DRIKKEVANNKVALITETEN I ULIKE VANNKILDER OG GEOGRAFISKE OMRÅDER I BERGEN

Et sammenligningsstudie av vannkvaliteten i Sentrum og Minde

Skrevet av Henrik Trengereid, Bergen Katedralskole, 2013, TOF2

**INNHOLD**

1. Sammendrag….……………………………………………………… s.2
2. Innledning og valg av tema..………………………………………… s.3
3. Problemstilling og hypoteser..……………………..………................ s.3
4. Teori og begrepsavklaringer ………………………………………… s.4  
   4.1. pH – surhetsgrad i vannet……………………………………….. s.4

4.2. Konduktivitet i vannet ………………………………………….. s.5

4.3. Bakterieinnhold i vannet ……………………………….............. s.5

1. Metode ……………………………………………………………… s.5

5.1. Metode for datainnsamling - valg, beskrivelse

og utstyr ………………………………………..…………………. s.6

5.1.1. Metode for testing av surhetsgrad og konduktivitet i vannet …………………………………………………………………... s.6

5.1.2. Metode for testing av bakterieinnholdet i vannet ............... s.6

5.2. Metode for strukturering og analyse av resultatene ..................... s.8

1. Resultater fra testene ………………………………………………... s.8
2. Analyse av resultatene ………………………………………………. s.10
3. Konklusjoner ………………………………………………………….s.12
4. Kilder ……………………………………………………................... s.14

**1. Sammendrag**

Vannet er livsviktig for menneskene og andre levende organismer. Drikkevannet er direkte knyttet til befolkningens helse. I Norge er det Drikkevannsforskriften som definerer hvilke måleparametre skal være med på å definere en god kvalitet på drikkevannet.

Prosjektets problemstilling er å sammenligne drikkevannskvaliteten i ulike vannkilder og geografiske områder i Bergen. Kvalitetsbegrepet er avgrenset til måleindikatorene pH-verdi, konduktivitet og innhold av bakterier i vannet. Geografisk er problemstillingen avgrenset til to områder i mitt nærmiljø – skole og hjemme, dvs. Sentrum og Fredlundbakken – Minde. Det er tatt vannprøver fra fire vannkilder – fra springen både på skolen og hjemme, vanndispenser på skolen og bekken i nærheten av Fredlundbakken. Gjennom fire hypoteser er det ønskelig å teste hvorvidt det er en sammenheng mellom vannkvalitet, vannkilder og/eller geografiske områder.

Resultatene fra testene i dette prosjektet er sammenlignet med kravene som stilles i Drikkevannsforskriften, resultater fra tilsvarende tester fra Bergen Vann i samme perioden, og der det er mulig med resultater fra lignende prosjekter. Analysen viser at hva gjelder prøver fra offentlige vannkilder er det ikke funnet noen signifikante forskjeller i forhold til geografiske områder. Det er imidlertid påvist bakteriefunn i vannet fra dispenser midt i uken og i drikkevann fra bekken.

Konklusjonen av dette prosjektet er at vannkvaliteten i mitt nærmiljø i Bergen, både på skolen og hjemme, er relativ god. Derimot er kvaliteten av drikkevann fra bekk ikke så bra, da det er gjort funn av bakterier. En bør også være oppmerksom på at det kan være bakterier i vann fra dispenser. En eventuell fremtidig forskning kan få bekreftet ytterligere noen av delkonklusjonene om bl.a. det at vannet fra springen på skolen er surere enn i vanlig husstand.

Prosjektet har også en formidlingsverdi ovenfor lokale kontrollinstanser og lokalbefolkningen.

**2. Innledning og valg av tema**

Vannet er livsviktig for menneskene og andre levende organismer. Drikkevannet er videre direkte knyttet til befolkningens helse.

Drikkevannsforskriften er med på å gi ramme for de krav som stilles for drikkevannet i Norge, noe som overvåkes, analyseres og forbedres kontinuerlig. Til tross for dette, er det nok mange som husker at for noen år siden inneholdt vannet i Bergen sentrum Gardia-bakterier.

Med utgangspunkt i det sistnevnte synes jeg at det ville være spennende å foreta et selvstudie om kvaliteten på drikkevannet i mitt nærmiljø. Jeg har valgt å undersøke hvorvidt det kan være variasjoner på vannkvaliteten avhengig av lokale forskjeller og kildetype, og hvorvidt disse varierer i et tidsperspektiv.

Jeg ble ytterligere inspirert av å arbeide med et slikt forskningsprosjekt når jeg leste at måling av vannkvaliteten på skolen var en av temaene under forskningsdagene i Bergen i 2005, se mer om dette i NIVAs rapport Forskningskampanjen for skoler: Bakterier i drikkevann (2005). Min skole eller andre skoler i nærhet av denne var ikke med i studiet.

**3. Problemstilling og hypoteser**

Problemstillingen er definert som:

**Sammenligning av drikkevannets kvalitet i ulike vannkilder og geografiske områder i Bergen**

Dette prosjektet er avgrenset til to geografiske områder i Bergen – Fredlundbakken (hjemme) og Sentrum (skolen). Videre har jeg avgrenset kvalitetsbegrepet til få måleindikatorer - pH-verdi, konduktivitet og bakterieinnhold i vannet, og nærmere bestemt totall antall koliforme bakterier. I tillegg til dette har jeg undersøkt hvorvidt vannkildetypen kan ha betydning for vannkvaliteten. For dette formål har jeg også foretatt testing av vann fra dispenser på skolen og fra en bekk i nærmiljøet som kommer fra Løvstakken. Med introduksjon av en vannkilde med ubehandlet vann blir spesielt bakterieforekomst sett i et større perspektiv, samtidig som sammenligningsgrunnlaget utvides.

Hypotesene nedenfor gir gode mulighet til å teste hvorvidt det finnes sammenheng mellom vannkvaliteten, ulike typer vannkilder og geografiske områder i mitt nærmiljø.

Hypoteser:

1. Det er ulik kvalitet på vannet i en vanndispenser versus vann fra springen.

2. Det er ulik kvalitet på vannet etter en skolefriperiode eksempelvis helg.

3. Det er samlet sett bedre kvalitet på vannet hjemme enn på skolen.

4. Kvaliteten på vannet fra dispenser varierer i takt med uttømmingen av denne.

**4. Teori og begrepsavklaringer**I Drikkevannsforskriften §3, er drikkevannet definert som ”alle former for vann i ubehandlet eller behandlet form” fra dets kilde, men det må ikke inneholde mikroorganismer og bakterier som kan være skadelig for menneskeorganismen. Kvalitet på drikkevannet defineres med utgangspunkt i noen viktige fysiske og kjemiske parametre.

I henhold til drikkevannsforskriften §12 defineres drikkevannet som det vannet som skal være ”hygienisk, betryggende, klart og uten fremtredende lukt, smak og farge”. Drikkevannet skal heller ikke inneholde ”fysiske, kjemiske eller biologiske komponenter” som kan føre til helseskade ved normal bruk. Kvalitetskravene på drikkevannet inklusivt flaskevann er fastsatt i form av grenseverdier på noen utvalgte problemindikatorer. Ettersom tilstedeværelsen av noen stoffer i mindre omfang er ikke skadelig for organismen, er grenseverdien for slike stoffer relativ høy, mens hva gjelder eksempelvis patogene mikroorganismer er 0-toleranse, og derfor er grenseverdien satt til 0.

Basert på Vannforsyningens ABC, (2004) har jeg gitt en kort beskrivelse av de måleparametre som skal testes i dette prosjektet:

**4.1. pH – surhetsgrad av vannet**

pH-verdien indikerer vannets innhold av surhetselementer eller hydrogenioner (H+). pH-verdien angis i en logaritmisk skala og varierer fra 0 til 14. Logaritmisk skala betyr at surhetsgraden øker 10 ganger for hvert trinn nedover på skalaen. Nøytral pH-verdi er på 7. pH-verdi som er mindre enn 7 definerer vannet som sur, mens dersom pH-verdien er større enn 7 er vannet alkalisk. Det som kan påvirke pH-verdien er ulike typer nedbør, samt sesong- og døgnforskjellene. Igangsettingen av prosesser i ledningsnettet kan påvirke pH-verdien og kan føre til lokale variasjoner. En kan også endre vannets pH-verdi ved å tilsette kalk, soda og andre stoffer.

Det optimale pH-verdien for drikkevann er 6,5-9,5. For drikkevann som oppbevares i flasker eller dispensere er grenseverdiene 4,5-9,5, men dersom vannet er naturlig, kan pH-verdien være lavere enn 4,5.  
  
**4.2. Konduktivitet i vannet**

**Konduktivitet, også kalt ledningsevne** viser vannets evne til å lede elektrisk strøm, og er et mål på vannets innhold av oppløste mineralsalter. Hardt vann har normalt høy konduktivitet. Høy ledningsevne skyldes ofte kalsium-karbonat som motvirker korrosjon. Høy konduktivitet på over 50mS/cm kan tyde på at vannet er forurenset.

**4.3. Bakterieinnhold i vannet**

Bakterier er små organismer som forekommer i vannet. De fleste bakterier har ikke negativ helsemessig betydning, mens noen kan forårsake alvorlige sykdommer.

Koliforme bakterier,som jeg har valgt å måle, kommer opprinnelig fra tarmen til dyr eller mennesker. Forekomst av koliforme bakterier i drikkevannet viser bare én mulig forurensing med tarmbakterier. Usikkerhet knyttet til dette er relativt høy, da denne typer bakterier også er å finne i naturen.

**5. Metode**

I dette kapittelet vil det bli redegjort for de metoder jeg har brukt for datainnsamling, strukturering av resultatene og analyse av disse samt en kritisk vurdering av noen vesentlige kriterier for et godt forskningsprosjekt, se nedenfor (Grenness, 1997; Fjelland, 1999).

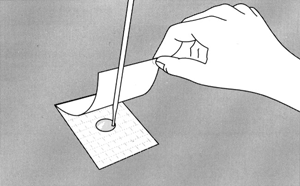
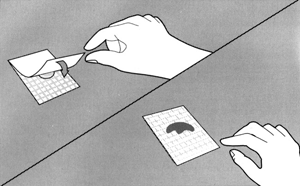
* Representativitet – I hvilken grad er valg og antall av teststeder og typer vannkilder representative og hensiktsmessige for den hensikt prosjektet har?
* Relevans – I hvilken grad gir dataene svar på problemstillingen?
* Validitet – I analysen er det nok hensiktsmessig å foreta en vurdering av om jeg har fått informasjonen jeg har ønsket.
* Reliabilitet – Er det mulig å etterprøve resultatene ,og deres troverdighet ikke minst?

**5.1. Metoder for datainnsamling - valg, beskrivelse og utstyr**For å kunne belyse prosjektets problemstilling, har jeg valgt å bruke ulike kvantitative testmetoder.

Metodevalget for måling av de tre utvalgte vannkvalitets parametrene er gjort med bakgrunn i tilgjengelige kilder om praktisk testing av vannkvaliteten, bruk av utvalgte metoder i lignende prosjekter samt samtaler med forskere fra NIVA som ledet arbeidet med testing av bakterier i drikkevannet under forskningskampanjen for skoler i 2005.

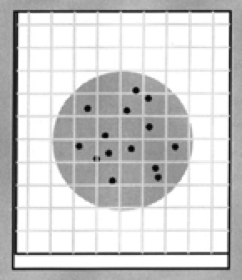
5.1.1. Metode for testing av surhetsgrad (pH-verdi) og konduktivitet i vannet  
For testing av pH-verdi og konduktivitet i vannet har jeg brukt et elektronisk måleinstrument som kalles vannkvalitetssensor. Sensoren kobles til en datamaskin, og en definerer på forhånd på dataskjermen hvilken måleparameter som skal testes, hhv. pH-verdi og konduktivitet. Deretter føres sensoren inn i vann som er tatt i en steril flaske, rører det forsiktig og verdien vises frem etter en kort stund. Verdiene som måles i løpet av 30 sek. vises på et diagram.

5.1.2. Metode for testing av bakterieinnhold i vannet  
For denne testen har jeg brukt relativt enkelt utstyr – sterile engangspipetter, sterile flasker, fordelingsplate samt den såkalte Petrifilm for koliform. Petrifilmen er et sterilt papirfilter som er behandlet med vekstmedium, dvs. en slags næring for bakterier som gjør at eventuelle bakterier vil i romtemperatur og i mørke vokse frem i løpet av et bestemt tidsintervall, se illustrasjon nedenfor:

Kilde: www.miljølære.no/aktiviteter/vann/ressurs

Testen leses etter 24 timer. Dersom det er funn av bakterier vil disse vokse på filteret, og danner ”kolonier” bestående av tusenvis elementer, jf. figur nedenfor:



Kilde: www.miljølære.no/aktiviteter/vann/ressurs

Opptellingen inkluderer bare de røde prikkene og ikke de blanke luftboblene. For å få totall mengde, må en multiplisere antall prikker med 20. Dersom det skulle vise seg at bakterieantallet er meget høyt, vil hele vekstområdet på petrifilmen blir rosa. En bør da noterer som et resultat – ”umulig å telle”.

**5.2. Metoder for strukturering og analyse av resultatene**

Resultatene skal i første omgang registreres i et logg. Disse vil bli deretter presentert i tabeller.

I analysen vil jeg forsøke å få frem utviklingstrendene i de tre ulike måleparametrene, som er uavhengige variabler i undersøkelsen. Dette i relasjon til enkeltstående prøvesteder og geografiske områder som er de avhengige variablene (Grennes, 1997 og Fjelland, 1999). Resultatene vil også bli relatert til lignende studier der det er mulig. I analysen vil jeg også reflektere over mulige feilkilder for at resultatene er blitt slik de er.

**6. Resultater fra testene**Resultatene fra testene for pH-verdi og konduktivitet i vannet er i form av diagram og er avgrenset til 30 sek. Hva gjelder resultatene knyttet til konduktivitet er disse målt i (μS/cm). Ettersom resultatene ikke er konstante, har jeg beregnet den gjennomsnittlige verdien og omgjort i mS/m. Dette for å ha samsvar med resultatpresentasjonen av konduktivitet i kontrolltester fra Bergen Vann.

Med unntak av vannprøvene fra bekk, og den ene dagen fra dispenservannet, viser testene for koliformbakterier ingen bakterievekst. Ettersom det er stor antall bakterier på petrifilmene fra bekk vannet, har jeg estimert antallet bakterier på samme måte som er beskrevet i pkt. 5.1.2. Det var også påvist bakterievekst på petrifilmen med vann fra dispenser den 24.01. Opptellingen ble gjort på samme måte, men bakterietallet fra en kvadrat er multiplisert med et mindre antall kvadrater enn det totale antallet kvadrater ettersom det er ikke bakterievekst på hele områder. I tillegg til det er tallet røde prikker som er omringet av en såkalt ”luftboble” ikke tatt med i opptellingen.

Resultatene er systematisert i tabeller pr ulike vannkilder og dato, og presenteres som følger:

1. Tester fra 21.01.2013 (mandag)

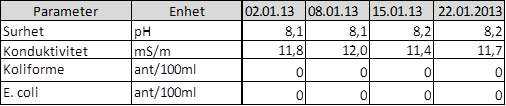
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parameter** | **Enhet** | **Geografisk område/dato**  **Bergen sentrum-skole Fredlundbakken** | | | |
|  |  | **Springvann 21.01.2013** | **Dispenser 21.01.2013** | **Springvann hjemme 21.01.2013** | **Bekk 21.01.2013** |
| Surhet | pH | 6,67 | 6,83 | 7,66 | 7,57 |
| Konduktivitet | mS/m | 12,5 | 12,9 | 12,7 | 29,5 |
| Koliforme | ant/100ml | 0 | 0 | 0 | 275 |

2. Tester fra 24.01.2013 (torsdag)

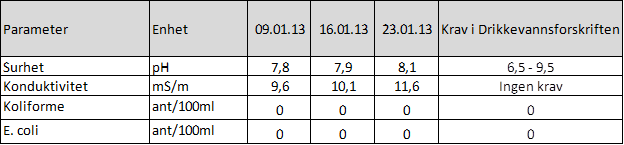
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parameter** | **Enhet** | **Geografisk område/dato**  **Bergen sentrum-skole Fredlundbakken** | | | |
|  |  | **Springvann 24.01.2013** | **Dispenser 24.01.2013** | **Springvann hjemme 24.01.2013** | **Bekk 24.01.2013** |
| Surhet | pH | 7,27 | 7,28 | 7,47 | 7,41 |
| Konduktivitet | mS/m | 10,9 | 12,1 | 11,9 | 10,9 |
| Koliforme | ant/100ml | 0 | 189 | 0 | 310 |

I tillegg til mine tester har jeg hentet testresultatene utført fra Bergen Vann for januar måned på to ulike målestasjoner, henholdsvis i Alle Helgensgate som er i nærhet av Bergen Katedralskole og i Søre Skogsvei som er i nærhet av Fredlundbakken, jf. tabellene nedenfor:

1. Allehelgensgate



2. Søre Skogsvei

****

Disse er ment å styrke/svekke reliabiliteten av mine tester, og vil bli brukt i analysedelen som en referanseramme.

**7. Analyse av resultatene**pH-verdien er i alle tester innenfor de tillate grenseverdiene på 6,5-9,5. Det er likevel en viss forskjell mellom pH-verdiene i vannet både hva gjelder dag, vannkilde og geografisk område. De fleste testresultatene viser en pH-verdi som ligger nært den nøytrale pH-verdien på 7. Det er også mindre signifikante forskjeller mellom mine testresultater og resultatene fra kontrolltestene utført fra Bergen Vann i begge geografiske områder.

pH-verdien fra springvannet på skolen den 21.01. var på 6,67 som er bare 0,17 bedre en nedre grenseverdi for surhet på 6,5. Et slikt resultat kan tyde på at det er korrosjon på rør og installasjon. Et slikt resultat kan også forklares med at testen ble tatt på mandag, etter at vannet har vært i ro hele helgen. I tillegg til dette kan en mulig årsak til svingningene i pH-verdi være nedbør litt før 21.01. og tørr periode frem til 24.01. For å kunne gi en mer entydig konklusjon på årsakssammenhengen, er det nok ikke tilstrekkelig med bare to tester.

Konduktiviteten er relativt lav og innenfor grenseverdiene i alle tester. Testresultatet fra ikke drikkevannet fra bekken tatt på mandag skilles seg en del fra de andre, se figur nedenfor. Det gjøres oppmerksom på at for denne måleindikatoren er det ingen krav i Drikkevannsforskriften, og er derfor ikke så kritisk som for eksempel bakteriefunn.

I samtlige tester fra offentlige vannkilder var det ikke påvist noen funn av koliforme bakterier. Det ble imidlertid påvist bakteriefunn både i vannet fra dispenser den ene dagen, 24.01. og i ikke drikkevann fra bekk, begge dagene. Funn av koliforme bakterier i drikkevann fra bekk kan indikere at vannet er forurenset av kloakk, alternativt at det finnes koliforme bakterier i dødt organisk plantemateriale. Funnene i NIVAs studie om bakterier i drikkevann fra 2005 er av lignende karakter som i dette prosjektet.

Resultatene fra testene støtter mine påstander i hypotesene. Hva gjelder det at dispenservannet og vann fra springen har ulik kvalitet var resultatene imidlertid omvendt proporsjonal til mine antagelser. Resultatene fra testene viser nemlig at springvannet er av bedre kvalitet.

Etter en kritisk vurdering av mulige feilkilder og kriterier for et godt forskningsprosjekt, vil jeg kommentere følgende forhold:

* Det begrensede utvalget av måleparametre er med på å svekke relevansen av mine konklusjoner.
* Antall prøver pr vannkilde –Ettersom dette er et skoleprosjekt med begrensede tidsrammer, var dette ikke mulig å ta flere prøver. Jeg har derfor valgt å bruke resultatene fra kontrollprøvene tatt fra Bergen Vann nærhet av de to undersøkte geografiske områder i samme perioden som et referanseramme, og på den måten styrker validiteten og reliabiliteten av mine resultater.
* Utvalg av prøvesteder – Feilkildene knyttet til dette er forsøkt redusert til et minimum ved å ta prøvene fra de samme kranene på skolen, hjemme, den samme dispenser og samme sted i bekken. På denne måten styrkes reliabiliteten i testsvarene.
* Kvalitet av metodene for datainnsamlingen – Eventuelle feilkilder knyttet til den valgte metoden for datainnsamlingen er hovedsakelig knyttet til de feilmarginer måleutstyret kan gi.

**8. Konklusjoner og refleksjoner for fremtiden**Etter en helhetlig vurdering av resultatene fra undersøkelsene er det mulig å konkludere at vannkvaliteten i mitt nærmiljø, både på skolen og hjemme er relativ god. Med den relativ store avgrensningen med hensyn til antall prøvesteder, er det vanskelig å konkludere om hvorvidt ulike geografiske områder er av betydning for vannkvaliteten.

Det kan imidlertid påpekes at vannet fra springen på skolen er surere etter helgen enn i vanlig husstand. Dette bør undersøkes nærmere.

Det er også påvist klare forskjeller i kvaliteten av vann fra offentlige vannkilder og andre vannkilder. Midt i uken har vannet fra dispenser koliforme bakterier. Ettersom vannet fra bekken inneholdt relativt høyt antall koliforme bakterier, kan en med relativ stor sikkerhet konkludere at en kan ikke drikke vann derfra.

**Kilder og referanser***Offisielle dokumenter – internasjonale direktiver, forskrifter, veiledninger med mer:*EU drikkevannsdirektiv

Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften) Oslo, 4.12.2001

Veiledningshefte G5 i serien Drikkevann: Smittestoffer som kan overføres via vann, Statens institutt for folkehelse, Oslo, 1989

Vannforsyningens ABC, kapittel B vannkvalitet. Folkehelseinstituttet, 2004

*Litteratur:*

Fjelland, Ragnar (1995) – “Vitenskapsteori”, Universitetsforlaget

Fjelland, Ragnar (1999) – “Innføring i vitenskapsteori”, Universitetsforlaget

Fjelland, Ragnar (1999) – ”Vitenskap mellom sikkerhet og usikkerhet”, Notam Gyldendal

Grenness, Tor (1997) – “Innføring i vitenskapsteori og metode”, Tano Aschehoug

Jakobsen, Dag Ingvar (2005) – ” Hvordan gjennomføre undersøkelser?”, Høyskole-forlaget

Kind, Per Morten (2004) – “Vitenskapelige undersøkelser – Idéhefte for prosjektrettet åpent laboratoriearbeid i fysikk”

Nygård K, Gondrosen B, Lund V. (2003): ”[Sykdomsutbrudd forårsaket av drikkevann i Norge](http://tidsskriftet.no/article/933966)”, Tidsskrift for Den norske legeforeningen   
Skrøvset, Siw og Lund, Torbjørn (1996) – “Prosjektarbeid: Fra ord til handling”, Cappelen Akademisk Forlag, Oslo  
Ødegård, Guro (2001) – “Ungdom forsker – En veiledning i prosjektsamarbeid mellom forskningsinstitusjoner og skoleverket, i anledning Forskningsdagene”, Forskningsdagene/NOVA/Norges forskningsråd

*Artikler:*

”Vann – for livet”, Iversen, P.O. og Nicolaysen, G., publisert i tidsskrift Den Norske legeforeningen, 4.12.2003

”Vann – livsviktig mangelvare”, Feiring, E., publisert i tidsskrift Den Norske legeforeningen, 4.12.2003  
”Aktuell forskning: Smitte fra drikkevannskilder”, Løge, I., publisert i Dagens Medisin, 11.2011

”Drikkevannskvalitet i perioden 2008-2010”, publisert 04.05.2011, [www.fhi.no](http://www.fhi.no/)  
*Nettsider:*

[www.fn.no/temasider/ferskvann](http://www.fn.no/temasider/ferskvann)  
[www.nysgjerrigper.no](http://www.nysgjerrigper.no)  
[www.forskningsradet.no](http://www.forskningsradet.no)  
[www.ungforsk.no](http://www.ungforsk.no)   
www.kunnskapssenteret.com › ... › [Feilkilder](http://www.kunnskapssenteret.com/categories/Markedsforskning/Feilkilder/)  
[www.miljolare.no](http://www.miljolare.no)  
www.forskningsdagene.no

*Lignende forskningsprosjekter og kartleggingsstudier:*

Birkeland, Karl Erik, Cecilie Guttormsen - “Er fjellvannet godt nok? - en undersøkelse av drikkevannskvaliteten på serveringssteder i fjellet”, fordypningsoppgave ved Norges veterinærhøgskole, kull 1995

NIVAs rapport Forskningskampanjen for skoler 2005: Bakterier i drikkevann, 2006