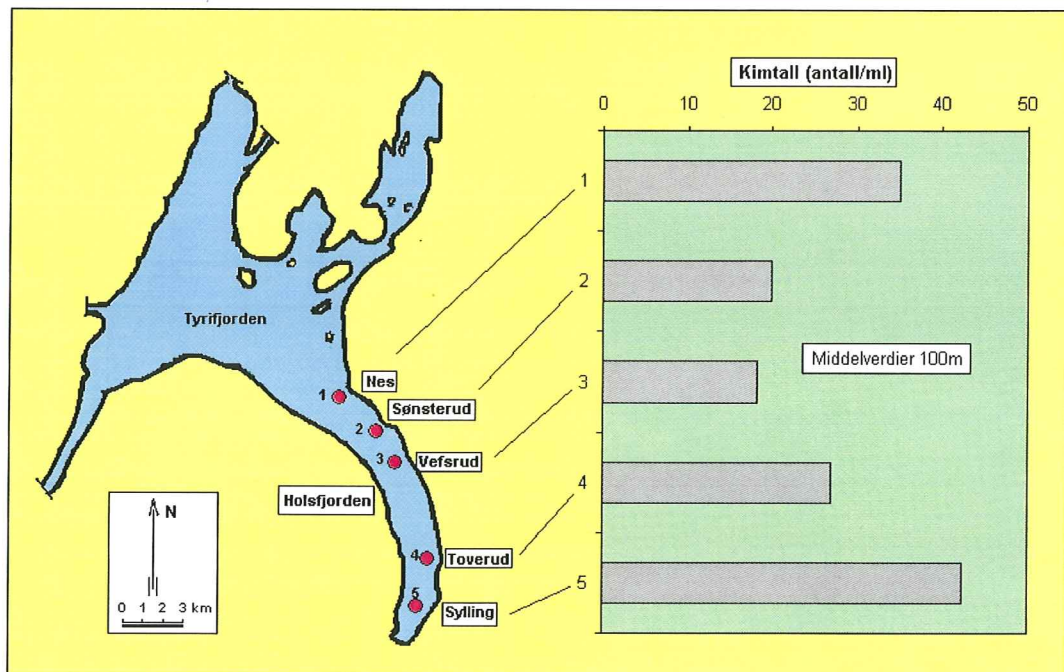
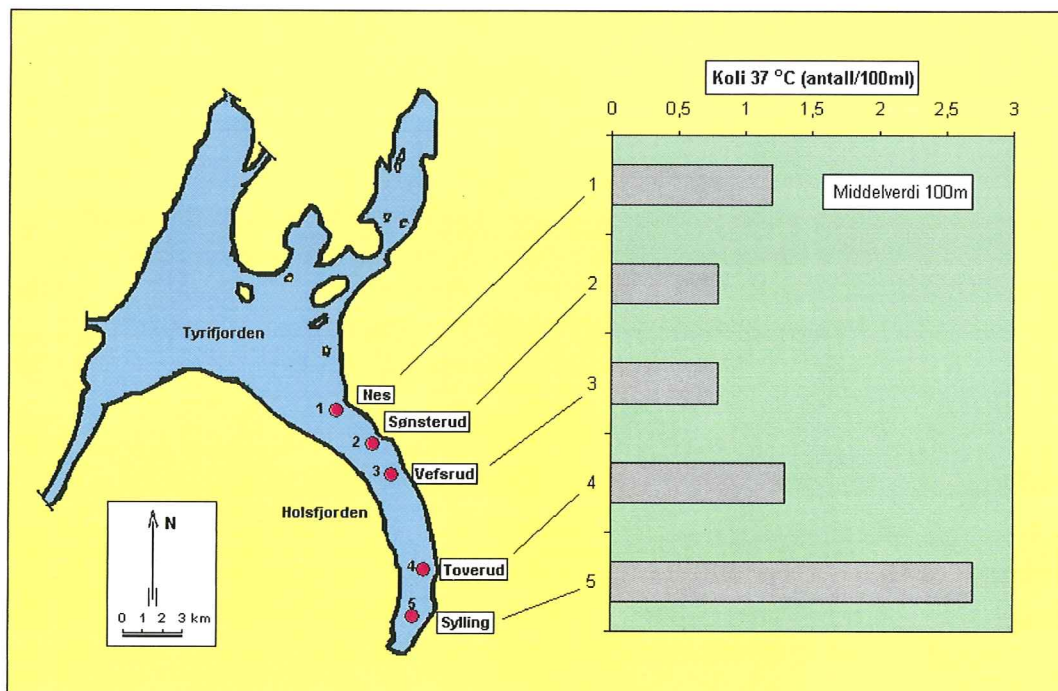


Oppdaterende undersøkelse av bakterier og vannkjemi i Holsfjorden



**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 <b>Holsfjorden som ny drikkevannskilde for Oslo</b>  <b>Oppdaterende undersøkelse av bakterier og vannkjemi i Holsfjorden</b>	Løpenr. (for bestilling) 4216-2000	Dato 29.02.00
	Prosjektnr. Undernr. O-99081	Sider Pris 37
Forfatter(e)  Dag Berge, Harry Efraimsen, Leif Lien og Åse Bakketun	Fagområde Hydrologi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Buskerud	Trykktet NIVA

Oppdragsgiver(e) Oslo kommune, Vann og avløpsetaten (VAV)	Oppdragsreferanse Kjell Engh
--	---------------------------------

**Sammen drag**

I forbindelse med planleggingen av Holsfjorden som ny drikkevannskilde for Oslo ble det i perioden oktober 1999 til januar 2000 gjennomført en undersøkelse av vannkvaliteten ved 5 stasjoner i Holsfjorden for å kartlegge konsentrasjon og utbredelse av sentrale drikkevannsparemetre som tarmbakterier og utvalgte kjemiske stoffer. Undersøkelsen skulle bl.a. gi informasjon om optimalt inntaksdyp og inntakssted. Undersøkelsen ble foretatt før, under og etter høstfullsirkulasjonen da det gjerne er i denne perioden at man får mest forurensning inn i dypvannsinntak fra innsjøer. Prøvene ble tatt fra overflaten og ned til 150 m dyp, tilsammen 150 vannprøver som ble analysert på et 20 talls parametre. Vannkvaliteten var god på alle de 3 stasjonene på strekningen Toverud-Sønsterud. Inne ved Sylling i syd, og ut for Nes i nordre enden av Holsfjorden, var vannkvaliteten dårligere. Aller best var vannkvaliteten ved stasjon 3 Vefsrud og best ved 100 m dyp. Kraftig vindvær under sirkulasjonsperioden greide å bringe forurenset overflatevann ned til ca 50-60 m dyp. Ved stasjon 3 ble det ikke påvist termotolerant koliforme bakterier ved 100 m eller dypere i løpet av perioden. Presumptivt fekale streptokokker, og sulfittreducerende clostridier ble påvist av og til i lave konsentrasjoner (1-2 bakterier per 100 ml), hovedsakelig i overflatelagene etter vindvær. De aller fleste funnene av sistnevnte gruppe viste seg å være *Clostridium perfringens*. 100 m dyp ved de 3 midterste stasjonene tilfredsstilte normene for enkel vannbehandling i gjeldende drikkevannsforskrifter, og for de fleste parameterne også EU's drikkevannsdirektiv. Et spørsmålste gn er det ved funnene av *Clostridium perfringens*. En sjelden gang kunne det påvises en og annen spore av denne også i dypvannet. Disse skal ikke være tilstede i rentvannet ut fra vannverkene etter EUs krav, og det er uklart om disse fjernes effektivt nok ved enkel vannbehandling.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Drikkevannsforsyning</li> <li>2. Bakteriologi</li> <li>3. Vannkjemi</li> <li>4. Holsfjorden</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Drinking water supply</li> <li>2. Bacteriology</li> <li>3. Water chemistry</li> <li>4. Lake Holsfjorden</li> </ol>
---	---

  
Dag Berge  
Prosjektleder

  
Torsten Källqvist  
Forskningsleder

  
Nils Roar Sælthun  
Forskningsjef

Norsk institutt for vannforskning  
Oslo

O-99081

Holsfjorden som ny drikkevannskilde for Oslo

## **Oppdaterende undersøkelse av bakterier og vannkjemi i Holsfjorden høst/vinter 99/00**

Oslo 29.02.2000

Prosjektleder:

Dag Berge

Medarbeidere:

Harry Efraimsen

Leif Lien

Åse Bakketun

Åse Rogne

## ***Forord***

*Undersøkelsen er en del av KU-utredningene i forbindelse med utbygging av Holsfjorden som ny vannkilde for Oslo. Oppdragsgiver er Oslo kommune, Vann- og avløpsetaten (VAV). Undersøkelsen ble kontraktsfestet i oktober 1999. Oppdragsgivers kontaktpersoner har vært Kjell Engh og Arne Bjørnson-Langen. Jan Kristiansen ved VAVs laboratorium har gitt konstruktive bidrag til undersøkelsesopplegget. Oppdragsgivers kontaktpersoner takkes for godt samarbeid gjennom hele undersøkelsesperioden.*

*Feltarbeidet er utført av Leif Lien og Harry Efraimsen, begge NIVA. Sistnevnte har dessuten hatt ansvaret for de bakteriologiske analysene, hvor Åse Bakketun og Åse Rogne, begge NIVA, har stått for det analytiske arbeidet.*

*Dag Berge har vært prosjektleder for undersøkelsen og stått for sammenstilling til rapport.*

*Oslo 29.02.2000*

*Dag Berge  
Prosjektleder*

## Innholdsfortegnelse

1	Konkluderende sammendrag .....	7
2	Innledning .....	9
3	Materiale og metoder .....	11
3.1	Innsamling av prøver .....	11
3.2	Bakterieanalyser .....	11
3.3	Kjemianalyser .....	11
3.4	Fysiske analyser .....	11
4	Resultater og diskusjon .....	12
4.1	Temperatur .....	12
4.2	Surhetsgrad - pH .....	13
4.3	Turbiditet .....	14
4.4	Farge .....	15
4.5	Total organisk karbon - TOC .....	16
4.6	Hovedioner og tungmetaller .....	17
4.7	Bakterier .....	18
4.7.1	Kimtall - heterotrofe bakterier .....	18
4.7.2	Total koliforme bakterier (37 °C) .....	21
4.7.3	Termotolerante koliforme bakterier (44 °C) .....	24
4.7.4	Presumptivt fekale streptokokker .....	25
4.7.5	Anaerobe sporedannende bakterier og <i>Clostridium perfringens</i> .....	26
5	Litteratur .....	27
6	Primærdata .....	28

## Liste over figurer

Figur 2.1 Prøvetakingsstasjoner i Holsfjorden ved undersøkelsene høst/vinter 99/00.....	10
Figur 4.1 Midlere vanntemperatur på ulike dyp ved de 6 undersøkelsestoktene i Holsfjorden høsten/vinteren 1999/00. ....	12
Figur 4.2 Midlere pH på 100 m dyp ved de undersøkte stasjoner i Holsfjorden høst/vinter 1999/00. ....	13
Figur 4.3 Turbiditet på ulike dyp ved de undersøkte stasjoner i Tyrifjorden .....	14
Figur 4.4 Vannets farge på de ulike stasjoner. Middelerverdier fra 6 tokt fra oktober 99 til januar 2000. På alle stasjonene var farge minst på 100 m og stasjon 3 Vefsrud hadde lavest farge. ....	15
Figur 4.5 Total organisk karbon (TOC). Middelerverdi på 100 m dyp på de ulike stasjoner. ...	16
Figur 4.6 Kimtall på ulike dyp ved de undersøkte stasjoner i Holsfjorden. ....	18
Figur 4.7 Midlere kimtall på 100 m dyp ved de ulike stasjoner i Holsfjorden. Kimtallet er lavest på stasjon 3. ....	19
Figur 4.8 Dybde-tid diagram over kimtall (heterotrofe bakterier, antall/ml ) på ulike dyp og til ulike tider på stasjon 3 Vefsrud. ....	20
Figur 4.9 Middelerverdi av total koliforme bakterier (37 °C) på ulike dyp ved de undersøkte stasjoner i Holsfjorden. ....	21
Figur 4.10 Total koliforme bakterier (37 °C) på 100 m dyp ved de ulike stasjoner i Holsfjorden .....	22
Figur 4.11 Konsentrasjon av total koliforme bakterier (37 °C) på 100 m dyp ved årets undersøkelse sammenliknet med tilsvarende resultater fra 1975 (SIFF 1976). Særlig ved stasjon 5 i Sylling har det skjedd en markert bedring av vannkvaliteten. ....	23
Figur 4.12 Dybde-tid diagram over termotolerante koliforme bakterier (TKB) 44 °C på stasjon 3 Vefsrud. ....	24

## Liste over tabeller

Tabell 4.1 Analyseresultater fra 100 m dyp 1/11-99 ved Stasjon 3 (Vefsrud). ....	17
Tabell 6.1 Kjemianalyser- primærdata. ....	28
Tabell 6.2 Bakterieanalyser - primærdata. ....	32

## 1 Konkluderende sammendrag

I forbindelse med planleggingen av Holsfjorden som ny drikkevannkilde for Oslo ble det i perioden oktober 1999 til januar 2000 gjennomført en undersøkelse av vannkvaliteten ved 5 stasjoner i Holsfjorden for å kartlegge konsentrasjon og utbredelse av sentrale drikkevannsparametre som tarmbakterier og utvalgte kjemiske stoffer. Undersøkelsen skulle bl.a. gi informasjon om optimalt inntaksdyp og inntakssted. Undersøkelsen ble foretatt før, under og etter høstfullsirkulasjonen, da det gjerne er i denne perioden at man får mest forurensning inn i vanninntak fra innsjøers dypvann. Prøvene ble tatt fra overflaten og ned til 150 m dyp. I alt ble dette 150 vannprøver som ble analysert på et 20 talls parametre.

Ved undersøkelsens start 18. oktober lå temperatursprangsjiktet på ca 20 m. Dette ble presset nedover etterhvert som vannet i overflatelaget ble avkjølt. I overgangen november desember lå termoklinen på 60 m, hvoretter den ble utvisket og innsjøen fullsirkulerte 20. desember. I første halvdel av januar sirkulerte innsjøen fortsatt.

pH varierte fra 7.0-7.15.

Vannets farge lå mellom 13 og 15 mg Pt/l med middelvei på 14.7 mg P. Fargen var lavest på 100 m dyp ved stasjon 3 Vefsrud. Sammenliknet med resultater fra 1960-årene var fargen i dag lavere, eller av samme størrelsesorden.

Vannets turbiditet varierte fra 0.15-0.35 med de fleste observasjoner mellom 0,2-0,3 FTU. Lavest turbiditet hadde vannet på 100 m dyp ved stasjon 3 Vefsrud med middelvei på 0.21 FTU.

TOC varierte fra 2.7-2.8 mg C/l på alle stasjoner. Stasjon 2, 3 og 4 hadde i middel 2.7 mg C/l, mens stasjon 1 og stasjon 5 hadde 2.8 mg C/l.

Med hensyn til hovedioner hadde Holsfjorden en meget gunstig sammensetning med kalsium som dominerende kation (5 mg Ca/l) og bikarbonat som dominerende anion (0.204 mmol/l). Dette vitner om en vannkvalitet som ikke er synlig påvirket av forsuring, og som heller ikke vil bli det i fremtiden.

Jern og mangan hadde svært lave verdier, hhv 22 µg/l og 1.1 µg/l. Alle tungmetallene hadde meget lave verdier, og tilfredsstillende normene for drikkevann med god margin.

Til tross for at bakterieprøvene er tatt på den årstiden man vanligvis finner de høyeste bakterietallene i dypvannsinntak fra innsjøer (høst-tidlig vinter), vist alle parametrene lave verdier, og lå alle klart inn under kravet til enkel vannbehandling (siling og desinfeksjon) skissert i drikkevannsforskriftene. Kimtallet (22 °C) var lavest på stasjon 3 Vefsrud, og lavest på 100 m dyp med middel på 17 bakterier per ml. Det er ikke noe bestemt krav til kimtall i råvann i drikkevannsforskriftene, mens det kreves at vannet som leveres på nettet ikke skal ha over 100 bakterier per ml. Med et råvann som til en hver tid inneholder mindre enn 50 per ml, skulle ikke dette være særlig vanskelig.

Innholdet av total koliforme bakterier (37 °C) var også lavest på stasjon 3 Vefsrud og lavest på 100 m dyp, med mindre enn én bakterie som middel per 100 ml. For å tilfredsstillende drikkevannsforskriftens krav til råvann ved enkel vannbehandling kreves at innholdet av total koliforme bakterier er mindre enn 50 bakt per 100 ml. Dypvannet ved alle de tre midtre stasjonene i Holsfjorden tilfredsstillende dette kravet med god margin.

I drikkevannsforskriften (Sosial- og Helsedep. 1995) angis det som en veiledende verdi på at råvannet ikke skal ha mer enn 20 termotolerante koliforme bakterier (TKB) per 100 ml vann. Alle stasjoner og dyp i Holsfjorden tilfredsstiller dette med god margin. På stasjon 3 ble det ikke observert termotolerante koliforme bakterier på 100 m eller dypere i løpet av hele undersøkelsesperioden, og bare helt unntaksvis på de andre stasjonene. Høyeste enkeltobservasjon var 5 TKB/100 ml i overflaten.

Presumptivt fekale streptokokker ble bare sporadisk påvist i dypvannet, og da som 1 eller 2 bakterier per 100 ml. I overflatesjiktet ble de påtruffet noe hyppigere. Utover dette var mønsteret nokså tilfeldig. Helsemyndighetene angir 20 fekale streptokokker per ml som veiledende verdi for råvann som kun gis enkel vannbehandling. Holsfjordvannet tilfredsstiller denne normen med god margin på alle stasjonene.

I den foreliggende undersøkelse i Holsfjorden ble det funnet lave konsentrasjoner av sulfittreducerende clostridier i 40% av prøvene i overflatelagene (1-2 per 100 ml), og i 10% av prøvene fra 100 m dyp og dypere (1 per 100 ml). De fleste av disse funnene ble både ved konfirmering av kolonier fra analysen av de sulfittreducerende clostridiene, og ved direkte-analyse funnet å være *Clostridium perfringens* (*C.p.*).

I henhold til EUs drikkevannsdirektiv skal det ikke forefinnes *C.p.* i vannet som leveres fra et vannverk. Noe krav til råvannskilden gis ikke. I gjeldende norske forskrifter heter det at sulfittreducerende clostridier ikke skal finnes i vannet som leveres ut fra et vannverk, og det er heller ikke her gitt noe krav til råvannet. Det uklart om disse fjernes effektivt nok ved enkel vannbehandling.

I løpet av undersøkelsen var det 2 kraftige uvær (stiv kuling), en periode i overgangen november/desember og en periode i overgangen desember/januar. Analyse av kimtall viste at forurenset overflatevann ble presset ned til ca 60 m dyp ved alle stasjonene under disse episodene, og enda dypere ned på stasjonen ved Sylling. På stasjon 2 og 3 så man ikke noe tegn til disse episodene på 100 m dyp. Dypvannet i de sentrale områdene i Holsfjorden synes med andre ord godt sikret mot forurensninger selv under sirkulasjonsperioden.

Sammenliknet med prøver fra 1975 tatt under sirkulasjonsperioden på 3 av de samme stasjoner, har forholdene nå bedret seg betydelig.



## 2 Innledning

NIVA har nylig gjennomført en sammenstilling av eksisterende kunnskap of Tyrifjordens forurensnings situasjon og utvikling mht. vannkvalitet og økologiske forhold. Utredningen, som ble gjort på oppdrag for Oslo kommune - Vann og avløpsetaten (VAV), så også på plassering av et fremtidig vanninntak vurdert ut fra vannkvalitet på de aktuelle steder, samt noen konsekvenser av anleggsarbeidene (Berge og Tjomsland 1999).

Med hensyn til forurensningsutvikling som tidligere har vært bekymringsfull i Tyrifjorden, bl.a. eutrofiering, kvikksølv i fisk, mm., hadde forholdene nå blitt betydelig bedre sammenliknet med situasjonen i 1970-åra. Med hensyn til bakterieinnhold har det imidlertid ikke vært utført noen kartlegging av forurensningsnivået siden slutten av 1970-åra. Dypvannet i Holsfjorden hadde den gang brukbar drikkevannskvalitet langs hele den aktuelle strekning fra Skaret og til Toverud. Ved Toverud og innover mot Sylling var det imidlertid en tydelig bakteriologisk påvirkning. Ved Sønsterud hadde man ingen data.

Vurdert ut fra de tilgjengelige dataene fra 1970-1980 så det ut til at vannkvaliteten var best ved ca 100 m dyp ut for Skaret, men ikke veldig mye bedre enn ved Toverud. Parameterne som slo ut var vesentlig koliforme bakterier og turbiditet. Datamaterialet var nokså spinkelt.

I Holsfjordprosjektets KU-melding "forslag til utredningsprogram" er det i det aller første punktet under 4.1 sagt at: "Konsekvensutredningen skal fokusere på det som er vesentlig og beslutningsrelevant. Med beslutningsrelevant menes det som kan påvirke

- valg av alternativ
- fastsetting av vilkår for videre planlegging og gjennomføring
- utforming av tiltaket, sett i forhold til miljø, naturressurser og samfunn

Mens forurensningssituasjon i Tyrifjorden mht. eutrofi og miljøgifter har vært fulgt nøye helt opp til i dag, er de bakteriologiske kartleggingene 20 år gamle og eldre. Fremskaffelse av nye, sikre data om de bakteriologiske forholdene langs hele den aktuelle strekningen av Holsfjorden, fra Nes og syd til Toverud, er meget relevant og bør veie tungt mht. valg av inntaksalternativ. Det vil dessuten gi verdifull informasjon omkring vannbehandling, osv.

På denne bakgrunn utarbeidet NIVA i oktober 1999 for VAV et program for en oppdaterende undersøkelse av den bakteriologiske situasjonen i Holsfjorden på strekningen Nes-Sylling.

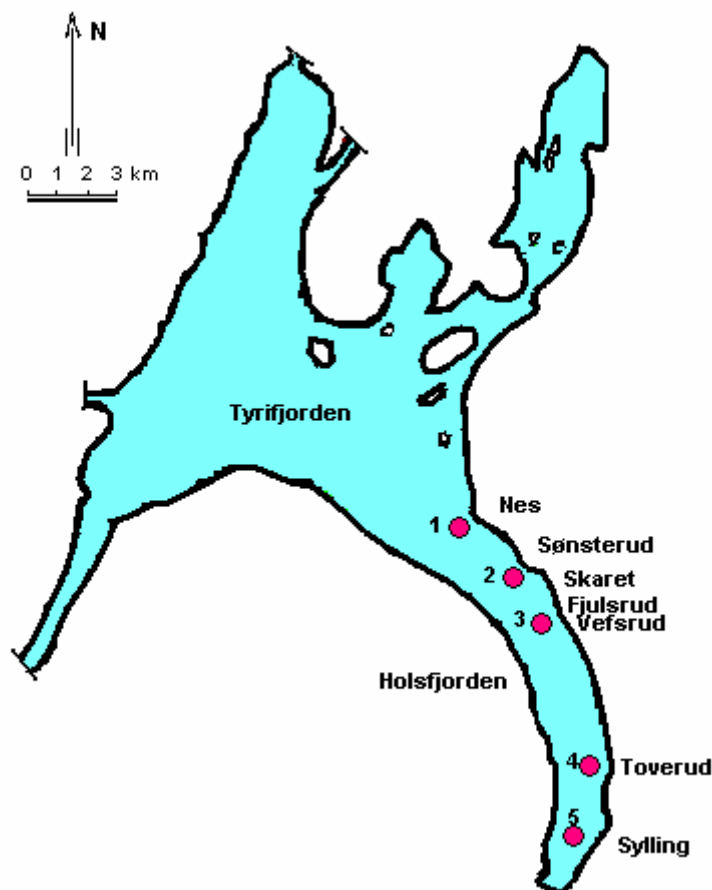
Erfaringene fra Asker og Bærum Vannverks uttak ved Toverud er at det er månedene oktober til islegging i januar, og april-15 juni, at vannkvaliteten i deres inntak på 50 m dyp kan bli påvirket av bakterier og økt turbiditet. Holsfjorden islegges normalt i slutten av januar, og aldri før jul. Enkelte ekstreme vintre islegges den ikke i det hele tatt. I henhold til Forskrift om Vannforsyning og Drikkevann mm. ( den såkalte "drikkevannsforskriften", Sosial og Helsedepartementet 1995) er det ikke satt noe konkret krav til hvor mange analyser som trengs av råvannet ved planlegging av nye vannverk. I SFT's veiledning "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann" (SFT 1997) heter det når det gjelder klassifisering av "egnethet som drikkevann med enkel vannbehandling" (tabell 8 side 27) at 90% av prøvene skal tilfredsstillende den angitte verdi. Med andre ord: Det skal minst tas 10 prøveserier fordelt over en tidsperiode og vannkvaliteten skal klassifiseres etter 90% persentilen. Dvs. vannbehandlingen skal fastlegges etter den nest dårligste av de 10 prøveseriene. SFT's vegleder er på dette punktet utarbeidet i samarbeid med helsemyndighetene (Folkehelse). Undersøkelsen ble lagt opp etter dette. Det bemerkes imidlertid at SFT ikke er myndighet når det gjelder drikkevann.

Prøvetakingsstasjoner er gitt i Figur 2.1. Stasjonene er lagt langs østre del av fjorden, men langt nok ut til at det er 175 m dypt, slik at ingen prøver blir påvirket av at man kommer for nær bunn.

Stasjon 1	Ut for Nes
Stasjon 2	Ut for Sønsterud
Stasjon 3	Ut for Skaret (ca midt mellom Fjulsrud og Vefsrud)
Stasjon 4	Ut for Toverud
Stasjon 5	Ut for østsiden av øyene i Sylling

Man vil da ha prøvetakingsstasjoner ut for de aktuelle inntaksområdene samt fra noen km nord og syd for den aktuelle delen av Holsfjorden.

Fra disse 5 stasjonene er det tatt prøver fra dypene 5 m, 25 m, 50 m, 100 m, og 150 m med to ukers mellomrom fra 19 oktober 1999 til 4 januar 2000. Det er altså tatt prøver gjennom hele høstsirkulasjonsperioden, som er den perioden da man kan forvente å finne bakteriologiske forurensninger i dypvannet fra innsjøer. I alt er det tatt 150 vannprøver som er analysert på et 20 talls parametre.



**Figur 2.1** Prøvetakingsstasjoner i Holsfjorden ved undersøkelsene høst/vinter 99/00.

### **3 Materiale og metoder**

#### **3.1 Innsamling av prøver**

Vannprøver for kjemisk analyse ble samlet inn med vanlig Ruttner vannhenter med termometer. Temperaturen ble avlest fra termometeret i vannhenteren. Prøver for tungmetallanalyse ble tatt med en vannhenter uten metalldele, og disse prøvene ble fylt på syrevaskede spesialflasker. Bakterierprøvene ble tatt ved hjelp av en spesialvannhenter som muliggjør at presteriliserte flasker åpnes og fylles på det aktuelle prøvetakingsdyp. Bakterierprøvene ble oppbevart i mørk kjølebag under toktet, på kjølerom over natten, og inkubert dagen etter hvert tokt (14 timer etter avsluttet tokt). Prøvetakingen ble utført i henhold til Norsk Standard NS 4789: "Prosedyre for innhenting av bakteriologiske prøver fra dypt vann".

#### **3.2 Bakterieanalyser**

Koliforme bakterier ble analysert etter Norsk Standard NS 4788 Membranfiltermetode. Termotolerante koliforme bakterier ble analysert etter NS 4792 Membranfiltermetode.

Heterotrofe bakterier (kimtall) ble analysert etter NS 4791 for prøvene fra første prøvetaking, dvs. at inkubasjonen ble utført ved 20°C. For de etterfølgende prøveseriene ble det analysert i henhold til NS-EN ISO 6222 med samme dyrkningsmedium, mens inkubasjonstemperaturen er 22°C.

Presumtivt fekale streptokokker (bekreftende bestemmelse ikke utført) ble analysert etter NS-4793, kolonitelling på membranfilter.

Påvisning av sporer fra sulfittreducerende anaerobe bakterier (*Clostridium*), membranfilter metode (NS ISO 6461.2 1993) ble utført ved 5 og 100 m dyp. For prøver med utvikling av kolonier ble det utført konfirmering for påvisning av *Clostridium perfringens*.

Det ble benyttet mCP-metode utviklet av av Bisson J.W. and Cabelli, V.J. Membrane filtration Enumeration Method for *Clostridium perfringens*. Applied and Environmental Microbiology Vol. 37 p 55-66 Jan.1979.

Kolonier som vokste på NS-ISO mediet ble overført på mCP- medium og inkubert ved 44-45 °C i 18 -24 timer.

Metoden har vist en verifiseringsrate på 93% for *C. perfringens*.

#### **3.3 Kjemianalyser**

Kjemianalysene ble utført etter akkrediterte metoder ved NIVAs laboratorium i Oslo.

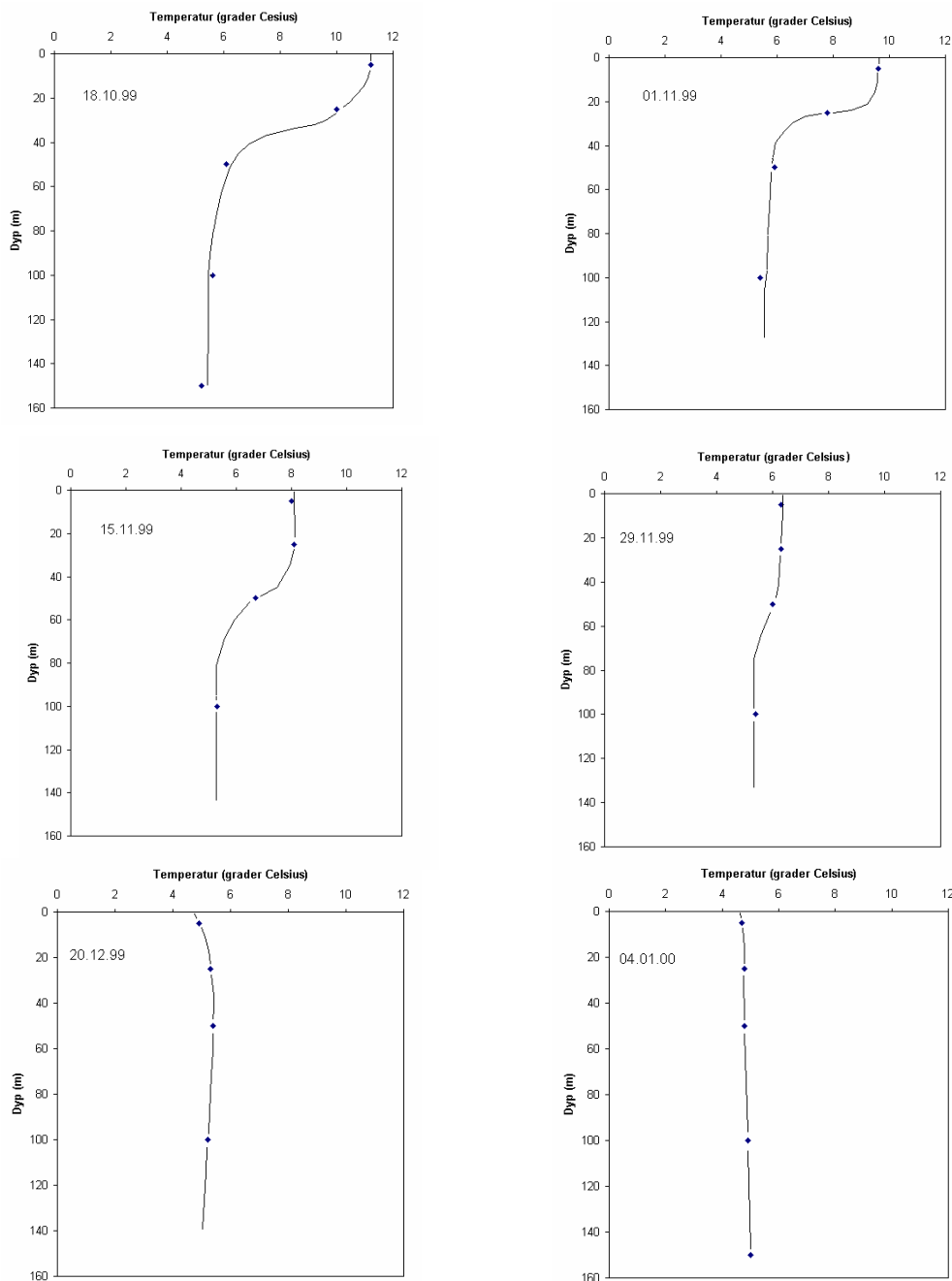
#### **3.4 Fysiske analyser**

Temperaturen i vannet ble målt ved et termometer som var innstallert i en Ruttner vannhenter. Termometeret ble kalibrert mot sertifisert kontrolltermometer nr. 14755/99.

## 4 Resultater og diskusjon

### 4.1 Temperatur

Temperatur ble målt med termometer i vannhenteren ved hvert av de 6 toktene i Holsfjorden høst/vinter 1999/00. Resultatene er gitt i Figur 4.1.



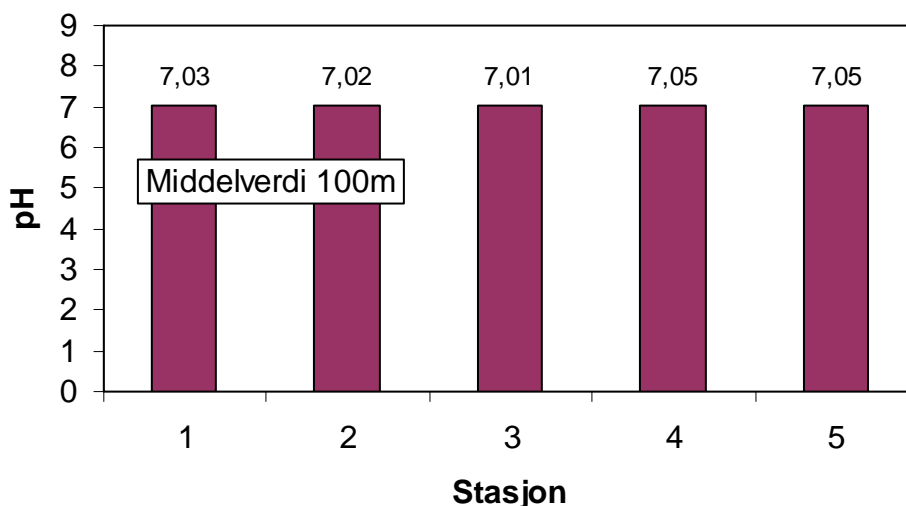
**Figur 4.1** Midlere vanntemperatur på ulike dyp ved de 6 undersøkelsestoktene i Holsfjorden høsten/vinteren 1999/00.

Ved de 2 første toktene er innsjøen stabilt sjiktet med temperatursprangsjiktet (termoklinen) liggende på 20-25m. Etterhvert som overflatetemperaturen avtar utover høsten presses

termoklinen nedover, og ligger midt i november på ca 40 og i overgangen til desember på ca 60 m. Ved toktet 20. desember sirkulerte innsjøen, noe den også gjorde i januar.

## 4.2 Surhetsgrad - pH

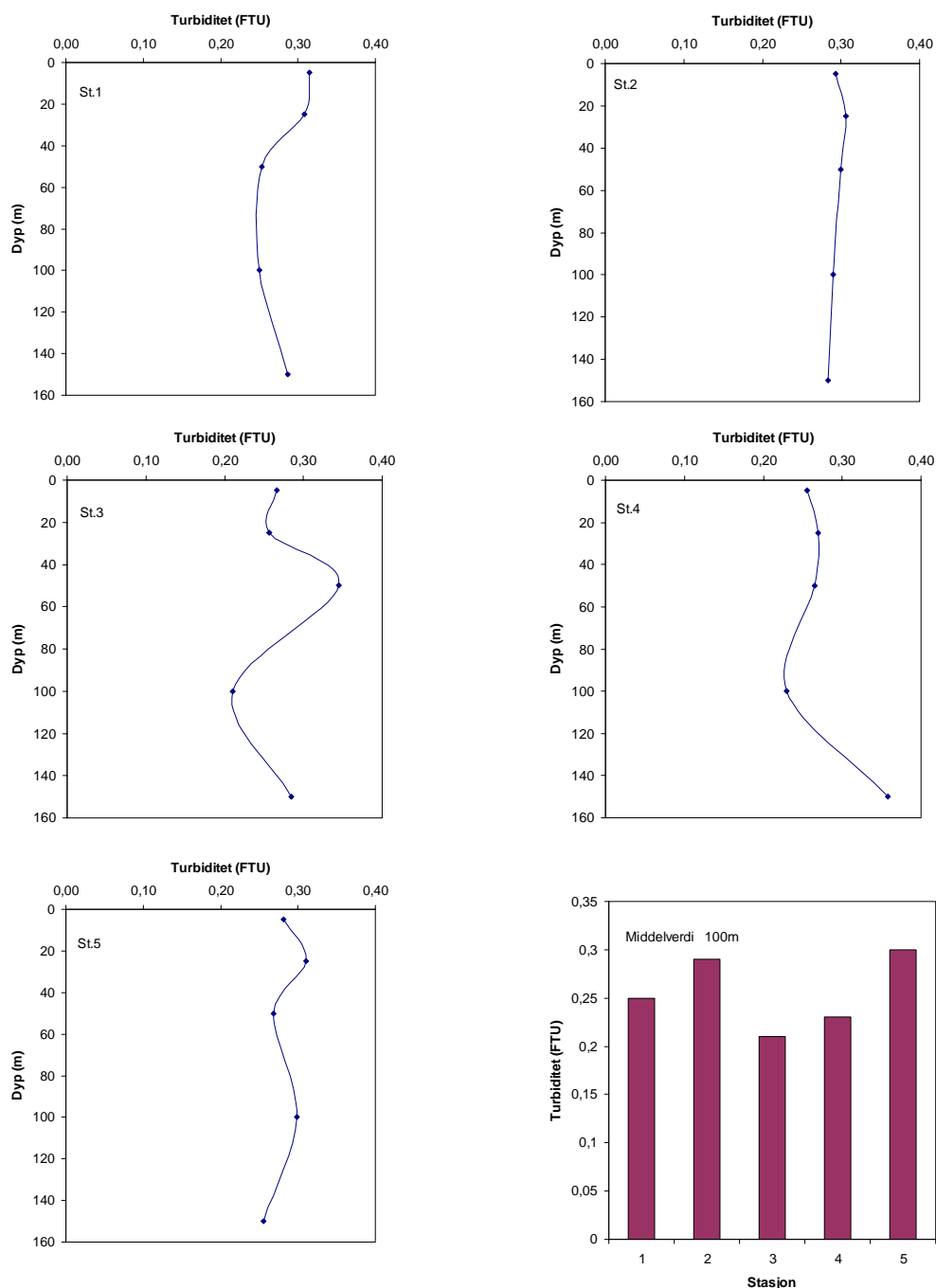
Vannets surhetsgrad er gitt ved pH-verdien, som er en forkortelse for den negative logaritmen til H<sup>+</sup> ionekonsentrasjonen. pH på 7 er nøytralt vann, lavere pH er surt vann, og høyere pH er basisk vann. pH-verdien er hovedsakelig bestemt av nedbørfeltets geologi, men kan modifiseres av sur nedbør (gir lavere pH) eller av algevekst (gir høyere pH i overflatevannet). Resultatene fra pH-målingene i Holsfjorden er gitt i Tabell 6.1 bak i vedlegget. Alle verdiene lå mellom 7.0 og 7.15. I Figur 4.2 er det fremstilt midlere pH på 100 m dyp ved de ulike stasjonene. Sammenliknet med de fleste norske innsjøer har Holsfjorden en meget gunstig pH på over 7, noe som skyldes betydelige mengder kalkfjell i nedbørfeltet. Vanligvis ligger pH i norske innsjøer fra 6.5 og nedover til 5.0. Surt vann er ofte problematisk i drikkevannssammenheng, dels fordi det tærer på ledningsnett, og dels fordi surt vann kan ha høyt innhold av skadelige aluminiumsformer. Vannet i Holsfjorden er godt rustet mot tilførsel av sur nedbør.



Figur 4.2 Midlere pH på 100 m dyp ved de undersøkte stasjoner i Holsfjorden høst/vinter 1999/00.

### 4.3 Turbiditet

Turbiditet er et mål på vannets grumsethet, og således et relativt mål på innholdet av partikler. Resultatene er gitt i Figur 4.3

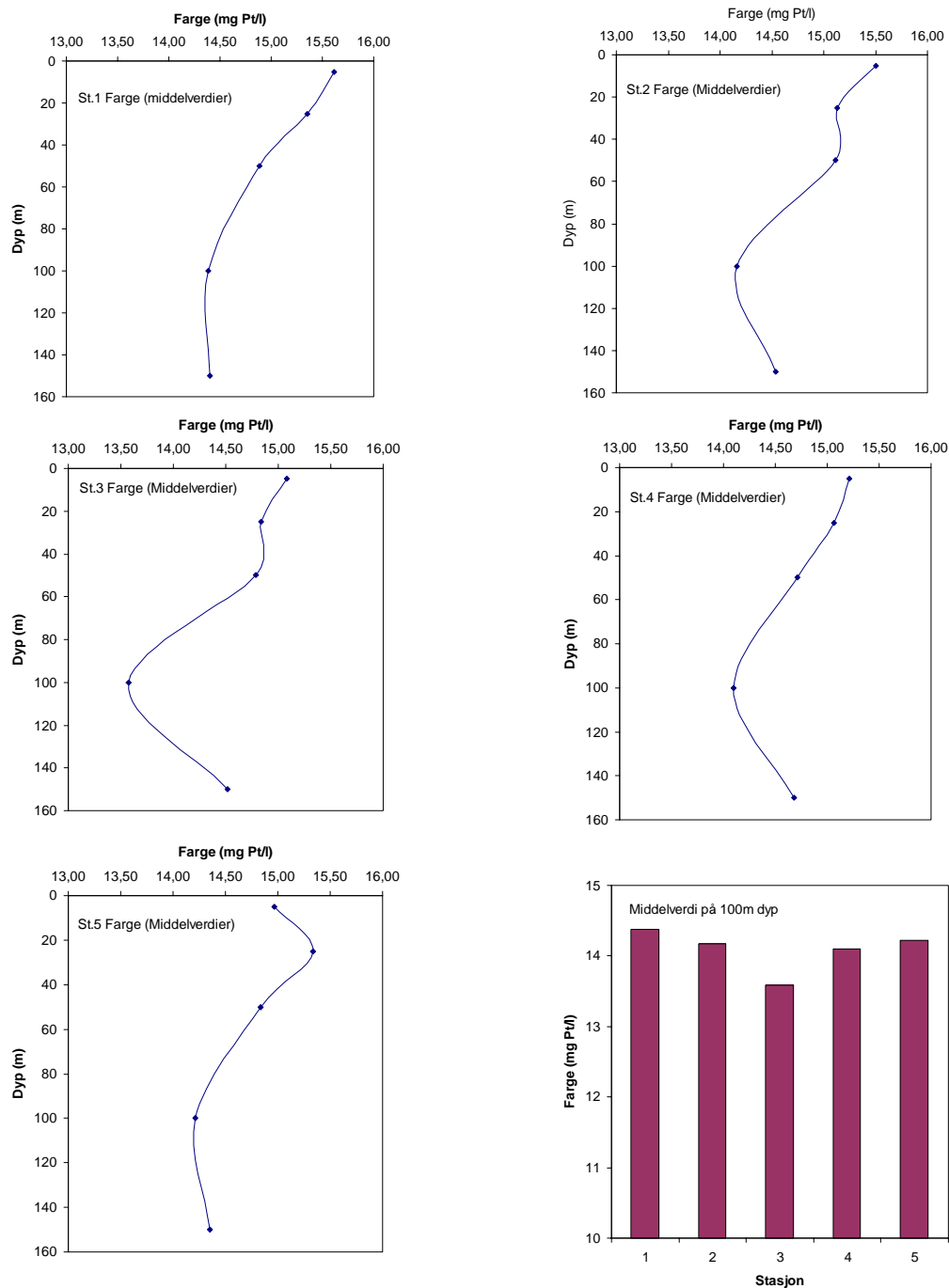


**Figur 4.3 Turbiditet på ulike dyp ved de undersøkte stasjoner i Tyrifjorden**

Vannet i Holsfjorden har lav turbiditet, alle verdiene lå mellom 0.15 - 0.35 FTU, noe som er klart innenfor helsemyndighetens krav til drikkevann. Stasjon 3 Vefsrud hadde lavest turbiditet, med de laveste verdiene på 100 m dyp. Største tillatte konsentrasjon i råvann til drikkevann er 4 FTU, mens veiledende verdi er 0.4 FTU (Sosial og Helsedep. 1995).

## 4.4 Farge

Vannets farge i store oligotrofe innsjøer som Tyrifjorden, er et relativt mål på innholdet av fargete organiske forbindelser. Dette er i det alt vesentlige humusstoffer, slike som gir myrvann den karakteristiske brune fargen. Resultatene er gitt i Figur 4.4.



**Figur 4.4** Vannets farge på de ulike stasjoner. Middelverdier fra 6 tokt fra oktober 99 til januar 2000. På alle stasjonene var fargen minst på 100 m og stasjon 3 Vefsrud hadde lavest farge.

Vannets farge varierte fra 13.5 - 15.5 mg Pt/l. Fargen var lavest på 100 m dyp og lavest ved stasjon 3 Vefsrud. Fargen ligger klart innenfor det som kan aksepteres ved enkel vannbehandling (siling og desinfisering). Først når fargen er høyere enn 20 mg Pt/l er det behov for rensetiltak for å redusere farge (Sosial- og Helsedep. 1995).

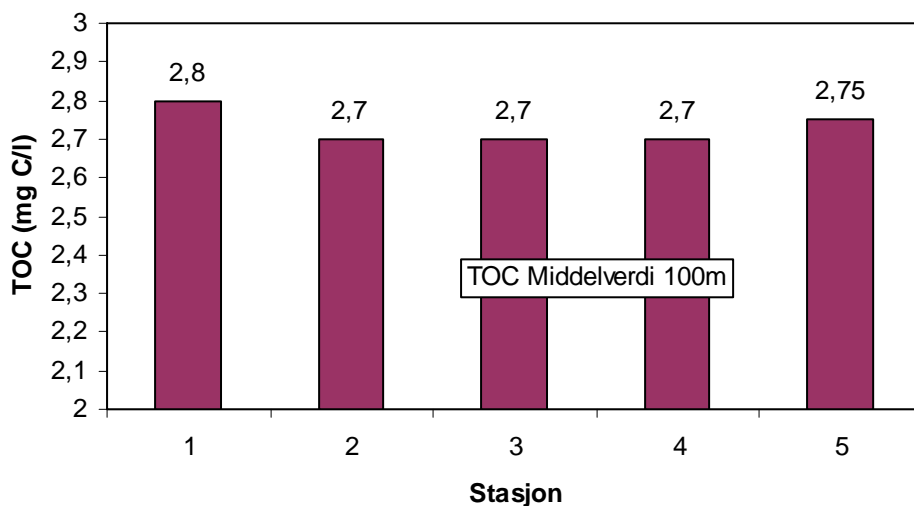
Det er registrert økende farge i mange vassdrag, bl.a. i Farrisvatn som er vannkilden til Vestfold interkommunale vannverk. De milde vintrene med hyppige smelteperioder er trolig en årsak til dette. Den globale oppvarming vil resultere i økt nedbrytning av humussjiktet i skog og utmark, noe som kan føre til økt avrenning av humusholdig vann.

Ved NIVA's undersøkelse av Tyrifjorden i 1966/67 (Holtan 1967) ble det ved stasjonen utfor Skaret (like ved dagens stasjon 3) funnet en middsverdi (n=81) for farge på ca 15 mgPt/l. Middsverdien av samtlige prøver tatt ved denne undersøkelsen (n=150) var 14.77 mg Pt/l. Det er ingen tegn på at fargen på vannet i Holsfjorden er økende.

#### 4.5 Total organisk karbon - TOC

Total organisk karbon (TOC) er som navnet sier et direkte mål på organisk bundet karbon i vannet. Dette er både humusstoffer og planktonorganismer og detritus (Detritus = rester av organismer). Ofte er innhold av humus den dominerende komponenten i TOC, og det er gjerne god korrelasjon mellom farge og TOC. Konsentrasjonene av TOC i Holsfjorden lå mellom 2.7 og 2.8 mg C/l.

Figur 4.5 viser middsverdier av TOC på 100 m dyp ved de ulike stasjoner i Holsfjorden. Det midtre partiet av fjorden hadde de laveste verdiene. Største tillatte konsentrasjon i drikkevann ved enkel vannbehandling er 5 mg C/l. Tyrifjordvannet ligger langt under denne konsentrasjonen.



**Figur 4.5 Total organisk karbon (TOC). Middsverdi på 100 m dyp på de ulike stasjoner.**



#### 4.6 Hovedioner og tungmetaller

I Tabell 4.1 er resultatene fra analyse av vannets hovedioner, samt en del tungmetaller vist sammen med største tillatte konsentrasjon i drikkevann og råvann til drikkevann (Sosial- og Helsedepartementet 1995), samt kommende krav i EU's drikkevannsdirektiv (Council Directive 98/83/EC).

**Tabell 4.1 Analyseresultater fra 100 m dyp 1/11-99 ved Stasjon 3 (Vefsrud).**

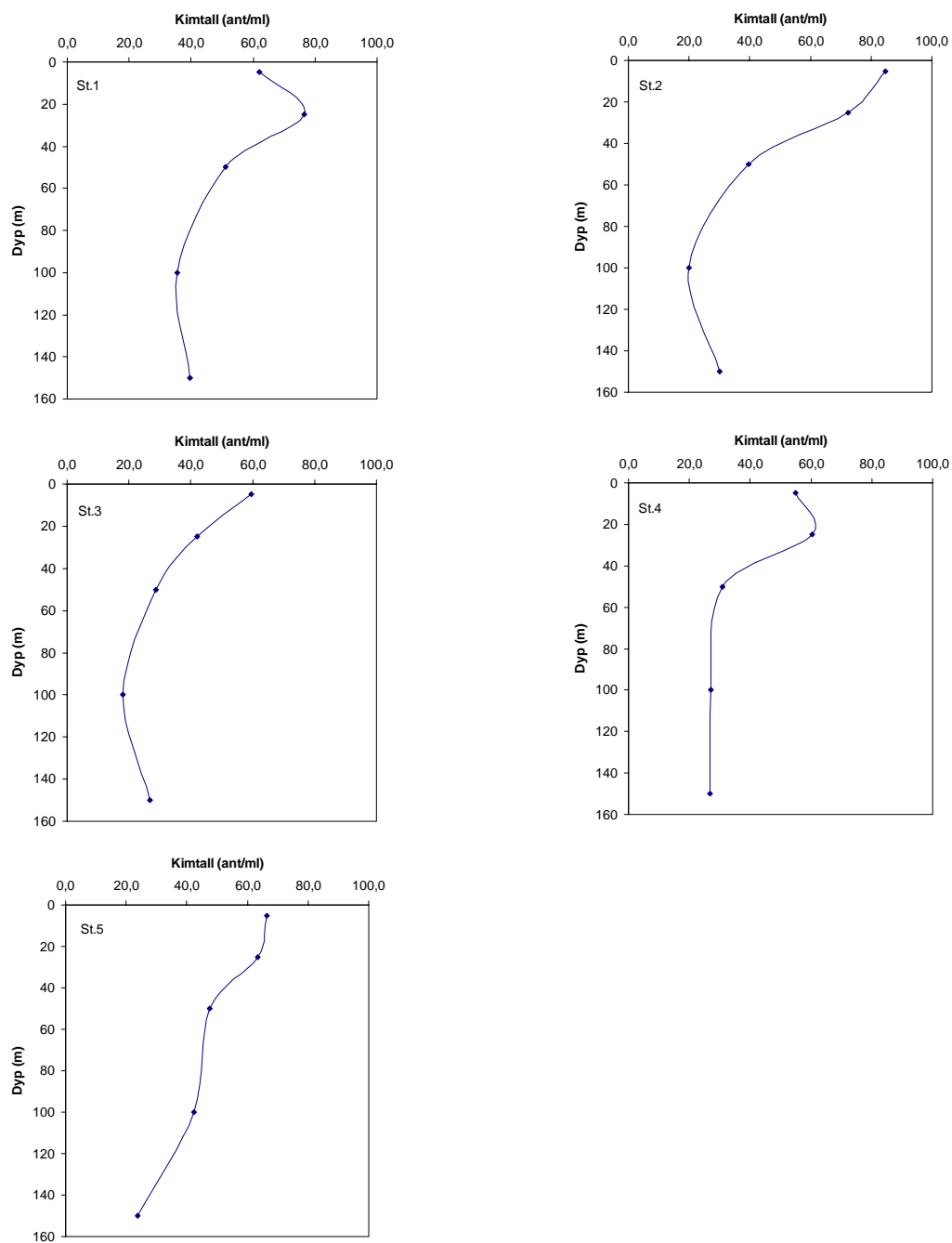
	Parameter	Bevsnvning	Holsfjorden Verdi	Drikkevannsforskriften			EU
				Kranvann Største tillatte konsen- trasjon i drikkevann	Krav til råvann enkel vannbeh. (veiledende verdi)	Krav til råvann enkel vannbeh. (bindende verdi)	EU's drikke- vannsdirektiv Kranvann
Hovedioner	Calsium	mg Ca/l	5				
	Magnesium	mg Mg/l	0,72	20			
	Natrium	mg Na/l	1,53	150			200
	Kalium	mg K/l	0,52	12			
	Alkalitet	mmol/l	0,204				
	Klorid	mg Cl/l	1,9		200		
	Sulfat	mg SO <sub>4</sub> /l	5	100	150	250	250
Tungmetaller	Kvikksølv	µg Hg/l	< 0,0001	0,5	0,5	1	1
	Krom	µg Cr/l	0,2	50		50	50
	Mangan	µg Mn/l	1,1	50	50		50
	Jern	µg Fe/l	22	200	100	300	200
	Kobolt	µg Co/l	0,03				
	Nikkel	µg Ni/l	0,54	50			20
	Kobber	µg Cu/l	0,8	300	20	50	2000
	Sink	µg Zn/l	5,9	300	500	3000	
	Arsen	µg As/l	0,14	10	10	50	10
	Cadmium	µg Cd/l	0,009	5	1	5	5
	Bly	µg Pb/l	0,14	20		50	10
Tinn	µg Sn/l	< 0,1					

Konsentrasjonen av alle stoffer har et gunstig nivå i Holsfjorden og tilfredsstillende helsemyndighetenes krav med god margin, både i gjeldende forskrifter og i kommende forskrifter (EU's drikkevannsdirektiv).

## 4.7 Bakterier

### 4.7.1 Kimtall - heterotrofe bakterier

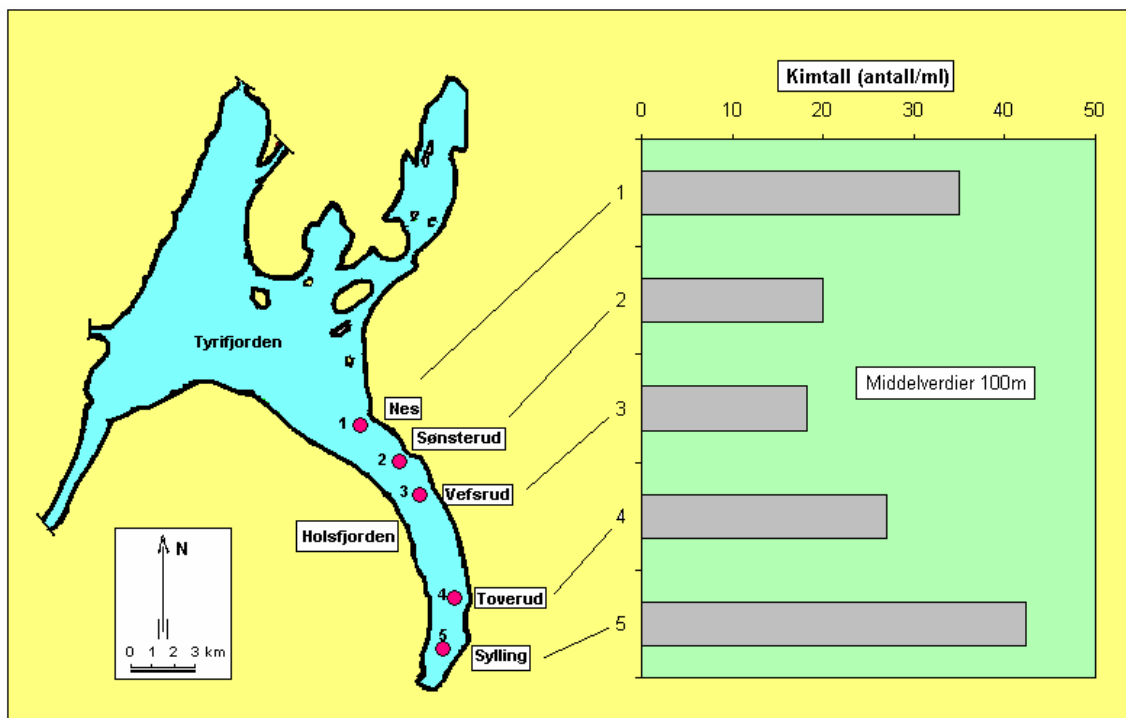
Kimtall er et relativt mål på vannets konsentrasjon av heterotrofe bakterier, dvs bakterier som er aktive i nedbrytning av organisk materiale. Utslipp fra menneskelig aktivitet, særlig fra sanitærvløpsvann, gir en kraftig økning av kimtallet i resipientvannet. Disse bakteriene kan imidlertid også komme fra andre kilder, som f.eks. treforedling og næringsmiddelindustri. Det finnes dessuten også et naturlig kimtall. I upåvirkede oligotrofe innsjøer ligger det naturlige kimtallet vanligvis i intervallet 10-100 bakterier per ml. Resultatene er gitt i Figur 4.6.



Figur 4.6 Kimtall på ulike dyp ved de undersøkte stasjoner i Holsfjorden.

Som de fleste andre parameterne i denne undersøkelsen viste også resultatene for kimtall et maksimum i overflaten og også et minimum på 100 m dyp ved flere av stasjonene.

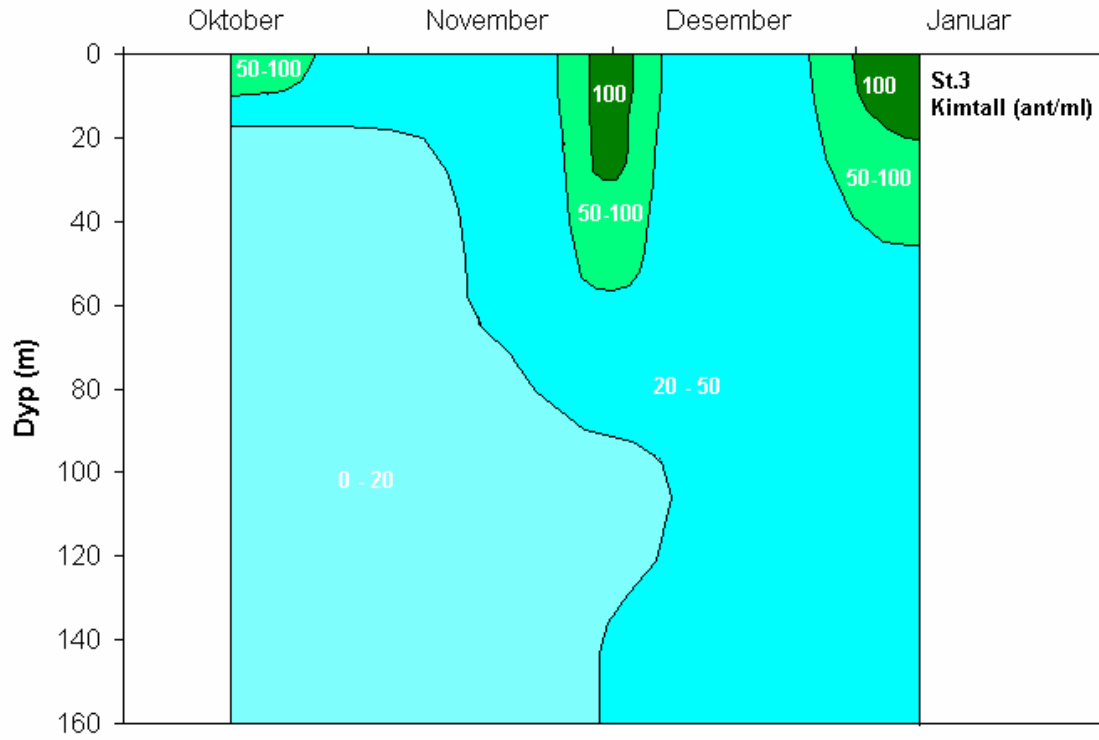
Figur 4.7 viser midlere kimtall ved 100 m's dyp ved de ulike stasjonene. Kimtallet er lavest ved stasjon 3 Vefsrud, men også stasjon 2 Sønsterud har lave verdier.



**Figur 4.7** Midlere kimtall på 100 m dyp ved de ulike stasjoner i Holsfjorden. Kimtallet er lavest på stasjon 3.

Figur 4.8 viser dybde-tid diagram over kimtallresultatene ved Stasjon 3 Vefsrud før, under og etter sirkulasjonsperioden. Ved 2 anledninger, under kraftig vindvær, ble forurenset vann presset ned til ca 50-60 m's dyp. Inntak på 100 m ser ut til å ha rimelig god beskyttelse mot slike episoder. Kimtallet øker jo naturlig nok noe i hele dypområdet under fullsirkulasjonen, men konsentrasjonene holder seg fortsatt lave, og under gjeldende normer.

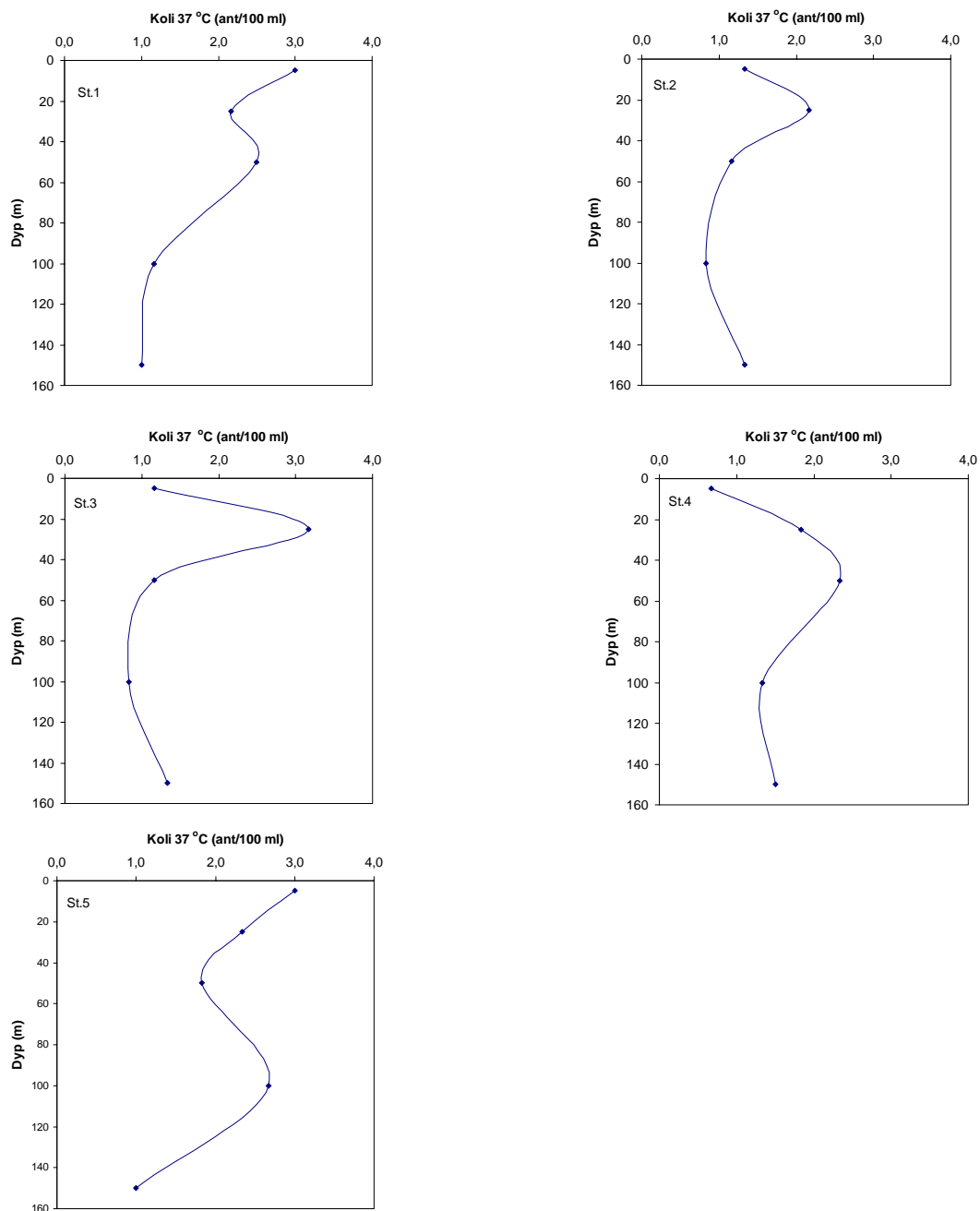
Veiledende verdi for kimtall i drikkevann er 20 bakterier per ml, og største tillatte konsentrasjon er 100 bakterier per ml. Dvs. vann fra 100 m's dyp ved stasjon 3 tilfredsstillende dette kravet direkte, uten noen form for vannbehandling.



**Figur 4.8 Dybde-tid diagram over kimtall (heterotrofe bakterier, antall/ml ) på ulike dyp og til ulike tider på stasjon 3 Vefsrud.**

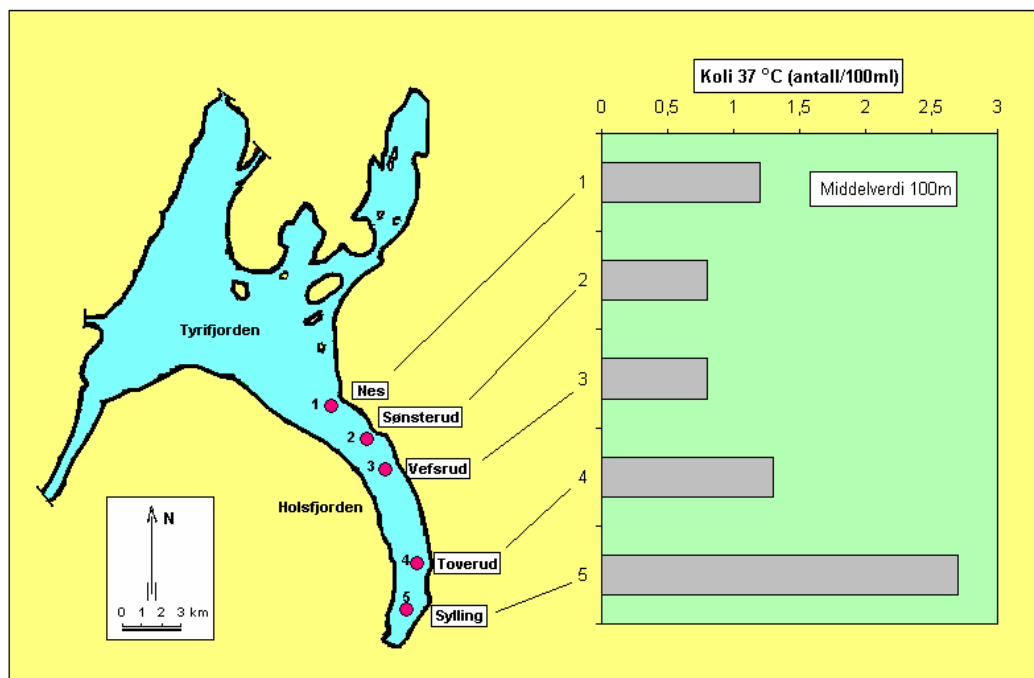
#### 4.7.2 Total koliforme bakterier (37 °C)

De aller fleste bakterier i denne kategorien stammer fra varmblodige dyrs avføring (mennesker, pattedyr, fugl), men en mindre del kan også stamme fra jord, såkalte jordkoliforme bakterier. Resultatene er gitt i Figur 4.9.



**Figur 4.9** Middelerdi av total koliforme bakterier (37 °C) på ulike dyp ved de undersøkte stasjoner i Holsfjorden.

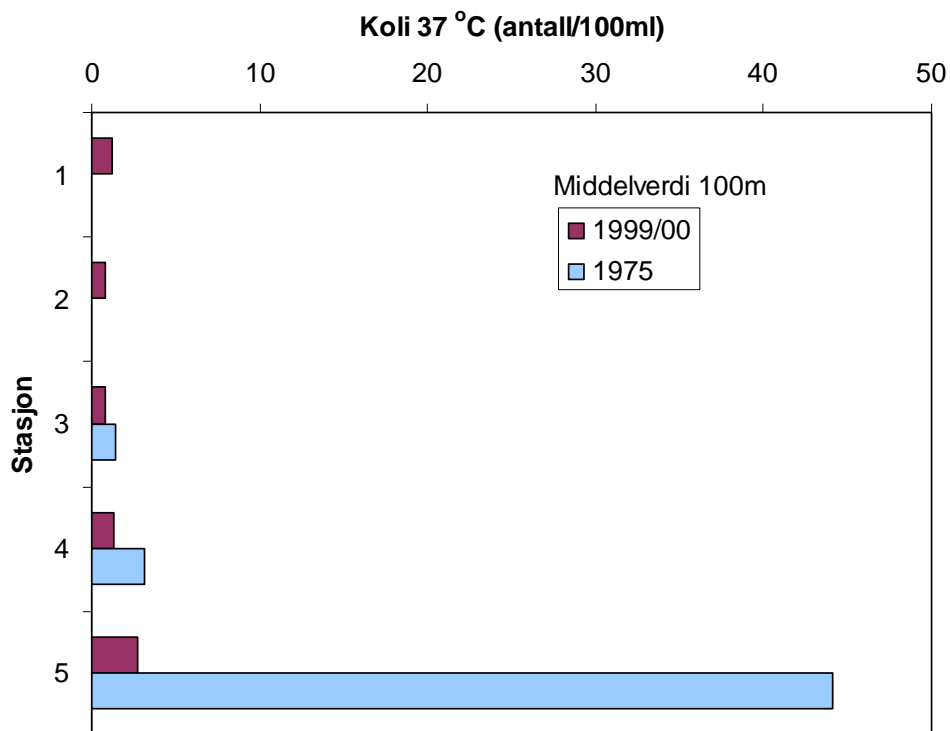
Figur 4.10 viser midlere konsentrasjon av total koliforme bakterier (37 °C) på 100 m's dyp ved de ulike stasjoner som har inngått i undersøkelsen. Laveste konsentrasjonen ble funnet på strekningen stasjon 2 (Sønsterud) - stasjon 3 (Vefsrud) med 0,7 bakt/100 ml målt som middel av 6 observasjoner.



**Figur 4.10 Total koliforme bakterier (37 °C) på 100 m dyp ved de ulike stasjoner i Holsfjorden. Middel av 6 observasjoner.**

I helsemyndighetenes forskrifter (Sosial- og Helsedep. 1995) angis det som en veiledende verdi at råvannet ikke skal ha mer enn 50 "37 °C koliforme bakterier" per 100 ml vann. Alle stasjoner og dyp i Holsfjorden tilfredsstiller dette med god margin.

Høsten 1975 ble det tatt 2 prøveserier ved 3 av de samme stasjonene (SIFF 1976). Resultatene fra disse er sammenliknet med resultatene fra årets undersøkelse i Figur 4.11. Særlig innerst mot Sylling har det skjedd en betydelig bedring av vannkvaliteten, noe som må ses i sammenheng med at det nå er installert et moderne kloakkrenseanlegg for Svangstrand. I tillegg til kjemisk/biologisk rensing blir avløpsvannet infiltrert i sandavsetning før det kommer ut i Holsfjorden.

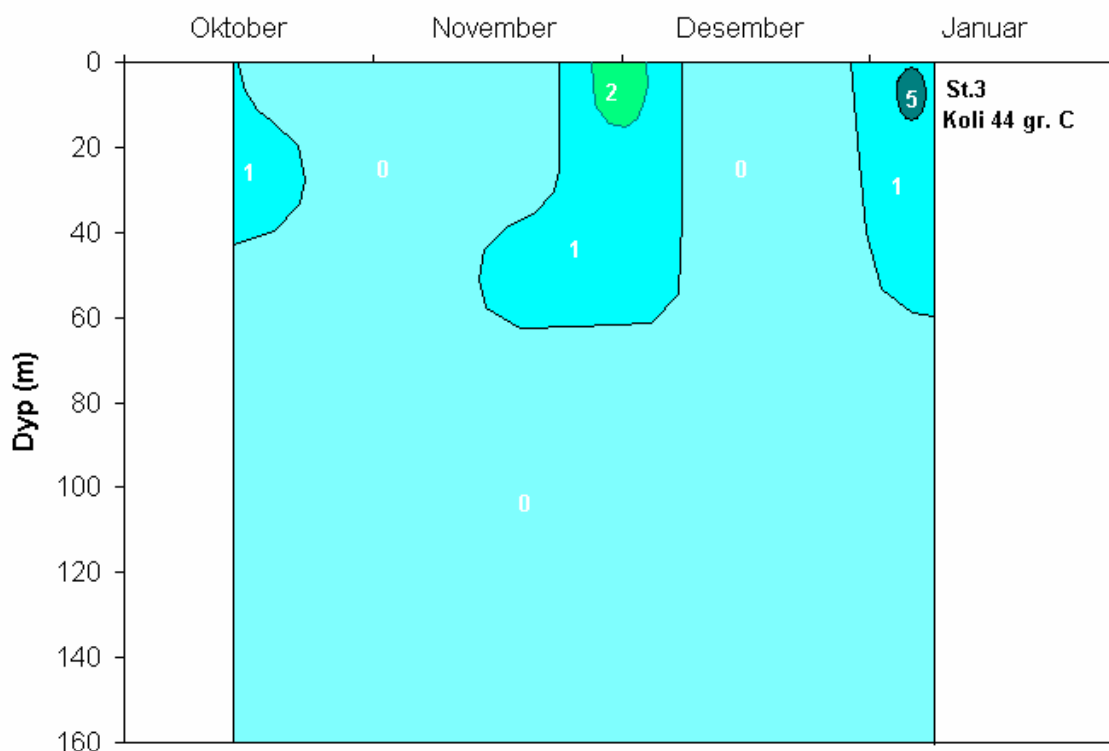


**Figur 4.11** Konsentrasjon av total koliforme bakterier (37 °C) på 100 m dyp ved årets undersøkelse sammenliknet med tilsvarende resultater fra 1975 (SIF 1976). Særlig ved stasjon 5 i Sylling har det skjedd en markert bedring av vannkvaliteten.

#### 4.7.3 Termotolerante koliforme bakterier (44 °C)

Termotolerante koliforme bakterier (TKB) dyrket ved 44 °C kalles ofte ekte tarmbakterier, da de nærmest utelukkende stammer fra tarmen til varmblodige dyr (pattedyr og fugl). Disse er tilpasset et liv i tarmen og lever bare noen få dager i vann. Forekomst av slike indikerer derfor fersk forurensning. Normalt kommer de fra landbaserte kilder, slik som kloakkutslipp, avrenning fra husdyrgjødsel, fra dyrs ekskrementer i strandsonen, og fra fugl som ligger på vannet og gjør fra seg. Fæces fra fugl synker raskt (som en klump), og er årsaken til at man også på større dyp kan finne en og annen termotolerant koliform bakterie, selv under stagnasjonsperioden.

Figur 4.12 viser dybde-tid diagram over termotolerante koliforme bakterier ved stasjon 3 Vefsrud. Et inntak på 100 m dyp synes godt sikret mot å få inn fersk fekal forurensning selv i høstsirkulasjonsperioden.



**Figur 4.12 Dybde-tid diagram over termotolerante koliforme bakterier (TKB) 44 °C på stasjon 3 Vefsrud.**

I helsemyndighetenes forskrifter (Sosial- og Helsedep. 1995) angis det som en veiledende verdi at råvannet ikke skal ha mer enn 20 termotolerante koliforme bakterier per 100 ml vann. Alle stasjoner og dyp i Holsfjorden tilfredsstiller dette med god margin. På stasjon 3 ble det ikke observert termotolerante koliforme bakterier ved 100 m og dypere i løpet av hele perioden, og bare helt unntaksvis på de andre stasjonene.



#### 4.7.4 Presumptivt fekale streptokokker

Fekale streptokokker er en annen type tarmbakterier. Hos mennesker forekommer de i lavere antall enn de koliforme bakteriene, men hos husdyr, spesielt drøvtyggere, kan de forekomme i høyere antall. De tåler imidlertid bedre opphold i vann enn de koliforme bakteriene. Etter et enkeltutslipp av avføring vil de derfor kunne gjenfinnes i vannet lenge etter at de koliforme bakteriene er inaktivert. De vil av samme grunn også kunne gjenfinnes i lenger avstand fra et utslipp av kommunalt avløpsvann enn de koliforme bakteriene.

Presumptivt fekale streptokokker ble bare sporadisk påvist i dypvannet, og da som 1 eller 2 bakterier per 100 ml. I overflatesjiktet ble de påtruffet noe hyppigere. Totalt sett ble det påvist presumptivt fekale streptokokker i 20% av prøvene. Mønsteret var såpass tilfeldig at det ikke var mulig å lage noen figur som illustrerer noen trend for steder med hyppigere forekomst, annet enn at de var hyppigere i overflatevannet enn i dypvannet.

Helsemyndighetene angir 20 fekale streptokokker per ml som veiledende verdi for råvann som kun gis enkel vannbehandling (siling og desinfeksjon). Holsfjordvannet tilfredsstiller denne normen med god margin på alle stasjonene.

Det henvises til primærdata bak i rapporten for mer informasjon om disse bakteriene.

#### 4.7.5 Anaerobe sporedannende bakterier og *Clostridium perfringens*

En del av de patogene mikroorganismene som kan spres med drikkevann danner sporer som kan ha lang overlevingstid i vannkilden og er meget resistente overfor vannbehandling. De coliforme bakteriene har kun kort levetid i vann og indikerer derfor relativt fersk forurensning. For å se om kilden er påvirket av hygienisk forurensning av eldre karakter, f.eks. sluppet ut lenger opp i vassdraget, har det hittil (i gjeldende forskrifter, Sosial- og helsedep. 1995) vært vanlig å analysere på sulfittreducerende clostridier. Dette er sporer fra bakterieslekten *Clostridium spp.* som finnes i tarmen hos mennesker og dyr, men som også kan finnes andre steder der organisk materiale nedbrytes anaerobt.

I EU's drikkevannsdirektiv (Council Directive 98/83/IEC), som skal gjøres gjeldende for Norge i år 2000 skal overvåking av vannkilden også omfatte undersøkelse av forekomsten av en av disse clostridiebakteriene, nemlig *Clostridium perfringens* (*C.p.*). Denne stammer definitivt fra tarmen til varmblodige dyr og sporer fra denne bakterien er velegnet til å spore gammel fekal forurensning.

I henhold til EUs drikkevannsdirektiv skal det ikke forefinnes *C.p.* i vannet som leveres fra et vannverk. Noe krav til råvannskilden gis ikke. I gjeldende norske forskrifter heter det at sulfittreducerende clostridier ikke skal finnes i vannet som leveres ut fra et vannverk, og det er heller ikke her gitt noe krav til råvannet.

I den foreliggende undersøkelse i Holsfjorden ble det funnet sulfittreducerende clostridier i 40% av prøvene i overflatelagene (1-2 per 100 ml), og i 10% av prøvene fra 100 m dyp (1 per 100 ml). De fleste av disse funnene ble både ved konfirmasjon og direkteanalyse funnet å være *Clostridium perfringens*. For mer detaljerte resultater, se primærdata.

Colin Charnock (1999) undersøkte rentvann fra 19 norske vannverk mht. innhold av *Clostridium perfringens*. I noen av prøvene ble det påvist lave antall av *C. p.*, mens det konkluderes med at den helsemessige konsekvensen av funnene er uklar. *C.p.* ble effektivt fjernet ved fullrensning, mens enkel vannbehandling (siling og klorering) ikke var tilstrekkelig for å fjerne sporene av denne bakterien. *Clostridium perfringens* regnes først og fremst som en indikator på eldre fekal forurensning, og ikke som en sykdomsfremkallende bakterie. Den kan imidlertid formere seg i matvarer om den gis rett temperatur.

Prøvene fra Holsfjorden er tatt senhøstes og tidlig vinter, under innsjøens mest aktive sirkulasjonsperiode. Det er i denne perioden at innsjøenes dypvann er mest forurenset med bakterier. Med dette som bakgrunn må de spredte funnene av *Clostridium perfringens* i Holsfjorden regnes som lave. Det er nærmest ingen kunnskap om forekomst av denne bakterien i norske innsjøer per i dag, men det antas at de finnes i lave konsentrasjoner mer eller mindre i alle innsjøer.

## 5 Litteratur

- Berge, D. og T. Tjomsland 1999. Holsfjorden som ny vannkilde for Oslo. Status for vannkvalitet og forurensninger samt noen konsekvenser av anleggsarbeidene., NIVA-rapport Lnr 4106-99., 85 sider.
- Bisson J.W. and Cabelli, V.J., 1979. Membrane filtration Enumeration Method for *Clostridium perfringens*. Applied and Environmental Microbiology Vol. 37 p 55-66 Jan.1979.
- Charnock, C. 1999: Undersøkelse *Clostridium perfringens* i drikkevann i Norge. Vann-3-1999, pp 499-510.
- EUs drikkevannsdirektiv: Council directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. Brussels, 3 November 1998.
- Holtan, H. 1967. Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster. Del 3: Mjøsa, Hurdalssjøen, Øyeren, Randsfjorden, Tyrifjorden og Norsjø. Vannforsyning og avløpsforhold i Østlandsfylkene. Utredning for Østlandskomiteen 1967. NIVA-rapport, 194 sider.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann., SFT-veiledning 97:04., 31 sider.
- SIFF 1976. Bakteriologiske undersøkelser i Holsfjorden (Tyrifjorden). Statens institutt for folkehelse, Sanitærkjemisk avdeling, 1976., 17 sider + Vedlegg.
- Sosial- og Helsedepartementet 1995: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m., Sosial og Helsedep., Forskrift no 68, I-9/95.

## 6 Primærdata

Tabell 6.1 Kjemianalyser- primærdata.

18.10.99 St.1

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l	TOC mgC/l
5	7,37	0,36	16,00	
25	6,95	0,32	14,90	
50	7,00	0,24	13,90	
100	7,00	0,16	13,90	2,80
150	7,00	0,49	13,70	
Middel	7,06	0,31	14,48	2,80

18.10.99 St.2

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l	TOC mgC/l
5	7,13	0,36	15,40	
25	7,02	0,34	14,50	
50	7,02	0,44	14,30	
100	7,02	0,25	14,30	2,70
150	7,00	0,17	13,30	
Middel	7,04	0,31	14,36	2,70

18.10.99 St.3

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l	TOC mgC/l
5	7,16	0,39	14,90	
25	7,04	0,23	14,50	
50	7,03	0,40	14,70	
100	6,97	0,18	13,50	2,70
150	7,02	0,34	13,70	
Middel	7,04	0,31	14,26	2,70

18.10.99 St.4

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l	TOC mgC/l
5	7,13	0,27	15,10	
25	7,13	0,24	15,10	
50	7,02	0,22	13,70	
100	7,07	0,18	13,90	2,70
150	7,05	0,15	12,90	
Middel	7,08	0,21	14,14	2,70

18.10.99 St.5

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l	TOC mgC/l
5	7,16	0,31	14,50	
25	7,20	0,27	14,70	
50	6,99	0,22	13,70	
100	7,03	0,19	13,90	2,80
150	7,02	0,20	13,30	
Middel	7,08	0,24	14,02	2,80

01.11.99 St.1

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,05	0,40	16,20
25	6,97	0,30	14,70
50	6,98	0,30	14,70
100	6,93	0,28	13,90
150	7,02	0,22	13,90
Middel	6,99	0,30	14,68

01.11.99 St.2

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,06	0,40	16,40
25	7,02	0,30	15,10
50	7,01	0,34	15,60
100	6,96	0,38	14,10
150	7,04	0,36	14,70
Middel	7,02	0,36	15,18

01.11.99 St.3\*\*\*(mer data NB, se nederst)

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,08	0,30	15,60
25	6,94	0,33	14,50
50	6,96	0,30	14,10
100	6,88	0,23	16,00
150	7,10	0,33	14,10
Middel	6,99	0,30	14,86

01.11.99 St.4

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,03	0,37	15,40
25	7,11	0,35	14,90
50	7,04	0,30	14,10
100	6,97	0,27	13,70
150	7,01	0,80	15,20
Middel	7,03	0,42	14,66

01.11.99 St.5

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,03	0,35	15,40
25	7,12	0,28	16,00
50	7,09	0,30	15,10
100	6,98	0,30	13,70
150	7,10	0,27	14,30
Middel	7,06	0,30	14,90

Kjemianalyser forts.

## 15.11.99 St.1

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	6,94	0,47	16,80
25	7,04	0,41	16,20
50	7,06	0,25	15,10
100	6,94	0,40	13,90
150	7,07	0,33	14,70
Middel	7,01	0,37	15,34

## 15.11.99 St.2

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,07	0,28	15,80
25	7,11	0,28	16,20
50	7,16	0,21	15,10
100	6,96	0,37	13,90
150	7,12	0,25	14,50
Middel	7,08	0,28	15,10

## 15.11.99 St.3

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,11	0,23	15,80
25	7,10	0,30	15,60
50	7,04	0,39	14,70
100	7,05	0,25	13,70
150	7,15	0,22	14,30
Middel	7,09	0,28	13,49

## 15.11.99 St.4

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,11	0,27	15,80
25	7,20	0,28	16,00
50	7,15	0,29	15,10
100	7,03	0,26	13,70
150	7,14	0,35	14,70
Middel	7,13	0,29	15,06

## 15.11.99 St.5

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,10	0,32	15,80
25	7,18	0,35	16,00
50	7,15	0,30	15,60
100	7,03	0,55	13,90
150	7,14	0,30	14,70
Middel	7,12	0,36	15,20

## 29.11.1999 St.1

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	6,90	0,25	14,90
25	7,01	0,32	14,90
50	7,08	0,22	13,90
100	7,01	0,24	14,10
150	7,11	0,26	13,30
Middel	7,02	0,26	14,22

## 29.11.99 St.2

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,07	0,26	14,50
25	7,16	0,44	14,70
50	7,18	0,30	14,70
100	7,03	0,23	13,30
150	7,17	0,22	14,10
Middel	7,12	0,29	14,26

## 29.11.99 St.3

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,06	0,20	13,90
25	7,06	0,25	14,10
50	7,07	0,52	14,50
100	7,05	0,15	13,10
150	7,19	0,24	14,30
Middel	7,09	0,27	13,98

## 29.11.99 St.4

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,10	0,18	14,50
25	7,18	0,24	14,10
50	7,17	0,26	14,30
100	7,08	0,20	13,70
150	7,14	0,22	14,50
Middel	7,13	0,22	14,22

## 29.11.99 St.5

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,02	0,25	14,10
25	7,21	0,30	14,50
50	7,15	0,23	13,90
100	7,07	0,17	13,50
150	7,17	0,18	13,50
Middel	7,12	0,23	13,90

## Kjemianalyser forts.

## 22.12.99 St.1

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,05	0,19	15,10
25	7,06	0,26	16,00
50	7,09	0,29	16,60
100	7,08	0,19	15,60
150	7,09	0,23	15,60
Middel	7,07	0,23	15,78

## 22.12.99 St.2

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,07	0,23	16,00
25	7,13	0,24	14,90
50	7,14	0,23	15,40
100	7,10	0,22	14,70
150	7,10	0,49	15,40
Middel	7,11	0,28	15,28

## 22.12.99 St.3

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,10	0,22	15,60
25	7,11	0,23	15,20
50	7,06	0,24	15,60
100	7,06	0,25	16,60
150	7,14	0,30	16,00
Middel	7,09	0,25	15,80

## 22.12.99 St.4

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,13	0,23	15,60
25	7,10	0,28	15,40
50	7,16	0,29	16,00
100	7,12	0,23	14,70
150	7,15	0,32	15,40
Middel	7,13	0,27	15,42

## 22.12.99 St.5

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l
5	7,10	0,23	15,10
25	7,16	0,30	15,60
50	7,19	0,33	15,80
100	7,11	0,33	15,60
150	7,13	0,34	15,40
Middel	7,14	0,31	15,50

## 04.01.2000 St.1

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l	TOC mgC/l
5	7,07	0,22	14,70	
25	7,32	0,24	15,40	
50	7,26	0,22	15,10	
100	7,22	0,23	14,90	2,8
150	7,13	0,19	15,20	
Middel	7,20	0,22	15,06	2,80

## 04.01.00 St.2

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l	TOC mgC/l
5	7,12	0,23	14,90	
25	7,14	0,24	15,40	
50	7,15	0,28	15,60	
100	7,06	0,29	14,70	2,7
150	7,12	0,21	15,20	
Middel	7,12	0,25	15,16	2,70

## 04.01.00 St.3

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l	TOC mgC/l
5	7,14	0,26	14,70	
25	7,10	0,20	15,10	
50	7,06	0,22	15,10	
100	7,02	0,20	15,20	2,7
150	7,05	0,28	14,70	
Middel	7,07	0,23	14,96	2,70

## 04.01.00 St.4

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l	TOC mgC/l
5	7,11	0,21	14,90	
25	7,17	0,23	14,90	
50	7,18	0,23	15,10	
100	7,02	0,24	14,90	2,7
150	7,19	0,31	15,40	
Middel	7,13	0,24	15,04	2,70

## 04.01.00 St.5

Dyp (m)	pH	Turb FTU	Farg mgPt/l	TOC mgC/l
5	7,12	0,23	14,9	
25	7,18	0,36	15,2	
50	7,18	0,23	14,9	
100	7,09	0,25	14,7	2,7
150	7,14	0,24	14,9	
Middel	7,14	0,26	14,92	2,70

Kjemianalyser forts.

	Parameter	Bevsnvning	Verdi	Største tillatte konsentrasjon i drikkevann
Hovedioner	Calcium	mg Ca/l	5	
	Magnesium	mg Mg/l	0,72	20
	Natrium	mg Na/l	1,53	150
	Kalium	mg K/l	0,52	12
	Alkalitet	mmol/l	0,204	
	Klorid	mg Cl/l	1,9	200
	Sulfat	mg SO <sub>4</sub> /l	5	100
Tungmetaller	Kvikksølv	ng Hg/l	< 0,1	500
	Krom	µg Cr/l	0,2	50
	Mangan	µg Mn/l	1,1	50
	Jern	µg Fe/l	22	200
	Kobolt	µg Co/l	0,03	
	Nikkel	µg Ni/l	0,54	50
	Kobber	µg Cu/l	0,8	300
	Sink	µg Zn/l	5,9	300
	Arsen	µg As/l	0,14	50
	Cadmium	µg Cd/l	0,009	5
	Bly	µg Pb/l	0,14	20
	Tinn	µg Sn/l	< 0,1	

**Tabell 6.2 Bakterianalyser - primærdata.**

## 18.10.99 St.1

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	6	0	50	0	2		
25	5	0	17				
50	4	0	12				
100	0	0	8	0	0		
150	1	0	2				
Middel	3,2	0	17,8	0	1		

## 18.10.99 St.2

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	2	0	27	1	0		
25	3	0	24				
50	3	0	14				
100	2	0	7	0	0		
150	1	0	5				
Middel	2,2	0	15,4	0,5	0		

## 18.10.99 St.3

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	3	0	56	0	1		
25	7	1	19				
50	2	0	16				
100	2	0	10	0	0		
150	0	0	7				
Middel	2,8	0,2	21,6	0	0,5		

## 18.10 99 St.4

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	0	0	54	0	1		
25	3	0	32				
50	5	0	18				
100	4	0	10	0	0		
150	2	0	10				
Middel	2,8	0	24,8	0	0,5		

## 18.10.99 St.5

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	6	1	83	0	1		
25	6	0	62				
50	1	0	11				
100	6	0	33	0	0		
150	2	0	7				
Middel	4,2	0,2	39,2	0	0,5		



## Bakterieanalyser forts.

## 01.11.99 St.1

Dyp m	Total Koli. 37 °C	Term.Koli. 44 °C	Kimtall ant/ml	Fekale Strept.	Sulf.red. Clostridier	Clostridium Perfringens	
	ant./100ml	ant/100ml		ant/100ml	ant/100ml	Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	0	0	36	0	1	0	0
25	0	0	10				
50	0	0	15				
100	0	1	15	0	0	0	0
150	0	0	11				
Middel	0	0,2	17,4	0	0,5	0	0

## 01.11.99 St.2

Dyp m	Total Koli. 37 °C	Term.Koli. 44 °C	Kimtall ant/ml	Fekale Strept.	Sulf.red. Clostridier	Clostridium Perfringens	
	ant./100ml	ant/100ml		ant/100ml	ant/100ml	Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	1	0	38	0	0	0	0
25	4	0	13				
50	1	0	12				
100	1	0	2	0	0	0	0
150	1	0	11				
Middel	1,6	0	15,2	0	0	0	0

## 01.11.99 St.3

Dyp m	Total Koli. 37 °C	Term.Koli. 44 °C	Kimtall ant/ml	Fekale Strept.	Sulf.red. Clostridier	Clostridium Perfringens	
	ant./100ml	ant/100ml		ant/100ml	ant/100ml	Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	0	0	39	0	1	0	0
25	3	0	15				
50	0	0	5				
100	1	0	9	0	0	0	0
150	2	0	18				
Middel	1,2	0	17,2	0	0,5	0	0

## 01.11.99 St.4

Dyp m	Total Koli. 37 °C	Term.Koli. 44 °C	Kimtall ant/ml	Fekale Strept.	Sulf.red. Clostridier	Clostridium Perfringens	
	ant./100ml	ant/100ml		ant/100ml	ant/100ml	Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	0	0	21	0	1	0	0
25	1	0	22				
50	2	0	6				
100	1	0	9	0	0	0	0
150	2	0	26				
Middel	1,2	0	16,8	0	0,5	0	0

## 01.11.99 St.5

Dyp m	Total Koli. 37 °C	Term.Koli. 44 °C	Kimtall ant/ml	Fekale Strept.	Sulf.red. Clostridier	Clostridium Perfringens	
	ant./100ml	ant/100ml		ant/100ml	ant/100ml	Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	4	0	37	0	1	0	0
25	0	0	24				
50	3	0	24				
100	3	0	30	0	0	0	0
150	2	0	9				
Middel	2,4	0	24,8	0	0,5	0	0

## Bakterieanalyser forts.

## 15.11.99 St.1

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	2	0	40	0	0	0	0
25	2	1	32				
50	3	0	26				
100	1	0	24	1	1	0	0
150	0	0	15				
Middel	1,6	0,2	27,4	0,5	0,5	0	0

## 15.11.99 St.2

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	1	0	36	1	0	0	0
25	1	0	33				
50	0	1	12				
100	0	0	12	0	0	0	0
150	1	0	9				
Middel	0,6	0,2	20,4	0,5	0	0	0

## 15.11.99 St.3

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	1	0	20	0	0	0	0
25	2	0	29				
50	0	1	26				
100	0	0	7	0	0	0	0
150	1	0	7				
Middel	0,8	0,2	17,8	0	0	0	0

## 15.11.99 St.4

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	1	1	29	0	0	0	0
25	1	0	45				
50	2	1	30				
100	0	0	10	0	0	0	0
150	0	0	12				
Middel	0,8	0,4	25,2	0	0	0	0

## 15.11.99 St.5

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	2	0	38	0	0	0	0
25	2	2	30				
50	2	1	35				
100	2	2	26	0	0	0	0
150	1	1	12				
Middel	1,8	1,2	28,2	0	0	0	0

## Bakterieanalyser forts.

## 29.11.99 St.1

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale	Sulf.red.	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml		Strept. ant/100ml	Clostridier ant/100ml	Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	1	1	73	1	0	0	
25	2	1	96				
50	5	2	97				
100	0	0	21	0	0	0	
150	2	0	7				
Middel	2	0,8	58,8	0,5	0		

## 29.11.99 St.2

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale	Sulf.red.	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml		Strept. ant/100ml	Clostridier ant/100ml	Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	1	2	110	2	0	0	
25	3	0	66				
50	2	0	68				
100	0	0	12	0	0	0	
150	3	0	30				
Middel	1,8	0,4	57,2	1	0		

## 29.11.99 St.3

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale	Sulf.red.	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml		Strept. ant/100ml	Clostridier ant/100ml	Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	1	2	100	1	2	2	0
25	5	1	100				
50	2	1	59				
100	0	0	18	0	0	0	
150	5	0	47				
Middel	2,6	0,8	64,8	0,5	1		

## 29.11.99 St.4

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale	Sulf.red.	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml		Strept. ant/100ml	Clostridier ant/100ml	Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	1	1	110	0	0	0	
25	2	0	170				
50	2	0	55				
100	1	0	40	0	0	0	
150	3	0	32				
Middel	1,8	0,2	81,4	0	0	0	

## 29.11.99 St.5

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale	Sulf.red.	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml		Strept. ant/100ml	Clostridier ant/100ml	Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	4	0	170	1	1	1	1
25	2	1	150				
50	3	0	130				
100	3	0	75	0	0	0	
150	0	0	27				
Middel	2,4	0,2	110,4	0,5	0,5		

## Bakterieanalyser forts.

## 20.12.99 St.1

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	2	0	43	0	0		
25	1	1	44				
50	0	2	43				
100	1	0	43	0	0		
150	2	0	33				
Middel	1,2	0,6	41,2	0	0		

## 20.12.99 St.2

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	0	0	58	0	0		
25	2	0	71				
50	0	1	49				
100	0	0	35	0	0		
150	1	0	29				
Middel	0,6	0,2	48,4	0	0		

## 20.12.99 St.3

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	0	0	20	1	0		
25	1	0	34				
50	2	0	29				
100	0	0	33	1	0		
150	0	0	35				
Middel	0,6	0	30,2	1	0		

## 20.12.99 St.4

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	1	0	36	0	1	1	
25	0	0	34				
50	1	0	20				
100	0	0	22	0	0		
150	0	0	35				
Middel	0,4	0	29,4	0	0,5	1	

## 20.12.99 St.5

Dyp m	Total Koli.	Term.Koli.	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	37 °C ant./100ml	44 °C ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	1	0	20	0	0		
25	1	0	25				
50	2	0	36				
100	2	0	22	1	0		
150	0	0	30				
Middel	1,2	0	26,6	0,5	0		

## Bakterieanalyser forts.

## 04.01.99 St.1

Dyp m	Total Koli. 37 °C	Term.Koli. 44 °C	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	ant./100ml	ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	7	1	130	2	1	1	3
25	3	2	260				
50	3	2	114				
100	5	0	102	0	1	1	0
150	1	2	170				
Middel	3,8	1,4	155,2	1	1		

## 04.01.00 St.2

Dyp m	Total Koli. 37 °C	Term.Koli. 44 °C	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	ant./100ml	ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	3	2	240	3	0		
25	0	1	227				
50	1	0	82				
100	2	2	52	0	0		
150	1	1	96				
Middel	1,4	1,2	139,4	1,5	0		

## 04.01.00 St.3

Dyp m	Total Koli. 37 °C	Term.Koli. 44 °C	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	ant./100ml	ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	2	5	123	3	0		
25	1	1	56				
50	1	1	37				
100	2	0	32	1	1	1	0
150	0	0	46				
Middel	1,2	1,4	58,8	2	0,5		

## 04.01.00 St.4

Dyp m	Total Koli. 37 °C	Term.Koli. 44 °C	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	ant./100ml	ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	1	0	79	0	0		
25	4	0	60				
50	2	0	57				
100	2	0	71	0	0		
150	2	0	46				
Middel	2,2	0	62,6	0	0		

## 04.01.00 St.5

Dyp m	Total Koli. 37 °C	Term.Koli. 44 °C	Kimtall ant/ml	Fekale Strept. ant/100ml	Sulf.red. Clostridier ant/100ml	Clostridium Perfringens	
	ant./100ml	ant/100ml				Konf.spore ant/100ml	Egen ana. ant/100ml
5	1	0	51	0	0		
25	3	0	89				
50	0	0	49				
100	0	0	68	0	0		
150	1	1	57				
Middel	1	0,2	62,8	0	0		