

# Bruk av forholdstallet mellom konsentrasjonene av koliforme bakterier og coprostanol til å anslå sannsynlig kilde til fekal forurensning i vann

Av Kari S. Ormerod

Forfatteren er forhenværende forsker ved Norsk institutt for vannforskning og Folkehelseinstituttet, nå pensjonert.

## Sammendrag

Koliforme bakterier er en av flere bakteriegrupper fra avføring som benyttes som indiaktor på fekal forurensning. De inaktiveres raskt i resipientvann. Coprostanol er et fekal sterol som produseres av mennesker og dyr. Coprostanol nedbrytes av bakterier i resipientvann, men saktere enn inaktiveringen av koliforme bakterier. Ved fersk fekal forurensning kan forholdstallet mellom disse to fekalindikatorer derfor brukes til å anslå kilden til forurensningen. Metoden er benyttet ved noen forurensede badeplasser i Oslo, og det ble påvist at forurensningskilden mest sannsynlig var andefugler.

## Summary

A factor calculated as the ratio between the concentrations in recipient water of coliform bacteria

and the faecal sterol coprostanol, may help in assessing the most likely source of the faecal pollution. Coliform bacteria are rapidly inactivated in recipient water. Coprostanol is degraded by water bacteria, but at a slower rate than the inactivation of coliform bacteria. Thus, this ratio will change with time. Man and different animals have different ratios of coliform bacteria and coprostanol in their faeces. For relatively new fecal pollution, this ratio may indicate the most probable source. This evaluation has been practised for some beaches in Oslo, where the results showed that ducks were the most probable source of pollution.

## Innledning

Det fekale steroleet coprostanol ble på slutten av 1970-tallet introdusert som

en kjemisk indikator på fekal forurensning fra pattedyr. Avføring synes å være den eneste kilden til dette stoffet. Kolesterol finnes også i avføring, men dette sterolet finnes blant annet også i egg, melk og smult, slik at det ikke egner seg som fekal indikator. Ved søk på Internett fremkommer at det fremdeles publiseres artikler om dette emnet, og at slike vurderinger ser ut til å være mer brukt i andre land enn i Norge.

Konsentrasjonen av termotolerante koliforme bakterier (TKB) i forhold til konsentrasjonen av coprostanol kan indikere om den fekale forurensningen kommer fra menneske eller dyr. I 1979 ble dette emnet belyst i en publikasjon fra Norsk institutt for vannforskning (NIVA) (1), dels basert på utenlandsk litteratur og dels på egne undersøkelser. Koliforme bakterier inaktiveres når de kommer ut i resipientvann, som for slike tarmbakterier er et ugunstig miljø. Det finnes imidlertid andre bakterier som har vann som sitt naturlige miljø, og de fleste av disse lever av å nedbryte organisk stoff i vannet. Coprostanol nedbrytes av slike bakterier, slik at konsentrasjonen avtar med tiden. Tarmbakteriene inaktiveres imidlertid raskere enn nedbrytningen av coprostanol, slik at forholdet mellom dem vil nærme seg null når tarmbakterier ikke lenger kan påvises. Derfor gir dette forholdstallet best indikasjon på kilden til forurensningen ved en godt påvisbar konsentrasjon av tarmbakterier. Ved en tilfeldig en gangs forurensning vil forholdstallet i løpet av kort tid nærme seg null, men ved kontinuerlig

belastning fra en kilde vil både ny og gammel forurensning være tilstede. Da kan det være mulig å benytte forholdstallet til å indikere om fekalien kommer fra mennesker eller dyr.

Metoden kan for eksempel benyttes ved overvåkning av vannet på badestrender, hvis konsentrasjonen av tarmbakterier overskrider øvre grense for godt badevann som er 100 TKB/100 ml. Oslo kommune har i samband med badevannskontroll i øvre del av Akerselva, der det forekom overskridelser av nevnte grense, benyttet metoden. Hensikten var å finne ut om det var diffuse tilførsler av kloakkvann, eller om tarmbakteriene kunne stamme fra andefuglene som holdt til ved og på elva. Vannprøvene ble analysert både for innhold av termotolerante koliforme bakterier (TKB) og coprostanol. Resultatene ble tolket på grunnlag av opplysningene i den nevnte NIVA-rapporten (1).

Hensikten med denne artikkelen er å belyse denne tolkningen, men fordi opplaget av den nevnte NIVA-rapporten er gått ut, beskrives noe av innholdet i rapporten her. Analysemetode for coprostanol beskrives ikke. Analysemetoden som ble benyttet for koliforme bakterier var Termotolerante koliforme bakterier etter membranfiltermetode, NS 4792 (2).

### **Fekale steroler**

I pattedyrs tarmsystem omdannes kolesterol blant annet til coprostanol, som mengdemessig er et av de vesentligste steroler i menneskers

| Avføring fra   | Mengde per gram tørrvekt |                    | TKB/<br>coprostanol |
|--|--------------------------|--------------------|---------------------|
|  | Antall TKB               | ng coprostanol     |                     |
| Menneske   | $57 \times 10^6$         | $35 \times 10^6$   | 1,6                 |
| Gris   | $10 \times 10^6$         | $2 \times 10^6$    | 5                   |
| Ku   | $1,4 \times 10^6$        | $0,2 \times 10^6$  | 7                   |
| And  | $85 \times 10^6$         | $0,16 \times 10^6$ | 530                 |
| For and er data tatt fra litteraturhenvisning 1. For de øvrige er data for TKB tatt fra litt. 3, og for coprostanol fra litt. 4. |                          |                    |                     |

Tabell 1. Innhold av termotolerante koliforme bakterier, TKB, og coprostanol i avføring fra menneske og noen dyr.

avføring. Denne prosessen synes å være den eneste naturlige kilde til coprostanol. Kolesterol finnes i avføring, men også i f. eks. egg, melk og smult. Påvist kolesterol indikerer derfor ikke nødvendigvis at det stammer fra avføring, men påvist coprostanol indikerer dette. Innholdet av coprostanol i avføring fra mennesker er 18 ganger høyere enn i avføring fra griser, og 175 ganger høyere enn i avføring fra kyr, men i forhold til mengde produsert avføring per døgn er det beregnet at mennesker og de nevnte dyr produserer omtrent samme mengde. Avføring fra dyr som ikke er pattedyr, f. eks. fugler, har et mye lavere innhold av coprostanol enn pattedyr. Avføring fra pattedyr inneholder også koliforme bakterier, mens avføring fra fugler ikke alltid gjør det, det kommer an på fugleart og hva fuglene spiser. Data for avføring fra menneske og noen dyr er vist i tabell 1.

Forholdet mellom koliforme bakterier og coprostanol i forurensning som

skyldes avføring fra mennesker som bor i byer og tettsteder, påvirkes på flere måter: Konsentrasjonene av tarmbakterier og coprostanol endres under transporten til renseanlegget i forhold til de konsentrasjoner som opprinnelig ble tilført med avføringen. For det første er konsentrasjonene forandret ved fortykning og blanding med andre typer avløpsvann. Videre kan det forekomme formering eller inaktivering av tarmbakteriene, og nedbrytning av coprostanol, både under transport og igjennom renseanlegget. I et aktivslamanlegg kan både innholdet av tarmbakterier og coprostanol reduseres vesentlig. Noen slike data er vist i tabell 2.

Forholdstallet 7,2 i forsedimentert avløpsvann som ble funnet for et renseanlegg i Oslo, ligger i samme størrelsesområde som for tilsvarende avløpsvann i USA og Canada. Selv om konsentrasjonene er vesentlig redusert etter behandling i aktivslamanlegg, ligger forholdstallet

| Type avløpsvann             | TKB/100 ml                | Coprostanol ng/l              | TKB/Copro.  | Litteratur nr. |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------|----------------|
| Forsedimentert              | $(1,0 - 1,7) \times 10^6$ | $(0,245 - 0,394) \times 10^6$ | 4,1 - 4,3   | 5              |
| Forsedimentert              | $(2,4 - 8,1) \times 10^6$ | $(0,198 - 0,654) \times 10^6$ | 12,1 - 12,4 | 5              |
| Forsedimentert              | $7,5 \times 10^6$         | $1,042 \times 10^6$           | 7,2         | 1              |
| Utløp fra aktiv-slammanlegg | $(1,9 - 18) \times 10^3$  | $(0,37 - 2,79) \times 10^3$   | 5,1 - 6,5   | 6              |

Tabell 2. Forholdstall mellom antall termotolerante koliforme bakterier (TKB)/ 100 ml og ng/l av coprostanol funnet i kommunalt avløpsvann.

fortsatt innen størrelsesområdet 1-10. Til sammenlikning blir tilsvarende forholdstall for avføring fra mennesker og fra andefugler, basert på opplysningene i tabell 1, henholdsvis 0,16 og 53. For fekal forurensning fra andefugler ligger forholdstallet ca. en tierpotens over de fleste av forholdstallene vist i tabell 2. Dette skyldes at avføringen har relativt lavt innhold av coprostanol.

### **Inaktivering av TKB og coprostanol i ferskvann og saltvann**

Et prosjekt for å belyse dette ble utført ved NIVA og beskrevet i en NIVA-rapport (1), men beskrivelsen gjentas her fordi opplaget av nevnte rapport har tatt slutt.

Hovedformålet med prosjektet var å belyse bruk av coprostanol som indikator for fekal forurensning. Det var da nærliggende å sammenlikne skjebnen til den vanligst benyttede fekalindikator, koliforme bakterier, og coprostanol etter utslipp av kommunalt avløpsvann i ferskvann og saltvann. Dagslys er en viktig faktor for inaktivering av koliforme bakterier, og temperatur er en viktig

faktor for både inaktivering og nedbrytning, derfor ble begge disse faktorer tatt med i prosjektet.

Ferskvann ble hentet fra en bekk med utløp fra Sognsvann i Oslo, på et prøvested der det erfaringsmessig forelå en svak fekal påvirkning. Saltvann ble hentet fra NIVAs biologiske stasjon ved Drøbak, fra 30 m dyp og det hadde en salinitet på min. 33 o/oo. Åtte liter av hver vanntype ble fylt på 10 liters glassflasker, to med ferskvann og to med saltvann. Den ene flasken av hver vanntype ble plassert ved vindu på laboratoriet, slik at vannet ble utsatt for dagslys ved værelsestemperatur (ca. 20 °C). Den andre flasken av hver vanntype ble plassert i et akvarierom for fisk, ved 9 - 11 °C og i meget svakt lys. I resultatene angis dette som "10 °C og mørkt". Flaskene ble plassert på de nevnte steder i uken før eksperimentet ble startet, for akklimatisering.

Forsedimentert kommunalt avløpsvann ble hentet fra daværende Skarpsno kloakkrensning. Avløpsvannet inneholdt  $7,5 \times 10^6$  TKB/100 ml. Analyseresultatet ble

benyttet til å planlegge mengde avløpsvann som skulle tilsettes for å oppnå vellykket analyseresultat for TKB, og samtidig gi en startkonsentrasjon som var høy nok til at de koliforme bakteriene ville være tilstede i vannet i flere dager. Coprostanol ble analysert etter en metode som er beskrevet i NIVA-rapporten (1). Innholdet ble funnet å være 1,042 mg/l.

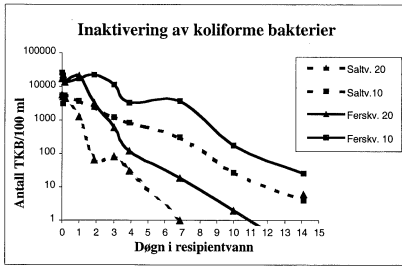
Basert på analyseresultatene for TKB, men med hensyntagen til at konsentrasjonen sannsynligvis var avtatt noe i lagringsperioden før forsøket ble startet, ble avløpsvannet tilsatt til forventet nivå  $(10 - 20) \times 10^3$  TKB/ml. Alle flaskene ble forsynt med røreverk, for å holde partikler i vannet suspendert. Det ble tatt

hyppigere prøver til analyse for TKB enn for coprostanol, da en forventet raskere nedgang i konsentrasjonen av TKB enn av coprostanol. De originale resultatene er vist i tabell 3, de er illustrert for TKB i figur 1 og for coprostanol i figur 2. Konsentrasjonsaksen i figur 1 har logaritmisk skala. Kurven er trukket på grunnlag av de oppnådde data, men trendlinjer ville antakelig ligge nærmere de virkelige inaktiveringskurvene.

Inaktiveringshastigheten for TKB var, som forventet, høyest i saltvann i lyset ved ca. 20 °C, og lavest for ferskvann i mørket ved ca. 10 °C. For saltvann i lyset fant det sted en vesentlig inaktivering i TKB/ 100 ml straks etter tilsetning av avløpsvannet, og innholdet ble redusert ned til

| Antall døgn i vannet | Ferskvann      |                  |                 |                  | Saltvann       |                  |                 |                  |
|----------------------|----------------|------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|-----------------|------------------|
|                      | 9 -11 °C mørkt |                  | 20 - 24 °C lyst |                  | 9 -11 °C mørkt |                  | 20 - 24 °C lyst |                  |
|                      | TKB/ 100 ml    | Coprostanol ng/l | TKB/ 100 ml     | Coprostanol ng/l | TKB/ 100 ml    | Coprostanol ng/l | TKB/ 100 ml     | Coprostanol ng/l |
| 0                    | 26.000         | 30.000           | 17.000          | 20.000           | 22.000         | 27.000           | 5.600           | 27.000           |
| 0,06                 | 21.000         |                  | 22.000          |                  | 3.100          |                  | 5.100           |                  |
| 0,15                 | 14.000         |                  | 14.000          |                  | 5.300          |                  | 4.500           |                  |
| 1                    | 18.000         |                  | 21.000          |                  | 3.800          |                  | 1.300           |                  |
| 1,9                  | 22.000         |                  | 3.300           |                  | 2.400          |                  | 640             |                  |
| 3                    | 11.000         | 26.000           | 610             | 18.000           | 1.200          | 27.000           | 85              | 24.000           |
| 3,9                  | 3.200          |                  | 120             |                  | 830            |                  | 30              |                  |
| 6,9                  | 380            | 9.000            | 19              | 4.000            | 300            | 26.000           | 1               | 6.000            |
| 10                   | 170            |                  | 2               |                  | 27             |                  | < 1             |                  |
| 14,1                 | 26             | 4.000            | < 1             | 1.000            | 4              | 16.000           | 6               | 3.000            |
| 28                   | < 1            | 1.100            | < 1             | 400              | < 1            | 6.000            | < 1             | 2.300.           |

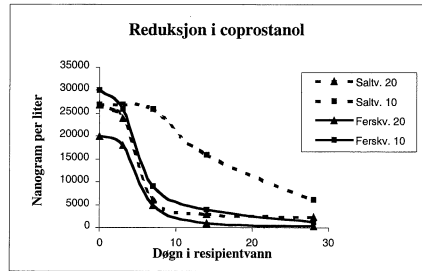
Tabell 3. Reduksjon av Termotolerante koliforme bakterier og coprostanol fra mekanisk rensert kommunalt avløpsvann etter utslipp til ferskvann og saltvann.



Figur 1. Inaktivering av termotolerante koliforme bakterier, TKB, etter utslipp av forsedimentert kommunalt avløpsvann i ferskvann og saltvann. Inaktivering ved 20°C i dagslys og ved 10°C i mørke.

påvisningsgrensen i løpet av 1 uke. Effekten med rask inaktivering etter utslipp til sjøvannsresipient er kjent fra tidligere undersøkelser. Tilsvarende reduksjon av koliforme bakterier ble registrert først etter 1 1/2 time i flasken med saltvann som hadde stått kaldt i mørket. Selv om partiklene ble holdt suspendert i 10 liters flaskene, er det lite sannsynlig at hvert uttatt analysevolum inneholdt eksakt samme antall bakterier. Med så stort antatt mulig konsentrasjonsområde for TKB/100 ml er det også vanskelig å oppnå filtre med optimalt antall bakterier. De oppnådde verdier må derfor anses som konsentrasjonsnivå, ikke som eksakte verdier. Det er lite sannsynlig at variasjonene som er angitt innen samme konsentrasjonsnivå er reell.

For coprostanol var det flasken med saltvann inkubert i mørket ved ca. 10 °C som skilte seg mest fra de andre, se figur 2. Coprostanol holdt seg den første uken nesten konstant, og etter 4 uker var konsentrasjonen fortsatt over 5000 nanogram/liter, mens innholdet i alle de andre flaskene var nede på



Figur 2. Reduksjon av coprostanol etter utslipp av forsedimentert kommunalt avløpsvann i ferskvann og saltvann. Reduksjon ved 20°C i dagslys og ved 10°C i mørke.

dette eller lavere nivå allerede etter 2 uker. I dette tilfellet kom saltvannet fra et område som var lite påvirket av kommunalt avløpsvann, slik at det kanskje ikke inneholdt saltvannsbakterier som i kaldt vann raskt kunne nedbryte coprostanol. I sjøvann som er påvirket av kommunalt avløpsvann, må det forventes et høyere innhold av slike bakterier, og at coprostanol nedbrytes raskere enn funnet i dette forsøket. I forhold til hva som skjer i virkelige resipienter, må dette forsøket anses som ett "pilot plant" eksperiment, som gir en indikasjon på hva som kan forventes.

Som nevnt i det foregående, kan forholdet mellom konsentrasjonene av TKB og coprostanol gi en indikasjon på om den fekale forurensningen kommer fra mennesker eller dyr. Den beskrevne undersøkelsen viser imidlertid at forholdet endrer seg med forurensningens oppholdstid i resipienten. Tabell 4 viser forandringen i forholdstall funnet i det foran beskrevne eksperimentet. Manglende verdier for coprostanol ved analyse tidspunktene for TKB er tatt fra kurvene i figur 2.

Tabell 4. Forandring i forholdstall mellom TKB/100 ml og ng/l av coprostanol etter en gangs utslipp av forsedimentert kommunalt avløpsvann i resipientvann.

| Antall døgn i resipienten | Ferskvann         |                    | Saltvann          |                    |
|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
|                           | 9 -11 °C<br>mørkt | 20 - 24 °C<br>lyst | 9 -11 °C<br>mørkt | 20 - 24 °C<br>lyst |
| 0                         | 0,87              | 0,85               | 0,81              | 0,207              |
| 0,06                      | 0,70              | 1,10               | 0,11              | 0,189              |
| 0,15                      | 0,47              | 0,70               | 0,20              | 0,168              |
| 1                         | 0,63              | 1,09               | 0,14              | 0,050              |
| 1,9                       | 0,80              | 0,18               | 0,09              | 0,025              |
| 3                         | 0,42              | 0,03               | 0,04              | 0,004              |
| 3,9                       | 0,13              | 0,01               | 0,03              | 0,002              |
| 6,9                       | 0,04              | 0,00               | 0,01              | 0,000              |
| 10                        | 0,03              | 0,00               | 0,00              | 0,000              |
| 14                        | 0,01              | 0,00               | 0,00              | 0,000              |
| 28                        | 0,00              | 0,00               | 0,00              | 0,000              |
| Snitt<br>0,06 – 1 døgn    | 0,60              | 0,96               | 0,15              | 0,136              |

I denne tabellen er verdien TKB/100 ml mindre enn 1 (<1) satt lik 1

Fordi konsentrasjonen av TKB avtar raskt etter 2-3 døgn i resipienten, vil forholdstallet etter denne tid raskt komme ned i null i første desimal. For å ha noen utsagnsverdi, bør forholdstallet være større enn 0,1.

**Eksempel på bruk av forholdstallet mellom TKB/100 ml og ng/l av coprostanol for å anslå kilde til fekal forurensning.**

Problemet som ønskes belyst er om avføring fra andefugler eller diffus forurensning av kommunalt avløpsvann er årsak til litt høyt innhold av koliforme bakterier på

badeplasser i ferskvann. Det tas da utgangspunkt i resultatene for ferskvann i lyset ved ca 20 °C. Forholdstallene for kommunalt avløpsvann er vist i Tabell 4, men tilsvarende for andefugler må beregnes ut fra mengde TKB og coprostanol i deres avføring. Det er tatt utgangspunkt i en tenkt suspensjon som gir 8500 TKB/100 ml og 160 ng/liter av coprostanol. For and beregnes antatt reduksjon i resipienten ut fra de funne prosentvise reduksjonen for avløpsvann. Bare data til og med 3 døgn er tatt med.

Tabell 5. Beregnede forholdstall for avføring fra and, tilvarende reduksjonene etter utslipp av avløpsvann i ferskvann ved 20°C i lyset.

| Døgn      | Avløpsvann |       | And         | Avløpsvann |                  | And        | Forhold     |
|-----------|------------|-------|-------------|------------|------------------|------------|-------------|
|           | TKB/100 ml | % TKB |             | TKB/100 ml | Coprostanol ng/l |            |             |
| Snitt 0-1 | 18500      | 100   | <b>8500</b> | 19990      | 100              | <b>160</b> | <b>53</b>   |
| 1,9       | 3300       | 18    | 1513        | 20000      | 100              | 160        | <b>9,5</b>  |
| 3         | 610        | 3,3   | 281         | 18000      | 90               | 144        | <b>1,95</b> |
| 3,9       | 120        | 0,65  | 55          | 14769      | 74               | 118        | <b>0,47</b> |

Disse forholdstallene kan sammenliknes med data fra Oslo kommunes overvåkning av badeplasser i Akerselva (tabell 6). Badevann med innhold av over 1000 "E. coli"/TKB per 100 ml regnes som uegnet for bading, mens et innhold på under 100

per 100 ml regnes som god badevannskvalitet. For vann med et innhold av tarmbakterier mellom disse to grenseverdier skal kilden om mulig lokaliseres, slik at faren ved å bade kan vurderes. Dette var problemstillingen for Akerselva.

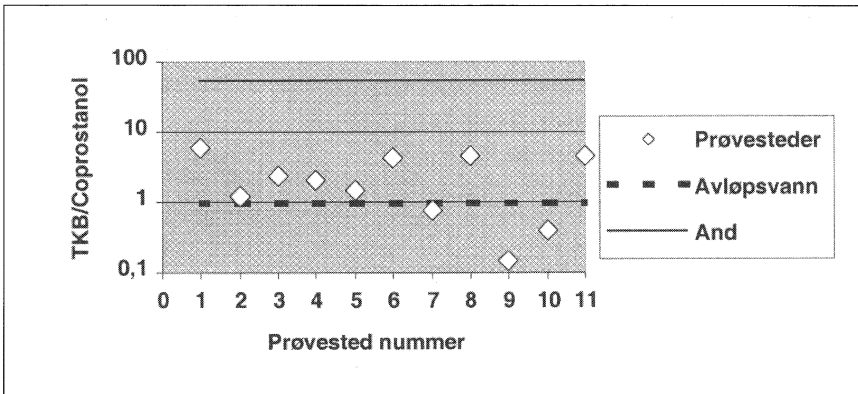
Tabell 6. Data fra overvåkning av badeplasser i Akerselva.

| Prøvested | TKB/100 ml | Coprostanol ng/l | TKB/coprostanol |
|-----------|------------|------------------|-----------------|
| 1         | 170        | 28               | 6,07            |
| 2         | 40         | 32               | 1,25            |
| 3         | 80         | 33               | 2,42            |
| 4         | 70         | 34               | 2,06            |
| 5         | 77         | 52               | 1,48            |
| 6         | 270        | 62               | 4,35            |
| 7         | 48         | 63               | 0,76            |
| 8         | 300        | 65               | 4,62            |
| 9         | 10         | 68               | 0,15            |
| 10        | 29         | 73               | 0,4             |
| 11        | 360        | 79               | 4,56            |

Disse forholdstallene kan settes inn i et diagram sammen med forholds-

tallene for forsedimentert avløpsvann og avføring fra ande-fugler, se figur 3.





Figur 3. Bedømmelse av sannsynlig forurensningskilde ut fra forholdstall mellom konsentrasjonen av TKB/100 ml og ng/l av coprostanol. Forholdstall for ny fekal forurensning fra and og fra kommunalt avløpsvann er vist ved horisontale linjer.

I figur 3 er forholdstallene for ny forurensning fra andefugler og avløpsvann, henholdsvis 53 og ca. 1, representert med horisontale linjer. Noen av prøvestedene har forholdstall nær eller under 1. For dem nær 1 kan forurensningen enten være fersk forurensning med avløpsvann, eller 3-4 dager gammel forurensning med avføring fra and. Verdiene for TKB/100 ml ligger imidlertid for disse prøvestedene innen grensen for

godt badevann, se tabell 6. Fire prøvesteder viser imidlertid både TKB/100 ml innen området for tvilsomt badevann, og har vesentlig høyere forholdstall enn de andre. Det er derfor mer sannsynlig at de koliforme bakteriene på disse prøvestedene kommer fra andeavføring enn fra kommunalt avløpsvann. Jo høyere forholdstall, jo mer øker sannsynligheten for at forurensningen kommer fra andefugler.

*Cecilie Gulliksen ved Oslo kommunes etat for vann og avløp takkes for tillatelsen til å bruke data fra kommunens badevannsovervåkning i denne artikkelen.*

## Litteratur

1. Berglind, Lasse og Ormerod, Kari (1979): Påvisning av fekale forurensninger i vann. Bakteriologiske og kjemiske indikatorer. Norsk institutt for vannforskning. Oslo.  
Rapport xk-20, Løpenummer F.363. ISBN 82-577-0197-1.
2. NS 4792 (1990): Vannundersøkelse. Termotolerante koliforme bakterier og presumptiv E. coli. Membranfiltermetode. Norges standardiseringsforbund.
3. Murtaugh, J. J., and Bunch, R.J. (1972): Sterols as a measure of fecal pollution. Journ.WPCF **39**:404-409.
4. Geldreich, E. E. (1966): Sanitary significans of fecal coliforms in the environment. Water Pollution Series WP-20-3, U.S. Department of the Interior.
5. Tabak, H. H., Bloomhuff, R. N., and Bunch, R. L. (1972): Coprostanol: A Positive Tracer of fecal Pollution. Developments in Industrial Microbiology **13**:296 – 307.
6. Dutka, B. J., Chau, A. S.Y. and Coburn, J. (1974): Relationships between bacterial indicators of water pollution and fecal sterols. Water Research **8**:1047-1055.

www.asplanviak.no

**Asplan Viak** +++  
- | ++

*Asplan Viak er en tverrfaglig rådgivnings- og konsulentvirksomhet med over 400 medarbeidere fordelt på 18 kontorer landet rundt fra Kristiansand i sør til Karasjøk i nord. Asplan Viak jobber blant annet innen følgende fagfelt:*

- 
- |                   |                     |               |
|-------------------|---------------------|---------------|
| * vannbehandling  | * avløpsrensing     | * elektro     |
| * vannforsyning   | * geodata           | * arkitektur  |
| * ledningsanlegg  | * hydrogeologi      | * byggteknikk |
| * nettmodellering | * forurenset grunn  | * landskap    |
| * ledningskart    | * renovasjon        | * samferdsel  |
| * driftskontroll  | * avfallshåndtering | * internett   |
- 

### Asplan Viak Sør AS

TK-senteret Longum Park  
Serviceboks 701  
4808 Arendal

Telefon: +47 37 03 55 60  
E-post: arendal@asplanviak.no  
Internett: www.asplanviak.no/avsor