

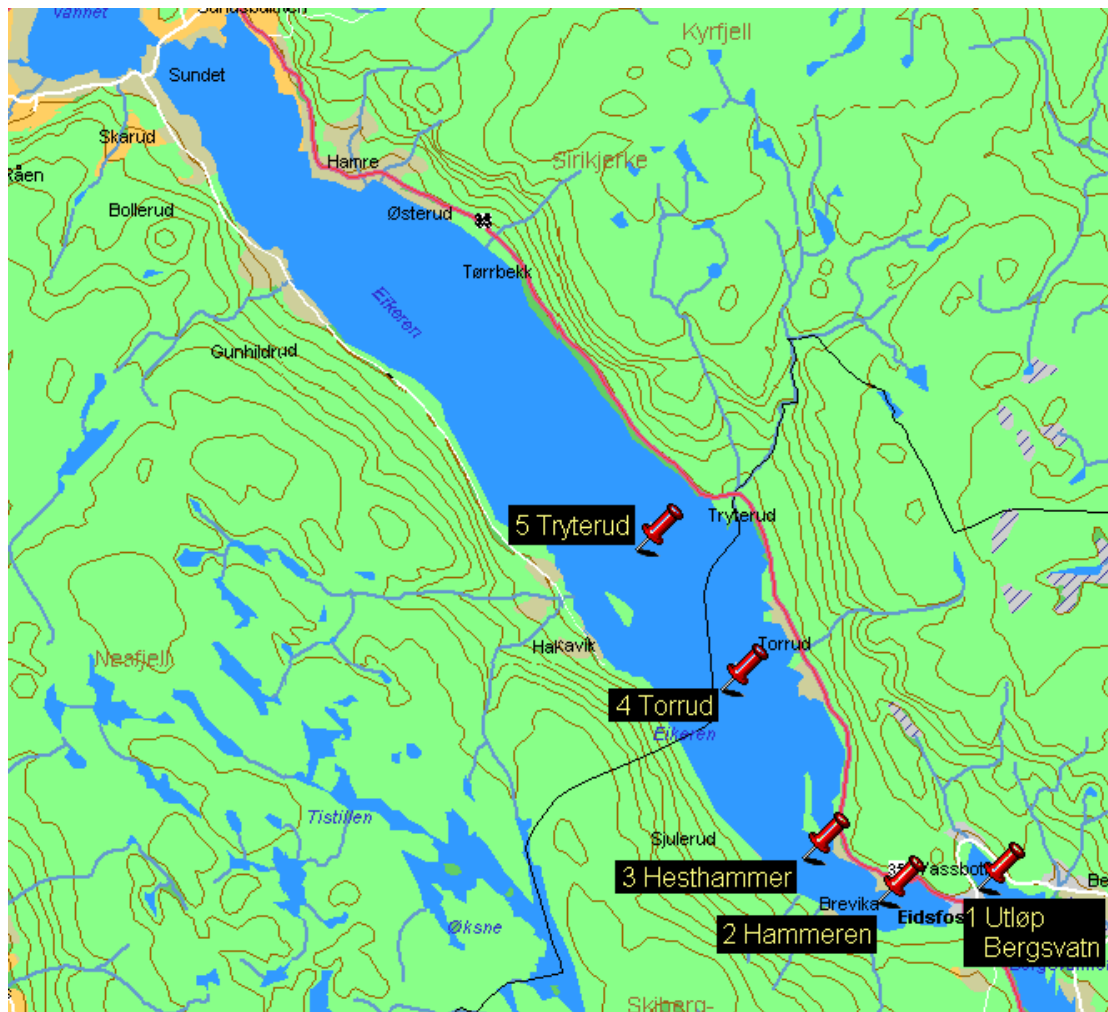
# NIVA



RAPPORT 4518-2002

Eikeren som ny drikkevannskilde for Vestfold

## Oppdaterende undersøkelse av hygieniske drikkevannsparmetre i Eikerens sydlige del 2001



**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		Løpenr. (for bestilling)	Dato
Eikeren som ny drikkevannskilde for Vestfold		4518-2002	26.04.2002
Oppdaterende undersøkelse av hygieniske drikkevannsparemetre i Eikerens sydlige del 2001		Prosjektnr. Undernr. 21130	Sider Pris 25
Forfatter(e)		Fagområde	Distribusjon
Dag Berge		Hydrologi	Fri
		Geografisk område	Trykket
		Vestfold	NIVA
Oppdragsgiver(e)			Oppdragsreferanse
Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV)			Sverre Mollatt
Sammendrag			
<p>Det er gjennomført en undersøkelse av den bakteriologiske vannkvaliteten, samt farge og organisk karbon i søndre del av Eikeren, fra Eidsfoss og ut mot de sentrale deler av sjøen (Tryterud). Det ble foretatt 16 tokt jevnt fordelt i perioden. Prøver ble tatt fra overflaten og ned til 100 m, eller til 10 m over bunnen der det var grunnere enn 100 m. Prøvene dekket vårsirkulasjon, sommerstagnasjon, og høstsirkulasjon. Farge (12-13 mg Pt/l) og TOC (2,5-2,8 mg/l) var til enhver tid lavere enn de verdier som kreves av den nye drikkevannsforskriften. Historiske fargedata viste store år-til-år variasjoner og det var ikke mulig å finne noen signifikant økning av fargen i Eikeren. Heller ikke TOC viste noen signifikant endring. Innhold av heterotrofe bakterier (kimtall) tilfredsstilte drikkevannskravene i dypvannet fra Hesthammer og utover. I dypvannet (60m) ved Hesthammer ble det observert termotolerante koliforme bakterier (TKB) i 3 av 13 prøver (et eks), det vil si at 77% av prøvene var frie for TKB. For å være godt egnet til vannforsyning med enkel vannbehandling har det vært vanlig å kreve at 90% av prøvene er frie for TKB. Det ble også gjort en observasjon av <i>Clostridium perfringens</i> (Cp) i én av de 16 prøvene fra dypvannet ved st.3. Hesthammer. Strengt tolket tilfredsstillende vannkvaliteten ved st.3 Drikkevannsforskriften med såkalt "enkel vannbehandling" for store vannverk, da man hverken skal finne TKB eller Cp. Overskridelsene er imidlertid helt marginale. I dypvannet (60m og 100m) ved stasjon 4 Torrud var alle drikkevannskriterier for rentvann oppfylt etter nye og gamle forskrifter. Etter gammel råvannsklassifisering var vannet her godt egnet til vannforsyning med enkel vannbehandling. Ved stasjon 5 Tryterud var den hygieniske vannkvaliteten ikke så god som ved Torrud, selv om forskjellen var nokså liten. Det ble observert en sammenfallende variasjon mellom kimtall ved de 2 søndre stasjonene i Eikeren og nedbørsperioder ved Hakavika nedbørstasjon. Kimtallinnholdet i dypvannet ved de tre nordre stasjonene (St 3 Hesthammer, St.4 Torrud og St.5 Tryterud) reagerte ikke på kraftige nedbørsperioder eller sirkulasjonsperioder, noe som tyder på god skjerming mot episodisk forurensning. Med hensyn til vannverksinntakets plassering kan resultatene tyde på at man kan oppnå noe bedre vannkvalitet ved å legge inntaket litt lenger nord og muligens noe dypere ned.</p>			
Fire norske emneord		Fire engelske emneord	
1. Drikkevannsforsyning		1. Drinking water supply	
2. Bakterieforensning		2. Bacterial pollution	
3. Dypvann		3. Deep water	
4. Eikeren		4. Lake Eikeren	

Dag Berge

Prosjektleder

Dag Berge

Forskningsleder

Nils Roar Sæltun

Forskningssjef

Norsk institutt for vannforskning  
Oslo

O-21130

Eikeren som ny drikkevannskilde for Vestfold

Oppdaterende undersøkelse av

**Hygieniske drikkevannsparemetre i  
Eikerens sydlige del 2001**

Oslo 26.04.2002

---

Prosjektleder:

Dag Berge

## ***Forord***

*Undersøkelsen er en del av utredningene i forbindelse med utbygging av Eikeren som ny vannkilde for Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV). Undersøkelsen ble kontraktsfestet i april 2001. Oppdragsgivers kontaktpersoner har vært direktør Sverre Mollatt og arkitekt Harald Schulze.*

*Innsamling av prøver er gjort fra begynnelsen av mai til og med desember 2001. Feltarbeidet er utført av Tom Antonsen og John Hagen Larsen (VIV). Analysene er utført hos Næringsmiddeltilsynet i Tønsberg.*

*Dag Berge har vært prosjektleder for undersøkelsen og stått for bearbeiding av data, vurderinger og sammenstilling til rapport. Oppdragsgiver og medarbeidere takkes for godt samarbeid.*

*Oslo 26.04-2002*

*Dag Berge  
Prosjektleder*

## Innholdsfortegnelse

1	Konkluderende sammendrag .....	6
2	Innledning .....	7
2.1	Målsetting .....	7
3	Materiale og metoder .....	7
3.1	Prøvetakingsstasjoner - dyp - frekvens .....	7
3.2	Analyseparametre .....	8
3.3	Analysemetoder .....	8
3.3.1	Bakterier .....	8
3.3.2	Kjemianalyser .....	9
4	Resultater og diskusjon .....	10
4.1	Nedbør ved Hakavika .....	10
4.2	Farge og total organisk karbon (TOC) .....	10
4.2.1	Kommentarer .....	11
4.3	Tarmbakterier .....	13
4.3.1	Resultater totalkoliforme bakterier .....	13
4.3.2	Resultater termotolerante koliforme bakterier (44 °C) .....	14
4.3.3	Kommentarer .....	15
4.4	Heterotrofe bakterier - Kimtall .....	17
4.4.1	Kommentarer .....	18
4.5	Sufittreduserende klostridiebakterier og Clostridium perfringens .....	19
4.5.1	Kommentarer .....	20
5	Referanser .....	22
6	Vedlegg - Primærdata .....	23

## 1 Konkluderende sammendrag

I perioden fra begynnelsen av mai til midt i desember 2001 ble det gjennomført en undersøkelse av den bakteriologiske vannkvaliteten, samt farge og organisk karbon i søndre del av Eikeren, fra Eidsfoss og ut mot de sentrale deler av sjøen (Tryterud). Det ble foretatt 16 tokt jevnt fordelt i perioden. Prøver ble tatt fra overflaten og ned til 100m, eller til 10 m over bunnen der det var grunnere enn 100m. Prøvene dekket vårsirkulasjon, sommerstagnasjon, og høstsirkulasjon. Prøvene er analysert ved Næringsmiddeltilsynets laboratorium i Tønsberg.

Generelt sett har Eikeren en meget god vannkvalitet som bærer lite preg av forurensninger og som er å sammenlikne med det vann man finner i upåvirket norsk villmark.

Vannets farge (12-13 mg Pt/l) og TOC (2,5-2,8 mg/l) var til enhver tid lavere enn de verdier som kreves av den nye drikkevannsforskriften. Ved sammenstilling av data fra 1970-åra og fram til i dag, var resultatene fra 2001 blant de høyeste. De historiske dataene viste store årtil-år variasjoner i farge og det var ved statistisk analyse ikke mulig å finne noen signifikant økning av fargen i Eikeren, slik man finner i mange andre innsjøer. Heller ikke TOC viste noen signifikant endring.

Innhold av heterotrofe bakterier (kimtall) tilfredsstilte drikkevannskravene i dypvannet fra St.3 Hesthammer og utover. I dypvannet (60m) ved Hesthammer ble det observert termotolerante koliforme bakterier (TKB) i 3 av 13 prøver (kun en bakterie per 100ml hver gang), det vil si at 77 % av prøvene var frie for TKB. For å være godt egnet til vannforsyning med enkel vannbehandling har det vært vanlig å kreve at 90% av prøvene er frie for TKB. Det ble også gjort én observasjon (1 spore i en av 16 prøver) av *Clostridium perfringens* (Cp) i dypvannet ved st.3. Hesthammer. Strengt tolket tilfredsstiller da ikke vannkvaliteten ved st.3 Drikkevannsforskriften med enkel vannbehandling for så store vannverk det her er snakk om. Overskridelsene av forskriftens normer for rentvann er imidlertid marginale.

I dypvannet (60m og 100m) ved stasjon 4 Torrud var alle drikkevannskriterier for rentvann oppfylt både etter nye og gamle forskrifter. Etter gammel råvannsklassifisering var vannet her godt egnet til vannforsyning ved enkel vannbehandling også for de største vannverk. Her var vannet bakteriologisk sett omtrent som upåvirket naturlig innsjøvann slik det er karakterisert i norsk villmark. Denne karakteristikken gjelder også for dypvannet ved Hesthammerøya da man ofte kan finne en og annen TKB og også i helt upåvirkede innsjøer.

Ved stasjon 5 Tryterud var den hygieniske vannkvaliteten ikke fullt så god som ved Torrud, selv om forskjellen var nokså liten.

Det var ikke noen signifikant sammenheng mellom innhold av tarmbakterier i vann fra Bergsvannet og innholdet ved de 2 søndre stasjonene i Eikeren. Det ble observert en sammenfallende variasjon mellom kimtall i overflatevannet ved de 2 søndre stasjonene i Eikeren og nedbørsperioder ved Hakavika nedbørstasjon. Kimtallinnholdet i dypvannet ved de 3 nordre stasjonene (St.3 Hesthammer, St.4 Torrud og St.5) reagerte ikke på kraftige nedbørsperioder eller sirkulasjonsperioder, noe som tyder på god skjerming mot episodisk forurensning.

Resultatene tyder på at man kan oppnå ytterligere noe bedre vannkvalitet ved å gå noe lenger nord med vanninntaket, og muligens noe dypere ned.

## 2 Innledning

### 2.1 Målsetting

Det henvises til møte med VIV 23/4-01 hvor NIVA ble bedt om å utforme et forslag til program for en bakteriell undersøkelse av Eikeren. Målsettingen med undersøkelsen var

1. Gi informasjon om den hygieniske forurensningen i dypvannet i søndre deler av Eikeren.
2. Bedre grunnlaget for endelig plassering av drikkevannsinntaket til VIV/ klarere vannkvaliteten ved det foreslåtte inntak
3. Få informasjon om hvor mye bakterier Eikeren tilføres fra vassdraget oppstrøms, dvs. det vannet som kommer fra Bergsvannet
4. Det skal også analyseres på *Clostridium perfringens* spesielt.

Feltarbeidet er gjennomført av personell fra VIV, etter instruksjon fra NIVA ved det første toktet. Analysene er utført hos næringsmiddeltilsynet i Tønsberg.

## 3 Materiale og metoder

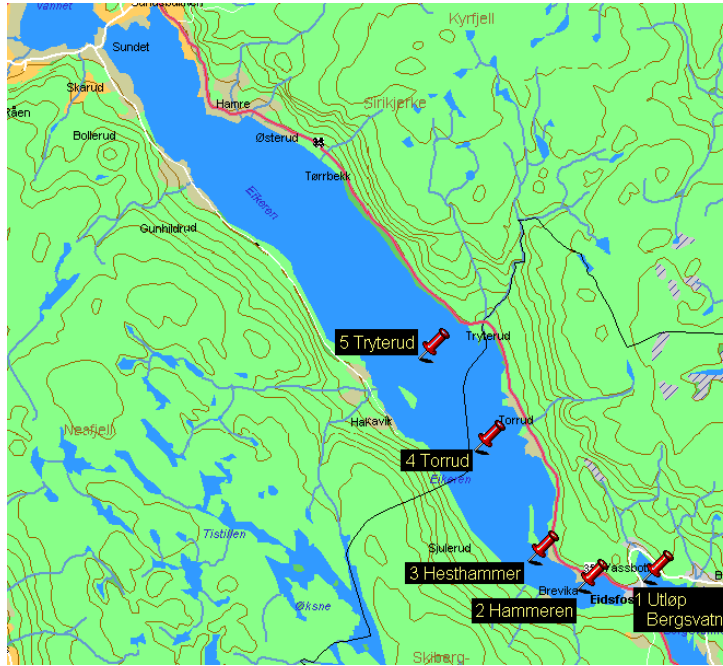
### 3.1 Prøvetakingsstasjoner - dyp - frekvens

Prøvetakingsstasjonene er vist på figur 3.1, og i listen nedenfor er dypene og prøvetakingsfrekvensen også anført:

1. Utløp Bergsvannet (kraftverkstunnel, el. Utløp Bergsvatn)
2. Hammeren (5m, 30m - 2 ganger per mnd mai-desember)
3. Hesthammer (5m, 60m - 2 ganger per mnd mai-desember)
4. Torrud (5m, 60m 100m - 2 ganger per mnd mai-desember)
5. Tryterud (5m, 60m, 100m - 2 ganger per mnd mai-desember)

Prøvene er tatt med en spesial henter der en pre-sterilisert flaske sendes ned til det ønskede dyp, hvorefter den åpnes ved å slippe ned et slippelodd som knuser et innsugningsrør av glass. Prøvene er tatt av Tom Antonsen og John Hagen Larsen (VIV) etter forutgående instruksjon fra NIVA.

Prøven i utløpet fra Bergsvatn er tatt i utløpstunnelen fra kraftverket. I perioder hvor kraftverket stod, ble prøven tatt i Bergsvatn i utløpsenden rett utenfor kraftverksinntaket.



Figur 3.1 Oversiktskart over prøvetakingsstasjonene

### 3.2 Analyseparametre

Prøvene er analysert på standard bakteriologiske drikkevannsparametre som:

- Total koliforme bakterier (37 °C)
- Termotolerante koliforme bakterier (44 °C)
- Kimtall (22 °C)
- Sulfitreducerende clostridier
- *Clostridium perfringens*

I tillegg er det analysert på

- Farge
- Total organisk karbon

### 3.3 Analysemetoder

#### 3.3.1 Bakterier

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

Kimtall ble analysert i henhold til NS-EN ISO 6222 med samme dyrkningsmedium, med inkubasjonstemperatur 22°C.

Påvisning av sporer fra sulfittreducerende anaerobe bakterier (*Clostridium*), membranfilter metode (NS ISO 6461).



For prøver med utvikling at kolonier ble det utført konfirmering for påvisning av *Clostridium perfringens* etter egen metode ved Næringsmiddeltilsynet i Tønsberg.

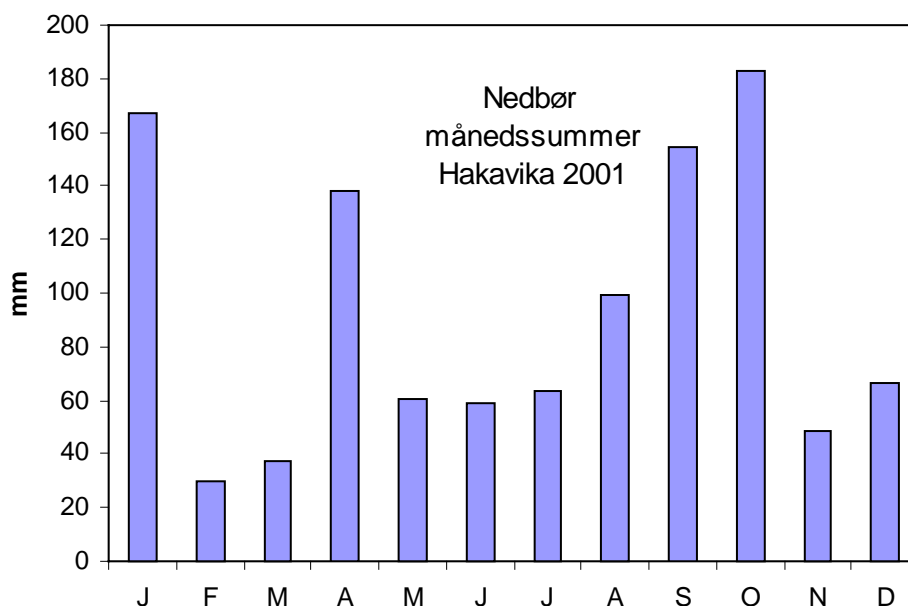
### 3.3.2 Kjemianalyser

Kjemianalysene ble utført etter akkrediterte metoder ved Næringsmiddeltilsynets laboratorium i Tønsberg.

## 4 Resultater og diskusjon

### 4.1 Nedbør ved Hakavika

Kraftig nedbør fører til overflateavrenning, utvasking av dyrefæces som samles langs innkommende elver i tørrperioder når dyrene søker mot bekkene for å drikke, samt at det fører til lekkasjer og overløp i kloakksystemene. Perioder med kraftig nedbør gir derfor ofte bakteriologisk forurensning i innsjøer. Figur 4.1 viser nedbør ved Hakavika på Eikerens vestside i 2001.

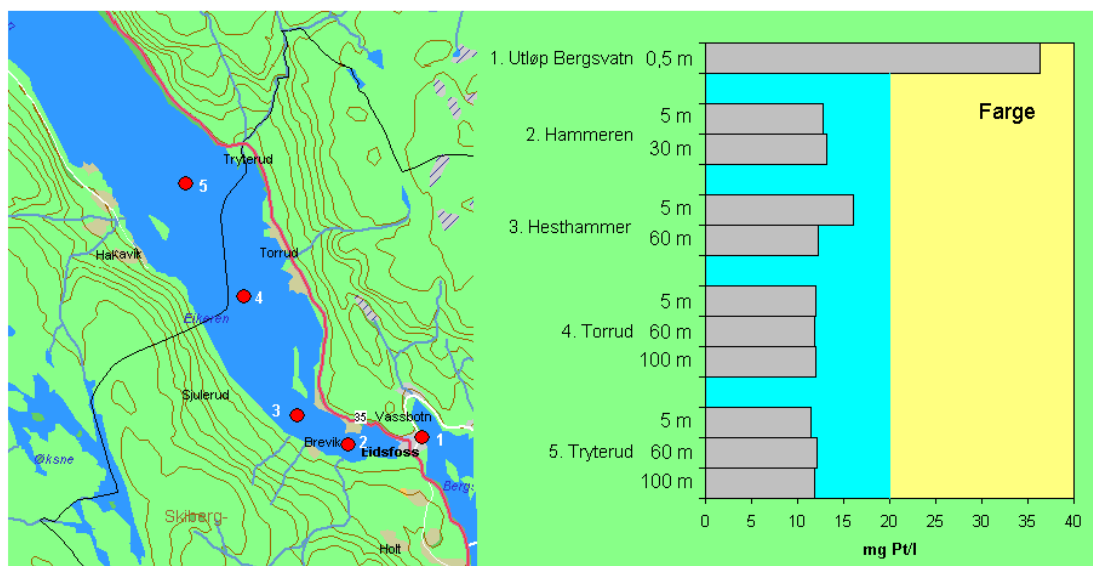


Figur 4.1 Nedbør ved Hakavika 2001

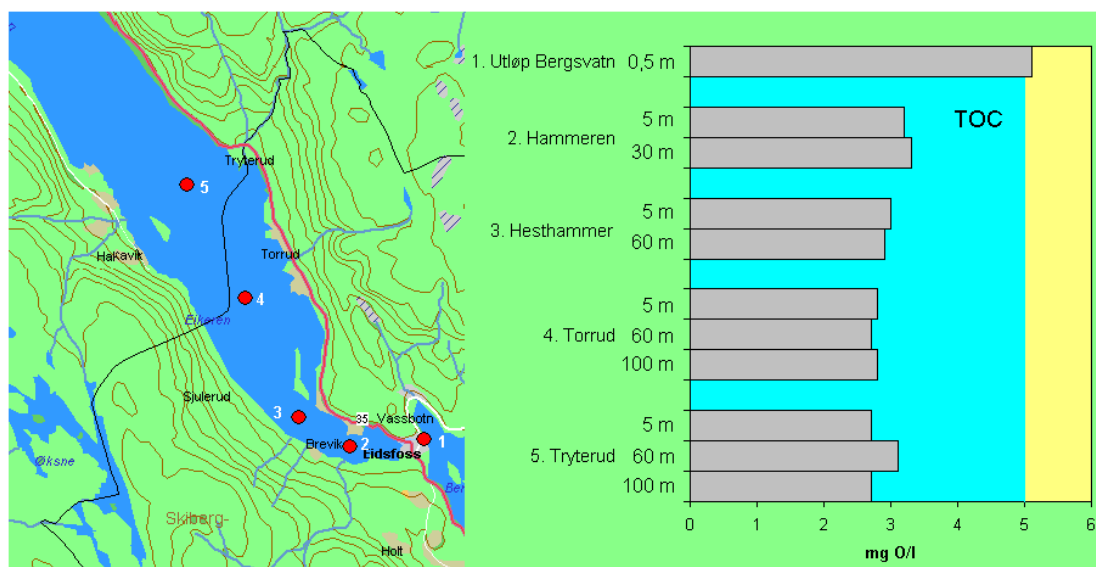
Av nedbørsperioder som kan påvirke resultatene fra de innsamlede prøver, nevnes en kraftig nedbørsperiode i april, rett før første prøvetaking under vårsirkulasjonen, samt en lengere nedbørsperiode på høsten.

### 4.2 Farge og total organisk karbon (TOC)

Resultatene er gitt i figur 4.2 og 4.3, samt i tabell bak i vedlegget.



Figur 4.2 Middelverdier av 16 observasjoner (mai-desember 2001) av vannets farge målt som mg Pt/l ved forskjellig dyp på de ulike stasjoner.



Figur 4.3 Middelverdier av 16 observasjoner (mai-desember 2001) av vannets konsentrasjon av total organisk karbon (TOC) målt som mg C/l ved forskjellig dyp på de ulike stasjoner.

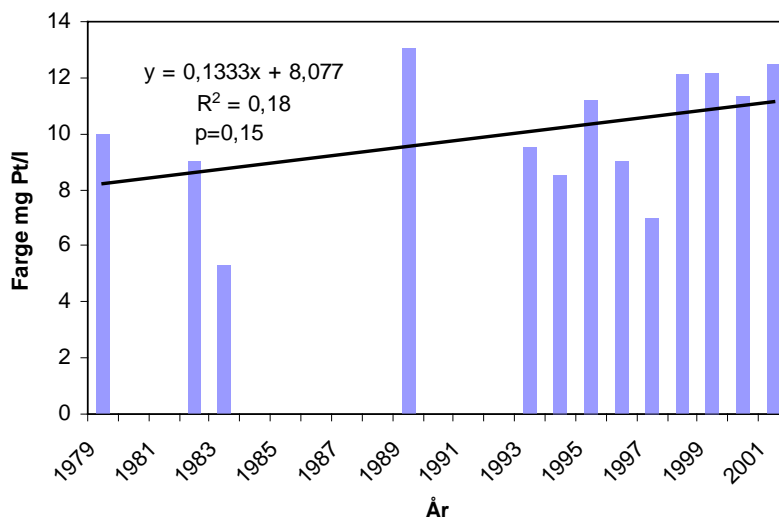
#### 4.2.1 Kommentarer

Konsentrasjonene både mht til farge og TOC er lave og klart under verdien der det i henhold til drikkevannsforskriften kreves rensing. Grenseverdien for farge er 20 mgPt/l og for TOC er 5 mg C/l.

De senere 10-15 årene er det mange observasjoner som tyder på at konsentrasjonen av fargede organiske forbindelser, såkalte humusstoffer, øker i norsk overflatevann (Liltved og medarb. 2001). Man er usikker på årsaken, men det er antydning at det kan ha sammenheng med klimaendringer. Hyppigere avrenningsperioder, særlig i vinterhalvåret vil bidra til at det skjer en økt humusutvasking fra nedbørfeltet. I råvann fra Farrisvannet har denne økningen vært

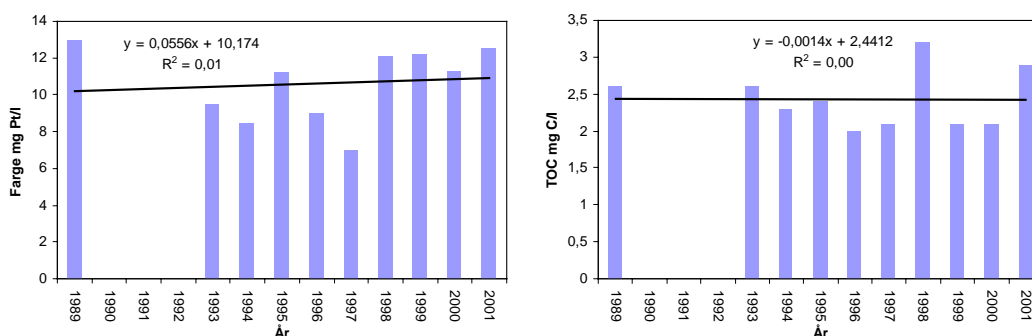
markert (Hem 2000) og vannet er nå over den grense hvor det etter Drikkevannsforskriften kreves tiltak for fargefjerning. Denne grensen er på 20 mgPt/l.

I figur 4.4 har vi fremstilt fargeverdier fra alle de årene vi har data fra Eikeren. Det kan se ut som om det er en svak økning i fargen, men statistisk analyse viser at denne økningen ikke er statistisk signifikant,  $p = 0,15$ .



Figur 4.4 Midlere farge i Eikeren fra de årene vi har data fra (middelerdi av alle analyser hvert år).

I figur 4.5 har vi fremstilt farge og TOC fra de siste 12 årene, TOC har vi ikke fra tidligere. I denne perioden har det ikke vært noen utvikling i hverken farge eller TOC.



Figur 4.5 Middelerdier av farge og TOC fra Eikeren de siste 12 årene. TOC har vi ikke fra tidligere.

I et pågående prosjekt under Nordisk ministerråd hvor man ser på lengere dataserier fra hele Norden, er ikke farge-økningen så entydig. Det finnes både perioder med økning og perioder med minking i vannets farge (T.Andersen NIVA, pers medd). Det kan se ut som om perioder med økning er knyttet til perioder med økt intensitet og hyppighet i avrenningsperioder, særlig milde vintrer. De klimasenarioer som er trukket opp framover med fuktige somrer og milde vintrer, vil i så måte peke mot at man kan forvente en viss økning i avrenning av humusstoffer, og dermed økt farge. Dette gjelder særlig områder der det er mye myr i nedbørfeltet. Det er mye mindre myrlendt terreng i Eikerenvassdragets nedbørfelt enn i Farrisvannets

nedbørfelt, noe som også peker i retning av at Eikeren er en fremtidsrettet drikkevannskilde for Vestfold.

Det er ikke gjort noen klima-analyse i tilknytning til farge- og TOC dataene fra Eikeren som er vist i figur 4.4 og 4.5, men høyst sannsynlig vil man finne en viss sammenheng med nedbør og farge i avrenningen. For eksempel i sommerhalvåret 1997, hvor man observerte lav farge, var nedbøren betydelig under normalen, mens det i 2001 hvor det ble observert høy farge, var nedbøren betydelig over normalen. Det bør imidlertid bemerkes at det har vært flere laboratorier involvert i datamaterialet som ligger til grunn, med dels skiftende analysemetoder, samt at resultatene dels er hentet fra ulike stasjoner i Eikeren. Alt dette gjør en datanalyse usikker. Men det kan slås fast at det ikke er noe klar tendens som sier at fargen er økende i Eikeren, slik man ser i for eksempel i råvannet i Farrisvannverket. I Tyrifjorden (Berge og medarb. 2000) var det heller ikke noen klar tendens til økte farge- og TOC verdier.

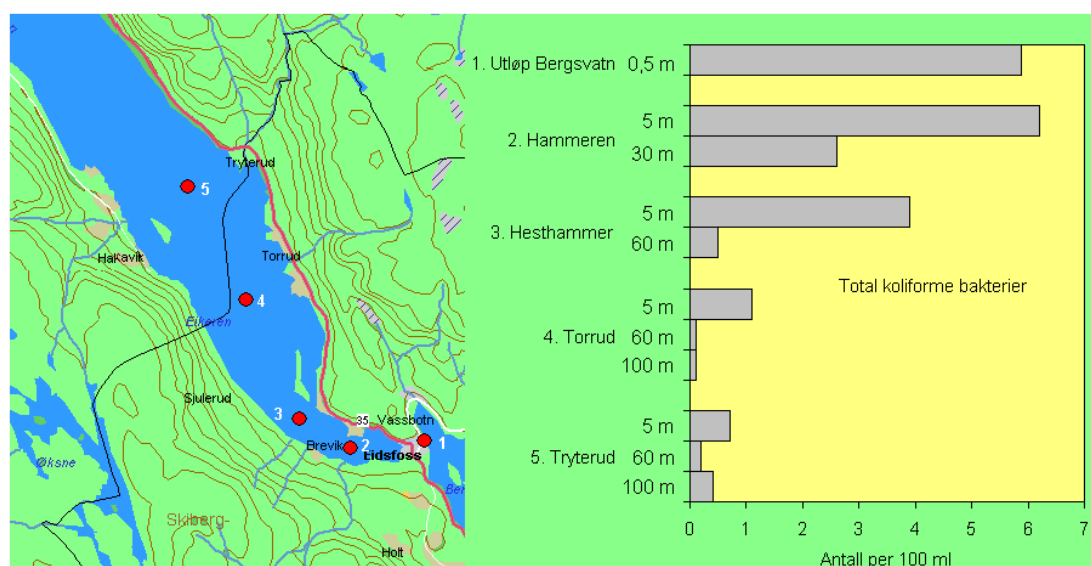
### 4.3 Tarmbakterier

Analysekategori "Termotolerante koliforme bakterier" (44°C) kalles ofte for ekte tarmbakterier og omfatter hovedsakelig *Escherichia coli*. Forekomst av denne vitner om fersk fekal forurensning. Et problem ved å benytte bare denne parameteren, er at man i dypvannet i store innsjøer ofte får så små tall (gjærne 0 eller 1 bakterie) at man ikke greier å benytte resultatene til å se statistisk holdbare forskjeller mellom stasjoner eller dyp.

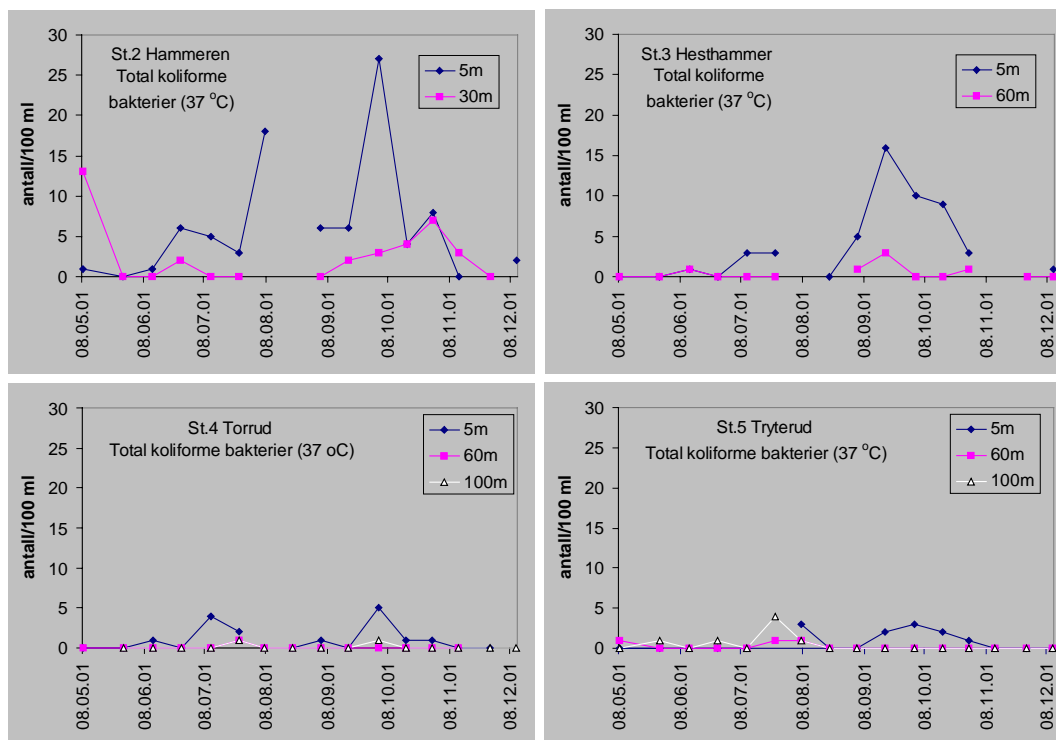
Analysekategori "Total koliforme bakterier" (37 °C) øker mye kraftigere ved sanitærutslipp enn de ekte tarmbakteriene. Man får med andre ord sikrere tall til å vurdere stasjoner opp mot hverandre. Denne analysen kan imidlertid omfatte også en mindre del andre bakterier enn tarmbakterier, såkalte jordkoliforme bakterier.

#### 4.3.1 Resultater totalkoliforme bakterier

Figur 4.6 viser middelverdiene av total koliforme bakterier (37 °C) ved de 16 observasjonstoktene på de ulike stasjonene, mens figur 4.7 viser enkeltobservasjonene. Primærdata er gitt bak i vedlegget.



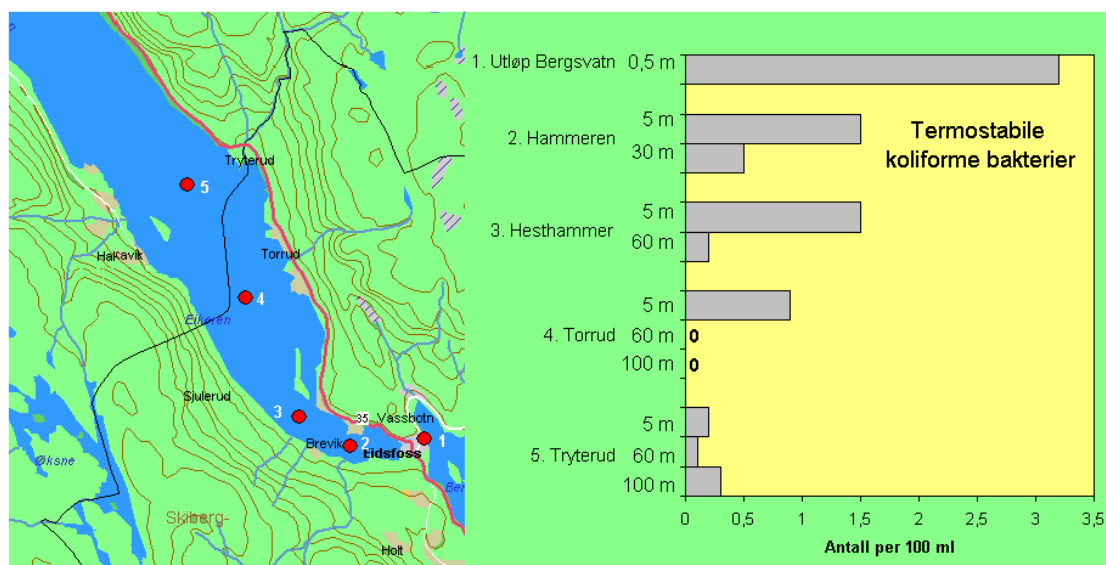
Figur 4.6 Middelverdier av 16 observasjoner (mai-desember 2001) av vannets konsentrasjon av total total koliforme (37 °C) bakterier ved forskjellig dyp på de ulike stasjoner.



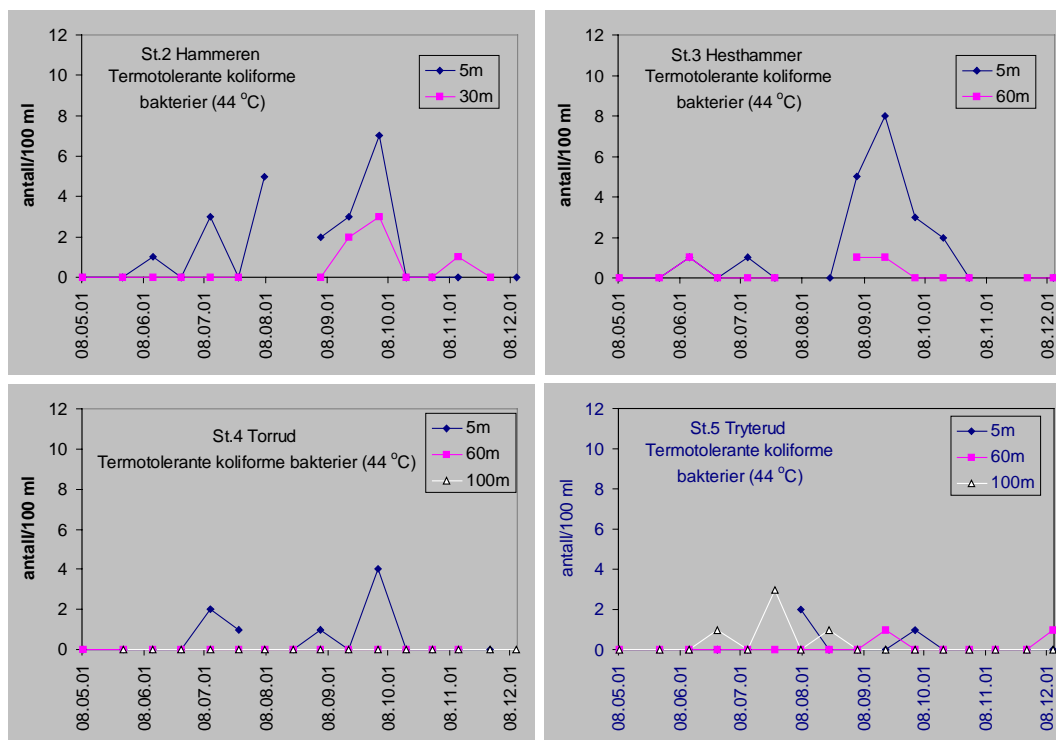
Figur 4.7 De enkelte observasjoner av total koliforme bakterier (37 °C) på de ulike stasjoner i Eikeren 2001.

### 4.3.2 Resultater termotolerante koliforme bakterier (44 °C)

Figur 4.8 viser middelverdiene av termotolerante koliforme bakterier (44 °C) ved de 16 observasjonstoktene på de ulike stasjonene, mens figur 4.9 viser enkeltobservasjonene. Primærdata er gitt bak i vedlegget.



Figur 4.8 Middelverdier av 16 observasjoner (mai-desember 2001) av vannets konsentrasjon av termotolerante (44 °C) koliforme bakterier (TKB) ved forskjellig dyp på de ulike stasjoner

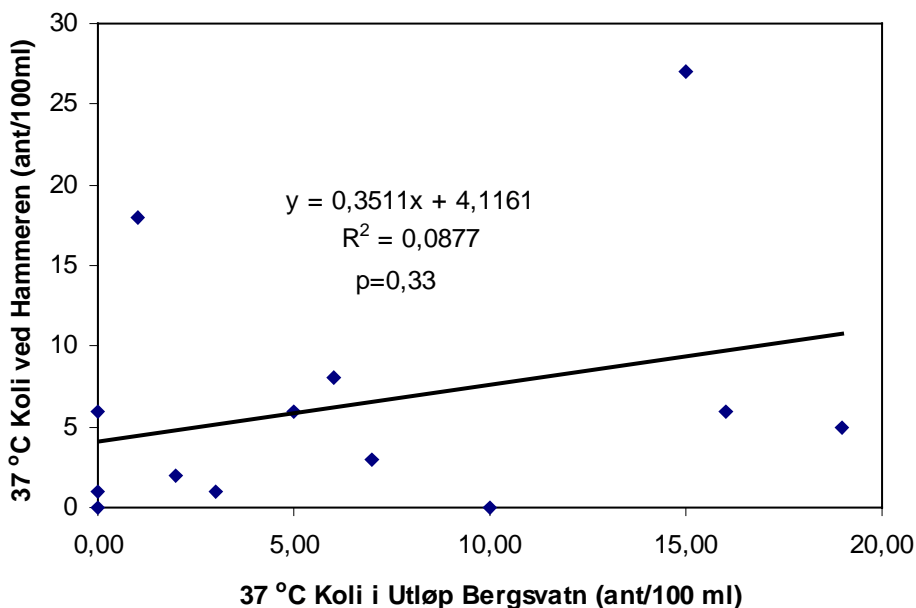


Figur 4.9 Observasjonene av termotolerante koliforme bakterier på forskjellig dyp ved de ulike stasjoner i Eikeren

### 4.3.3 Kommentarer

Konsentrasjonen av tarmbakterier avtar med dyppet og nordover i innsjøen. Den bakteriologiske vannkvaliteten var best på St.4 Torrud. Det er imidlertid liten forskjell mellom denne stasjonen og stasjon 5 (Tryterud). Både på 60 m og på 100 m var de fleste observasjoner 0. Ved stasjon 3 Hesthammer var også de fleste observasjoner 0 på 60 m, men positive funn hadde noe større hyppighet her enn i dypvannet ved stasjonene lenger ute.

Figur 4.10 viser at det ikke er noen signifikant sammenheng mellom bakteriekonsentrasjon i utløpet fra Bergsvatn og i overflatevannet ved den søndre stasjon i Eikeren. Derimot var det en klar sammenheng mellom bakterieinnholdet i sydenden av Eikeren og nedbørepisoder, se fig 4.13, noe som indikerer at diffus avrenning, overløp og utslipp fra bebyggelsen i Eidsfoss er viktigere for den bakteriologiske forurensningen i Eikerens sydende enn utløpet fra Bergsvatn. Kloakken fra Eidsfoss vil bli sanert i forbindelse med vannverksutbyggingen, slik at man må forvente at vannkvaliteten i Eikerens sydende vil bli bedre i fremtiden.



Figur 4.10 Liten grad av samvariasjon mellom koliforme bakterier i utløpet fra Bergsvatn og overflatevannet ved Hammeren (St.2).

I SFT's vegleder om Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (SFT 1997) er det et kapittel om vurdering av innsjøers egnethet som drikkevann som er utarbeidet i samarbeid med Folkehelse. Der heter det at man skal ta minst 10 prøver over året, og hvis minst 90% av prøvene har 0 TKB, og de andre ligger mellom 0-10 TKB, så er kilden "godt egnet" som råvannskilde til vannverk med enkel vannbehandling (siling og hygienisering). Vurderes stasjonene i Eikeren etter dette (se 90-persentilen i tabellene i vedlegget), vil bare stasjon 4 Torrud (60 og 100 m) tilfredsstillende dette kravet. Det heter videre i denne veglederen at hvis 70% av verdiene er 0 så er kilden egnet til vannverk på 10000 personer, forutsatt enkel vannbehandling. Dypvannet ved alle stasjonene tilfredsstillende dette grensen. Det understrekes at denne veglederen ikke er "myndighet" for vurdering av drikkevannskilders sikkerhet, men den viser hvordan myndighetene tenkte i 1997.

Den nye drikkevannsforskriften (FOR 2001-12-04 nr 1372) som gjelder fra 1/1-2002 stiller ikke noe bestemte krav til råvannet, kun til rentvannet. I rentvannet skal det ikke finnes tarmbakterier. For vannverk større enn 30 000 abonnenter skal råvannet undersøkes ved minst 12 observasjoner per år. På bakgrunn av dataene skal "vannverkseier dokumentere hvorvidt kilden er en hygieniske barriere eller ikke", og om vannbehandlingen har de nødvendige prosessstrinn. Kravet til 2 uavhengige hygieniske barrierer gjelder fortsatt. Hvis råvannet tilfredsstillende rentvannskravet, så er det opplagt at kilden er tilfredsstillende for benyttelse av enkel vannbehandling. Strengt tolket etter dette er det bare st.4 Torrud hvor prøvene tilsier at vannkilden er en hygienisk barriere. Tidligere modellberegninger (Tjomslund 2000) gav som resultat at 60 m dyp ved Hesthammerøya gav god beskyttelse mot nedtrenging av overflatevann ved vindgenererte strømmer, og at man der vil forvente alltid å finne  $\leq 4$  TKB uansett vær-situasjoner og tilførselssituasjoner (det vil si beste vannkvalitet i SFT klassifiseringssystem). Det er da heller ikke rare bakteriekonsentrasjoner man har observert ved St.3 Hesthammer (1 tkb/100 ml som maksimal konsentrasjon). I følge modellberegningene lå syd-

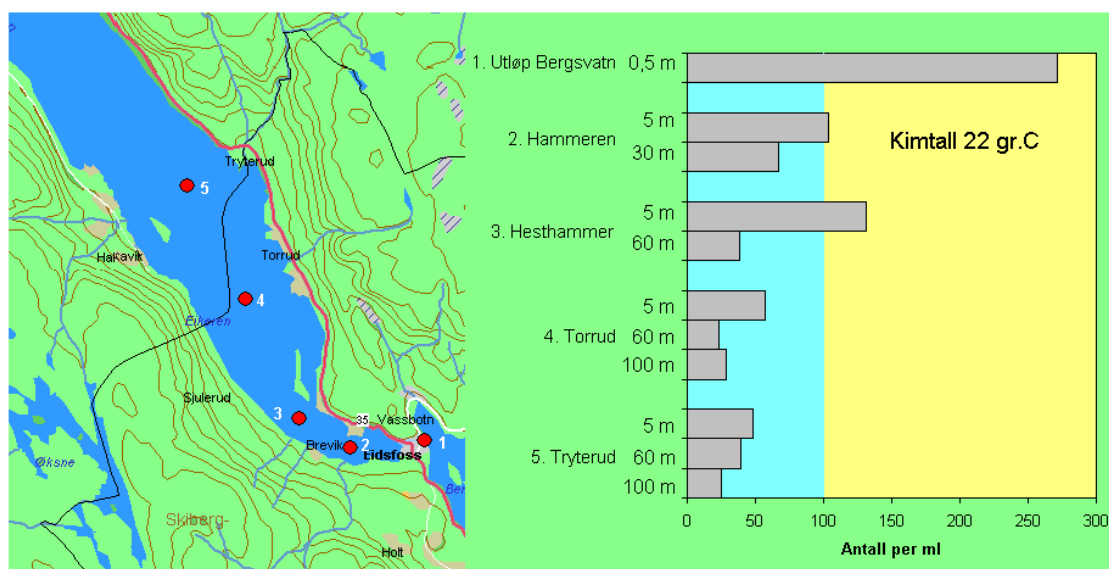


grensen for hvor man kunne forvente å finne beste vannkvalitet i dypvannet ca midt mellom St.2 Hammeren og St 3. Hesthammer.

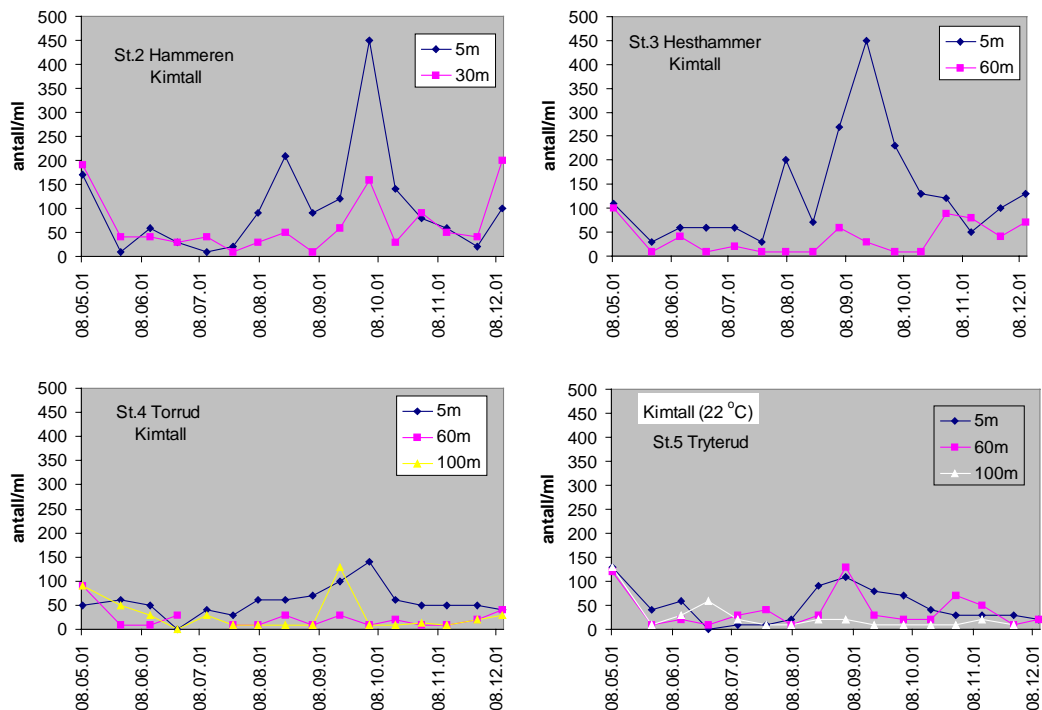
Hvorfor vannkvaliteten blir noe dårligere igjen ved Tryterud, kan ha sammenheng med den økte menneskelige aktiviteten i dette området (bebyggelse, camping, jordbruk). Vi observerte det samme ved undersøkelsen i 1997 (Berge og Brettum 1999). Sanitæranleggene ved campingplassene skulle være ordnet med tett tank og bortkjøring av avløpsvann, i henhold til opplysninger vi har fått fra Hof kommune. Det faktum at det ved Tryterud ble funnet mer termotolerante bakterier på 100 m dyp enn både ved 60 m og i overflaten, er imidlertid mystisk. Høyst sannsynlig har dette fremkommet ved at det har skjedd feil (kontaminering) enten ved prøvetaking eller analyser fra denne stasjonen. Forskjellen mellom st.4 og st.5 er imidlertid ikke stor. Det bør bemerkes at ved denne typen analyser i så rent vann som i Eikeren, hvor man opererer med 0 eller 1 som resultat, vil små forskjeller kunne virke uforholdsmessig store. Man finner jo ikke halve eller kvarte bakterier, slik man gjør ved kjemiske stoffer der man har hele tiden en gradvis nedgang mot 0.

#### 4.4 Heterotrofe bakterier - Kimtall

Resultatene mht kimtall (22 °C) er gitt som middelerdier i figur 4.11 og som enkeltobservasjoner i figur 4.12, samt i tabellform bak i vedlegget.



Figur 4.11 Middelerdier av 16 observasjoner (mai-desember 2001) av vannets konsentrasjon av heterotrofe bakterier målt som kimtall ved forskjellig dyp på de ulike stasjoner.

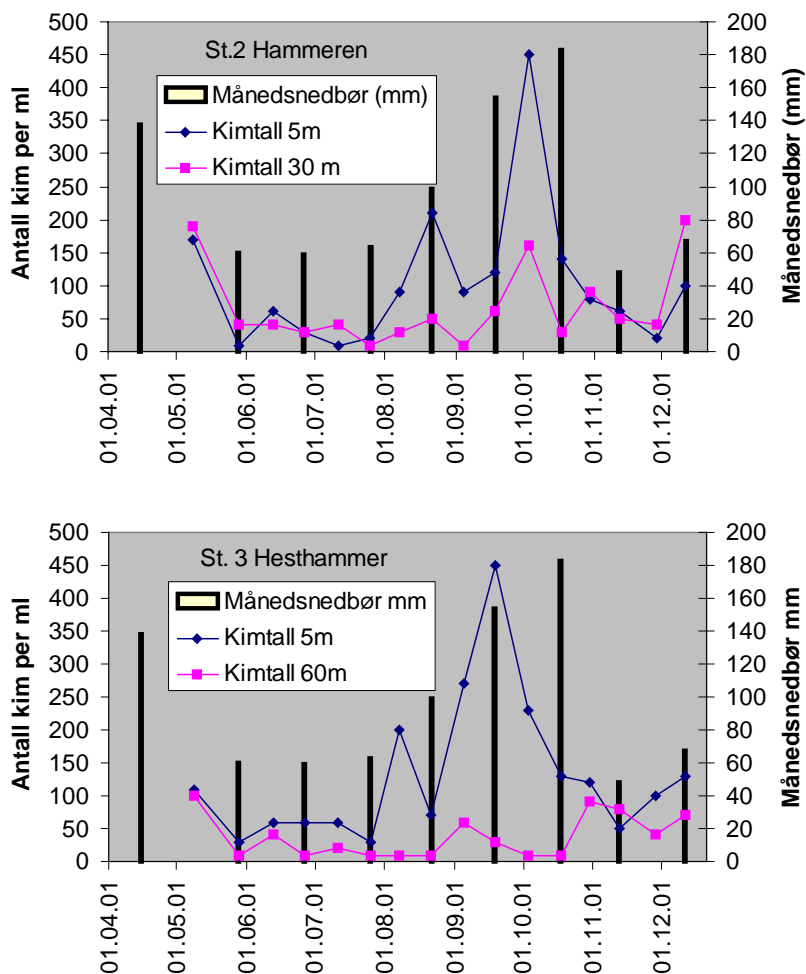


Figur 4.12 De enkelte observasjoner av kimtall (22 °C) ved stasjonene i Eikeren 2001

#### 4.4.1 Kommentarer

Kimtallet, som er et relativt mål på mengden av heterotrofe bakterier, avtar med økende avstand fra Eidsfoss og med økende dyp. Dypvannet ved Hesthammer og på stasjonene lenger ut tilfredsstillende til en hver tid kravet til akseptabelt innhold i drikkevann som er 100 per ml.

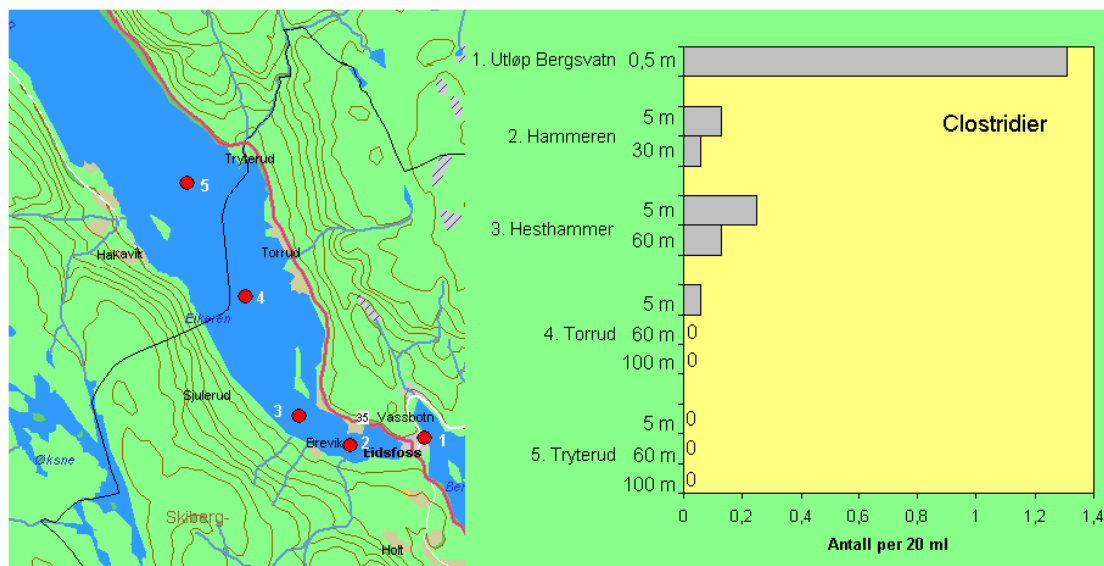
Kimtall er godt egnet til å se innsjøens følsomhet mht bakterieforurensning, overfør nedbør og derav følgende avrenningsperioder fra nærområdene, samt for sirkulasjonsperioder. I figur 4.13 er kimtallet ved de 2 søndre stasjonene i Eikeren vist sammen med månedsnedbør ved Hakavika. Sammenhengen synes å være klar for overflatevannet. Perioden med mye nedbør, resulterer i bakterietilførsler til innsjøen. Man ser forskjell mellom de to stasjonene i det dypvannet (60 m) ved Hesthammer virker mye mer skjermet mot nedbørepisoder enn dypvannet ved Hamneren (30 m). Dette indikerer at 30 m er for grunt til å beskytte seg mot svingninger i termoklinen som man ofte får i enden av store innsjøer. Termoklinen sentralt i innsjøen ligger på 10-15 m dyp sommeren igjennom, mens kimtall-resultatene tyder på at ved Hamneren kan den strekke seg nedad til 30 m dyp. Dypvannet på de to nordre stasjonene var upåvirket av nedbørsperioder. Dette er i tråd med hva Tjomsland og Berge(1999) fant ved datamodell-simuleringer, nemlig at dypvannet i Eikeren er godt skjermet mht baktreietilførsler fra land så langt syd som omtrent midt i mellom Hesthammerøya og Hamneren.



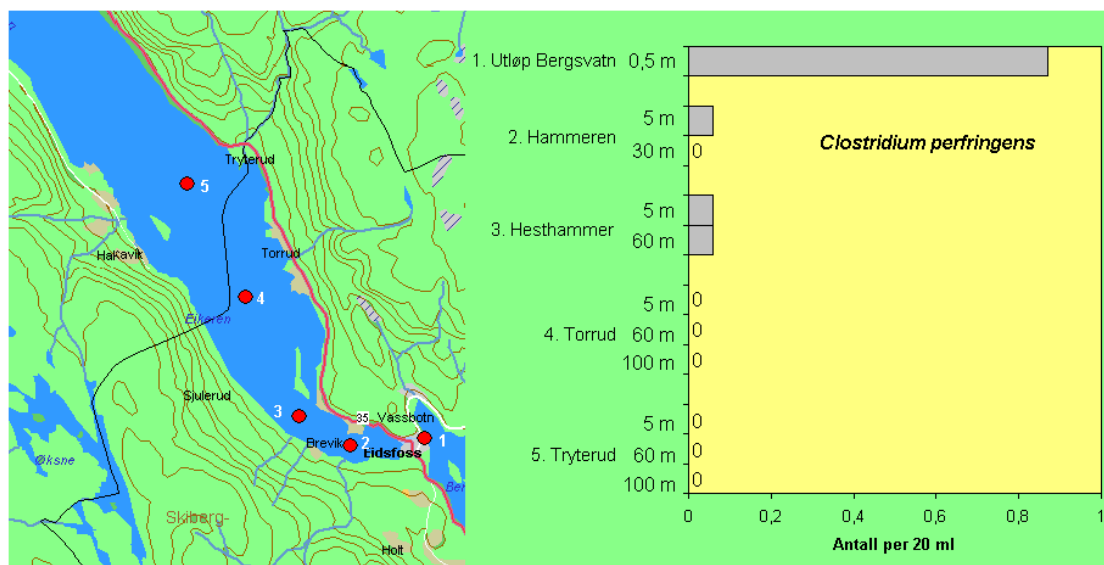
Figur 4.13 Kimtall ved de to søndre stasjonene i Eikeren sammenstilt med månedlige nedbørsummer fra Hakavika.

#### 4.5 Sufittreduserende klostridiebakterier og *Clostridium perfringens*

Resultatene er gitt som middelværdier i figur 4.14 og 4.15, mens enkeltobservasjonene er gitt i tabeller bak i vedlegget.



Figur 4.14 Middelerdier av 16 observasjoner (mai-desember 2001) av vannets konsentrasjon av sulfittreduserende clostridier ved forskjellig dyp på de ulike stasjoner



Figur 4.15 Middelerdier av 16 observasjoner (mai-desember 2001) av vannets konsentrasjon av *Clostridium perfringens* ved forskjellig dyp på de ulike stasjoner

#### 4.5.1 Kommentarer

*Clostridium perfringens* (*Cp*) er en bakterie som lever anaerobt, bl.a. i tarmen til varmblodige dyr og mennesker. Den kan ikke leve i miljøer rike på oksygen, og de dør eller danner sporer hvis de kommer ut i slike medier. Disse sporene kan overleve, eller rettere sagt, forbli spiringsdyktige i lang tid (mange måneder) i vann. De går altså ikke til grunne bare som følge av tid, slik som koliforme bakterier. På denne måten er *Cp* en mer tidsintegrerende indikator på at kilden er påvirket av fekal forurensning enn koliforme bakterier, og at kilden kan inneholde andre egg- og sporedannende parasitter.

Det er ikke noen eksempler på at det er farlig å få i seg Cp ved drikking av vann. Derimot er det mange eksempler på at Cp-sporer har spiret i matvarer. Her kan de danne giftstoffer som kan være farlige ved at giftstoffene påvirker tarmene og gir kraftig diaré. Nylig (februar 2002) skjedde det en slik episode ved et eldresenter i Tidverp i Sverige der 140 personer fikk ertesuppe som var infisert med Cp. 66 personer ble syke og 2 døde. Hvordan Cp var kommet inn i ertesuppen var imidlertid ikke klart, men vann kunne være en av flere mulige kilder (kfr reportasje i Aftenposten 21/2-02).

Den nye drikkevannsforskriften krever at det ikke skal finnes sporer av *Clostridium perfringens* (Cp) i drikkevannet som sendes ut på nettet. Cp sporer fjernes normalt ikke ved tradisjonell desinfisering ved klorering, men kan fjernes ved kraftig UV behandling (Vidar Lund, Folkehelsa, pers. medd.). I høringsutkastet til veilederen til den nye drikkevannsforskriften heter det at UV bestråling med dose på 300 J/m<sup>2</sup> vil være tilstrekkelig til å fjerne bakterier samt egg og cyster (*Cryptosporidium*, etc.) og at ved doser over 400 J/m<sup>2</sup> også vil fjerne bakteriesporer (Vidar Lund ved Folkehelsa pers. medd.). Ellers fjernes *Clostridium*-sporer effektivt ved fullrensing (Charnock 1999).

Ved stasjonene lengst ut i Eikeren ble det ikke påvist Cp i noen av prøvene. I dypvannet ved stasjon 3, Hesthammer, ble det observert 1, én, Cp ved en av de 16 observasjonene. Det vil si at mer enn 90% av prøvene var frie for Cp. I overflatevannet på denne stasjonen ble det observert sulfittreduerende clostridier (1 eks) ved 4 av de 16 toktene. At det ble observert litt færre Cp og sulfittreduerende clostridier ved stasjon 2 Hammeren, beror trolig på tilfeldigheter. Med så lite positive funn er det vanskelig å gjøre meningsfylte statistiske sammenlikninger uten svært mange observasjoner.

Et annet usikkerhetsmoment som bør nevnes er at Cp skal angis som antall per 100 ml. Ved analysen som Næringsmiddelstilsynet i Tønsberg har anvendt har de inkubert 20 ml prøve. Ved inkubasjon av 100 ml, ville man hatt større sjanse for å gjøre positive funn enn ved analyse av 20 ml.

Som konklusjon kan man si at man ved de 2 innerste stasjoner må regne med å finne en og annen Cp spore, selv om konsentrasjonene er meget lave, og at observasjonene vil være sjeldne.

## 5 Referanser

- Aftenposten 2002: To døde av svensk ertesuppe. Reportasje 21/2-2002 om Clostridium perfringens forgiftning i Sverige.
- Berge, D. og P. Brettum 1999. Oppdaterende undersøkelse av Eikerenvassdraget 1997-1998. NIVA-rapport Lnr 4011-99, 85 sider.
- Berge, D., H. Efraimsen, L. Lien og Å. Bakketun 2000. Holsfjorden som ny vannkilde for Oslo: Oppdaterende undersøkelse av bakterier og vannkjemi i Holsfjorden., NIVA-rapport Lnr 4216-2000., 37 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.
- Drikkevannsforskriften 2002. FOR 2001-12-04 nr 1372: Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften).
- EUs drikkevannsdirektiv: Council directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. Brussels, 3 November 1998.
- Hem L. J. 2000: Langsiktig økning i fargetallet i Farris - årsaker og mulige tiltak. Rapport fra Aquateam - Norsk vannteknologisk senter A/S, Rapport nr 00-001, Prosjekt nr O-99093, 19 sider.
- Liltved, H., R. Wright og E. Gjessing 2001: Kartlegging av fargeøkning i norsk overflatevann og mulige årsaker. Vann nr 1 2001, side 70-77.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann., SFT-veiledning 97:04., 31 sider.
- Sosial- og Helsedepartementet 1995: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m., Sosial og Helsedep., Forskrift no 68, I-9/95.
- Tjomsland, T. og D. Berge 1999: Eikeren som ny drikkevannskilde for Vestfold: Mulig bakteriell påvirkning av VIVs planlagte drikkevannsinntak på 70 m dyp i sørenden av Eikeren., NIVA-rapport Lnr 4148-99., 35 sider.

## 6 Vedlegg - Primærdata

St.1 Utløp Bergsvatn

<1 satt =0 samt at der 37koli er mindre enn tkb er begge tall strøket

Dato	Farge filtre mg Pt/l	TOC mg O/l	Total Koli ant/100 ml	Term.koli ant/100ml	Kimtall 22 ant/ml	Clostrier ant/20ml	Clost. per. ant/20m l
08.05.01	35,0	5,1	3,00	0,00	280	2,00	2,00
28.05.01	34,0	4,5	0,00	0,00	150	2,00	2,00
12.06.01	33,0	5,2	0,00	0,00	320	0,00	0,00
26.06.01	31,0	3,3	0,00	0,00	110	0,00	0,00
11.07.01	30,0	6,2	19,00	12,00	220	1,00	
25.07.01	25,0	3,5	7,00	1,00	160	2,00	0,00
07.08.01	35,0	5,0	1,00	1,00	100	1,00	0,00
21.08.01	34,0	4,0	4,00	0,00	300	1,00	0,00
04.09.01	21,0	2,9	5,00	5,00	270	1,00	0,00
18.09.01	25,0	4,7	16,00	8,00	450	0,00	0,00
03.10.01	29,0	4,5	15,00	11,00	500	0,00	0,00
17.10.01		5,6			160	2,00	2,00
30.10.01	52,0	6,3	6,00	2,00	430	5,00	3,00
12.11.01	55,0	6,9	10,00	8,00	450	0,00	0,00
28.11.01	52,0	7,4	0,00	0,00	170	2,00	2,00
11.12.01	53,0	6,2	2,00	0,00		2,00	2,00
Median	34,0	5,1	4,0	1,0	270,0	1,0	0,0
Middel	36,3	5,1	5,87	3,20	271	1,31	0,87
90-perc	52,4	6,48	15,4	9,2	450	2	2

St.2 Hamneren&lt;1 satt =0 samt at der 37koli er mindre enn tkb er begge tall strøket

Dato	Farge filtrert mg Pt/l		TOC mg O/l		Total Koli ant/100 ml		Term.koli ant/100ml		Kimtall 22 ant/ml		Clostrier ant/20ml		Clost. per. ant/20m l	
	5 m	30 m	5 m	30 m	5 m	30 m	5 m	30m	5m	30m	5m	30m	5m	30m
08.05.01	18,0	22,0	3,5	3,4	1	13	0	0	170	190	1	1	0	0
28.05.01	15,0	13,0	3,1	2,7	0	0	0	0	10	40	0	0	0	0
12.06.01	14,0	12,0	3,5	2,8	1	0	1	0	60	40	0	0	0	0
26.06.01	14,0	13,0	2,5	2,1	6	2	0	0	30	30	0	0	0	0
11.07.01	13,0	13,0	3,3	8,4	5	0	3	0	10	40	0	0	0	0
25.07.01	11,0	12,0	2,5	2,1	3	0	0	0	20	10	0	0	0	0
07.08.01	11,0	11,0	3,5	3,0	18		5		90	30	0	0	0	0
21.08.01	11,0	11,0	2,5	2,2					210	50	0	0	0	0
04.09.01	10,0	11,0	2,4	2,7	6	0	2	0	90	10	0	0	0	0
18.09.01	12,0	13,0	3,3	3,6	6	2	3	2	120	60	0	0	0	0
03.10.01	13,0	11,0	3,1	2,9	27	3	7	3	450	160	0	0	0	0
17.10.01			3,1	2,8	4	4	0	0	140	30	1	0	1	0
30.10.01	12,0	15,0	3,5	3,5	8	7	0	0	80	90	0	0	0	0
12.11.01	11,0	13,0	3,6	3,6	0	3	0	1	60	50	0	0	0	0
28.11.01	13,0	13,0	3,3	3,1					20	40	0	0	0	0
11.12.01	13,0	15,0	3,7	3,1	2		0		100	200	0	0	0	0
Median	13,0	13,0	3,3	3,0	4,5	2,0	0,0	0,0	85,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Middel	12,7	13,2	3,2	3,3	6,2	2,6	1,5	0,5	104	67	0,13	0,06	0,06	0,00
90 perc	14,6	15	3,6	3,6	15	6,4	4,4	1,8	190	175	0,5	0	0	0

St.3 Hesthammer syd&lt;1 satt =0 samt at der 37koli er mindre enn tkb er begge tall strøket

Dato	Farge filtrert mg Pt/l		TOC mg O/l		Total Koli ant/100 ml		Term.koli ant/100ml		Kimtall 22 ant/ml		Clostrier ant/20ml		Clost. per. ant/20m l	
	5 m	60 m	5 m	60 m	5 m	60 m	5 m	60m	5m	60m	5m	60m	5m	60m
08.05.01	16,0	16,0	3,0	2,8	0	0	0	0	110	100	0	0	0	0
28.05.01	14,0	13,0	3,0	2,7	0	0	0	0	30	10	0	0	0	0
12.06.01	13,0	13,0	3,2	3,2	1	1	1	1	60	40	0	0	0	0
26.06.01	12,0	11,0	2,2	2,1	0	0	0	0	60	10	0	0	0	0
11.07.01	12,0	12,0	3,7	3,8	3	0	1	0	60	20	1	1	0	0
25.07.01	38,0	11,0	2,1	1,8	3	0	0	0	30	10	0	0	0	0
07.08.01	19,0	11,0	3,0	2,8					200	10	0	0	0	0
21.08.01	10,0	11,0	2,5	2,3	0		0		70	10	0	0	0	0
04.09.01	21,0	10,0	2,9	2,3	5	1	5	1	270	60	1	0	0	0
18.09.01	25,0	11,0	4,7	3,2	16	3	8	1	450	30	0	0	0	0
03.10.01	10,0	13,0	3,0	4,6	10	0	3	0	230	10	0	0	0	0
17.10.01			2,9	2,4	9	0	2	0	130	10	1	0	1	0
30.10.01	13,0	12,0	3,3	2,9	3	1	0	0	120	90	1	1	0	1
12.11.01	13,0	12,0	3,0	3,3					50	80	0	0	0	0
28.11.01	12,0	13,0	2,8	2,9					100	40	0	0	0	0
11.12.01	13	14	2,7	2,8	1	0	0	0	130	70	0	0	0	0
Median	13,0	12,0	3,0	2,8	3,0	0,0	0,0	0,0	105,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Middel	16,1	12,2	3,0	2,9	3,9	0,5	1,5	0,2	131,3	37,5	0,25	0,13	0,06	0,06
90-perc	23,4	13,6	3,5	3,55	9,8	1	4,6	1	250	85	1	0,5	0	0



St.4 Torrud&lt;1 satt =0 samt at der 37koli er mindre enn tkb er begge tall strøket

Dato	Farge filtrert mg Pt/l			TOC mg O/l			Total Koli ant/100 ml			Term.koli ant/100ml			Kimtall 22 ant/ml			Clostrier ant/20ml			Clost. per. ant/20m l		
	5 m	60 m	100m	5 m	60 m	100m	5 m	60 m	100m	5 m	60m	100m	5m	60m	100m	5m	60m	100m	5m	60m	100m
08.05.01	13,0	12,0	13,0	3,0	2,6	2,6	0	0		0	0		50	90	90	0	0	0	0	0	0
28.05.01	13,0	13,0	13,0	2,5	2,5	2,7	0	0	0	0	0	0	60	10	50	0	0	0	0	0	0
12.06.01	13,0	13,0	13,0	3,0	3,0	3,9	1	0	0	0	0	0	50	10	30	0	0	0	0	0	0
26.06.01	11,0	11,0	11,0	2,1	2,0	1,8	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0
11.07.01	12,0	13,0	12,0	3,1	2,3	2,5	4	0	0	2	0	0	40		30	0	0	0	0	0	0
25.07.01	11,0	11,0	11,0	1,6	1,6	1,9	2	1	1	1	0	0	30	10	10	0	0	0	0	0	0
07.08.01	10,0	11,0	11,0	2,9	3,2	3,1		0	0		0	0	60	10	10	0	0	0	0	0	0
21.08.01	10,0	11,0	11,0	2,1	2,2	2,4	0	0	0	0	0	0	60	30	10	0	0	0	0	0	0
04.09.01	10	12	14	2,2	2,5	2,2	1	0	0	1	0	0	70	10	10	0	0	0	0	0	0
18.09.01	18,0	15,0	14,0	3,3	3,0	3,5	0	0	0	0	0	0	100	30	130	0	0	0	0	0	0
03.10.01	10,0	10,0	11,0	2,6	3,3	3,2	5	0	1	4	0	0	140	10	10	0	0	0	0	0	0
17.10.01				2,6	2,4	2,8	1	0	0	0	0	0	60	20	10	0	0	0	0	0	0
30.10.01	13,0	11,0	11,0	3,3	3,2	3,0	1	0	0	0	0	0	50	10	13	1	0	0	0	0	0
12.11.01	12,0	12,0	11,0	3,2	3,3	2,8	0	0	0	0	0	0	50	10	10	0	0	0	0	0	0
28.11.01	12,0	11,0	12,0	3,8	2,9	3,0	0		0	0		0	50	20	20	0	0	0	0	0	0
11.12.01	12,0	12,0	12,0	2,9	2,7	2,8			0			0	40	40	30	0	0	0	0	0	0
Median	12,0	12,0	12,0	2,9	2,7	2,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	10,0	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Middel	12,0	11,9	12,0	2,8	2,7	2,8	1,1	0,1	0,1	0,6	0,00	0,00	57	23	29	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
90-perc	13	13	13,6	3,3	3,25	3,35	3,4	0	0,6	1,7	0	0	85	36	70	0	0	0	0	0	0

St.5 Tryterud nord&lt;1 satt =0 samt at der 37koli er mindre enn tkb er begge tall strøket

Dato	Farge filtrert mg Pt/l			TOC mg O/l			Total Koli ant/100 ml			Term.koli ant/100ml			Kimtall 22 ant/ml			Clostrier ant/20ml			Clost. per. ant/20m l		
	5 m	60 m	100m	5 m	60 m	100m	5 m	60 m	100m	5 m	60m	100m	5m	60m	100m	5m	60m	100m	5m	60m	100m
08.05.01	15,0	17,0	16,0	2,5	2,7	3,0	0	1	0	0	0	0	130	120	130	0	0	0	0	0	0
28.05.01	14,0	13,0	13,0	3,0	3,0	3,0	0	0	1	0	0	0	40	10	10	0	0	0	0	0	0
12.06.01	12,0	13,0	12,0	3,5	2,7	3,0	0	0	0	0	0	0	60	20	30	0	0	0	0	0	0
26.06.01	12,0	11,0	12,0	2,1	2,2	2,0	0	0	1	0	0	1	0	10	60	0	0	0	0	0	0
11.07.01	12,0	13,0	12,0	2,6	6,9	2,6	0	0	0	0	0	0	10	30	20	0	0	0	0	0	0
25.07.01	10,0	12,0	11,0	1,7	1,6	1,7		1	4		0	3	10	40	10	0	0	0	0	0	0
07.08.01	10,0	10,0	10,0	3,3	3,2	3,2	3	1	1	2	0	0	20	10	10	0	0	0	0	0	0
21.08.01	10,0	11,0	11,0	2,4	2,2	2,3	0	0	0	0	0	1	90	30	20	0	0	0	0	0	0
04.09.01	10,0	13,0	12,0	2,1	3,2	2,7	0	0	0	0	0	0	110	130	20	0	0	0	0	0	0
18.09.01	11,0	13,0	15,0	3,0	3,0	2,8	2	0	0	0	1	0	80	30	10	0	0	0	0	0	0
03.10.01	10,0	11,0	10,0	2,7	2,8	2,4	3	0	0	1	0	0	70	20	10	0	0	0	0	0	0
17.10.01				3,0	2,6	2,3	2	0	0	0	0	0	40	20	10	0	0	0	0	0	0
30.10.01	12,0	11,0	12,0	3,2	4,1	3,6	1	0	0	0	0	0	30	70	10	0	0	0	0	0	0
12.11.01	11,0	11,0	10,0	3,0	3,1	2,8	0	0	0	0	0	0	30	50	20	0	0	0	0	0	0
28.11.01	12,0	11,0	11,0	3,0	3,3	3,0	0	0	0	0	0	0	30	10	10	0	0	0	0	0	0
11.12.01	12,0	12,0	12,0	2,4	2,7	2,5	0	0	0	0	1	0	20	20	450	0	0	0	0	0	0
Median	12,0	12,0	12,0	2,9	2,9	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	25,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Middel	11,5	12,1	11,9	2,7	3,1	2,7	0,7	0,2	0,4	0,2	0,1	0,3	48	39	52	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
90-perc	13,2	13	14,2	3,3	3,7	3,1	2,6	1	1	0,6	0,5	1	100	95	95	0	0	0	0	0	0