

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

0 - 64/62.

Redegjørelse for resultatene av  
en kjemisk undersøkelse av vannet i  
Mandalselvas nedbørfelt.

Saksbehandler: Cand.real. J.E. Samdal.

Rapporten avsluttet 19. oktober 1964.

Opplest i retten 20/10 1964.

## 1. INNLEDNING OG GENERELL ORIENTERING.

Forandring av vanns kjemiske kvalitet ved oppdemning har i mange år vært av praktisk betydning. Særlig stor praktisk betydning har slike forandringer hatt i forbindelse med vannverksprosjekter, idet vannkvaliteten i kjemisk henseende i drikkevann og industrivann ofte har stor betydning. Problemer i forbindelse med kvalitetsforandring av vann ved oppdemning har for vannverksformål særlig hatt betydning i forbindelse med bygging av renseanlegg, og dessuten har slike spørsmål hatt interesse i forbindelse med renselanleggs virkemåter. Det er særlig eventuell skning av vanns innhold av organiske stoffer som har vært av interesse i forbindelse med kvalitetsforandringer av vann for vannverksformål. På tross av at interessen for kvalitetsforandringer i forbindelse med vannverk tidligere har hatt betydelig praktisk interesse synes det ikke å ha vært utført, hverken her i landet eller i utlandet, særlig store og inngående undersøkelser av disse problemer. Imidlertid har man alltid antatt at oppdemning og oversvømming av land, vegetasjon, myr og fjell har betydning for vannkvaliteten, slik at denne forverres. Særlig har det vært en utbredt oppfatning at kvalitetsforverringen er markant i tiden etter oppdemningen, men etter hvert har man antatt og mener å ha erfaring for at kvalitetsforandringene utjevnes med årene. Denne antakelse er rimelig fordi det i den oversvømmede landsone foreligger en viss mengde stoffer (uorganiske og organiske) som kan tenkes å gå i oppløsning. Man må altså forestille seg at det meste av den mengde stoff som kan oppløses i de oversvømmede landområder går i oppløsning i den første tid etter oppdemningen. Når det gjelder særlig store vannstandsreguleringer kan det tenkes at den stadige regulering, d.v.s. pulsering mellom høy og lav vannstand kan føre til at materialet fra den oversvømmede sone kan lettere påvirke vannet både når det gjelder svevepartikler og direkte oppløste stoffer.

Vi vil ikke legge skjul på at våre undersøkelser og resultatene av disse har vært sterkt preget av tidspresset i denne sak. Undersøkelsene har vært lite rutinepreget, og opplegget for feltarbeidet og den senere bearbeidelse av resultatene har krevet betydelig arbeidsinnsats.

## 2. VANNKJEMI, VANNETS SURHETSGRAD OG DISSOSIERTE IONER I VANN.

I oppløst tilstand i vann foreligger alle elementer som ioner. Elementet natrium, kjemisk tegn Na, foreligger derfor i vann ikke som natrium men som  $\text{Na}^+$  ion. I vanlig koksalt  $\text{NaCl}$  foreligger det i fast form også  $\text{Na}^+$  og  $\text{Cl}^-$  ioner, og bindingen mellom natrium og klor i koksalt består nettopp av en binding som kalles ionebinding, og som er representert ved natrium og klors evne til å danne ioner. Man kan altså oppfatte elementenes ioner som elementet selv minus (eller pluss) et elektron, og ionet får derved for metallets vedkommende (kationene) en positiv ladning. Kationer er således positivt ladde elementarpartikler i vann. An-icnene er tilsvarende negativt ladde elementer av syrerester, eksempel på anioner er f.eks. kloridet  $\text{Cl}^-$ . Utad er jo vann elektrisk nøytralt, og i elektrisk henseende må det således foreligge like meget kationer som anioner i oppløsning. For å uttrykke i atomkjemisk henseende at det foreligger like meget kationer som anioner har man vært nødt til å innføre det såkalte ekvivalensbegrep, som gjør det mulig å uttrykke anioner og kationer ved en felles enhet i såkalte ekvivalenter, slik at man kan få et mål for anioner og kationer fra en felles enhet (ekvivalenter). Man kan uttrykke slike ekvivalenter på gram, milligram eller mikrogram-basis og får da henholdsvis gramekvivalenter, milligramekvivalenter og mikrogramekvivalenter (mikroekvivalenter).

Visse forbindelser som f.eks. koksalt kan tenkes dannet ved reaksjon mellom sterk base, natriumhydroksyd  $\text{NaOH}$ , og en sterk syre som saltsyre  $\text{HCl}$ , og danner da  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ . Slike forbindelser har liten betydning for vanns surhet. Andre salter som f.eks. kalsiumbikarbonat  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  har større betydning for vannets surhetsgrad, idet slike salter, som kan tenkes oppstått av sterke baser (kalsiumhydroksyd  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) og svake syrer (kاربonsyre  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) vil hydrolysere under dannelse av hydroksylioner  $\text{OH}^-$  som man antar er bærer av vannets alkaliske egenskaper. Hydrogenion ( $\text{H}^+$ ) er bærer av vannets sure egenskaper. Vannets surhet er altså resultatanten av mengden  $\text{H}^+$  og  $\text{OH}^-$  ioner i vann. Når vann inneholder meget  $\text{H}^+$  ioner er det surt, og når vannet inneholder meget  $\text{OH}^-$  ioner er det basisk. Relasjonen mellom  $\text{H}^+$  ioner og  $\text{OH}^-$  ioner sier at produktet av disse ioner alltid er

konstant og lik  $10^{-14}$ . Man får altså konsentrasjonen av  $H^+$  ioner ganger konsentrasjonen av  $OH^-$  ioner ( $H^+$ ) ( $OH^-$ ) =  $10^{-14}$ . Denne relasjon gjelder når  $H^+$  ionene og  $OH^-$  ionene uttrykkes i gram molekyler pr. liter vann.

For måling av surhetsgrad er det hensiktsmessig å benytte den ene av de to parametere som har betydning ( $H^+$  eller  $OH^-$ ), og man har valgt å bruke  $H^+$  som en felles betegnelse for hva som foreligger av  $H^+$  og  $OH^-$  ioner: vannets surhetsgrad. Nå er negative potenser upraktiske tall å arbeide med, og man har derfor innført den negative logaritme til  $H^+$ -konsentrasjonen, d.v.s. man setter at  $pH = -\log H^+ = \log \frac{1}{H^+}$ . På denne måte får man at  $(H^+) = 10^{-pH}$ . Når det fins like meget  $H^+$  ioner som  $OH^-$  ioner i vannet er  $H^+ = OH^- = 10^{-7}$ , og  $pH = 7$ , og oppløsningen har nøytral reaksjon. Hvis  $H^+$  er større enn  $10^{-7}$ , da er  $pH$  mindre enn 7 og oppløsningen har sur reaksjon. Tilsvarende, hvis  $H^+$  er mindre enn  $10^{-7}$ , er  $pH$  større enn 7 og oppløsningen eller vannet har basisk reaksjon.

I visse oppløsninger eller vann kan innholdet av bikarbonater og karbonater bli så høyt at man ved syre respektive basetilsetning ikke forandrer  $pH$  nevneverdig. Man sier ofte at slike oppløsninger har stor bufferkapasitet, d.v.s. de har en evne til å motsette seg forandring av surhetsgraden.

Måling av  $pH$  foregår med moderne instrumenter ved bruk av potensialmålinger mellom glasselektroder og kalomelelektroder. Slike målinger er kurante instrumentanalyser, innstillingen av potensialet i elektrolyttfattig vann er imidlertid særlig langsom. I elektrolyttfattig vann må man derfor regne med lang ventetid for å få målt  $pH$ -potensialer, og ventetiden kan i mange tilfeller være opptil 15 minutter før potensialet innstiller seg.

### 3. TIDLIGERE UNDERSØKELSER AV KVALITETSFORANDRINGER VED OPPDEMNING.

Vi har innledningsvis nevnt at det foreligger få undersøkelser av vannkvalitetsforandringer ved oppdemninger, og slike undersøkelser har ikke i vesentlig utstrekning vært utført for å påvise forandringer som har med  $pH$  å bestille. I Tennebekktjern i Laksevåg kommune er det nylig gjennomført av vårt institutt en undersøkelse av vannkvalitet, og resultatene av denne undersøkelsen

tyder på at det har inntrådt en betydelig kvalitetsforverring av vannet i Tennebekktjern etter oppdemningen. Problemstillingen i Tennebekktjern var en ganske annen enn i Mandalselva, og det er derfor ikke mulig å angi konkrete tall for denne kvalitetsforverring. Tennebekktjern er en ganske liten innsjø med et totalvolum på 450 000 m<sup>3</sup>, slik at denne innsjøen representerte et lett kontrollerbart system, i motsetning til større innsjøer som er vanskelige å holde kontroll med når det gjelder undersøkelser av denne art.

I Aurevannsmagasinet i Bærum kommune har det også ganske nylig (1959) vært foretatt betydelig oppdemning (12 m), og atskillige mengder land ble satt under vann, og en betydelig kvalitetsforandring av vannet gjorde seg gjeldende. Kvalitetsforandringen var særlig merkbar når det gjaldt vannets innhold av organiske humuskomponenter:

En del middelveier fra Aurevann (oppfylling påbegynt høsten 1959).

År	N	pH	N	Ledn.evne	N	Farge	N	Turbiditet
1958	1	6,3	1	2,81	2	37	-	-
1959	3	6,3	2	4,20	5	45	5	0,86
1960	39	6,0	18	2,57	45	46	30	1,19
1961	10	6,2	7	2,58	42	49	12	0,72
1962	11	6,2	11	2,25	55	47	10	0,64
1963	9	6,1	9	2,40	9	44	8	0,83
1964	5	6,3	5	2,40	5	37	2	0,57

Man vil forstå av den ferutgående utredning at den kvalitetsforandring av vann ved oppdemning lett kan tenkes å foregå, og har til dels vært påvist i de senere år i enkelte vannmagasiner her i landet. Det ligger imidlertid i sakens natur at det er lettere å påvise slike forandringer i tiden like etter oppdemningen, fordi forandringene da vil være av en annen størrelsesorden enn det man må vente etter lengre tids innvirkning.

4. RESULTATENE AV VÅRE UNDERSØKELSER I MANDALSELVAS NEDBØRFELT.

Våre undersøkelser i Mandalselvas nedbørfelt er en korttidsundersøkelse av rene kjemiske forhold i oppdemmede og ikke opp-

demmede innsjøer. Resultatene er antakelig i en viss utstrekning preget av at det er gått atskillig tid siden oppdemningene ble foretatt i Langevatns og Juvatns magasiner, idet det kan tenkes at virkningen av reguleringen var mer utpreget like etter at den ble foretatt. Egentlig skal undersøkelser av den foreliggende art foretas på en slik måte at når man bestemmer sammensetningen av vannet i innløpet så skal sammensetningen av det samme vann bestemmes i utløpet, eller man må legge opp en metodikk som gjør forholdsregler av denne art unødvendige. Det kan nevnes at merking av vannmassene kan være nødvendig for mer inngående undersøkelser, slik at man alltid vet hvilke vannmasser man egentlig tar prøver av.

Såpass inngående undersøkelser kunne ikke utføres innenfor den foreliggende tidsramme.

Vi vil også gjøre oppmerksomme på at Ljoslandsvatn og Breidlandsvatn i og for seg ikke er gode eksempler på uregulerte innsjøer, idet tillopet til disse innsjøene fra Langevatn er overført i tunnel til Nåvatn, slik at Ljoslandsvatn og Breidlandsvatn indirekte må tenkes å være påvirket av regulering.

Når det gjelder pH som har vært trukket sterkest frem i forbindelse med regulering i Mandalselva, viser således Ljoslandsvatn ingen forskjell mellom innløp og utløp mens elektrolyttinnholdet er størst i utløpet. pH-målingene i de tilsvarende stasjoner i Breidlandsvatn hverken understøtter eller forkaster det vi har funnet i Ljoslandsvatn, idet disse målinger ikke er sammenliknbare for pH's vedkommende. Når det gjelder innhold av elektrolytter er imidlertid innholdet mindre i utløpet av Breidlandsvatn enn i innløpet, mens det i Breidlandsvatns hovedvannmasser er mer elektrolytter tilstede enn i innløpet.

Vi har ikke påvist noen forskjell i pH mellom innløp og utløp i Langevatn, og våre målinger av elektrisk ledningsevne, farge, og turbiditet gir ikke grunn til å anta at en slik forskjell eksisterer. Derimot har vi påvist en liten, men sikker senkning av pH fra innløp til utløp i Juvatn, mens fargen er mindre i utløpet enn i innløpet. Vannets pH i Juvatns hovedvannmasser er imidlertid noe høyere enn i innløpet, og vi tillegger ikke derfor forskjell mellom innløp og utløp særlig stor betydning. I Langevatn, Nåvatn, Skjerkevatn-systemene har vi funnet en markant og sikker

senkning av pH fra utløp Langevatn til utløp ved Skjerka kraftstasjon. Tidsfristen for undersøkelsen og praktiske vanskeligheter har imidlertid ikke gjort det mulig for oss å undersøke Nåvatns øvrige nedbørfelt særlig inngående (Skjerkas tillop). Vi har målt pH av noen få prøver fra Storevatn, og da disse viser ekstremt lav pH vil vi anta at det i Nåvatns nedbørfelt naturlig fins tilsigsvann som har lav pH, og vi kan derfor ikke tillegge senkningen av pH mellom Langevatns utløp og Skjerka kraftstasjon en slik vekt at det har direkte sammenheng med Nåvatnsystemenes regulering.

Vi har påvist meget god overensstemmelse mellom pH i vannet fra vannmagasinene i Mandalselvas nedslagsfelt og den pH som vi virkelig har målt i Mandalselva ved Finnså. Elektrolyttinnholdet i Mandalselva ved Finnså er imidlertid betydelig høyere enn det vi finner i regulerte og uregulerte magasiner i Mandalselvas nedbørfelt. Dette kan vanskelig tolkes på annen måte enn at tilsigsvannet mellom Ørevatn og Finnså inneholder betydelig mer elektrolytter enn det som fins i de undersøkte regulerte og uregulerte magasiner, og dette tilsigsvannet må være temmelig surt. Vi har også sammenliknet Mandalselva med Topdalselva og finner her markant høyere pH.

På grunnlag av våre undersøkelser må vi konkludere med at vi ikke har påvist sikker sammenheng mellom kvalitetsforandringen i kjemisk henseende av vann idet det passerer regulerte eller uregulerte magasiner, og vi kan i alle fall ikke påvise slike forskjeller når det gjelder vannets pH, d.v.s. signifikante forskjeller. Det kan tenkes at våre undersøkelser er foretatt for lenge etter at oppdemningen ble satt i verk, og at det derfor er vanskelig å påvise forandringer av vannet som følge av regulering. Videre kan våre resultater være preget av at det er foretatt en korttidsundersøkelse, slik at man bare har analysert vann som representerer en spesiell situasjon i vassdraget. I alle fall kan vi ikke på grunnlag av vår korttidsundersøkelse konkludere med at vannet forandres i kjemisk henseende ved regulering. Det er mulig at man ved en langtidsundersøkelse som måtte omfatte tiden før og etter reguleringen kunne få resultater som muliggjorde en sikrere konklusjon.