

# Vurdering av metoder for overvåkning av hygienisk badevannskvalitet

Av *Ingun Tryland, Henrik Braathen, Anna-Lena Beschorner og Tone Muthanna*

*Ingun Tryland og Tone Muthanna* er forskere på NIVA, *Henrik Braathen* er laboratoriesjef på Colifast AS og *Anna-Lena Beschorner* er overingeniør i Vann- og avløpsetaten, Oslo kommune.

Deler av denne artikkelen ble presentert på seminar i Norsk vannforening 05.10.2011.

## Summary

**Monitoring of hygienic bathing water quality.** Colifast at-line-monitor (CALM) was used for daily measurements of faecal coliforms (FC) in the river Akerselva at Myraløkka during the 2011 bathing season. The locality is not a bathing place today, but is considered to be such in the future. The purpose was to investigate the variation in the micro-biological water quality. The summer 2011 was very wet, with many days of heavy rain and sewage overflows into the river. Heavy rain caused poor bathing water quality on the same day, but already the following day the water quality was acceptable. The general advice against bathing during/after heavy rain is therefore a useful measure to reduce the health risk for the bathers. In contrast to the frequent monitoring by the CALM system,

the routine monitoring of the water quality with laboratory methods did not detect the variations in the water quality. Sampling was performed every Wednesday, and occasionally there were no or only small amounts of rain every Tuesday-Wednesday in June and July. FC is often used for monitoring the bathing water quality in Norway according to the Norwegian bathing water guidelines, while specific ISO-methods for *E. coli* and intestinal enterococci are reference methods in the European bathing water directive. The different methods are tested and discussed in the paper.

## Sammendrag

Colifast at-line-monitor (CALM) ble benyttet for daglige målinger av termotolerante koliforme bakterier (TKB) i Akerselva ved Myraløkka i badesesongen 2011. Lokaliteten er ikke bade plass i dag, men vurderes å bli det i fremtiden. Hensikten var å undersøke variasjonen i den hygieniske vannkvaliteten. Det var man-

ge kraftige nedbørsepisoder sommeren 2011, og spesielt 3 overløp til Akerselva oppstrøms Myraløkka slapp ut betydelige mengder forfynnet kloakk. Kraftig nedbør førte til dårlig badevannskvalitet samme dag, men allerede døgnet etter var vannkvaliteten akseptabel. Ukentlig rutineovervåkning av TKB i Akerselva fanget ikke opp variasjonene i vannkvaliteten. TKB brukes ofte ved overvåkning av badevannskvalitet i Norge i henhold til de norske badevannsnormene, mens bestemte ISO-metoder for *Escherichia coli* og intestinale enterokokker skal brukes i henhold til EUs badevannsdirektiv. De ulike metodene ble testet og sammenlignet og to av metodene i EU-direktivet ble funnet lite egnet for overvåkning av badevannskvalitet.

## Innledning

I flere norske byer, deriblant Oslo, er man i ferd med å gjøre om tidligere industriområder til bo- og rekreasjonsområder, og det er et mål å oppnå «badevannskvalitet» ved det som kan bli fremtidige badeplasser langs fjorden og i elver. Utbedringer på avløpssystemene har de siste årene forbedret den hygieniske vannkvaliteten i Oslos indre havn og i flere av tilløpselvene, men overløp av kloakk i forbindelse med kraftig nedbør fører fortsatt til periodevis dårlig vannkvalitet. Hyppigere episoder med kraftig nedbør, som følge av klimaendringer, vil øke frekvensen av kloakkoverløp, som igjen vil sette ytterligere press på badevannskvaliteten hvis ikke avbøtende tiltak settes i verk. For å kunne prioritere de mest kostnadseffektive tiltakene er

det behov for mer kunnskap om hvordan ulike kloakkutslipp påvirker de ulike «badeplassene».

Badevannskvaliteten overvåkes typisk ukentlig eller månedlig i badesesongen ved at det tas en stikkprøve. Analyse-resultatet blir klart 1-2 dager etter prøvetakingen og sier noe om hvordan badevannskvaliteten var på tidspunktet da prøven ble tatt. Ved badeplasser som er utsatt for periodevis kloakkutslipp (overløp eller lekkasjer), kan vannkvaliteten forverres betydelig uten at dette fanges opp av den ukentlige overvåkingen. Oslo kommune v/Vann- og avløps-etaten (VAV) har valgt å installere en online bakteriemåler (CALM fra Colifast) ved Myraløkka i bydel Sagene. Dette er ikke badeplass i dag, men det er ønske om at det kan bli det i fremtiden. I tillegg til at daglige målinger vil være en forbedring med hensyn på å gi publikum oppdatert informasjon om vannkvaliteten, vil det samtidig gi mer informasjon om variasjonene i fekal forurensning.

For å angi om vannet er egnet for bading, og vurdere om man har lykket med tiltak, er det behov for kriterier som definerer hva som er god nok badevannskvalitet. I Norge har vi «Kvalitetsnormer for friluftsbad» (FHI, 1994). Normene omfatter både mikrobiologiske og fysisk-kjemiske parametere. Maksimalverdier er satt for termotolerante koliforme bakterier (TKB) og fekale streptokokker/intestinale enterokokker (FS) for å unngå at det etableres badeplasser på steder som er utsatt for store mengder fekal forurensning. I henhold til de norske normene er vannet ikke akseptabelt for

bading dersom innholdet av TKB eller FS er > 1000/100 ml i mer enn 10 % av prøvene. Ved anleggelse av nye badeplaser anbefales det at forekomsten av TKB og FS er < 100/100 ml i minst 90 % av prøvene.

På samme måte som i de norske badevannsnormene, er regelverket i EUs badevannsdirektiv basert på at badevannets kvalitet må bedømmes på bakgrunn av den målte vannkvaliteten over flere år (EC, 2006). Man skal altså ikke basere seg på resultatet fra en enkelprøve. EUs direktiv angir ulike grenseverdier for ferskvann og sjøvann (Tabell 1A og 1B). Grenseverdien for «tilstrekkelig» er basert på at 90 % av prøvene må være under denne verdien, og denne er derfor satt lavere enn grenseverdien for «god» som er basert på at 95 % av prøvene ikke skal overskride grenseverdien. Dersom

kriteriene for tilstrekkelig kvalitet blir overskredet, karakteriseres badevannskvaliteten som dårlig. Grenseverdiene i EU-direktivet er basert på at det benyttes bestemte ISO-metoder for analysering (Tabell 1A og 1B).

Maksimalverdiene i EU-direktivet er noe strengere enn i de norske normene, spesielt for intestinale enterokokker i sjøvann. Få norske kommuner analyserer badevannet rutinemessig for intestinale enterokokker. Oslo kommune gjennomførte i 2007 en undersøkelse der badevannsprøvene ble analysert for både TKB, *E. coli* og intestinale enterokokker (Høysæter mfl. 2008). Prøvene ble vurdert ut fra kriteriene i EUs direktiv (der grenseverdien for TKB ble satt lik den for *E. coli*, og badevannskvaliteten ble kategorisert som dårlig/uegnet ved overskridelse av grenseverdien for «god»).

Parameter	Utmerket	God	Tilstrekkelig	Referansemetode for analyse
Intestinale enterokokker (cfu/100ml)	200*	400*	330**	ISO 7899-1 eller ISO 7899-2
<i>Escherichia coli</i> (cfu/100 ml)	500*	1000*	900**	ISO 9308-3 eller ISO 9308-1

Tabell 1A. EUs grenseverdier for ferskvann.

Parameter	Utmerket	God	Tilstrekkelig	Referansemetode for analyse
Intestinale enterokokker (cfu/100ml)	100*	200*	185**	ISO 7899-1 eller ISO 7899-2
<i>Escherichia coli</i> (cfu/100 ml)	250*	500*	500**	ISO 9308-3 eller ISO 9308-1

\*Basert på vurdering av 95-persentil

\*\*Basert på vurdering av 90-persentil

Tabell 1B. EUs grenseverdier for sjøvann og brakkvann.

De fant at ingen vannprøver viste kategori «dårlig/uegnet» med hensyn på intestinale enterokokker hvis de ikke samtidig var «dårlig/uegnet» med hensyn på TKB/*E. coli*.

De fleste norske kommuner bruker fremdeles målinger av TKB (med metoden beskrevet i NS 4792) ved overvåkning av badevannskvaliteten. Noen kategoriserer vannets kvalitet ut fra grenseverdiene i de norske normene, mens mange har gått over til å kategorisere i henhold til grenseverdiene for *E. coli* i EU-direktivet. Noen kommuner, deriblant Trondheim kommune, analyserer badevannsprøvene for *E. coli* ved bruk av Colilert-metoden. Så langt vi kjenner til er det ingen norske kommuner som benytter ISO-metodene oppgitt i EU-direktivet for analyse av *E. coli* i badevann.

Ulike analysemetoder kan gi ulike analyseresultater. Analyseprinsippet i CALM-metoden er noe forskjellig fra laboratoriemetoden som normalt brukes for å bestemme TKB (NS 4792), som igjen avviker fra metodene i EU-direktivet.

I denne artikkelen vises resultater fra overvåkningen av TKB ved Myraløkka sommeren 2011, med CALM metoden og laboratoriemetoder. Noen tilleggsprøver av ferskvann og sjøvann er også analysert for å prøve ut metodene angitt i EUs badevannsdirektiv og sammenligne dem med TKB-metoden og Colilert-metoden som brukes ved badevannsovervåkning i Norge i dag. Målet med undersøkelsen var å teste ulike metoder for å overvåke hygienisk vannkvalitet, samt å samle mer informasjon om hvor-

dan den hygieniske vannkvaliteten varierer, blant annet som følge av værforholdene, og hvorvidt ukentlige «stikkprøver» gjenspeiler den reelle vannkvaliteten. Arbeidet ble utført som en del av forprosjektet «Overvåkning og modellering av badevannskvalitet (i Osloområdet)», delfinansiert av Regionale Forskningsfond Hovedstaden.

## Kort beskrivelse av de ulike analysemetodene

### Standardmetode for analyse av TKB

NS 4792 (1990) er basert på membranfiltrering. Filteret plasseres på skåler med selektivt m-FC medium som inkuberes ved  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  i 18-24 timer. Alle blå og blågrønne kolonier telles. Disse koloniene har dannet syre fra laktose og defineres som TKB. Resultatet oppgis som antall kolonidannende enheter (cfu per 100 ml). *E. coli* er vanligvis den TKB som forekommer i størst mengde i avføring fra mennesker. I vann som har mottatt fersk fekal forurensning vil hovedparten av TKB ofte være *E. coli*. Fordi *E. coli* normalt ikke er i stand til å vokse i miljøet, regnes den som en sikker indikator på fekal forurensning. Andre TKB, som enkelte *Enterobacter*- og *Klebsiella* arter, kan vokse i miljøet. TKB regnes derfor ikke som en sikker indikator på fekal forurensning, og er i hygiene-overvåkning ofte erstattet med *E. coli*. I NS 4792 er det beskrevet metode for å konfirmere om de påviste TKB virkelig er *E. coli*. Dette er forholdsvis tungvint og gjøres normalt ikke i Norge ved rutineovervåkning av badevannskvalitet. m-FC mediet inneholder dessuten betydelige mengder

gallesalter og rosolsyre, som kombinert med høy inkubasjonstemperatur (44,5 °) kan virke hemmende for oppvekst av «stressede» *E. coli*. Metoden skal derfor ikke brukes for påvisning av *E. coli* i behandlet drikkevann.

### **CALM for påvisning av TKB**

Påvisning av TKB med CALM-metoden er basert på vekst ved 44 °C i flytende spesifikt vekstmedium og automatisk måling av fluorescensutvikling forårsaket av enzymet  $\beta$ -D-galactosidase (Braathen 2011). Ved overvåkingen på Myraløkka tok instrumentet automatisk daglige vannprøver. Et forhåndsdefinert prøvolum ble fordelt på 5 prøvebønner tilsett vekstmediet. Basert på antall fluorescerende brønner, målt etter 9 og 11,5 timer, ble nivået av TKB beregnet basert på statistisk metode (Most probable number, MPN per 100 ml). Følgende nivå ble benyttet (angitt som TKB per 100 ml): <370 og 370 (angir utmerket badevannskvalitet), 860 (angir god/akseptabel badevannskvalitet), 2980 og 5960 (angir dårlig badevannskvalitet).

### **Colilert-metoden**

#### **for påvisning av *E. coli***

Colilert-metoden er basert på at 100 ml vannprøve, eller fortynt vannprøve, blandes med selektivt vekstmedium, som så helles på brett med 49 eller 97 brønner. Brettet forsegles og inkuberes ved 37 °C. Etter 18-24 timer telles antall gule brønner og antall fluorescerende brønner. Gulfargen er forårsaket av enzymet  $\beta$ -D-galactosidase som finnes i koliforme bakterier, mens fluorescensen

er forårsaket av enzymet  $\beta$ -D-glucuronidase fra *E. coli*. Antall *E. coli* beregnes ut fra antall brønner som er gule og fluorescerende og oppgis som MPN per 100 ml. For analyse av sjøvann kan det være nødvendig å fortynne sjøvannet 1:20 med ferskvann for å unngå interferens fra falske positive bakterier (Pisciotta mfl. 2002).

### **Metodene i EUs badevannsdirektiv**

ISO 9308-1 (2000) for analyse av *E. coli* og ISO 7899-2 (2000) for analyse av intestinale enterokokker er membranfiltreringsmetoder som er mye brukt på norske laboratorier, for dette er referansemetodene som brukes for analyse av drikkevann. Disse metodene er også oppgitt som referansemetoder i EUs badevannsdirektiv. Det er en vanlig oppfatning på norske laboratorier at ISO 9308-1 er «nærmest ubrukelig» for analyse av *E. coli* i forurenset overflatevann (deriblant badevann) fordi arbeidet med å konfirmere *E. coli* er for tidkrevende og for enkelte prøver umulig. Denne metoden ble derfor ikke tatt med videre i vår uttesting. ISO 7899-2 for analyse av intestinale enterokokker, er derimot pålitelig også for forurenset overflatevann. Metoden er basert på at membranfilteret plasseres på skål med selektivt medium som inneholder 2,3,5-trifenyltetrazoliumklorid, et fargestoff som endrer farge fra fargeløst til rødt gjennom reduksjon til formazan ved hjelp av intestinale enterokokker. Skålene inkuberes ved  $36\pm 2$  °C i  $44\pm 4$  timer. Membranfilteret flyttes så over til skål med galle-esculinazid-agar, inkuberes ytterligere 2 timer ved 44 °C,

for å konfirmere at de røde koloniene også har evnen til å hydrolysere esculin. Dette observeres ved at det dannes en mørkebrun/svart farge i og rundt kolonien.

ISO 7899-1 (1998) for analyse av intestinale enterokokker og ISO 9308-3 (1998) for analyse av *E. coli* er også oppgitt som referansemeter i EUs badevannsdirektiv. Disse metodene er basert på inokulasjon i flytende medium på mikrotiterplater. Mikrotiterplater med dehydrert medium spesifikt for *E. coli* (MUG/EC-medium) og intestinale enterokokker (MUD/SF-medium) kan kjøpes ferdig. Fortynnet vannprøve tilsettes mikrotiterplatene som så inkuberes ved  $44\pm 0.5$  °C i 36-72 timer. Etter endt inkubasjonstid registreres antall fluorescerende brønner. Påvisning av fluorescens i MUG/EC-mediet er forårsaket av enzymet  $\beta$ -D-glucuronidase fra *E. coli*, mens fluorescens i MUD/SF-mediet er forårsaket av enzymet  $\beta$ -glucosidase fra intestinale enterokokker. Ved hjelp av statistisk metode beregnes konsentrasjonen av bakterier som MPN per 100 ml.

## Overvåking av hygienisk vannkvalitet i Akerselva ved Myraløkka

Daglig overvåking av TKB med CALM-metoden viste at vannkvaliteten ved Myraløkka var sterkt påvirket av mengde nedbør før prøvetakning (Figur 1). Første prøve ble tatt midt på dagen 31. mai, etter kraftig nedbør på formiddagen. Både CALM-metoden og referansemeterne viste dårlig badevannskvalitet (Figur 1 og Tabell 2). De neste dagene

var det finvær og allerede ved prøvetakningen neste dag (1. juni) var badevannskvaliteten akseptabel, og den var ytterligere forbedret 2. juni.

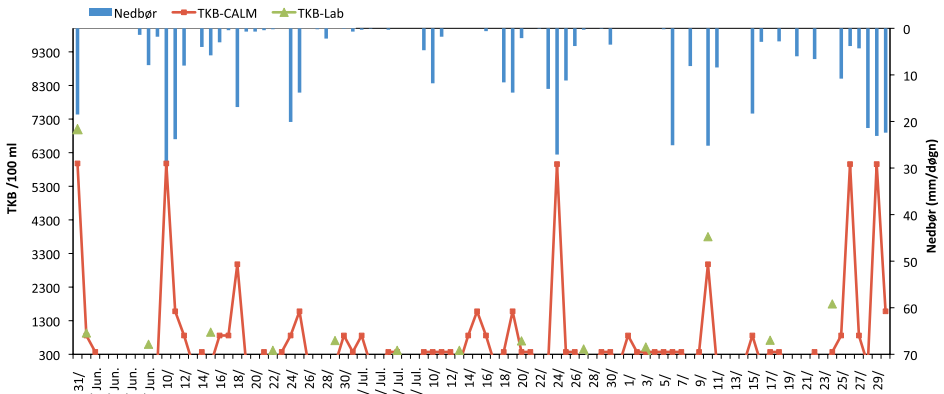
Sommeren 2011 var usedvanlig våt, og stort sett ble kraftige nedbørshendelser etterfulgt av høye TKB-verdier målt med CALM. Ideelt burde prøvfrekvensen vært enda hyppigere for å få frem variasjonene i vannkvaliteten. Det er mulig å analysere opptil 5 prøver i døgnet med CALM, men dette ble ikke gjort sommeren 2011. Likevel, selv én prøve i døgnet illustrerte hvordan vannkvaliteten i elva forverres raskt ved mye nedbør, men fort blir «akseptabel» igjen ved finvær. For elver, som har kort oppholdstid og tilført forurensning passerer raskt forbi, er derfor generell anbefaling om at bading frarådes ved kraftig regn og dagen etter, et godt tiltak for å hindre at folk bader i sterkt kloakkpåvirket vann.

Oslo VAV tok vannprøver ved Myraløkka hver onsdag, som ble analysert for TKB på laboratoriet. Som illustrert i Figur 1, viste alle laboratorieprøvene som ble analysert i juni og juli < 1000 TKB/100 ml. Dette skyldes at det tilfeldigvis var lite nedbør før prøvene ble tatt hver onsdag. Laboratorieanalysene gjenspeilte derfor ikke den reelle vannkvaliteten i juni og juli. Det var spesielt 5 kraftige nedbørshendelser i juni-juli, der CALM med sin daglige prøvetakning fanget opp den forverrede vannkvaliteten.

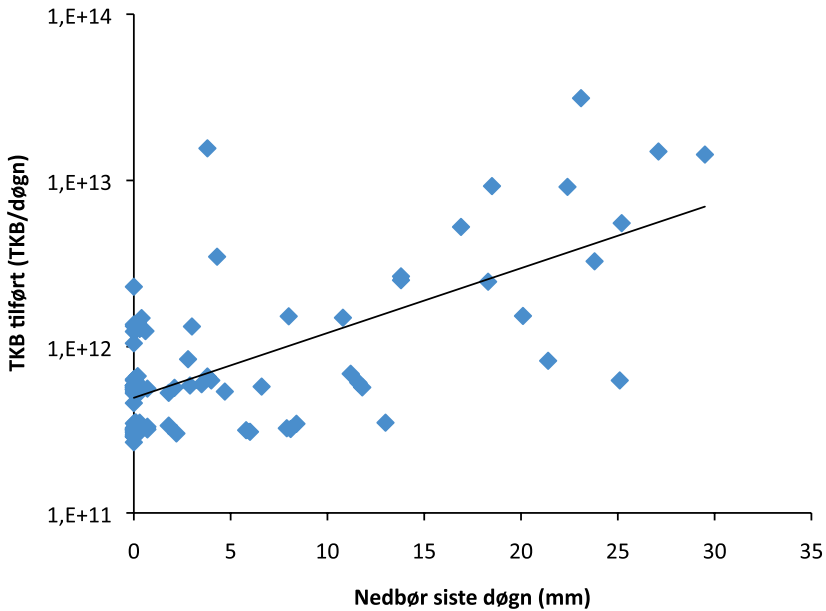
Vannføringen i Akerselva er regulert. Den varierte fra  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ - $3,4 \text{ m}^3/\text{s}$  i perioden 31. mai-26. august, økte så gradvis i slutten av august og var i størrelsesorden  $25 \text{ m}^3/\text{s}$  i september på grunn av den

nedbørrike sommeren. CALM-resultatene fra september er ikke tatt med i figur 1, men alle prøvene viste  $\leq 860$

TKB/100 ml på grunn av stor fortynning ved den høye vannføringen.



Figur 1. Antall TKB pr 100 ml målt i Akerselva ved Myraløkka, daglige resultater fra CALM og ukentlige resultater fra lab-metode, samt nedbør målt på Blindern døgnet for prøvene ble tatt i perioden 31. mai – 31. august 2011.



Figur 2. Beregnet antall TKB tilført fjorden via Akerselva fra kilder oppstrøms Myraløkka plottet mot nedbør siste døgn.

## Beregning av tilførsler av tarmbakterier til fjorden

Basert på målte konsentrasjoner av TKB i Akerselva multiplisert med vannføring, kan tilførselen av TKB fra kilder oppstrøms målepunktet beregnes. Dette gir «øyeblikksverdier» fra tidspunktet akkurat da prøven ble tatt (Figur 2). Innen et og samme døgn vil tilførselen variere betydelig, men grovt forenklet kan vi anslå at denne verdien representerer tilførselen dette døgnet. Slike beregninger viste at på nedbørrike dager fører Akerselva med seg opptil  $2 \times 10^{13}$  TKB/døgn fra kilder oppstrøms Myraløkka. Dette tilsvarer døgnproduksjonen av kloakk fra ca. 2000 mennesker. Tilsvarende tall i finvær var ca  $3 \times 10^{11}$  TKB/døgn som tilsvarer kloakk fra ca. 30 personer. En del av de målte tarmbakteriene vil til en hver tid stamme fra avføring fra dyr og fugler, og ikke fra kloakk. Store mengder kloakk tilføres Akerselva fra overløp nedstrøms Myraløkka, men kvantifisering av dette var ikke en del av forprosjektet.

Beregningene overfor illustrerer viktigheten av å ta hensyn til værforholdene når tilførselen av forurensninger til fjorden skal beregnes. En stor del av den totale forurensningen tilføres ved/etter kraftig nedbør, og dette må tas hensyn til ved utforming av prøvetakningsprogrammer.

## Sammenligning av resultater oppnådd med de ulike analysemetodene

Det må understrekes at det er gjort for få analyser til å gjøre en statistisk signifikant sammenligning av de ulike meto-

dene. Resultater fra bakterielle analyser har ofte stort standardavvik, spesielt fra prøver med få bakterier, på grunn av ujevn fordeling av bakterier i vann. Et mål med arbeidet var likevel å få noe praktisk erfaring med metodene i EUs badevannsdirektiv for å få et inntrykk av hvordan disse metodene er egnet for badevannsovervåkning, med hensyn på arbeidsmengde og analyseresultat, sammenlignet med metodene som brukes ved badevannsovervåkning i Norge i dag.

Generelt viste CALM bra samsvar med laboratoriemetoden for TKB ved høy grad av fekal forurensning, men noe for lave tall ved lav forurensning (Figur 1 og Tabell 2). Fordelen med CALM er at prøvetakning og analysering er automatisert, slik at det er enklere og billigere å ta hyppige prøver, samt at resultatet er klart etter 12 timer.

Antall *E. coli* målt med Colilert-metoden og MUG/EC-metoden (ISO 9308-3) var omtrent like i ferskvann, mens Colilert-tallene i snitt var noe lavere i sjøvann (Tabell 2 og Tabell 3). Fordelen med Colilert-metoden er at den kan leses av etter 18 timer, mens MUG/EC-metoden skal leses av tidligst etter 36 timer. Begge metodene er relativt enkle å utføre.

Antall TKB (NS 4792) var i snitt ikke forskjellig fra antall *E. coli* i ferskvannsprøvene (Tabell 2 og Tabell 3). Dette støtter tidligere observasjoner (NIVA, upublisert) og indikerer at for badevannsovervåkning i ferskvann kan det



være akseptabelt å bruke TKB som et surrogat for *E. coli*. I noen av sjøvannsprøvene var derimot TKB-tallene vesentlig høyere enn *E. coli*-tallene (Tabell 4). Ved lokaliteten Bjørvika, som muli-

gens vil bli badeplass i fremtiden, ble det for eksempel påvist >500 TKB/100 ml, mens resultatene fra påvisning av *E. coli* og intestinale enterokokker indikerte utmerket badevannskvalitet denne dagen.

Dato	Nedbør siste 24h (mm)	TKB CALM MPN/100ml	TKB NS 4792 cfu/100ml	<i>E. coli</i> Colilert MPN/100ml	<i>E. coli</i> MUG/EC ISO 9308-3 MPN/100ml	Int. ent MF ISO 7899-2 cfu/100 ml	Int. ent MUD/SF ISO 7899-1 MPN/100ml
31.05.	18.5	>5980	>5000	2380	3693	1400	176
01.06.	0	860	935	794	697	130	15
02.06.	0	370					
15.06.	5.8	<370	555	488	981	157	53
22.06.	0.2	<370	390	265	613	175	21
29.06.	0	<370	450	537	504	250	21
17.08.	0	370	600	789	780	70	32
24.08.	0	370	925	860	736	175	
15.09.	0	370	200	317	302	40	21

Tabell 2. Hygienisk vannkvalitet målt med ulike analysemetoder. Resultater fra Akerselva ved Myraløkka.

Det ble generelt påvist færre intestinale enterokokker med metoden basert på inokulasjon i MUD/SF-medium/mikrotiterplate (ISO 7899-1) enn med metoden basert på membranfiltrering (ISO 7899-2), spesielt i ferskvann (Tabell 2). Metoden basert på membranfiltrering er derfor å anbefale. Ingen av vannprøvene hadde «dårlig» vannkvalitet med hensyn på intestinale enterokokker, hvis de ikke samtidig hadde dårlig vannkvalitet med hensyn på TKB og *E. coli*. Dette er i overenstemmelse med resultatene fra Høysæter m.fl.(2008) og støtter konklusjonen om at utelatelse av analyse

for intestinale enterokokker ved rutineovervåkingen (i Oslo) ikke har så stor betydning for klassifiseringen av badevannskvaliteten, som skal baseres på parameteren som kommer «dårligst ut». Det må bemerkes at ved andre lokaliteter kan forholdet mellom *E. coli* og intestinale enterokokker være en annen. Intestinale enterokokker overlever normalt lenger i vann enn *E. coli*, spesielt i sjøvann. I sjøvann er det dessuten funnet en bedre korrelasjon mellom intestinale enterokokker og forekomst av sykdom etter bading enn mellom *E. coli* og forekomst av sykdom (Krogh, 2011; WHO, 2003).

Lokalitet F=ferskvann S=sjøvann	TKB NS 4792 cfu/100ml	<i>E. coli</i> Colilert MPN/100ml	<i>E. coli</i> MUG/EC ISO 9308-3 MPN/100ml	Int. ent MF ISO 7899-2 cfu/100 ml	Int. ent MUD/SF ISO 7899-1 MPN/100ml
Myraløkka - F	925	860	736	175	
Hølaløkka - F	1025	512	714	180	
Groruddammen - F	775	583	758	140	
Cuba øst - F	1090	1050	875	240	
Kulvert Akerselva - F	11500	9804	> 4500	1170	
Nybrua Vest - F	2425	1918	1925	410	
Holmendammen - F	3540	5794	3871	410	
Myrerbekken - F	23500	>24000	> 4500	3250	
Hovedøya øst - S	875	97	316	25	21
Tjuvholmen - S	595	96	170	30	<10
Bjørvika - S	590	98	170	15	<10
Frognerkilen - S	225	81	158	30	32
Fiskevollbukta - S	260	288	146	110	21
Ulvøysund - S	50	20	43	10	10
Bygdøy sjøbad - S	95	10	21	25	21
Huk - S	5	<10	<10	10	<10
Aker brygge - S	210	86	87	5	10
Sollerudstranda - S	315	176	158	45	21
Skipsløpet - S	95	52	274	20	
Sørenga - S	160	31	32	10	
Bleikøya - S	80	41	10	<5	

Tabell 3. Hygienisk vannkvalitet målt med ulike analysemetoder. Prøver fra alle lokaliteter ble tatt 24. august.

## Konklusjoner og videre arbeid

ISO-metodene som er oppgitt som referansemeter i EUs badevannsdirektiv for å analysere *E. coli* og intestinale

enterokokker er lite brukt for å overvåke badevannskvalitet i Norge. For *E. coli* er vår vurdering at metoden basert på

MUG/EC/mikrotiterplate (ISO 9308-3) er en grei metode, mens membranfiltreringsmetoden (ISO 9308-1) er lite egnet på grunn av vansker med konfirmering av *E. coli*. For intestinale enterokokker ble det påvist høyere bakterietall ved bruk av metoden basert på membranfiltrering (ISO-7899-2) enn ved metoden basert på MUD/SF/mikrotiterplate (ISO 7899-1), og membranfiltreringsmetoden vurderes som mest egnet.

Noen norske kommuner bruker Colilert-metoden for bestemmelse av *E. coli* i badevannsprøver og mange kommuner overvåker TKB i stedet for *E. coli*. Dette er enkle metoder som effektivt vil fange opp dersom badevannet er utsatt for store mengder fekal forurensning. For ferskvann ble det funnet bra samsvar mellom TKB (NS 4792) og *E. coli* målt med Colilert-metoden og MUG/EC-metoden (ISO 9308-3). I sjøvann var det mindre samsvar mellom TKB målt med NS 4792 og *E. coli* målt med de to ulike metodene. Det kan skyldes at sjøvannsprøvene inneholdt flere TKB som ikke var *E. coli* og/eller at en ulik andel «stressede» *E. coli* eller falske positive/negative bakterier ble påvist med de ulike metodene. Mer arbeid vil bli utført for å undersøke dette nærmere siden valg av analyseparameter (TKB eller *E. coli*), analysemetode (Colilert eller MUG/EC) og vurderingskriterier (norske normer eller EUs badevannsdirektiv) kan påvirke hvorvidt en fremtidig bade plass karakteriseres som uegnet eller egnet.

Været og andre forhold under prøvetakningen vil dessuten påvirke vannkvaliteten, spesielt i elver der kloakk går i

overløp ved mye nedbør. Daglig overvåkning av TKB med CALM-metoden viste at vannkvaliteten i Akerselva ved Myraløkka var sterkt påvirket av mengde nedbør før prøvetakning. Sommeren 2011 hadde mange kraftige nedbørsepisoder, og spesielt 3 overløp til Akerselva oppstrøms Myraløkka slapp ut betydelige mengder fortynnet kloakk.

Hypptig og automatisert overvåkning av TKB i tilløpselver, kombinert med informasjon om vannføring, kan gi nyttig informasjon om mengden fekal forurensning som tilføres en vannkilde, og hvordan denne tilførselen varierer med værforhold etc. Tarmbakterier og mulige sykdomsfremkallende bakterier, virus og parasitter (patogener) som tilføres f.eks. Akerselva fra kloakkoverløp under nedbørsepisoder, vil raskt føres videre til fjorden. Her kan patogenene overleve i flere dager/uker. Det er ikke uvanlig at det bades i fjorden i dagene etter kraftige regnskyll. Modellering av spredningen av tarmbakterier og patogener med lang overlevelse fra de ulike fekalkildene (elver, kloakkoverløp, kloakkrenseanlegg, småbåter osv.) til indre Oslofjorden vil være nyttig både fra et helsefaglig synspunkt, men også for at Oslo kommune skal få oversikt over hvilke kilder som påvirker de ulike «bade plassene» (dagens og fremtidens) mest, for å kunne prioritere tiltak. Slik fjord-modellering vil bli utført som en del av hovedprosjektet «Impact of changing weather patterns on bathing water and seafood quality from the Inner Oslofjord» som NIVA, i samarbeid med Colifast, Veterinærhøgskolen og Oslo VAV, har fått innvilget fra

Regionale Forskningsfond Hovedstaden. I prosjektet vil det også bli tatt prøver for å undersøke forekomst av patogene bakterier (inkludert *Pseudomonas aeruginosa* og *Vibrio vulnificus* som kan vokse i vannkilden), virus og parasitter ved badeplasser i indre Oslofjorden, og undersøke mulig korrelasjon med indikatorbakteriene TKB, *E. coli* og intestinale enterokokker, samt en hurtig 1-times screening-metode fra Colifast. Prosjektet har oppstart våren 2012. I tillegg til fekal forurensning, vil det også bli samlet mer informasjon om hvordan værforholdene påvirker tilførselen av enkelte miljøgifter til Indre Oslofjorden, som kan påvirke kvaliteten på sjømat. Ved hjelp av modellering vil effekt av fremtidige klimaendringer og press på avløpssystemene grunnet befolkningsvekst, og behov for tiltak, bli vurdert.

## Referanser

Braathen, H. (2011). Kan “early warning”-systemer være til hjelp ved overvåking av våre badeplasser? *VANN*. Nr 4. S 521-528.

EC (2006). Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC.

Folkehelseinstituttet (FHI) (1994). Kvalitetsnormer for friluftsbad. Folkehelseinstituttet. <http://www.fhi.no>

Krogh, T. (2011). EU har badevannsdirektiv, Norge har badevannsnormer. Hva

er helserisikoen ved overskridelse av grenseverdier? *Kommunalteknikk*, nr 6/7. s 14-17.

Høysæter, T., Joranger, T. og Engen, G. (2008). Årsrapport 2007: Vannkvalitet ved friluftsbad i Oslo. Helse- og velferdsstaten, Oslo kommune. Arkivnr: 267.1.

ISO 7899-1 (1998). NS-EN ISO 7899-1. Vannundersøkelse. Påvisning og telling av enterokokker i overflatevann og avløpsvann. Del 1: Inokulasjon i flytende medium på mikrotiterplater (MPN-teknikk).

ISO 7899-2 (2000). Vannundersøkelse. Påvisning og telling av intestinale enterokokker. Del 2: membranfiltreringsmetode.

ISO 9308-1 (200). NS-EN ISO 9308-1. Vannundersøkelse. Påvisning og telling av *Escherichia coli* og koliforme bakterier. Del 1: Membranfiltreringsmetode.

ISO 9308-3 (1998). NS-EN ISO 9308-3. Vannundersøkelse. Påvisning og telling av *Escherichia coli* og koliforme bakterier i overflatevann og avløpsvann. Del 3. Inokulasjon i flytende medium på mikrotiterplater (MPN-teknikk).

NS 4792 (1990). Vannundersøkelse. Termotolerante koliforme bakterier og presumptiv *E. coli*. Membranfiltermetode.

Pisciotta, J.M., Rath, D.F., Stanek, P.A., Flanery, D.M. and Harwood, V.J. (2002). Marine bacteria cause false-positive

results in the Colilert-18 rapid identification test for *Escherichia coli* in Florida waters. *Applied and Environmental Microbiology*. 68, 539-544.

WHO (2003). Guidelines for safe recreational water environment, Volume 1, Coastal and fresh waters.