



Samsvarer kvaliteten på fjellvann med drikkevannsforskriften?

Karoline Olette Steinarsrud og Wietske Annechien Stel, Bø videregående skule

Når man er på fjelltur, drikker man ofte vann fra en fjellbekk. Men er vannet egentlig så rent som en tror? Prøver ble tatt fra en fjellbekk for å undersøke om kvaliteten til vannet samsvarer med kravene i drikkevannsforskriften. Drikkevannsforskriften inneholder kravene til kvalitet på drikkevann i Norge. Det ble gjennomført både kjemiske og mikrobiologiske undersøkelser i tillegg til observasjonene lukt, farge og smak. Tarmbakterien *Escherichia coli* (*E.coli*) og det samlede tallet for antall bakteriekolonier (kimtall) var de mikrobiologiske undersøkelser som ble gjennomført. De kjemiske analysene som ble gjennomført, var innholdet av grums i vannet (turbiditet), surhetsgraden (pH), fargetall og vannets ledningsevne. Testene viste at lukt, farge (utseendemessig), kimtall, ledningsevne og turbiditet var innenfor kravene i drikkevannsforskriften, mens smaken, fargetall, pH og *E.coli* testene ikke klarte, ifølge våre tester, kravene til drikkevannsforskriften.

INNLEDNING

Formålet med forsøket er å finne ut om vannet fra Finndalsåi i Seljord i Telemark, har en kvalitet i tråd med den norske drikkevannsforskriften. Drikkevannsforskriften er en forskrift hvor formålet er å beskytte menneskers helse ved å stille krav til levering av helsemessig trygt drikkevann. Forskriften gjelder ikke naturlig mineralvann og kildevann.

Det ble gjort mikrobiologiske og kjemiske tester, og observasjonene lukt, smak, temperatur og utseende ble også tatt hensyn til.

De utvalgte mikrobiologiske testene var kimtall og *Escherichia coli* (*E.coli*). Kimtall er et samlet tall for antall bakteriekolonier. *E.coli* er en tarmbakterie som befinner seg i avføring fra varmblodige organismer. Noen spesifikke typer kan føre til at man blir syk. Det er viktig å teste for kimtall og tarmbakterien, *E.coli*, fordi det gir en bra pekepinn på om vannet er forurenset eller inneholder smitte. Vannet var kaldt da testene ble tatt, og *E.coli* vil ikke utvikle seg under slike forhold. Hvis det påvises *E.coli*, vil det i så fall være på grunn av dyre- og menneskeaktivitet i nærheten av bekken. (Folkehelseinstitutt, 2017)

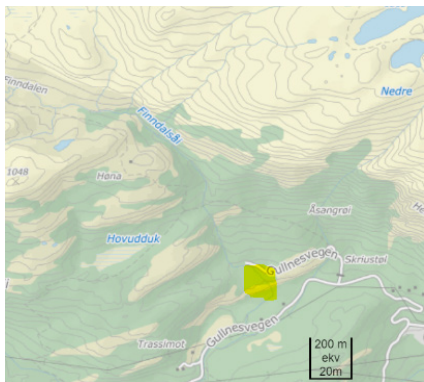
De kjemiske testene som ble gjort var; fargetall, ledningsevne, alkalinitet, surheten til vannet (pH) og turbiditet. Ledningsevne er et mål på vannets evne til å lede elektrisitet. Ledningsevnen vil være høy hvis det er mange ioner i vannet. Det er valgt å ta med denne testen, fordi den sier noe om vannets innhold av ioner og salter.

Alkaliniteten er definert som vannets innhold av ioner med base-egenskaper. Alkalinitet er vannets evne til å buffere pH-endringer ved dosering av syre ved en bestemt pH-verdi. Finsdalsåi renner gjennom et myrete område. Når alkaliteten er høy, vil vannet bedre takle svingningene i surheten fra myra og forbedre pH-en. Mengden tungmetaller i vann er svært liten. Hvis man skulle målt dette, ville usikkerheten blitt veldig stor, og en har derfor valgt å ikke ta med dette. Alkalinitet står ikke oppgitt i drikkevannsforskriften, men en valgte å ta det med, fordi det er en sammenheng mellom alkaliniteten og pH. Ved å gjennomføre tester innenfor begge disse områdene, vil det minske usikkerheten dersom de gir like resultater.

Turbiditet sier noe om hvor mye grums det er i vannet. Dette er viktig for kvaliteten til vannet fordi det ikke er ønskelig med for mye fint materiale i drikkevannet. Dette ble målt med en turbiditetsmåler. Prinsippet til en turbiditetsmåler er å sende lys gjennom væsken. Jo klarere væsken er, desto lavere turbiditet. Fargetall sier noe om guldfargen til vannet. Farge er ikke helseskadelig, vannet ser bare ikke krystallklart ut. (Forklaring til drikkevannsanalyser, 2.2 Alkalinitet i vann, 2008) Det er allikevel et krav om fargetall i drikkevannsforskriften, for at vannet skal se rent ut. For måling av fargetall brukte vi et spektrofotometer. Prinsippet til et spektrofotometer er at det sender lys på 410 nanometer gjennom en 1 centimeter bred kyvette med vann. Hvor mye lys vannet har absorbert, er et mål på farge, med enheten mg Pt/L. Man kan unngå at resultatet blir påvirket av grums i vannet ved å filtrere vannet før det kjøres gjennom spektrofotometeret. For å unngå rekontaminering (forurensing) er det viktig å gjøre mikrobiologiske tester under hygieniske forhold. Det vil si, unngå sterke luftstrømning, bruke rent utstyr, rene klær og engangshansker. Det er også viktig å ikke utføre flere tester med det samme vannet. Det må derfor hentes nok vann til alle testene, slik at vannet kun brukes én gang for hver test.

Bekken prøvene er hentet fra, renner gjennom et myrete område. I myr skjer det kjemiske reaksjoner utført av anaerobe organismer. (Henning, 2017) Dette er med på å senke pH-verdien i myra. Vi tror derfor at pH-en i bekken vil være noe lavere enn det drikkevannsforskriften sier at verdien skal være. Vi tror i tillegg at fargetallet vil være noe høyere enn verdien drikkevannsforskriften anbefaler. Dette tror vi fordi bekken renner ved myrområder, hvor det ofte er høyere konsentrasjoner av organiske forbindelser. (Folkehelseinstituttet, 2015) Alt i alt, er hypotesen vår at vannet vil samsvare med drikkevannsforskriften, med unntak av pH-verdien og fargetallet.

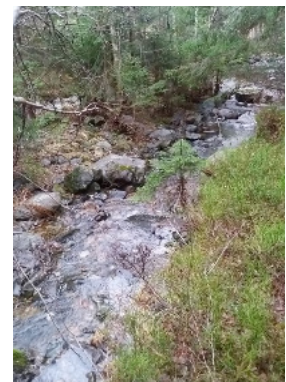
På figur 1 ser man prøvetakingsområdet markert med gult. Området rundt bekken er et turområde. Prøven ble tatt ved foten av fjellet, se figur 2. Figur 3 viser bekken Finndalsåi.



Figur 1: Oversiktskart med prøvetakingsplassen



Figur 2: Avstandsbilde av bekken som renner ned fra fjellet



Figur 3: Bekken der prøven ble tatt

METODE

Målingene som ble tatt ute i feltet, var vannets smak, temperatur, lukt og utseende. Det ble brukt to termometere for temperatur. Resultatet er gjennomsnittet av disse målingene. For de mikrobiologiske undersøkelsene (kimtall og E.coli), ble prøveflasken verken skylt eller fylt helt opp til randen. For de kjemiske undersøkelsene (Fargetall, Ledningsevne, Alkalinitet, pH, Turbiditet), ble flasken skylt en gang med vannet fra bekken, og fylt helt opp til kanten. Flaskene var sterilisert før prøvene ble tatt.

I undersøkelsen til kimtall ble det brukt vannet som var i flasken for de mikrobiologiske undersøkelsene. I undersøkelsen ble det brukt petrifilm. Først overførtes 1 ml av prøven til sentrum av Petrifilmens underdel. Deretter legges en spreder forsiktig på petrifilmen. Prøvene ble inkubert ved 30 grader i to døgn. Antall kolonier ble telt etter 24 og 48 timer.

I undersøkelsen av E.coli ble flasken med vannet for de mikrobiologiske undersøkelsene brukt. Petrifilm var hovedutstyret i denne metoden. Da overførtes det 1 ml av vannet med bruk av pipette til sentrum av Petrifilmens underdel. Deretter hvilte og fordelte delprøven seg i minst ett minutt. Etter dette ble det filtrert 100 ml av vannprøven over et sterilt papirfilter. Papirfilteret ble lagt på petrifilmen. Prøvene ble inkubert ved 37 °C. Etter 24 timer teltes antall kolonier som hadde dannet seg på matbunnen til petriskålen.

For målingen av fargetallet ble det brukt et spektrofotometer. For å kunne måle farge benyttet det to prøver med kjente konsentrasjoner på 0 og 100 mg Pt/l. Først ble destillert vann, som har en konsentrasjon på 0 mg Pt/l sendt gjennom apparatet. Deretter ble en annen standardprøve med en konsentrasjon på 100 mg Pt/l sendt gjennom spektrofotometeret. Resultatene fra målingene ble en standardkurve som ble brukt for å finne fargetallet. Mellom hver gang ble apparatet skylt med destillert vann for å minimalisere avvik. Vannprøven ble filtrert. Dette filtrerte vannet ble så sendt gjennom kyvetten. Dataprogrammet fant resultatet ved å legge sammen målingene som ble gjort med standardkurven.

For å måle ledningsevne brukes det en ledningsevne-elektrode. Elektroden var tilkoblet en data-omformer. Først ble måleutstyret kalibrert med to standarder, destillert vann, og en buffer med kjent konsentrasjon på 147 µS/cm. Disse standardene var for å komme frem til en graf. Vannprøvene ble tatt i en kyvette, og måleinstrumentet viste resultatet.

For å bestemme alkaliniteten ble det brukt en Autotitrator. Før testingen av vannprøven, ble apparatet skylt med destillert vann. Det ble pipetert ut 50,00 ml av vannprøven inn i en kolbe. Først tilsattes en indikator buffer 4, og det startet å dosere en titreringsløsning på 0,0100 mol/l HCl. Etter endring av farge ble doserte mengder HCl notert og indikator buffer 7 tilsatt. Deretter fortsatte dosering av HCl til fargeomslaget. Mengde tilsatt HCl ble notert. Ut ifra tilsatt kjent mengde HCl ble alkalinitet beregnet.

Det var et pH-meter som ble brukt for å finne pH-verdien. Før målingen ble elektroden kalibrert mot to buffere; en i pH 7 og den andre i pH 4. Mellom hver kalibrering ble utstyret skylt med destillert vann.

Til målingen av turbiditet ble det brukt en turbiditetsmåler. Først ble kyvetten vasket tre ganger med destillert vann. Etterpå, ble kyvetten tørket godt. Deretter ble kyvetten satt i måleinstrumentet, snudd rundt fire ganger med en verdi for hver retning. Deretter ble den retningen på kyvetten med lavest verdi valgt, og tre nye målinger ble gjort på samme plassen. Resultatet er gjennomsnittet av disse tre målingene.

Takk til Karin Brekke Li ved HSN for hjelp til gjennomføringen av ulike tester.

RESULTAT

Tabell 1: Resultater av Vannanalyser

Type	Resultat	Drikkevannsforskriften
Temperatur	5 ± 0,5 °C (målt på stedet)	Ikke nevnt i forskriften
Smak	Jordaktig og smak av humus	Ingen fremtredende smak
Lukt	Ingen spesiell lukt	Ingen fremtredende lukt
Farge	Klart, uten farge	Ingen fremtredende farge
Kimtall	Etter 24 timer: <ul style="list-style-type: none"> · Prøve 1: 9 · Prøve 2: 17 Etter 48 timer <ul style="list-style-type: none"> · Prøve 1: 22 · Prøve 2: 33 Kolonier per 1 ml vann	Maksimalt 100/ml
E.coli *)	1 KFE/200 ml vann	Maksimalt 0 KFE/200 ml
Fargetall	27 mg Pt/l	Maksimalt 20 mg Pt/l
Ledningsevne/Konduktivitet (ved 20 grader)	1,28 mS/m	Maksimalt 250 mS/m
Alkalinitet	0,0846 mmol/l	Ikke nevnt i forskriften
pH	6,34	6,5 - 9,5
Turbiditet **)	0,793 NTU	Maksimalt 1 NTU

*) KFE = koloniformende enhet

**) NTU =Nephelometric Turbidity Unit

DRØFTING AV RESULTAT

Det ble brukt to termometer i forsøket for å redusere usikkerheten, hvor det er gjennomsnittet av disse to som blir brukt. Men siden disse to viste større forskjell i temperatur, gir dette en usikkerhet i resultatet.

Smak, lukt og farge skulle, ifølge drikkevannsforskriften, ikke være fremtredende. Smaken var jordaktig, og smaken var derfor ikke tilfredsstillende. Lukt og farge var i overensstemmelse med drikkevannsforskriften. I disse undersøkelsene ble sanser brukt. Sanser er subjektive og det gir derfor en usikkerhet til observasjonene. Disse observasjonene er prøvetakerens subjektive mening, hvor fjellvannet ble sammenlignet med drikkevannet fra krana.

Verdien til kimtall skal helst være så lav som mulig. I følge drikkevannsforskriften under 100 kolonier per milliliter. Kimtallet fra testene av vannet i Finndalsåi lå godt under anbefalt mengde. I forsøket ble det brukt to petrifilmer, for å redusere usikkerheten. Av praktiske grunner ble ikke et varmeskap brukt i denne undersøkelsen. Dette førte til en ujevn temperatur på 32 °C ± 5 °C. Dette kan ha medført at bakteriedyrkingsforholdene ikke var optimale, og at resultatene ikke ble nøyaktige. I tillegg ble flaskene med prøvewannet oppbevart i et kjøleskap. Analysen ble gjennomført dagen etter prøvetakingen. Oppbe-

varingen kan ha ført til endringer i vannet og dermed ha påvirket de mikrobiologiske resultatene. Disse feilkildene kan altså ha påvirket resultatene av både kimtallsprøven og E.coli-prøven.

Funnet av E.coli tilsier at man ikke bør drikke vannet. Det finnes ulike typer E.coli, og det er ikke alle man blir syke av. Ut ifra testen som ble gjort, kan det ikke sies noe om hvilken type E.coli som ble funnet. Det er også flere momenter som kan være bakgrunn for funnet av bakterien. Da petrifilmene til E.coli var klar til å settes inn i et varmeskap, måtte prøvene fraktes fra Høgskolen og til videregående skole. Petrifilmene ble ikke oppbevart i en lukket pose, men en brødpose. Dette kan ha ført til at andre uønskede bakterier har kommet i nærheten av petrifilmen, og at resultatet dermed ikke sier noe om vannet, men heller omgivelsene. I tillegg kan utstyret ha blitt påvirket av miljøet, spesielt de delene av utstyret som ikke kunne steriliseres via brenning før forsøket. Utstyret kan da ha blitt smittet med E.coli eller andre bakterier fra omgivelsene. E.coli kolonien kan også ha vært «falsk». Det er ikke sikkert at det faktisk er bakterien E.coli som er på petrifilmen, men at det gjennom smitte har kommet en annen type bakterie. I undersøkelsen ble det brukt to petrifilmer, for å redusere usikkerheten. Men for et mer sikrere resultat, må det gjøres flere og enda grundigere undersøkelser. (Folkehelseinstituttet, 2017) I “Waterlogic” står det at ved påvisning av E.coli i drikkevann bør det komme ut kokevarsel, på grunn av fare for å bli sjuk. Denne skal stå i tre dager etter at det ikke lenger har blitt påvist E.coli. (waterlogic.no). Drikkevannsforskriften sier at det ikke skal forekomme noe E.coli i vannet, så hadde dette vært i et vannverk, ville kokevarsel blitt sendt ut. (Folkehelseinstituttet, 2012)

Vannet hadde litt for høyt fargetall og for lav pH, men dette var som forventet. Disse resultatene kan også ha blitt påvirket av feilkilder. Skylling av apparatur under undersøkelsene er veldig viktig. Hvis dette ikke er godt nok gjort, risikerer man feilaktige resultater. Ved pH-målingene ble en elektrode kalibrert. Her kan feilaktige verdier i kalibreringsløsningene påvirke resultatet. Drikkevannsforskriftens krav for fargetall er på maksimalt 20 mg Pt/l, og pH-verdien ligger på 6,5-9,5. I følge de gjennomførte testene, lå fargetallet på 27 mg Pt/l og pH-en på 6,34. Dette er litt for høyt fargetall, og for lav pH.

Ledningsevnen var veldig lav. Det at ledningsevnen er lav, vil si at det blant annet er få ioner og salter i vannet. Lavt innhold av salter kan komme av flere faktorer. Fjellvannet er langt i fra havet, derfor vil det ikke bli påvirket av salt-ioner på samme måte som vann rett ved havet. I tillegg hadde bekken en god vannføring. I følge nettsiden «digidexo.com» øker ledningsevnen når vannstrømmen avtar. Saltinnholdet blir påvirket av vannstrømmen, og ledningsevnen blir påvirket av saltinnholdet. Siden det da var god vannstrøm i bekken, kan dette også være noe av grunnen til at ledningsevnen var lav. Man ser igjen at kalibreringen av elektrodene kan ha ført til feilaktige resultat; hvis konsentrasjonen til bufferen var unøyaktig eller man ikke skyldte godt nok med destillert vann mellom hver kalibrering. Temperaturen spiller også en rolle ved ledningsevne (Fernando). Ved økning i temperatur øker også den elektriske ledningsevnen til vannet. «Varmt vann er mindre tyktflytende og har større elektronisk bevegelse, og gir dermed fri flyt av elektrisk strøm» (Fernando). Denne sammenhengen kan en også finne i målingene som ble gjort. Temperaturen på vannet var lav; $5\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$, og ledningsevnen hadde også en lav verdi; 1,28 mS/m. I følge drikkevannsforskriften skulle ledningsevne ha en verdi på maksimalt 250 mS/m. Flaskene ble oppbevart i kjølebag ute i feltet, og i kjøleskap ved oppbevaringen, for å prøve å holde temperaturen stabil. Allikevel kan endring av temperaturen hatt utslag for resultatet.

Alkalinitet er vannets evne til å fange opp pH-endringer. Alkaliniteten i dette vannet var svært lav. Dette betyr at det er få ioner med base-egenskaper i vannet. At alkaliniteten er lav kan bety at det er lite kalk i vannet, og derav vil vannet lettere bli påvirket av syrekomponenter. (2.2 Alkalinitet i vann, 2008, Alkalinitet i vann | Rapport i Kjemi 2) Dette ses også på den lave pH-verdien.

Turbiditeten er et mål på mengden svevepartikler i vannet. Den kan karakteriseres som nedsatt siktbarhet eller uklarhet i vannet. Det er i hovedsak mengden av fint materiale som for eksempel sand, leire og jern. (Labora, 2017, Forklaring til drikkevannsanalyser) Resultatene fra prøvene lå godt innen drikkevannsforskriften. Forskriften for norsk drikkevann sier maks 1 NTU, hvor resultatet fra undersøkelsene var en verdi på 0,793 NTU.

KONKLUSJON

Hypotesen var at resultatet kunne ha vært påvirket av myrområdet i nedbørsfeltet til bekken. Ut fra resultatene kan det se ut som at en hadde rett i sine antagelser. I følge våre tester var lukt, farge (utseendemessig), kimtallet, ledningsevne og turbiditet innenfor kravene i drikkevannsforskriften, mens smak, fargetall, pH og E.coli ikke klarte kravene til drikkevannsforskriften. Ut i fra våre undersøkelser klarte derfor ikke bekken Finndalsåi, den 1 november 2017, kravene til drikkevannsforskriften. Undersøkelsen hadde flere feilkilder, hvor det hadde vært interessant, kanskje til og med nødvendig, å ta ytterligere analyser, før man kan konkludere med større sikkerhet.

REFERANSER

- Alkalinitet i vann | Rapport i Kjemi 2.* (u.d.). Hentet 12 20, 2017 fra Studienett: <https://www.studienett.no/Oppgaver/alkalinitet-i-vann-rapport-i-kjemi-2-33383.aspx>
- Bratbak, G. (2013). BIO 101 Organismebiologi 1. Universitetet i Bergen, Norge. Hentet 11 16, 2017 fra http://biologi.uib.no/studier/files/BIO101_Kurshefte_Mikrobiologi_v2013.pdf
- Fernando. (u.d.). *Faktorer som påvirker konduktivitet i vann.* Hentet 12 20, 2017 fra Digidexo: <http://www.digidexo.com/blQLX4kR.html>
- Folkehelseinstituttet. (2012, 13 07). *Når skal det gis kokevarsel ved forurensning av drikkevann?* Hentet fra fhi.no: <https://www.fhi.no/ml/drikkevann/nasjonalt-vannvakt/rad-om-kokevarsel-ved-forurensning/>
- Folkehelseinstituttet. (2015, 12 01). *Humus i vann.* Hentet 12 20, 2017 fra fhi.no: <https://www.fhi.no/historisk-arkiv/nettpublikasjoner/06.-humus-i-vann/>
- Folkehelseinstituttet. (2017, 05 12). *Funn av E. coli i mat og vann - hva betyr det?* Hentet 11 30, 2017 fra fhi.no: <https://www.fhi.no/sv/smittsomme-sykdommer/smitte-fra-mat-vann-dyr/flere-artikler/hva-betyr-funn-av-e.coli/>
- Forskrift om vannforsyning og drikkevann (drikkevannsforskriften).* (2017, 01 01). Hentet 11 16, 2017 fra lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2016-12-22-1868>
- Henning, L. (2017, 10 17). *myr.* Hentet 05 03, 2018 fra store norske leksikon: <https://snl.no/myr>
- Kjemien stemmer. (2008). *2.2 Alkalinitet i vann.* Hentet 11 23, 2017 fra [kjemienstemmer.cappelendamm.no: http://kjemienstemmer.cappelendamm.no/elevreal/aktivitet.html?tid=1987834&sec_tid=1991052](http://kjemienstemmer.cappelendamm.no/http://kjemienstemmer.cappelendamm.no/elevreal/aktivitet.html?tid=1987834&sec_tid=1991052)
- Labora. (2017, 01 01). *Grenseverider og informasjon om de ulike parameterne i drikkevann.* Hentet 12 11, 2017 fra Labora: <https://labora.no/grenseverdier-parameterne-drikkevann/>
- Lorentzen, K. R., & Edvardsen, I. (2017, 05 12). *Slik påvirker E. coli-bakterien deg.* Hentet 11 27, 2017 fra nrk.no: <https://www.nrk.no/trondelag/slik-pavirker-e.-coli-bakterien-deg-1.13513901>
- waterlogic.no. (u.d.). *Forklaring til drikkevannsanalyser.* Hentet 11 20, 2017 fra waterlogic.no: <https://www.waterlogic.no/privat-husholdning/produkter/forklaring-paa-drikkevannsanalyse/>