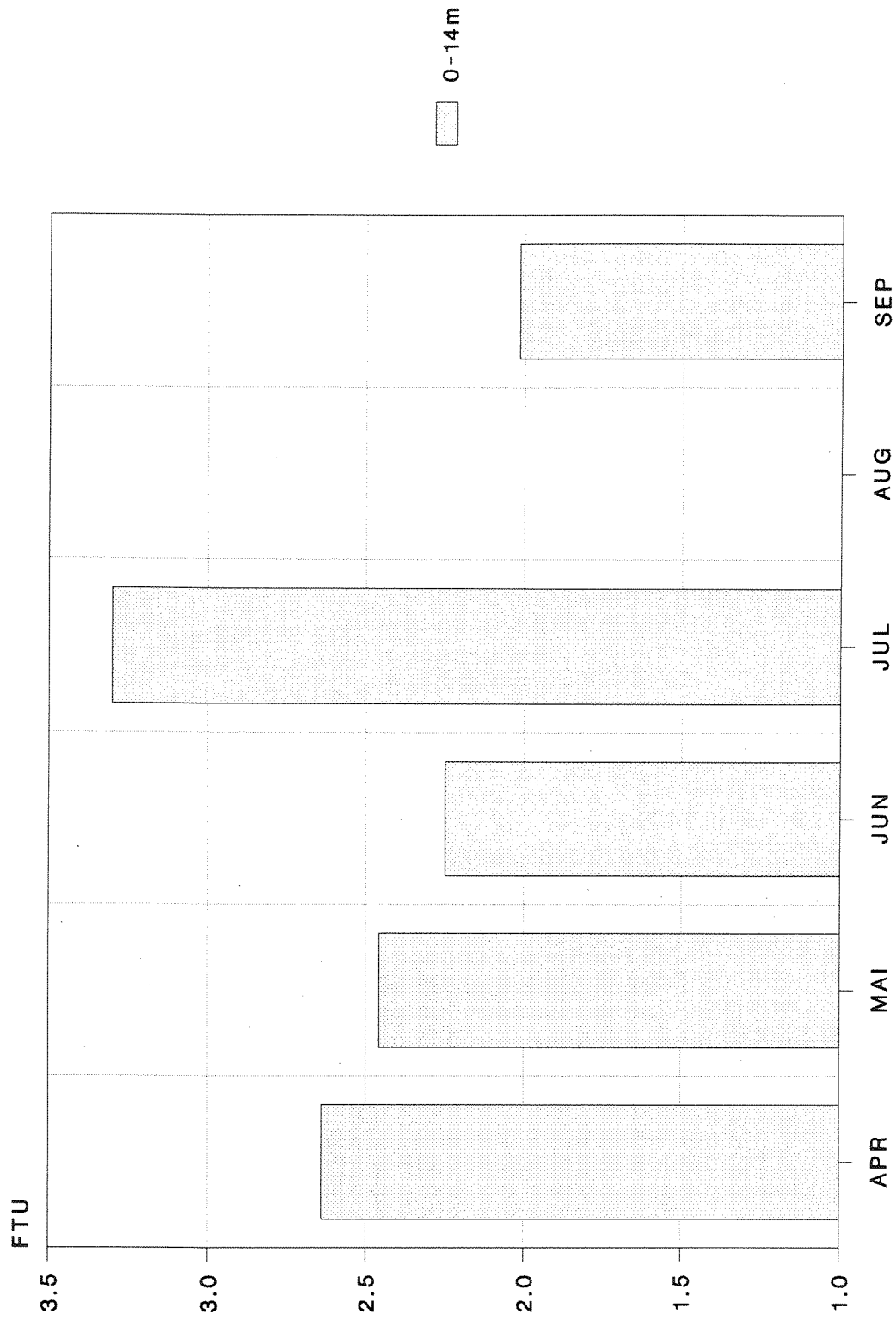
Figur 22. Forandringer i surhetsgrad. April - september 1997



Figur 23. Forandringer i konduktiviteten. April - september 1997

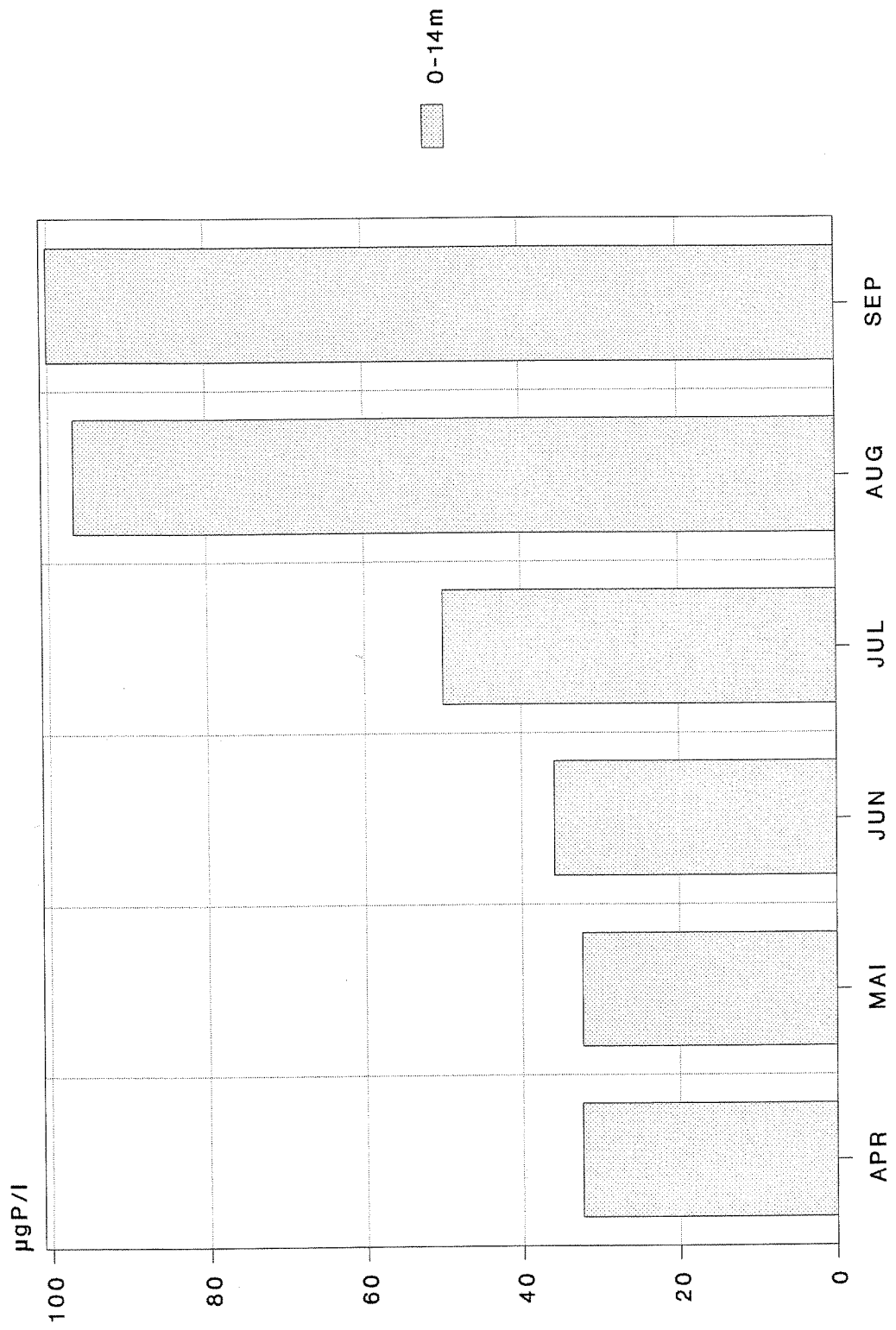


Figur 24. Forandringer i farge. April - september 1997

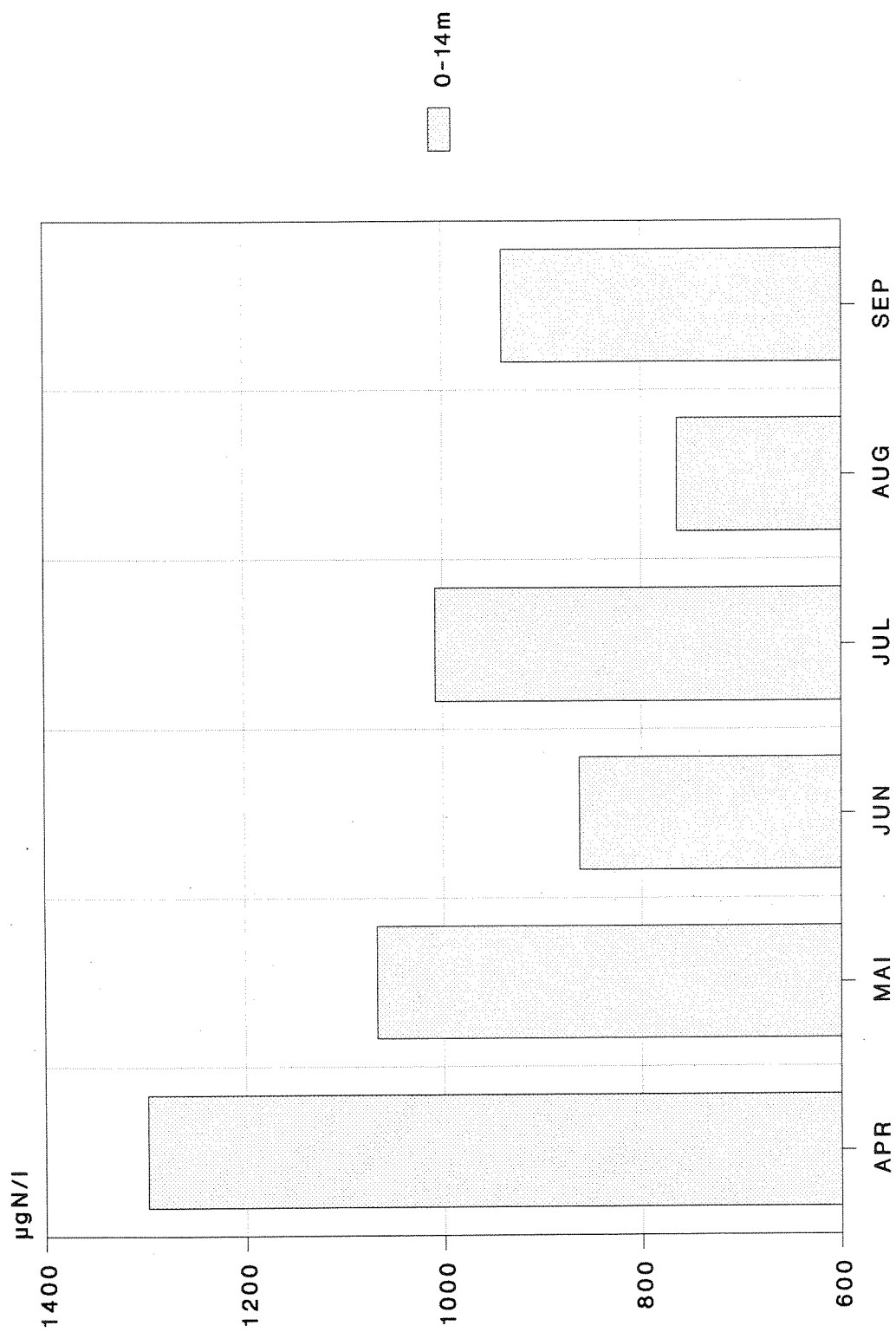


Utfelling i AUG-prøve fra 7-14m dyp.

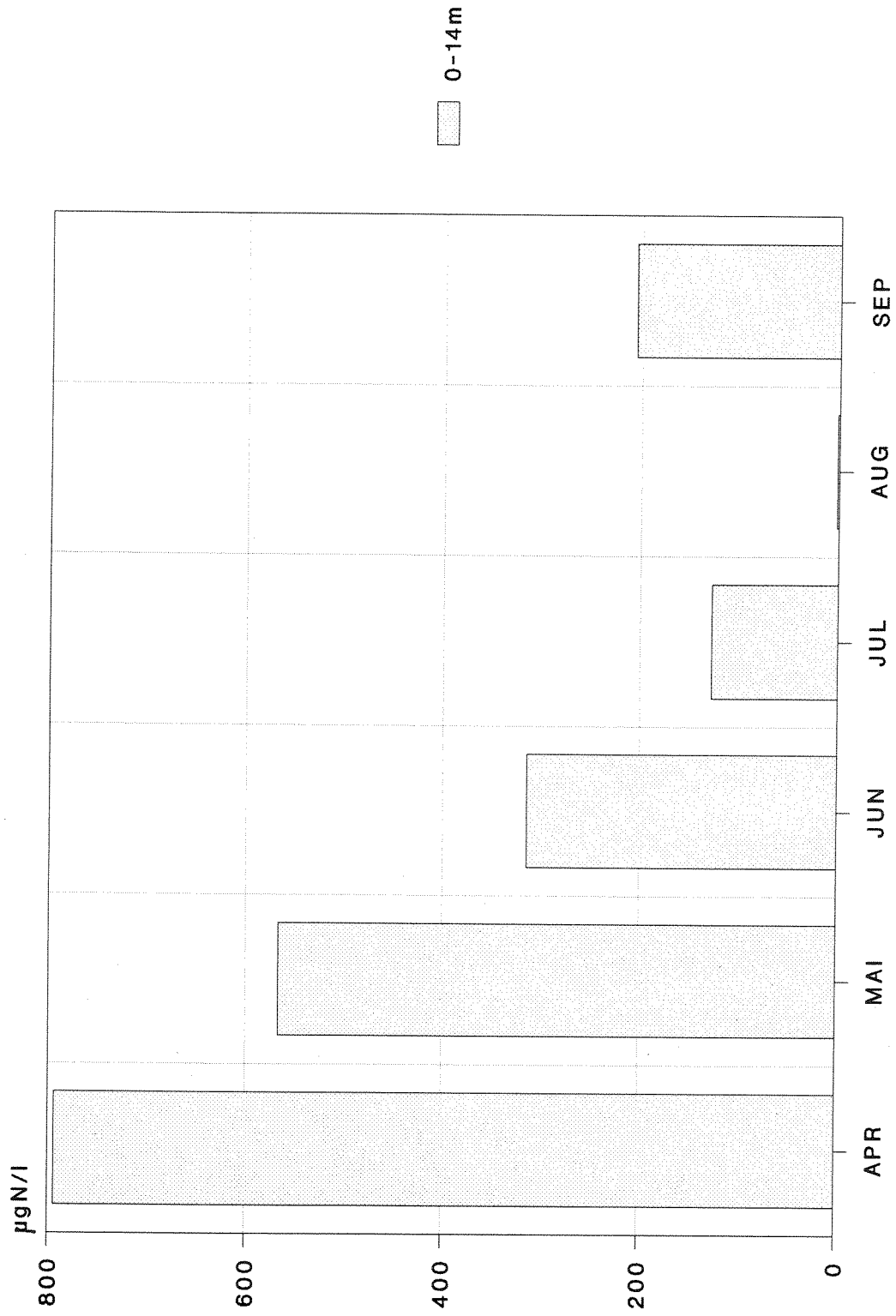
Figur 25. Forandringer i turbiditet. April - september 1997



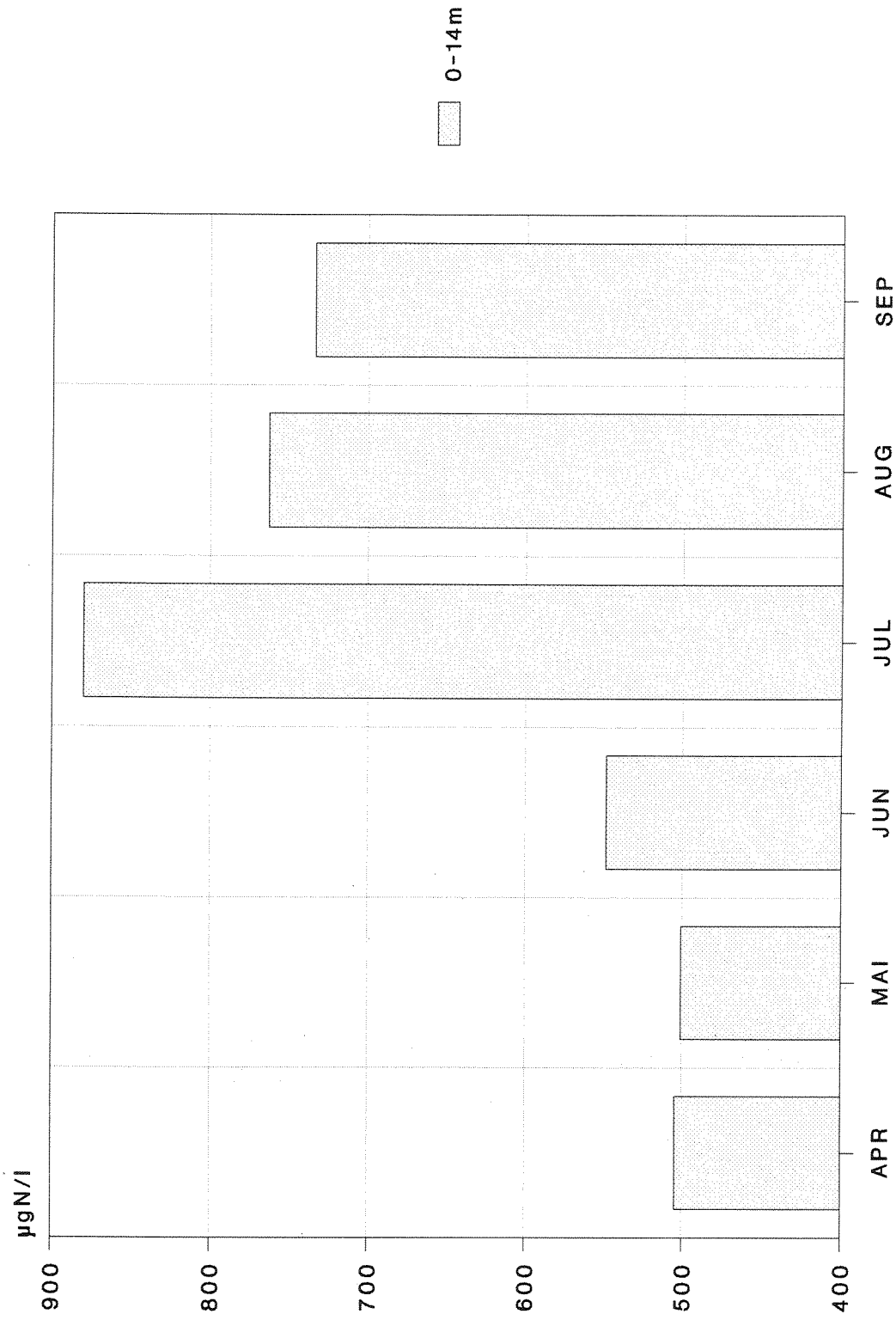
Figur 26. Forandringer i totalfosfor. April - september 1997



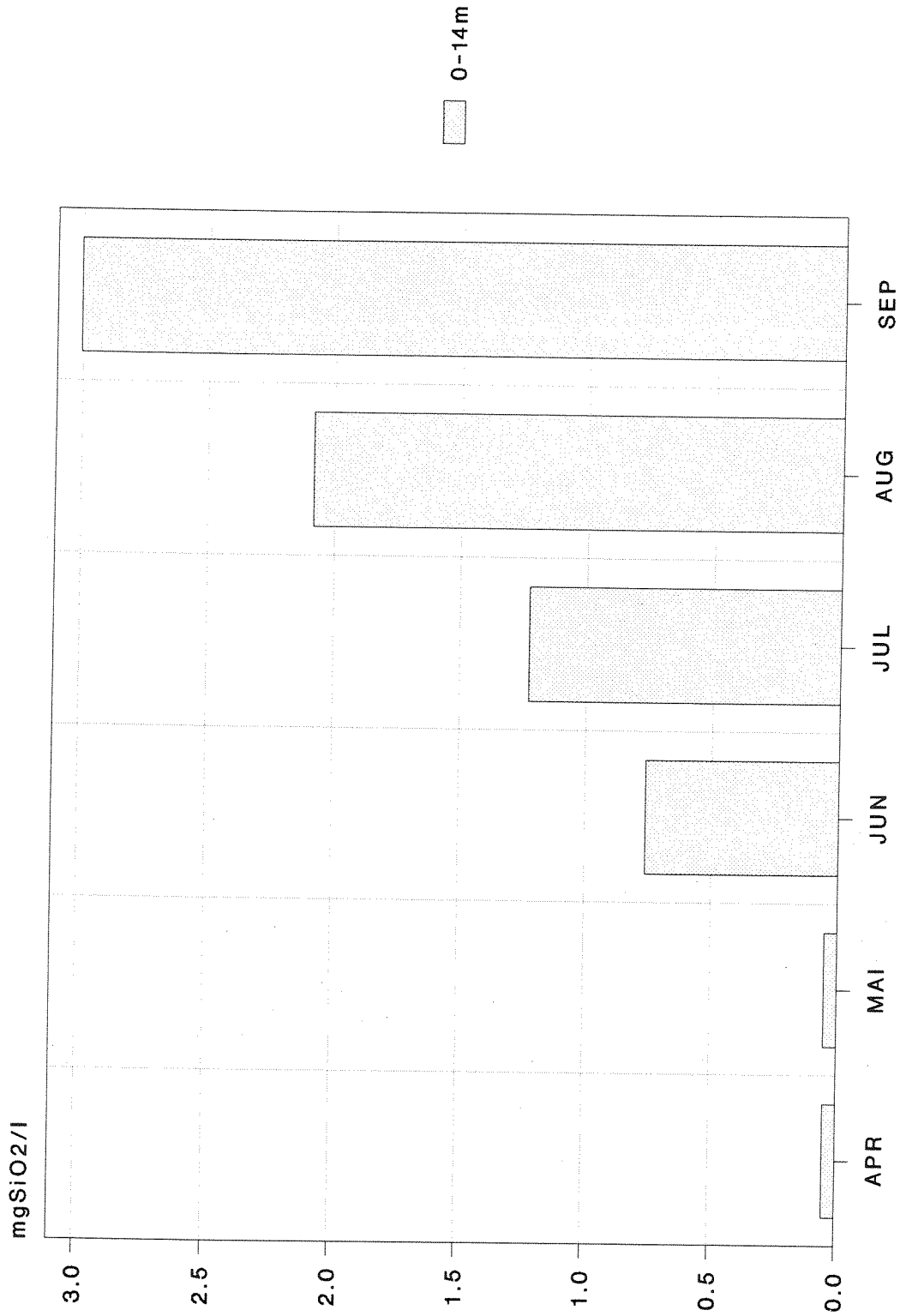
Figur 27. Forandringer i totalnitrogen. April - september 1997



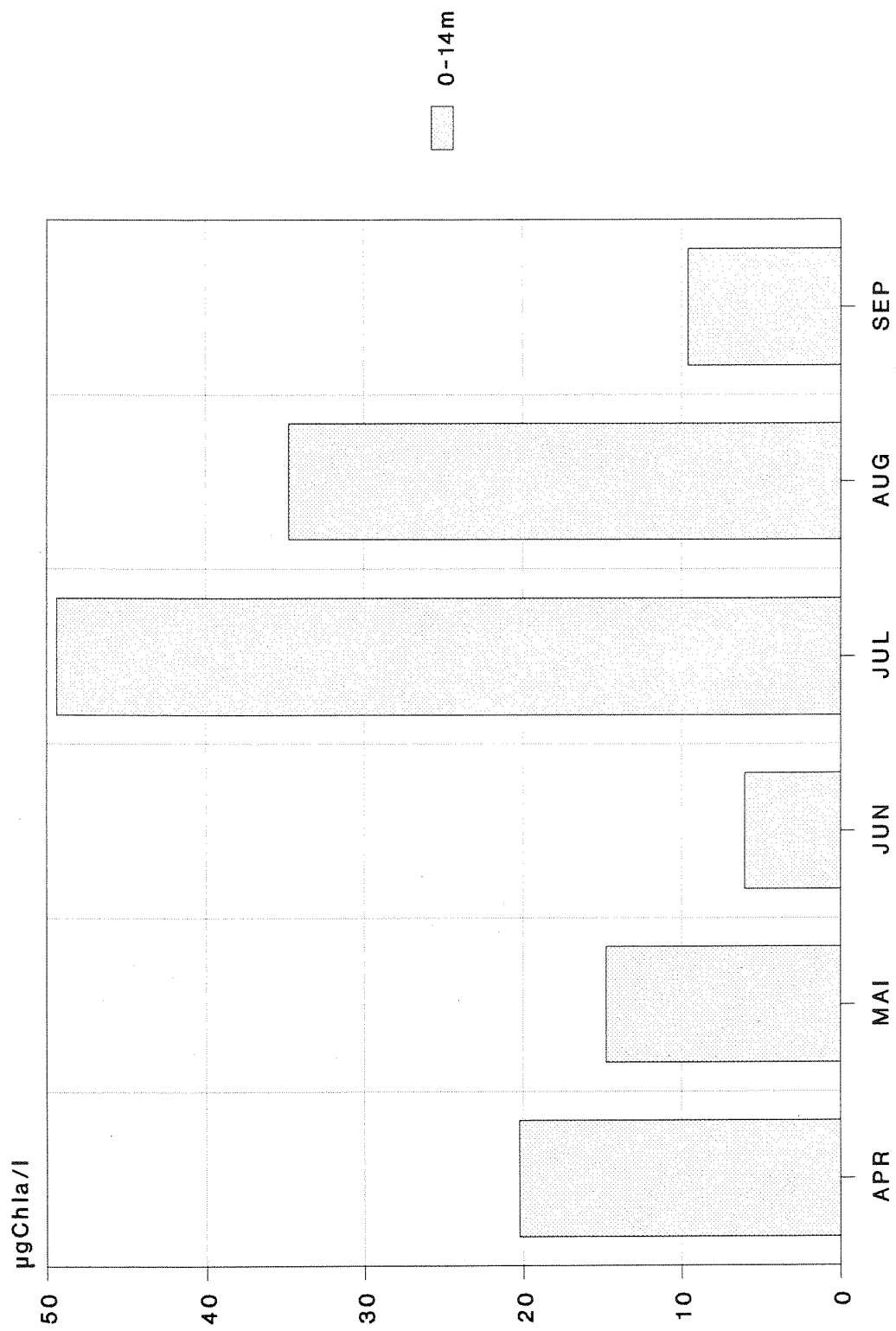
Figur 28. Forandringer i nitrat. April - september 1997



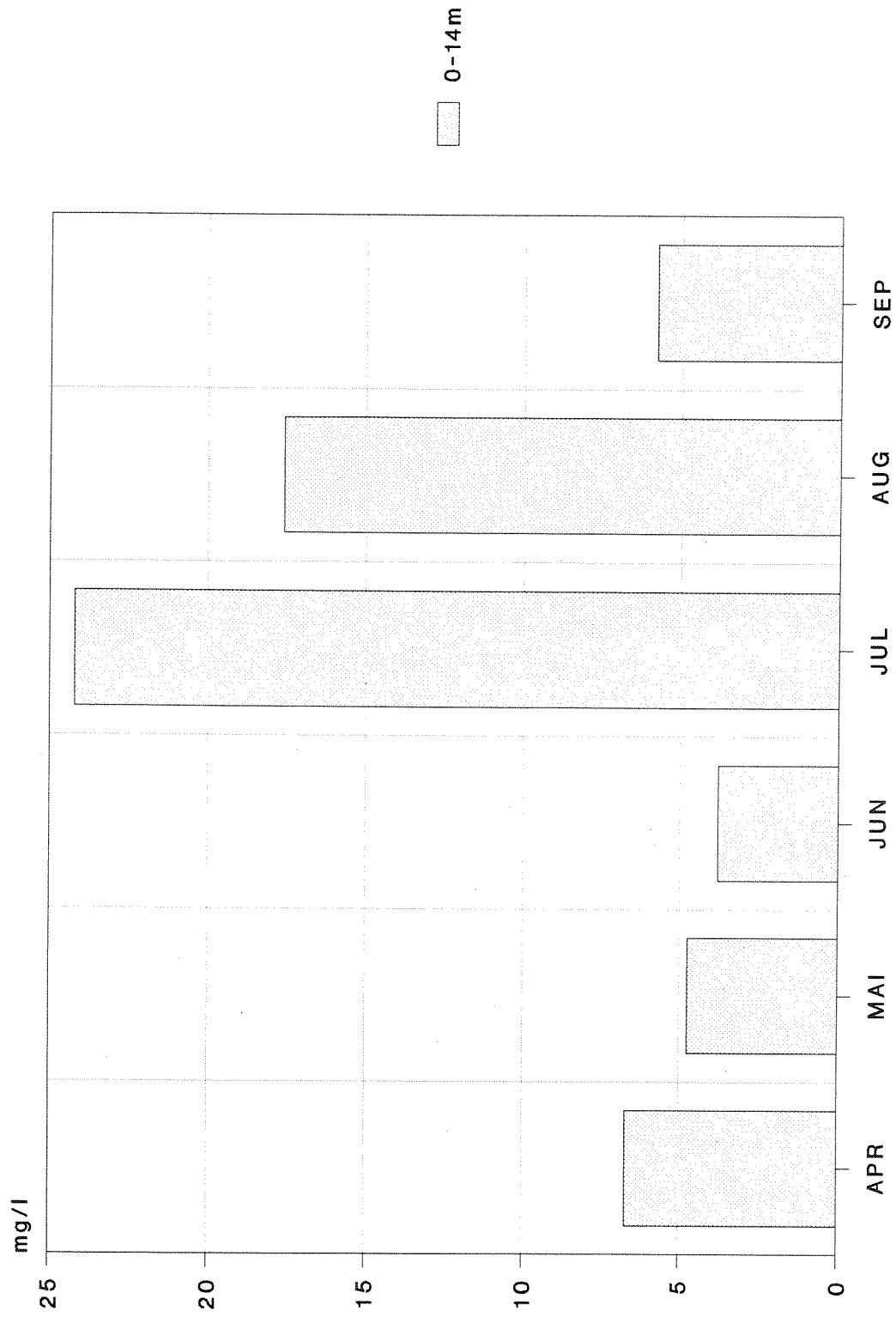
Figur 29. Forandringer i organisk nitrogen. April - september 1997



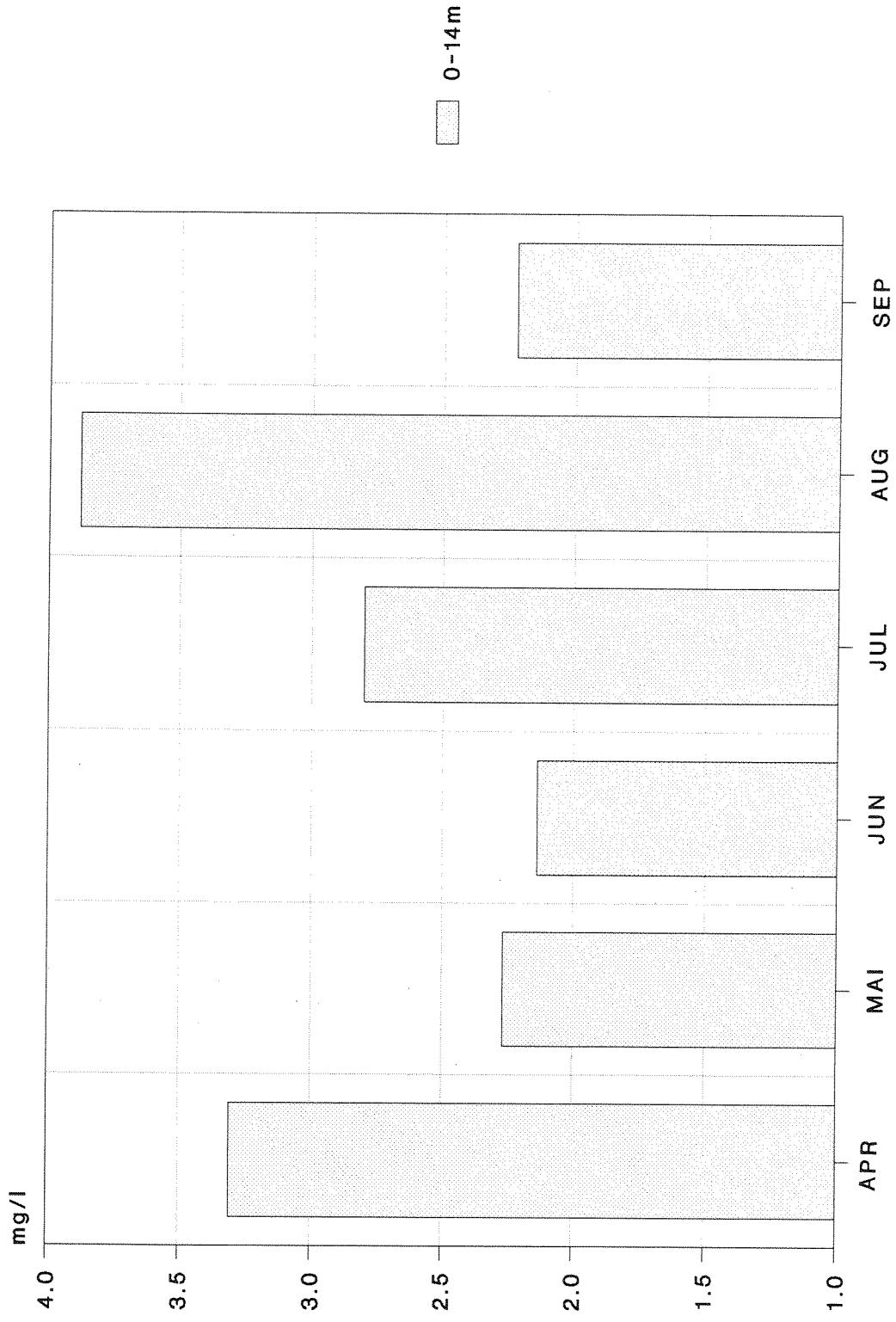
Figur 30. Forandringer i silisium. April - september 1997



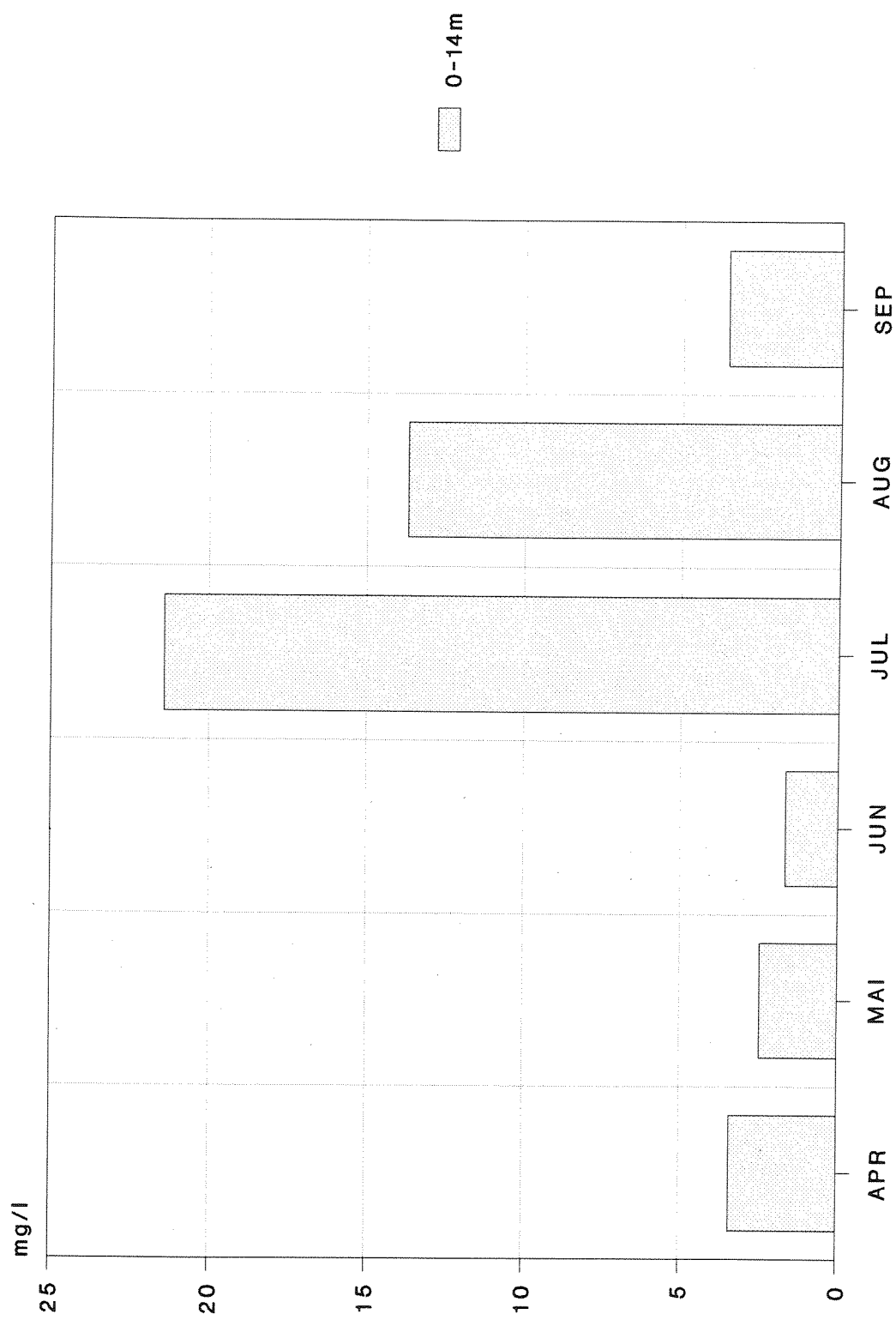
Figur 31. Forandringer i klorofyll a. April - september 1997



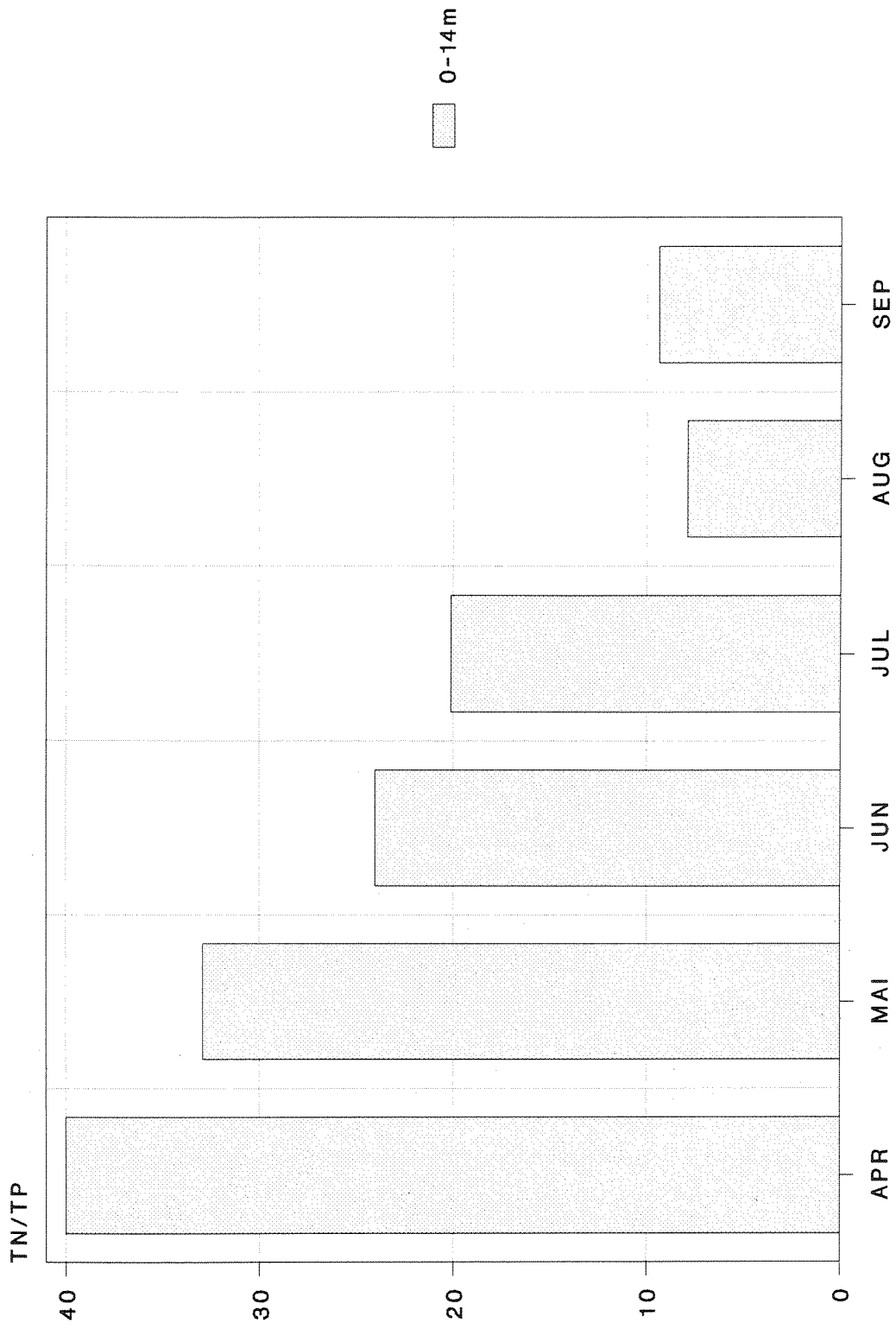
Figur 32. Forandringer i tørrvekt. April - september 1997



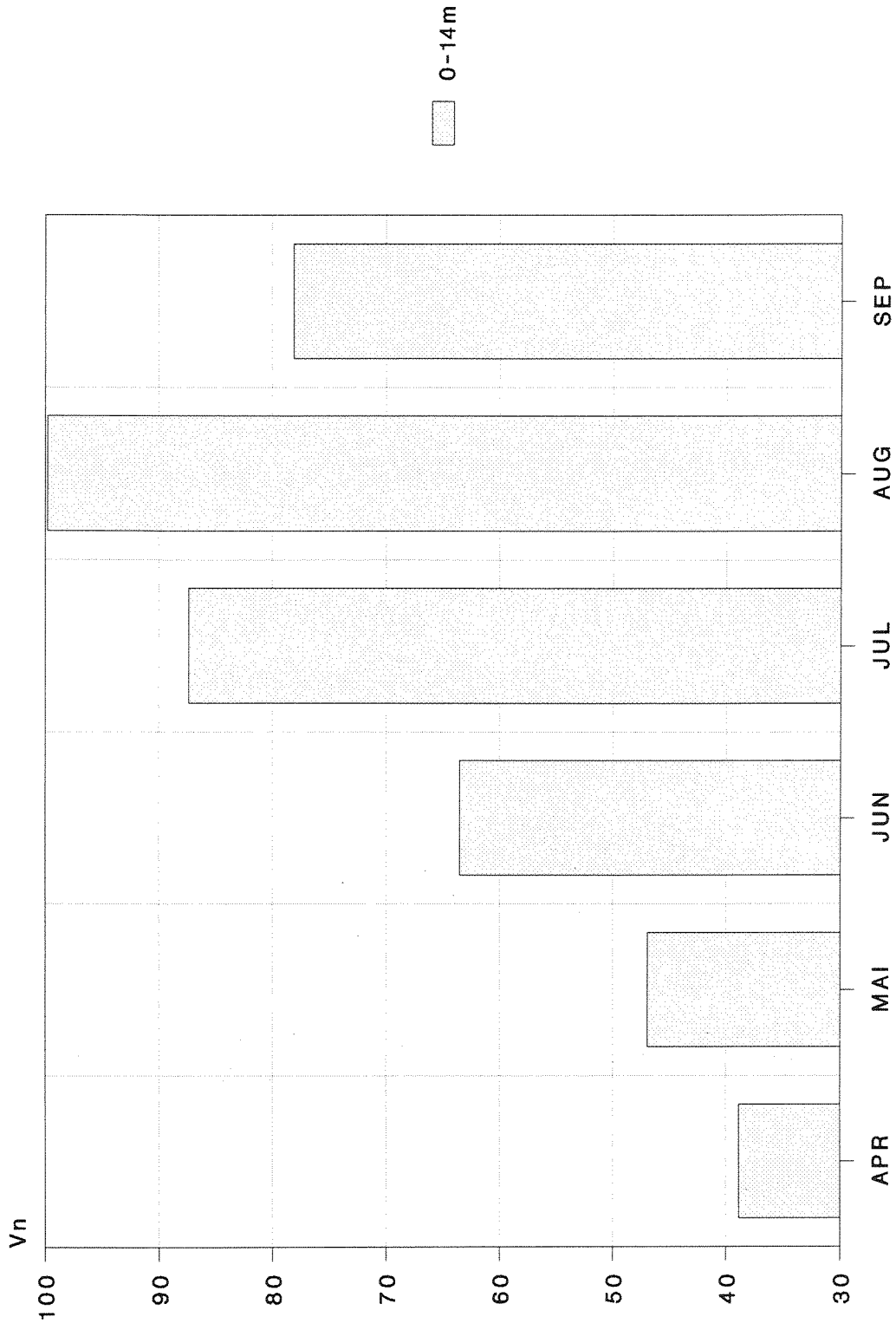
Figur 33. Forandringer i gløderest av suspendert stoff. April - september 1997



Figur 34. Forandringer av suspendert organisk stoff. April - september 1997



Figur 35. Forandringer av forholdet totalnitrogen/totalfosfor. April - september 1997



Figur 36. Forandringer av nitrogenvektstallet Vn. April - september 1997

2. Datasamling for Akersvatnet 1997

Innsjøtokter ble utført:

7. april	14.-15. juli	11.-12. august
12. mai	22.-23. juli	15. september
16. juni	29.-30. juli	

Akersvatn. NIVA-tokter. 1997.

Hovedstasjon.07.04.97. kl.:11,30 siktedyp:1.5m

Dyp	VT	OKSYGEN	SG	KON	FAR	TUR	TP	TN	NO3	N-N	Vn	N/P	Klorfy	T.v.	Org	Uorg	Sil
m	grC	mg/l	met.	pH	mS/m	FTU	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l			ug/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	O	%		25gC	Pt		P	N	N	N			Chl.a.				SiO2
0	4.5	14.2	109	8.1	21.7	37	32	1310	840	470	64	41	19.7	6.4	3.4	3.0	<0.1
1	4.3	14.2	109	8.1	21.7	37	33	1270	830	440	65	38	20.2	6.4	3.5	2.9	<0.1
2	4.2	14.2	109	8.1	21.7	38	33	1330	810	520	61	40	19.7	6.5	3.6	2.9	<0.1
3	4.2	13.9	107	8.1	21.7	37	32	1280	785	495	61	40	19.4	6.5	3.6	2.9	<0.1
4	4.2	13.8	106	8.1	21.7	37	32	1300	820	480	63	41	20.8	6.9	3.4	3.5	<0.1
5	4.2	13.7	105	8.0	21.7	37	32	1300	810	490	62	41	20.9	6.9	3.3	3.6	<0.1
6	4.2	13.6	104	8.1	21.7	37	33	1320	750	570	57	40	21.6	6.9	3.3	3.6	<0.1
7	4.2	13.7	105	8.1	21.7	37	33	1310	740	570	56	40	20.1	7.1	3.3	3.8	<0.1
8	4.2	13.6	104	8.1	21.7	37	32	1290	735	555	57	40	20.7	7.2	3.3	3.9	<0.1
9	4.2	13.6	104	8.0	21.7	37	32	1290	730	560	57	40	18.8	7.2	3.1	4.1	<0.1
10	4.2	13.6	104	8.0	21.6	37	32	1290	730	560	57	40	21.3	7.1	3.3	3.8	<0.1
11	4.2	13.3	102	8.0	21.7	37	34	1280	730	550	57	38	21.6	7.1	3.1	4.0	<0.1
12	4.2	13.2	101	8.1	21.8	37	33	1240	720	520	58	38	21.4	7.5	3.5	4.0	<0.1
Hasl.				7.6	25.8	62	545	9200	9200	0	100	17					6.7
Stok.				7.6	21.5	101	36	4400	3640	760	83	122					9.0

Hovedstasjon.07.04.97

LYSFORHOLD.kl:12,30

Dyp	SD	LUFT	VANN	% av
m	m	uE/m2sec	luft	luft
1.5				
0	1215	1022	84	
1	1231	191	16	
2	1270	48	4	
3	1237	14	1	
4	1224	5	0.401	
5	1245	2	0.129	
6	1240	0.47	0.038	
7	1233	0.156	0.013	
8	1217	0.065	0.005	
9	1250	0.02	0.00	

Hovedstasjon.12.05.97. kl.:11,00 Siktedyp:1.8m																			
Dyp	VT	OKSYGEN	SG	KON	FAR	TUR	TP	TN	NO3	N-N	Vn	N/P	Klorfy	T.v.	Org	Uorg	Sil		
m	grC	mg/l	met.	mg/l	mg/l	FTU	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l			ug/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	O		%	25gC	Pt		P	N	N	N			Chl.a.				SiO2		
0	8.7	11.8	101	7.8	22.0	35	2.3	33	1100	560	49	33	15.8	4.4	3.0	1.4	0.1		
1	8.6	12.4	106	7.8	22.0	34	2.4	35	1090	565	48	31	15.1	4.4	2.7	1.7	0.1		
2	8.4	12.7	108	7.8	22.0	33	2.4	34	1070	565	47	31	16.4	4.8	2.6	2.2	0.1		
3	8.4	12.9	110	7.8	22.0	32	2.4	32	1070	570	47	33	15.2	4.7	2.2	2.5	0.1		
4	8.4	12.8	109	7.8	22.0	32	2.5	32	1050	565	46	33	15.7	4.5	2.4	2.1	0.1		
5	8.4	12.6	108		22.0								12.9	4.8	2.1	2.7			
6	8.3	12.5	106	7.8	22.1	32	2.5	29	1050	570	46	36	14.1	4.7	2.2	2.5	0.1		
7	8.3	12.4	106		22.1								14.6	5.7	3.1	2.6			
8	8.3	12.3	105	7.8	22.1	32	2.6	35	1050	570	46	30	14.1	5.0	2.2	2.8	0.1		
9	8.3	12.3	105		22.1								13.3	4.8	2.1	2.7			
10	8.3	12.2	104	7.8	22.1	33	2.5	28	1070	570	47	38	11.3	4.8	1.8	3.0	0.1		
11	8.3	12.2	104		22.1								11.1	5.4	1.9	3.5			
12	8.2	11.8	100	7.8	22.1	32	3.2	31	1020	570	44	33	11.6	6.3	1.9	4.4	0.1		
Hasl.				SG		FAR	TUR	TP	TN	Klor									
Stok.				pH		Pt	FTU	P	N	Cl									
				7.52		104	3.7	484	7400	18.8									
				7.38		172	6.3	70	3810	17.6									
Hovedstasjon.12.05.97.																			
LYSFORHOLD. kl.:11,00																			
Dyp	SD	LUFT	VANN	% av															
m	m	uE/m2sec	luft	%															
0	1.8																		
		689	636	92															
1		922	173	19															
2		720	44	6															
3		739	16.5	2															
4		720	6.1	1															
5		714	2.2	0.31															
6		690	0.9	0.13															
7		684	0.24	0.04															
8		706	0.09	0.01															
9		741	0.035	0.005															

Hovedstasjon. 16.06.96. kl.:10,48 siktedyp:3.0m																			
Dyp m	VT grC	OKSYGEN		SG pH	KON mS/m	PAR mg/l	TUR FTU	TP ug/l	TN ug/l	NO3		N-N ug/l	Vn	N/P	Klorfy ug/l	T.v. mg/l	Org mg/l	Uorg mg/l	Sil mg/l
		met. %	met. %							N	N								
0	20.3	8.9	98.6	7.8	22.4	32	2.2	38	800	285	515	64	21	9.4	4.0	2.1	1.9	0.4	
1	20.3	8.6	95.2	7.7	22.4	31	2.2	31	815	290	525	64	26	9.3	4.2	2.3	1.9	0.4	
2	19.8	8.3	91.0	7.7	22.5	30	2.3	36	840	290	550	65	23	8.9	4.2	1.8	2.4	0.4	
3	18.0	7.4	78.2	7.7	22.6	35	2.5	34	867	310	557	64	26	6.7	4.3	2.3	2.0	0.5	
4	16.6	6.9	70.9	7.5	22.6	35	2.2	33	885	330	555	63	27	4.3	3.6	1.5	2.1	0.7	
5	14.8	6.3	62.3	7.5	22.7	30	2.1	34	895	335	560	63	26	3.8	3.5	1.2	2.3	0.9	
6	14.3	6.1	59.7	7.5	22.8	28	2.1	34	885	345	540	61	26	3.3	3.5	1.2	2.3	1.0	
7	13.2	5.5	52.5	7.4	23.0	28	2.0	37	910	345	565	62	25	2.9	3.1	0.9	2.2	1.2	
8	12.7	5.4	50.9	7.4	23.1	26	1.9	37	900	350	550	61	24	2.7	3.0	0.9	2.1	1.3	
9	12.5	5.2	48.8	7.4	23.0	26	2.0	37	895	345	550	61	24	2.4	2.9	0.9	2.0	1.5	
10	12.2	4.1	38.2	7.4	23.3	26	2.2	40	895	345	550	61	22	2.5	3.1	0.9	2.2	1.6	
11	12.0	3.3	30.6	7.3	23.5	30	3.6	65	940	300	640	68	14	2.7	3.8	1.1	2.7	2.1	
12	11.9	2.6	24.1	7.3	23.6	35	5.0	84	1010	265	745	74	12	3.0	4.5	1.1	3.4	2.3	
Hasl. Stok.								1100	25900										
Hovedstasjon.16.06.97.																			
LYSPORHOLD. kl.:12,00																			
Dyp	SD	LUFT	VANN	% av															
m	m	uE/m2sec	luft	%															
	3.0																		
0	1600	1100	69																
1	2200	430	20																
2	2100	199	9																
3	1660	80	5																
4	1800	28	2																
5	1540	9	1																
6	1350	3	0.3																
7	1170	2	0.1																
8	1070	0.6	0.1																
9	1000	0.3	0.03																
10	910	0.1	0.01																
11	1030	0.03	0.00																

Hovedstasjon. 14.07.96. kl.:11,15 Siktedyp:1.0m																						
Dyp m	VT grC	OKSYGEN mg/l	met. %	SG pH	KON mS/m	FAR mg/l	TUR FTU	TP ug/l	TN ug/l	NO3 ug/l	N-N ug/l	Vn	N/P	Klorfy ug/l	T.v. mg/l	Org mg/l	Uorg mg/l	Sil mg/l				
																			25gC Pt	P	N	Chl.a.
0	24.5	14.6	175	9.8	23	40	3.0	38	895	39	856	96	24	45	19.2	18.0	1.2	1.0				
1	23.4	17.2	202	9.5	24	30	8.0	136	2160	39	2121	98	16	169	87.8	84.2	3.6	0.8				
2	21.9	12.2	139	9.1	23	23	3.6	61	1015	88	927	91	17	73	26.4	23.4	3.0	0.9				
3	21.1	10.8	121	8.7	23	22	2.5	34	810	116	694	86	24	40	15.8	13.6	2.2	1.0				
4	20.7	8.7	97	8.3	23	21	2.2	28	840	140	700	83	30	28	12.8	10.4	2.4	1.0				
5	19.6	6.0	66	7.9	23	20	1.6	22	675	165	510	76	31	16	9.4	7.2	2.2					
6	18.5	3.7	39	7.5	23	21	1.5	16	640	205	435	68	40	8	6.6	4.2	2.4	1.2				
7	17.1	2.7	28	7.2	23	21	1.4	18	650	230	420	65	36	5	5.4	3.0	2.4					
8	14.9	2.0	20	7.3	24	22	2.0	21	685	255	430	63	33	2	6.0	2.2	3.8	2.0				
9	14.2	0.9	9	7.1	24	23	2.8	32	815	265	550	67	25	2	7.0	2.2	4.8					
10	13.3	0.9	9	7.2	25	26	3.6	61	920	180	740	80	15	3	7.6	2.4	5.2	2.7				
11	13.0	0.8	8	7.2	25	30	4.8	96	1000	93	907	91	10	3	8.8	2.8	6.0					
12	12.7	0.7	7	7.1	25	31	5.4	111	1050	74	976	93	9	3	9.4	2.8	6.6	3.0				
Stokkeb.																						
9600																						
FILTRERT PÅ GF/C GLASSFIBER FILTER																						
Hovedstasjon. 14.07.96. kl.:11,15																						
Dyp m	SG pH	KON mS/m	FAR mg/l	TUR FTU	TP ug/l	TN ug/l	NO3 ug/l	N-N ug/l	Vn	N/P	TOC mg/l	TP-TPf			TN-TNF							
												P	N	N	C	P	N	ug/l	ug/l	ug/l		
0	9.5	22	20	0.4	11	465	39	426	92	42	6.4	27	27	430								
1	9.3	22	21	0.6	14	530	39	491	93	38	6.7	122	122	1630								
2	8.7	22	21	0.5	10	495	88	407	82	50	6.3	51	51	520								
3	8.2	22	19	0.5	10	510	116	394	77	51	6.3	24	24	300								
4	8.0	22	19	0.5	10	520	143	377	73	52	6.3	18	18	320								
5																						
6	7.8	22	18	0.5	8	585	210	375	64	73	6.4	8	8	55								
7																						
8	7.8	23	21	0.7	11	650	250	400	62	59	6.5	10	10	35								
9																						
10	7.8	23	24	1.1	31	865	155	710	82	28	6.8	30	30	55								

Hovedstasjon. 14.07.97										Hovedstasjon. 15.07.97.										VIV-inntak 15.07.97.									
LYSPORHOLD. kl.:12,00.										kl.:07,11										kl.:08,02									
Dyp	SD	LUFT	VANN	% av	VT	SD	Dyp	VT	OKSYGEN	KON	Dyp	VT	SD	VT	OKSYGEN	KON	Dyp	VT	SD	VT	OKSYGEN	KON							
m	m	uE/m2sec		luft	grC	m	m	grC	mg/l	ms/m	m	grC	m	grC	mg/l	ms/m	m	grC	m	grC	mg/l	ms/m							
1.0	1.0			%		1.0			O	%			1.0		O	%			1.0		O	%							
0		1890	1300	69	23.6	0		23.6	15.0	177	0		0	24.0	15.6	23	0	24.0	15.6	185	23.8								
1			130	7	23.6	1		23.6	15.3	181	1		1	24.0	15.3	23	1	24.0	15.3	182	23.7								
2			19	1	22.5	2		22.5	12.2	141	2		2	21.7	10.2	23	2	21.7	10.2	116	22.6								
3			6.4	0.34	21.1	3		21.1	9.9	111	3		3	21.0	7.5	23	3	21.0	7.5	84	22.7								
4			2	0.11	20.5	4		20.5	6.8	76	4		4	20.1	4.3	23	4	20.1	4.3	47	22.9								
5			0.83	0.04	19.5	5		19.5	4.8	52	5		5	19.2	3.6	23	5	19.2	3.6	39	22.9								
6			0.36	0.02	18.7	6		18.7	3.0	32	6		6	18.7	3.0	23	6	18.7	3.0	32	23.0								
			0.16	0.01	17.1	7		17.1	2.1	22	7		7	18.0	1.5	23	7	18.0	1.5	16	23.2								
			0.07	0.004	16.0	8		16.0	0.6	6	8		8	15.3	0.7	24	8	15.3	0.7	7	23.7								
			0.016	0.001	14.0	9		14.0	0.4	4	9		9	13.8	0.4	24	9	13.8	0.4	4	24.3								
					13.6	10		13.6	0.3	3	10		10			24	10												
					13.4	11		13.4	0.3	3	11		11			24	11												
					13.2	12		13.2	0.2	2	12		12			25	12												
Hovedstasjon. 22.07.97. kl.:11,00 Siktedyp:1.6m																													
Dyp	VT	OKSYGEN	SG	KON	TP	TUR	FAR	TN	NO3	N-N	Vn	N/P	Klorify	T.v.	Org	Uorg	Sil												
m	grC	mg/l	pH	ms/m	ug/l	FTU	mg/l	ug/l	ug/l	ug/l			ug/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l												
		O		25gC	P		Pt	N	N	N			Chl.a.				SiO2												
0	24.4	13.4	9.8	24	17	1.1	24	500	3	497	99	29	7	4.2	4.2	0.0	1.2												
1	24.2	15.1	9.8	24	32	2.0	30	645	3	642	100	20	35	15.8	14.4	1.4	1.2												
2	22.7	9.5	9.4	23	109	7.3	42	1750	3	1747	100	16	239	67.0	64.8	2.2	0.9												
3	22.2	4.7	9.0	23	53	3.0	31	895	3	892	100	17	80	28.4	26.2	2.2													
4	21.3	0.5	7.8	23	42	1.6	32	910	4	906	100	22	36	19.6	17.6	2.0	1.2												
5	19.8	0.5	7.5	23	17	1.2	25	505	48	457	90	30	7	5.6	4.0	1.6													
6	17.9	0.5	7.4	23	13.0	0.8	30	535	131	404	76	41	2	3.6	2.4	1.2	1.4												
7	16.6	0.3	7.2	23		0.9	30		180	465	72	23	1	2.6	1.8	0.8													
8	15.6	0.3	7.2	24	28.0	1.3	30	645	180	465	72	23	1	3.2	1.8	1.4	2.1												
9	14.3	0.2	7.2	24		1.7	30		70	810	92	11	2	4.0	1.8	2.2													
10	13.8	0.1	7.3	24	82.0	3.7	37	880	70	810	92	11	2	6.4	2.6	3.8	2.9												
11	13.3	0.0	7.3	25		4.0	41		25	965	97	7	2	6.8	2.6	4.2													
12	13.1	0.0	7.3	25	149	4.3	44	990	25	965	97	7	3	8.8	2.8	6	3.1												

Hovedstasjon.22.07.07.										Hovedstasjon. 23.07.97.										VIV-inntak 23.07.97.									
LYSFORHOLD. kl:11,50										LYSFORHOLD. kl:07,10										kl.: 08,00									
Dyp	SD	LØFT	VANN	% av	F	SD	LØFT	VANN	% av	F	Dyp	VT	OKSYGEN	KON	Dyp	VT	OKSYGEN	KON	Dyp	VT	OKSYGEN	KON							
m	m	uE/m2sec		luft		m	uE/m2sec		luft		m	grC	mg/l	mS/m	m	grC	mg/l	mS/m	m	grC	mg/l	mS/m							
	1.6			%		1.5			%					25gC								25gC							
		1552	1932	100	0.803		600	560	100	1.071	0	23.7	13.9	164	24	23.8	14.3	169	24				24						
0		1605	1380	69	0.803		577	490	91	1.071	1	23.8	14.0	166	24	23.8	14.0	166	24				24						
1		1638	515	25	0.803		613	75	13	1.071	2	23.8	13.2	156	24	23.5	11.0	130	23				23						
2		1605	29	1	0.803		604	6.9	1.22	1.071	3	22.9	6.5	76	23	22.4	3.0	35	23				23						
3		1590	7	0	0.803		604	1.7	0.30	1.071	4	21.0	0.6	7	23	20.5	0.5	5	23				23						
4		1584	2	0.12	0.803		622	0.56	0.10	1.071	5	19.6	0.6	6	23	19.6	0.3	3	23				23						
5		1577	1.3	0.07	0.803		622	0.32	0.06	1.071	6	18.3	0.5	5	23	19.1	0.3	3	23				23						
6		1583	0.8	0.04	0.803		608	0.19	0.03	1.071	7	17.1	0.5	5	23	17.5	0.1	1	23				23						
7		1578	0.4	0.02	0.803						8	15.5	0.4	4	24	14.8	0.0	0	24				24						
8		1576	0.2	0.01	0.803						9	14.4	0.4	3	24	13.2	0.0	0	25				25						
9		1577	0.098	0.00	0.803						10	13.8	0.3	2	24														
10		1594	0.04	0.00	0.803						11	13.5	0.3	2	24														
											12	13.3	0.2	2	25														
											12.5	13.0	0.15	1.4	24.9														

Hovedstasjon. 23.07.97.				Hovedstasjon. 23.07.97.				Hovedstasjon. 23.07.97.				VIV-inntak 23.07.97.										
kl.: 07,10		LYSFORHOLD. kl.07,10		LUFT		VANN		% av luft		F		Dyp		SD		VT		OKSYGEN		KON		
Dyp	SD	VT	OKSYGEN	KON	Dyp	SD	LUFT	VANN	% av luft	F	Dyp	SD	VT	OKSYGEN	KON	Dyp	SD	VT	OKSYGEN	KON	Dyp	
m	m	grC	mg/l	mS/m	m	m	uE/m2sec	m2sec	%		m	m	grC	mg/l	mS/m	m	m	grC	mg/l	mS/m	m	
	1.5		0	25gC		1.5						1.3		0	25gC		1.3		0	25gC		
0.0		23.7	13.9	23.5	0.0	600	560	100	1.0714													
0.5		23.8	13.9	23.6	0.5	577	490	91	1.0714		0.0		23.8	14.3	23.6	0.0	23.8	14.3	169	23.6	0.0	
1.0		23.8	14.0	23.6	1.0	600	280	50	1.0714		0.5		23.8	14.3	23.8	0.5	23.8	14.3	169	23.8	0.5	
1.5		23.9	14.0	23.6	1.5	613	75	13	1.0714		1.0		23.8	14.0	23.8	1.0	23.8	14.0	166	23.8	1.0	
2.0		23.8	13.2	23.5	2.0	591	26	5	1.0714		1.5		23.8	13.2	23.6	1.5	23.8	13.2	156	23.6	1.5	
2.5		23.4	11.5	23.0	2.5	604	6.9	1.22	1.0714		2.0		23.5	11.0	23.1	2.0	23.5	11.0	130	23.1	2.0	
3.0		22.9	6.5	22.6	3.0	603	3.2	0.57	1.0714		2.5		23.1	6.9	22.6	2.5	23.1	6.9	81	22.6	2.5	
3.5		21.8	2.2	22.7	3.5	604	1.7	0.30	1.0714		3.0		22.4	3.0	22.5	3.0	22.4	3.0	35	22.5	3.0	
4.0		21.0	0.6	22.7	4.0	601	0.92	0.16	1.0714		3.5		21.5	1.1	22.7	3.5	21.5	1.1	12	22.7	3.5	
4.5		20.2	0.6	22.8	4.5	622	0.56	0.10	1.0714		4.0		20.5	0.5	22.7	4.0	20.5	0.5	5	22.7	4.0	
5.0		19.6	0.6	22.8	5.0	629	0.45	0.08	1.0714		4.5		20.0	0.4	22.7	4.5	20.0	0.4	4	22.7	4.5	
5.5		18.8	0.6	22.9	5.5	622	0.32	0.06	1.0714		5.0		19.6	0.3	22.8	5.0	19.6	0.3	3	22.8	5.0	
6.0		18.3	0.5	23.0	6.0	600	0.24	0.04	1.0714		5.5		19.2	0.3	22.8	5.5	19.2	0.3	3	22.8	5.5	
7		17.1	0.5	23.1		608	0.19	0.03	1.0714		6.0		19.1	0.3	22.8	6	19.1	0.3	3	22.8	6	
8		15.5	0.4	23.6							7		17.5	0.1	23.1		17.5	0.1	1	23.1		
9		14.4	0.4	24.0							8		14.8	0.00	23.8		14.8	0.00	0	23.8		
10		13.8	0.3	24.1							9		13.2	0.00	25		13.2	0.00	0	25		
11		13.5	0.3	24.4																		
12		13.3	0.2	24.6																		

Hovedstasjon. 29.07.97. kl.:11,00 Siktedyp:1.7m												Hovedstasjon. 29.07.97. kl.:11,00											
Dyp	VT	Oksygen	SG	KON	FAR	TUR	TP	TN	NO3	N-N	Vn	N/P	Klorfy	T.v.	Org	Uorg	Sil						
m	grC	mg/l	met.	mS/m	mg/l	FTU	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l			ug/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l						
		0	%	25gC	PT	P	N	N	N	N			chl.a.				SiO2						
0	22.2	8.5	98	22.5	27	2.4	40	660	0.05	659.95	100	17	32.5	15.6	13.4	2.2	1.4						
1	22.2	8.7	100	22.5	30	2.3	40	655	9	646	99	16	41.5	19.8	16.8	3.0	1.4						
2	22.2	8.5	98	22.6	30	3.1	45	760	0.05	759.95	100	17	31.2	17.0	13.2	3.8	1.3						
3	22.1	8.3	95	22.6	29	2.6		690	9	681	99		37.8	17.2	10.6	6.6	1.3						
4	22.0	5.6	64	22.6	29	2.8	43	795	0.05	794.95	100	18	43.9	20.8	16.0	4.8	1.3						
5	19.6	0.5	5	22.9	35	3.7		740	0.05	739.95	100		36.0	25.8	17.6	8.2	1.4						
6	17.7	0.4	4	23.0	37	2.1	32	430	0	429.95	100	13	5.2	8.4	3.8	4.6	1.6						
7	16.4	0.4	4	23.4	37	2.6		490	4	486	99		2.2	5.2	2.0	3.2							
8	15.1	0.3	3	23.7	34	2.5	74	590	21	569	96	8	1.7	4.8	3.2	1.6	2.2						
9	14.5	0.2	2	24.0	35	2.7		705	21	684	97		1.7	6.0	4.0	2.0							
10	13.6	0.2	2	24.6	40	2.3	159	850	9	841	99	5	2.1	6.0	3.2	2.8	2.9						
11	13.3	0.1	1	24.8	48	2.7		970	17	953	98		2.3	5.2	2.8	2.4							
12	13.0	0.1	0.1	25.0	62	3.1	305	1090	9	1081	99	4	2.9	6.4	2.8	3.6	3.4						
Hovedstasjon. 28.07.97.												VIV-innt.29.07.97											
LYSFORHOLD.kl.:12,00												kl.: 13,00											
Dyp	SD	LUFT	VANN	% av	f	Dyp	SD	VT	Oksygen	KON	met.	KON	Dyp	SD	LUFT	VANN	% av	f					
m	m	uE/m2sec	uE/m2sec	luft		m	m	grC	mg/l	mS/m	%	mS/m	m	m	uE/m2sec	uE/m2sec	luft						
	1.7			%			2.1		0	25gC	%			2.1			%						
0		246	358	100	1			22.6	8.2	94.9	94.9	22.3	0		568	829	100	1					
1		250	177	49	1	0		22.4	8.3	95.7	95.7	22.4	1		566	461	56	1					
2		344	27	5	1	1		22.2	8.5	97.7	97.7	22.5	2		575	120	14	1					
3		294	11	3	1	2		22.1	7.3	83.7	83.7	22.5	3		578	32	4	1					
4		372	4	1	1	3		21.6	6.3	71.5	71.5	22.5	4		590	13	1	1					
5		305	1	0.3	1	4		19.8	0.4	4.4	4.4	22.7	5		599	6	0.6	1					
6		1433	2	0.1	1	5		17.8	0.5	5.3	5.3	22.9	6		600	2	0.3	1					
7		1431	1	0.1	1	6		16.8	0.4	4.1	4.1	23.3			600	1	0.2	1					
8		1405	0.61	0.03	1	7		16.2	0.4	3.6	3.6	23.4											
9		1371	0.34	0.02	1	8																	
10		1377	0.21	0.01	1	9																	

Hovedstasjon.30.07.97										Hovedstasjon.30.07.97										VIV-innt.30.07.97										VIV-innt.30.07.97									
kl.:07,20										LYSFORHOLD kl:07,30										kl.:08,40										LYSFORHOLD kl:8,50									
Dyp m	SD m	VT grC	OKSYGEN mg/l	met. %	KON mS/m	LUFT uE/m2sec	VANN	% av luft	f	Dyp m	SD m	VT grC	OKSYGEN mg/l	met. %	KON mS/m	LUFT uE/m2sec	VANN	% av luft	f	Dyp m	SD m	VT grC	OKSYGEN mg/l	met. %	KON mS/m	LUFT uE/m2sec	VANN	% av luft	f										
																														580	443	100	0.76	0	1.8	0	25gC	871	899
0		21.7	9.3	106	22.5	469	440	72	0.76	0		21.8	9.8	112	22.4	800	555	67	0.97																				
1		21.8	9.3	106	22.6	452	83	14	0.76	1		21.8	9.5	108	22.5	787	139	17	0.97																				
2		21.8	9.3	106	22.6	424	21	4	0.76	2		21.8	9.3	106	22.5	740	33	4	0.97																				
3		21.8	9.3	106	22.6	444	6	1	0.76	3		21.8	8.9	101	22.5	714	17	2	0.97																				
4		21.8	9.1	104	22.6	458	2	0.3	0.76	4		21.6	8.6	98	22.5	640	7	1.0	0.97																				
5		20.6	0.5	6	22.8	471	0.7	0.1	0.76	5		19.9	1.7	19	22.9	600	1	0.2	0.97																				
6		17.7	0.4	4	23.0	463	0.4	0.1	0.76	6		17.6	0.4	4	23.1	600	0.6	0.1	0.97																				
7		16.4	0.4	4	23.3					7		16.3	0.4	4	23.4																								
8		14.9	0.3	3	24.0					8		15.4	0.4	4	23.8																								
9		14.3	0.2	2	24.2					9		14.9	0.4	3	23.8																								
10		13.7	0.1	1	14.4																																		
11		13.5	0.1	0.5	24.5																																		
12		13.2	0.0	0.0	24.8																																		
Hovedstasjon. 11.08.97. kl.:10,20 Siktedyp:1.2m										UTPELLING FRA 7 - 12m																													
Dyp m	VT grC	OKSYGEN mg/l	met. %	SG pH	KON mS/m	FAR mg/l	TUR FTU	TP ug/l	TN ug/l	NO3 ug/l	N-N ug/l	Vn N	N/P N/P	Klorfy ug/l	T.v. mg/l	Org mg/l	Uorg mg/l	Si1 mg/l	Si2	Dyp m	VT grC	OKSYGEN mg/l	met. %	KON mS/m	LUFT uE/m2sec	VANN	% av luft	f											
																													9.6	18	33	88	935	0.05	934.95	100	11	83	30.2
0	22.8	10.3	120	9.6	18	33		88	935	0.05	934.95	100	11	83	30.2	27.2	3.0	1.6																					
1	22.8	10.1	117	9.6	19	31		112	1150	4	1146	100	10	104	38.0	35.2	2.8	1.6																					
2	22.7	9.6	111	9.5	19	33		74	780	0.05	779.95	100	11	50	24.2	20.8	3.4	1.8																					
3	22.0	6.7	77	9.1	19	28		35	500	0.05	499.95	100	14	11	10.8	6.2	4.6	1.9																					
4	21.2	5.4	61	8.9	20	30		25	500	1	499	100	20	5	8.2	4.0	4.2	1.9																					
5	20.5	2.8	31	8.2	20	25		30	515	1	514	100	17	8	9.4	5.2	4.2	2.0																					
6	19.9	0.9	10	7.7	20	24		48	525	1	524	100	11	3	8.0	4.6	3.4	2.2																					
7	18.4	0.3	3	7.5	20	29		188	800	1	799	100	4	2	7.6	3.2	4.4	2.9																					
8	15.7	0.3	0	7.3	21	45		310	1060	5	1055	100	3	2	7.8	3.0	4.8	3.5																					
9	14.4	0.3	0	7.2	21	58		492	1380	5	1375	100	3	2	8.2	3.2	5.0	4.2																					
10	14.2	0.3	0	7.3	21	60																																	
11	13.7	0.3	0	7.3	21	71																																	
12	13.4	0.3	0	7.3	21	129																																	

Hovedstasjon.11.08.97.		VIV-inntak.11.08.97.		Hovedstasjon.12.08.97.		VIV-inntak.12.08.97.														
LYSFORHOLD kl:11,00		LYSFORHOLD kl:12,00		LYSFORHOLD kl:07,40		LYSFORHOLD kl:08,40														
Dyp	SD	LUFT	VANN	% av luft	f	SD	LUFT	VANN	% av luft	f	SD	LUFT	VANN	% av luft	f					
m	m	uE/m2sec	m	%		m	uE/m2sec	m	%		m	uE/m2sec	m	%						
	1.2	473	573	100	0.825	2.5	1260	1683	100	0.749	1.1	585	778	100	0.752	2.2	460	788	100	0.584
0		477	399	69	0.825		1222	985	60	0.749		613	498	61	0.752		360	315	51	0.584
1		479	46	8	0.825		1145	99	6	0.749		600	66	8	0.752		470	120	15	0.584
2		480	9	1	0.825		1129	33	2.2	0.749		600	12	1.5	0.752		500	27	3.2	0.584
3		477	3	0.52	0.825		1105	23	1.6	0.749		610	3.5	0.4	0.752		536	10	1.1	0.584
4		475	1	0.24	0.825		1095	13	0.9	0.749		630	1.5	0.2	0.752		542	3.98	0.4	0.584
5		470	0.60	0.11	0.825		1142	5	0.33	0.749		600	0.7	0.09	0.752		530	1.5	0.17	0.584
6		466	0.29	0.05	0.825		1176	2.9	0.18	0.749		560	0.38	0.05	0.752		460	0.75	0.10	0.584
7		465	0.17	0.03	0.825		1248	1.65	0.10	0.749		575	0.18	0.02	0.752		420	0.3	0.04	0.584
8							1333	0.82	0.05	0.749		579	0.09	0.01	0.752		580	0.2	0.02	0.584
Hovedstasjon. 15.09.97. Kl.:11,20 Siktedyp:3,4m																				
Dyp	VT	OKSYGEN	SG	KON	FAR	TUR	TP	TN	NO3	N-N	Vn	N/P	Klorfy	T.v.	Org	Uorg	Si1			
m	grC	mg/l	met.	pH	mS/m	mg/l	PTU	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l			
		0	%	25gC		Pt		P	N	N			Chl.a.				SiO2			
0	15.5	6.6	66.2	7.7	23.3	34	2.5	945	205	740	78		11	3.4	3.2	0.2				
1	15.5	6.5	65.2	7.8	23.3	34	2.2	910	205	705	77	9	10	5.8	3.6	2.2	3.0			
2	15.5	6.6	66.2	7.7	23.2	33	2.0	925	210	715	77		10	6.4	3.4	3.0				
3	15.5	6.6	66.2	7.7	23.2	33	2.2	940	205	735	78	9	10	4.0	4.0	0.0	3.0			
4	15.5	6.7	67.2	7.8	23.2	33	1.5	915	205	710	78		10	5.2	3.6	1.6				
5	15.5	6.6	66.2	7.8	23.2	35	1.6	965	205	760	79	9	10	6.2	4.0	2.2	3.0			
6	15.5	6.4	64.2	7.7	23.2	32	2.0	965	205	760	79		10	8.0	4.0	4.0				
7	15.5	6.4	64.2	7.8	23.2	32	1.6	1010	205	805	80	10	9	7.4	3.6	3.8	3.0			
8	15.5	6.4	64.2	7.7	23.2	36	1.9	960	200	760	79		8	5.2	3.6	1.6				
9	15.5	6.5	65.2	7.8	23.2	34	1.9	920	200	720	78	9	6	4.4	2.8	1.6	3.0			
10	15.5	6.3	63.2	7.7	23.2	34	2.3	895	210	685	77		5	7.8	2.6	5.2				
11	15.4	6.2	62.1	7.7	23.3	34	2.3	915	220	695	76	9	5	9.4	3.2	6.2	3.1			
12	15.3	6.3	62.9	7.7	23.3	35	3.3	940	230	710	76	9	5	19.4	3.6	15.8	3.1			

3. Oversikt over rapporter og publikasjoner om

Akersvatnet

Berg, K., Carmichael, W.W., Skulberg, O.M., Benestad, Chr. & Underdal, B. (1987): Investigation of a toxic water bloom of *Microcystis aeruginosa* (CYANOPHYCEAE) in Lake Akersvatn, Norway. *Hydrobiologia* 144: 97-103.

Berg, K., Skulberg, O.M., Skulberg, R., Underdal, B. & Willén, T. (1986): Observations of toxic blue-green algae (CYANOBACTERIA) in some Scandinavian lakes. *Acta vet. scand.* 27: 440-452.

Berge, D. (1987): Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Rapport O-85110, 24. juni 1987. 44 pp.

Berge, D. (1993): Akersvatnet. I: Tiltaksorientert overvåking i Grimestadbekken/Akersvatnet. Del B. Årsrapport 1992. Fylkesmannen i Vestfold, Miljøvernavdelingen. pp. 18-26.

Brække, F.H. (1979): Grøfte- og gjødslingseffekter på næringsfattig nedbørsmyr. *Skogbruk* 237, F16/19. Meldetjenesten. Det norske skogselskap.

Carmichael, W.W. (1988): Toxins of freshwater algae. In: *Marine Toxins and Venoms. Handbook of Natural Toxins* (Ed. A.T. Tu), Vol. 3, pp. 121-147. Marcel Dekker, New York.

Dalin, O. (1955): Tønsberg drikkevann. Undersøkelser 1953-1954. Tønsberg. 73 pp.

Norsk institutt for vannforskning (1959): Vestfold interkommunale vannverk. Undersøkelse av vannkilder i 1958. Rapport O-57. Oslo, 7. februar 1959. 47 pp.

Norsk institutt for vannforskning (1966): Undersøkelser ved Tønsberg og Nøtterøy fellesvannverk. Rapport O-125/65. Oslo, 13. juni 1966. 12 pp.

Norsk institutt for vannforskning (1968): Akersvatnet. Vannforsyning til Stokke kommune. Rapport O-79/67. Oslo, 28. februar 1968. 4 pp.

Norsk institutt for vannforskning (1973): Analyse av vann- og slamprøver fra Akersvannet, Sem og Stokke kommuner. Rapport O-72202. 31 pp.

- Norsk institutt for vannforskning (1984): Effektstudier av spylevannsutslipp fra Akersvannverkets renseanlegg. Rapport O-84027. Oslo, 5. desember 1984. 20 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1985): Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. Resultater av undersøkelser i 1984. Rapport O-84135. Oslo, 18. april 1985. 21 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1986a): Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. Resultater av undersøkelser i 1985. Rapport O-84135. Oslo, 10 januar 1986. 32 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1986b): Driftsundersøkelse av VIVs direktefiltreringsanlegg ved Akersvann. Rapport O-86068. Oslo, juli 1986. 32 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1986c): Bruksplan for Akersvannet. Bakgrunnsundersøkelser og forslag til tiltak. Rapport O-85118. Oslo, 18. august 1986. 107 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1986d): Kontroll av giftproduserende alger - Akersvatnet, Vestfold. - Forskningsbehov i Norge. Notat. Oslo, 11. november 1986. 10 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1986e): VIVs direktefiltreringsanlegg ved Akersvann. Renseeffekter for alger, algetoksiner og andre vannkvalitetsparametre. Rapport O-86068. Oslo, desember 1986. 74 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1987a): Giftproduserende blågrønnalger i Akersvatnet. Resultater av undersøkelser i 1986 for Vestfold interkommunale vannverk (VIV). Rapport O-84135. Oslo, 9. mars 1987. 32 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1987b): Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. Undersøkelser i 1986 utført for Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Vestfold. Rapport E-83462. Oslo, 25. mars 1987. 21 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1988): Morfometri, hydrologi, vannkvalitet og beregninger av akseptabel fosforbelastning i 15 Vestfoldinnsjøer. Rapport O-87062. Oslo, 28. oktober 1988. 98 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1989a): Blågrønnalger - vannkvalitet i Akersvatnet, Vestfold. Resultater av undersøkelser i 1987 og 1988 for Vestfold interkommunale vannverk (VIV). Rapport O-84135. Oslo, 20. januar 1989. 35 pp.

- Norsk institutt for vannforskning (1989b): Blågrønnalger - vannkvalitet i Akersvatnet, Vestfold. Grafiske fremstillinger av fysiske og kjemiske observasjoner 1987 og 1988. Rapport O-84135. Oslo, 28. februar 1989. 53 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1991a): Akersvatnet. Blågrønnalger - vannkvalitet, resultater av undersøkelser i 1989 og 1990. Rapport O-90086. Oslo, 29. juli 1991. 56 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1991b): Hallevatnet og Ulfsbaktjernet. En hydrobiologisk undersøkelse i 1990. Rapport O-90087. Oslo, 15. desember 1991. ISBN 82-577-1968-4. 46 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1992): Pumpeforsøk i Akersvatnet 1993. Forslag til arbeidsprogram. Notat til Vestfold interkommunale vannverk. Oslo, 21. desember 1992.
- Norsk institutt for vannforskning (1993): Utviklingsforløp av hydrobiologiske forhold i Akersvatnet. Notat til Vestfold interkommunale vannverk. Oslo, 22 juni 1993.
- Norsk institutt for vannforskning (1994a): Akersvatnet. Hydrobiologisk vannkvalitet og kontrollert utskiftning av vannmasser. Observasjoner 1992 og 1993. Rapport O-92040. Oslo, 10. januar 1994. 72 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1994): Utslipp av Al-slam fra Akersvannets vannrenseanlegg. Kontrollundersøkelse i resipienten 1993-1994. Rapport O-93235. Oslo, 15. oktober 1994. 25 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1995): Akersvatnet. Hydrologisk vannkvalitet og kontrollert utskiftning av vannmasser. Observasjoner 1994. Rapport O-92040. Oslo, 15. mars 1995. 43 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1995): Episodisk fiskedød i Akersvannet, august 1995. Rapport O-95190. L.nr. 3343. 21 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1996): Økologiske forhold i Akersvannet. Rapport O-95288. L.nr. 3494-96. 32 pp.
- Ohren, J.A. (1988): Renseeffekter for alger og algetoksiner i direktefiltrering. Vann 23(1): 159-166.

- Romstad, R. & Skulberg, O.M. (1972): Some observations on the distribution and abundance of blue-green algae of inland waters in Southern Norway. IBP i Norden. No. 10:22-37.
- Rudi, K., Skulberg, O.M., Larsen, F. & Jakobsen, K.S. (1997): Strain characterization and classification of oxyphotobacteria in clone cultures on the basis of 16S rRNA sequences from the variable regions V6, V7, and V8. *Appl. Environ. Microbiol.* 63(7): 2593-2599.
- Rudi, K., Skulberg, O.M., Larsen, F. & Jakobsen, K.S. (1998): Quantification of toxic cyanobacteria in water by use of competitive PCR followed by sequence-specific labeling of oligonucleotide probes. *Appl. Environ. Microbiol.* (In press).
- Skulberg, O.M. (1965): Vannblomstdannende blågrønnalger i Norge og deres betydning ved studiet av vannforekomstenes kulturpåvirkning. *Nord. Jordbr. Forsk.* 47(3): 180-190.
- Skulberg, O.M. (1968): Studies on eutrophication of some Norwegian inland waters. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.* 14: 187-200.
- Skulberg, O.M. (1981): Når innsjøer og elver blir overgjødset - kulturbetinget eutrofering og algevekst. *Norsk institutt for vannforsknings årbok 1980*. Oslo. pp. 23-30.
- Skulberg, O.M. (1988): Blågrønnalger - vannkvalitet. Toksiner. Lukt- og smaksstoffer. Nitrogenbinding. NIVA-rapport O-87006. Oslo, 15. mars 1988, 121 pp.
- Skulberg, O.M., Carmichael, W.W., Codd, G.A. & Skulberg, R. (1993): Taxonomy of Toxic Cyanophyceae (Cyanobacteria). In: *Algal Toxins in Seafood and Drinking Water*. (Ed. I.R. Falconer), Chapter 9, pp. 145-164. Academic Press Ltd., London.
- Skulberg, O.M. & Kotai, J. (1997): Waste-water nitrogen: Growth promoter and pollution factor. In: *Some geomical consequences of nitrogen circulation processes* (ed. J. Låg), pp. 165-189. The Norwegian Academy of Science and Letters, Oslo.
- Underdal, B. & Skulberg, O.M. (1983): Giftproduserende blågrønnalger i vannblomst. Problemer for helse og trivsel. *Statens forurensningstilsyns årsrapport 1982*. Rapport nr. 115/83, TA 588, pp. 87-92.

- Underdal, B., Nordstoga, K. & Skulberg, O.M. (1998): Toxicological studies of protracted poisoning effects caused by metabolites of *Aphanizomenon flos-aquae* (Cyanophyta). *Aquatic Toxicology*. (In press).
- Utkilen, H. (1992): Cyanobacterial toxins. In: Photosynthetic prokaryotes. (Eds. N.H. Mann & N.G. Carr), pp. 211-231. Plenum Press, London.
- Utkilen, H. & Gjølme, N. (1992): Toxin production by *Microcystis aeruginosa* as function of light in continuous cultures and its ecological significance. *App. and Env. Microbiol* 58: 1321-1325.
- Utkilen, H., Skulberg, O.M., Underdal, B., Gjølme, N., Skulberg, R. & Kotai, J. (1996): The rise and fall of a toxigenic population of *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae, Cyanobacteria) - a decade of observations in Lake Akersvatnet, Norway. *Phycologia* 35 (Suppl. 6):189-197.
- Westgaard, H.K.B., Utkilen, H., & Aarnes, H. (1992): Studier av vekst, toksisitet, ekstrakromosomalt DNA samt indre strukturer hos cyanobakterien *Microcystis aeruginosa* Kütz. I Toxinproducing algae. Research on advance. (Eds. O.M. Skulberg & R. Skulberg). Proceedings of the third Nordic symposium on toxinproducing algae. Oslo 1988. Norwegian Institute for Water Research. Oslo. ISBN-82-577-2144-1.
- Åsheim, T. (1993): Langt av sted etter vann. Idé og bakgrunn. VIV 25 år. Vestfold interkommunale vannverk, Seierstad 62 pp.

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3785-98

ISBN 82-577-3359-8