

262

( I )

RANDSFJORDEN OG TYRIFJORDEN

Vannkvalitet og forurensningspåvirkning

Notat pr. 25. februar 1970

ved cand.real. Hans Holtan

De generelle forhold i Randsfjorden, Tyrifjorden og Drammensvassdraget er beskrevet i vår utredning for Østlandskomiteén av 1967.

Rapport 1. Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster. Del 3. Mjøsa, Hurdalssjøen, Øyeren, Randsfjorden, Tyrifjorden, Norsjø.

Blindern, desember 1967.

Rapport 1. Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster. Del 2. Drammensvassdraget.

Blindern, desember 1967.

Etter at undersøkelsen for Østlandskomiteén var avsluttet, ble det etter oppdrag fra Samarbeidskomiteén for Oslo kommune og Akershus fylke også i 1968 samlet inn observasjonsmateriale fra Randsfjorden og Tyrifjorden. Det foreligger derfor nå et betydelig kjemisk datamateriale fra de to innsjøer.

De faste prøvetakingsstasjoner i de to innsjøer var følgende:

- Randsfjorden: St. 1: Randsfjorden syd: Midt i fjorden utenfor Roen.  
" 2: Randsfj. største dyp: Midt i fjorden utenfor Eidtangen.  
" 3: Randsfjorden nord: Midt i fjorden utenfor Roa.
- Tyrifjorden St. 1: Midt i fjorden utenfor Skaret. Homledal.  
" 2: Midt mellom Midtøya og Kvisla (Sylling).  
" 3: Midt mellom Frognoya og Askerud.  
" 4: Tangen og Gornes (utløp Storelva).  
" 5: Midt mellom Drolsum og Tangerud (retning Vikersund).

Stasjonsplasseringen går forøvrig frem av figur 1.

25. febr. 70

Tabell 1 viser middelveidene for en del kjemiske komponenter på de nevnte stasjoner.

Tabell 1. Randsfjorden og Tyrifjorden. Kjemiske analyseresultater  
Middelveidier 1967 - 1968

Kjemiske komponenter	Randsfjorden			Tyrifjorden				
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
pH	7,2	7,2	6,9	6,95	6,99	7,04	7,03	7,05
Spes.el.ledningsevne, µS/cm, 20°C	38,8	37,2	27,3	32,6	32,6	32,0	31,8	31,3
Farge, mg Pt/l	16	17	24	15	15	16	17	17
Turbiditet, mg SiO <sub>2</sub> /l	0,6	0,6	1,4	0,6	0,9	0,8	1,1	1,1
KMnO <sub>4</sub> -fall, mg O/l	3,2	3,4	3,8	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1
Jern, µg Fe/l	35	43	104	33	38	35	39	40
Mangan, µg Mn/l	8	12	35	<5	<5	<5	<5	<5
Klorid, mg Cl/l	1,2	1,2	0,9	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2
Orto-PO <sub>4</sub> , µg P/l	3	4	4	4	5	3	4	3
Total-P, µg P/l	10	13	11	9	11	9	10	9
Nitrat, µg N/l	224	211	104	169	160	159	152	145
BFA, µg N/l	150	120	150	130	140	130	110	150

Som det går frem av denne tabell, er det betydelige forandringer i vannets kjemiske forhold sydover i Randsfjorden. Både vannets pH og elektrolytiske ledningsevne er således noe høyere i de sydlige områder enn lenger nord. Vannets innhold av partikulært og organisk materiale, som jern og mangan, er derimot størst i de nordlige områder. Fosfor- og nitrogeninnholdet er overalt relativt lavt. Årsaken til de nevnte variasjoner er at innsjøen får tilskudd av elektrolyttrikt vann i de sydlige områder. Dessuten foregår det en betydelig nedbrytnings- og selvrensingsprosess sydover i innsjøen.

I Tyrifjorden er det liten forskjell i de kjemiske forhold på de forskjellige stasjoner. Dette henger sammen med at mesteparten av tilsigsvannet kommer dels fra Randsfjorden og dels fra Sperillen hvor de kjemiske forhold er blitt godt utjevnet. Vannets kjemiske sammensetning ved utløpet av Storelva er derfor relativt ensartet hele året i gjennom.

Ut fra det foreliggende analysemateriale synes det som om de sydlige områder av Randsfjorden og Tyrifjorden har en praktisk talt ensartet vannkvalitet. Vannets pH er således ca. 7,0, og elektrolyttinnholdet tilsvarer en elektrolytisk ledningsevne på mellom 30 og 40 $\mu$ S/cm. Fargeverdiene varierer i området 15 - 17 mg Pt/l, mens middelverdiene for  $\text{KMnO}_4$ -tallet begge steder er 3,2 mg O/l. Med hensyn til vannets innhold av plantenæringsstoffer synes det også som om forholdene er noenlunde ensartede, og verdiene for fosfor- og nitrogenforbindelser er relativt lave.

#### DISKUSJON AV DE FYSISK-KJEMISKE FORHOLD

##### Tyrifjorden:

Det som særpreger Tyrifjordens vannmasser kjemisk sett er som allerede nevnt, relativt konstante forhold både med hensyn til tiden og med hensyn til observasjonsstedene. Til tross for det store observasjonsmateriale som nå foreligger fra innsjøen, kan man ikke konstatere forskjeller i vannets kjemiske kvalitet på de forskjellige steder, som er statistisk sikre. I enkelte perioder som f.eks. om våren og sommeren, kan det synes som om de kjemiske forhold i de nordvestlige deler av innsjøen, særlig i overflatelagene, er noe avvikende fra forholdene i de øvrige deler av innsjøen, men forskjellene er som nevnt meget små. De konstante kjemiske forhold i Tyrifjorden har sammenheng med at hovedtyngden av tilsigsvannmassene må passere store innsjøer. Begnavassdraget passerer således en rekke større innsjøer, blant andre Sperillen før den renner sammen med Randselva som også kommer fra en stor innsjø, Randsfjorden. Den teoretiske oppholdstid i de to nevnte innsjøer er henholdsvis ca. 210 døgn og ca. 3,3 år, og de vil derfor i vesentlig grad bidra til en utjevning av de kjemiske forhold i vassdraget. Middelvannføringen i Begna og Randselva etter samløp utgjør over 90% av den midlere avrenning fra Tyrifjorden. Eventuelle variasjoner i vannkvaliteten i tilsigene fra det lokale nedbørfelt spiller derfor i denne sammenheng en underordnet rolle.

De vesentligste kilder når det gjelder vassdragets innhold av kjemiske komponenter, også forurensningskomponenter, er følgende:

1. Nedbørkjemiske forhold.
2. Berggrunnen og løsavsetningenes konsistens.
3. Skog- og jordbruksvirksomhet.
4. Utslipp av kloakkvann.
5. Utslipp av industrielt avløpsvann.

Som et eksempel på hva de nedbørkjemiske forhold kan bety for avrenningsvannets kjemiske sammensetning, er årsmiddelverdiene for de foreliggende data for svovel, klorider, nitrater og ammonium på de 3 nærmeste nedbørkjemiske stasjoner angitt i tabell 2.

Tabell 2. Årsmiddelverdier for nedbørkjemiske data i tidsperioden 1955 - 1966 (mg/m<sup>2</sup>)

Stasjon	Svovel -S-	Klorid -Cl-	Nitrat NO <sub>3</sub> -N	Ammonium NH <sub>3</sub> -N
Fanaråken	359	446	56	92
Kise, Hedmark	584	183	114	128
Dalen, Telemark	516	349	115	92
Middel	426	326	95	104

I et så stort område som det her er snakk om, vil selvsagt nedbørens innhold av forskjellige kjemiske komponenter variere. Nedbørens bidrag til vannets innhold av de ovenfornevnte komponenter er beregnet ut fra middelverdiene for disse stasjoner.

Tabell 3. Nitrat, ammonium, sulfat, klorid. Nedbørens og kloakkvannets bidrag samt middelverdier for observasjonsresultater på st. 5 (Vikersund)

	Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	Klorid mg Cl/l	Nitrat µg N/l	Ammonium µg N/l	Tot. nitrogen µg N/l
Tilskudd fra nedbør	2,66	0,59	173	189	362
" " boligkloakk		0,06			70
Tilsammen		0,65			432
Middelverdier, st. 5	4,3	1,2	145	150	295

Av dette går det frem at over halvparten av vannets innhold av sulfater og klorider stammer fra nedbøren. Kloakkvannets (ca. 85000 personer) bidrag til vannets innhold av klorider er lite, dvs. ca. 5%. Den øvrige andel (ca. 46%) må stamme fra marine avsetninger i den nedre del av nedbørfeltet. Avløpsvannet fra boligkloakken representerer 70µg N/l som total nitrogen, tilsvarende ca. 24% av vannets totale innhold av denne komponent. At nedbørens andel er større enn avrenningsvannets reelle innhold, må ses i sammenheng med:

1. At de nedbørkjemiske forhold varierer fra tid til tid.
2. Den store vannomsetning i nedbørfeltet som nødvendigvis må medføre en omsetning av nitrogenforbindelser f.eks. i jordsmonn, vegetasjon osv.

Foreløpig foreligger ingen data om nedbørens innhold av fosforforbindelser. Hvis man beregner boligkloakkvannets bidrag til vannets innhold av totalfosfor på samme måte som ovenfor, skulle avrenningsvannet fra Tyrifjorden inneholde ca. 22µg total P/l. Imidlertid holdes fosforet i stor utstrekning tilbake i jordsmonnet og vassdraget før det når Tyrifjorden. Selv det fosfor som tilføres innsjøen direkte via kloakkledninger, vil i stor utstrekning sedimentere lokalt, og således i liten grad bidra til en økning av vannets fosforinnhold i selve hovedvannmassene. Hvis vi antar at kloakkvann fra ca. 20000 mennesker føres direkte ut i Tyrifjorden og Storelva, ville dette bety en tilførsel på 28 tonn fosfor pr. år. Sett i forhold til den midlere avrenning skulle dette bety en forøkning av vannets fosforinnhold på ca. 5µg P/l, men som sagt vil mesteparten av disse fosformengder sedimentere utenfor avløpsledningenes utmunningsområder hvor det i første omgang ikke vil gjøre nevneverdig skade. Ut fra disse betraktninger og på grunnlag av professor Strøms undersøkelse fra 1930 (Strøm: Tyrifjord. A limnological study. Skr. utg. av Det N. Vit.-Ak. i Oslo. 1. Mat.-Nat. Kl. 1932. No. 3) vil vi anta at kloakkvannstilførselen til Tyrifjorden i dag representerer en forøkelse av vannets fosforinnhold på ca. 3µg P/l. Fosfortilførselen fra jordbruket og industrien er sannsynligvis liten sammenliknet med de verdier som er nevnt ovenfor.

Oksygenmetningen i Tyrifjorden er relativt stabil i løpet av en årssyklus. De noe høyere metningsverdier i epilimnion om sommeren enn om vinteren har sammenheng med at vannmassene står i kontakt med luften. Algenes fotosynteseaktivitet spiller en viss rolle for produksjon av oksygen i overflatelagene. Vannets pH-verdi og forbruk av nitrater i denne

periode, tyder på at produksjonen kan være av betydning. Forbruket av oksygen i dyplagene som følge av nedbrytning av organisk materiale var overalt lite. En sammenlikning med professor Strøms observasjonsmateriale fra 1930 viser at oksygeninnholdet i dypvannsmassene i Holsfjorden er omtrent det samme nå som den gang. Ved begge anledninger var vannets oksygeninnhold under 1 cm<sup>2</sup> fra 100 til 250 meter, 150 - 160 mg. Oksygenforbruket i den samme vannsøyle under sommerstagnasjonsperiodene ble av Strøm beregnet til ca. 0,42 mg/cm<sup>2</sup> pr. måned, mens forbruket i 1967 var 0,35 mg/cm<sup>2</sup> pr. måned. Dette viser at dypvannsmassenes innhold av organisk stoff var omtrent det samme i 1930 som i 1967. Selv om dette er to enkeltår, kan man likevel slutte at planktonproduksjonen i selve innsjøen i liten grad har endret seg under denne tidsperiode.

Randsfjorden:

Med hensyn til Randsfjordens belastning med forurensninger, i første rekke fosfor- og nitrogenforbindelser, kjenner vi heller ikke her de kvanta som direkte tilføres innsjøen. Vi vil derfor i det følgende foreta en sammenlikning mellom Randsfjorden og Tyrifjorden med hensyn til de fosfor- og nitrogenmengder befolkningen og jordbruket i de respektive nedbørfelter representerer i forhold til den midlere avrenning fra lokalitetene.

Tabell 4. Randsfjorden og Tyrifjorden. Produksjon av fosfor og total nitrogen  
(Randsfjorden: 58,6 m<sup>3</sup>/sek, Tyrifjorden: 170 m<sup>3</sup>/sek)

	Randsfjorden		Tyrifjorden	
	Totalt nedbørfelt	Lokalt nedbørfelt	Totalt nedbørfelt	Lokalt nedbørfelt
Dyrket mark, km <sup>2</sup>	205	140	454	112
Antall mennesker	35300	26500	84200	29500
Total P fra dyrket mark, kg/d	8	5,6	18	4,5
Total P fra mennesker, kg/d	141	106	337	118
Total N fra dyrket mark, kg/d	248	170	550	135
Total N fra mennesker, kg/d	427	320	1019	357
Næringssalter i forhold til midlere avrenning:				
Total P fra dyrket mark, µg P/l	1,6	1,1	1,2	0,3
Total P fra mennesker, µg P/l	28	21	23	8
Sum P, µg P/l	29,6	22,1	24,2	8,3
Total N fra dyrket mark, µg N/l	49	34	37	9
Total N fra mennesker, µg N/l	84	63	69	24
Sum N, µg N/l	133	97	106	33

(Det lokale nedbørfelt for Randsfjorden tilsvarende totalt nedbørfelt med unntak av Dokka og Etnas nedbørfelt. Det lokale nedbørfelt for Tyrifjorden er her hele nedbørfeltet nedenfor Sperillens og Randsfjordens utmunningsområde.)

Betraktet på denne måten synes det som om Randsfjorden er langt sterkere utsatt med hensyn til forurensningens virkninger enn Tyrifjorden. Dette har sin årsak i avrenningsvannmengdene som er 3 ganger så store for Tyrifjorden som for Randsfjorden. Størsteparten av de tilførte fosformengder lagres eller akkumuleres i innsjøenes bunnsedimenter. Her vil det imidlertid ikke gjøre noen skade, før det blir dannet et nytt oksygenfattig eller reduktivt miljø. Da først vil fosforet på nytt bli frigitt og kan i enkelte perioder nå overflatelagene hvor det vil stimulere produksjonen. Det foreliggende observasjonsmateriale viser imidlertid at verdiene både for total P og total N også i dag er noe høyere i Randsfjorden enn i Tyrifjorden. Hvilken betydning dette har rent produksjonsmessig har vi dessverre ingen oppgave over.

Undersøkelsen har vist at Randsfjordens og Tyrifjordens hovedvannmasser kjemisk sett foreløpig er relativt lite påvirket av forurensning. Vi har imidlertid mange skremmende eksempler på at dette forhold kan endre seg hurtig. De store sjøer i Nord-Amerika, Bodensjøen, Gjer-sjøen i Akershus og Mjøsa er typiske eksempler på hvordan innsjøer i løpet av noen få år kan endre karakter som følge av forurensningstilførsler. Årsakene til at Randsfjorden og Tyrifjorden ikke er mer berørt, har sammenheng med at belastningen foreløpig har vært relativt liten. Dessuten er forurensningene i stor utstrekning blitt tilført tilløpene, slik at disses selvrensningsevne i vesentlig grad har redusert forurensningstilførslene til innsjøene.

#### BAKTERIOLOGISKE UNDERSØKELSER

De bakteriologiske analyseresultater viser at vannets innhold av bakterier er lavt om vinteren og betydelig høyere om sommeren. Særlig synes det som om de bakteriologiske forurensninger øker utover høsten. I Randsfjorden var bakterieinnholdet størst i de sydlige områder.

I Tyrifjorden var vannets innhold av bakterier alltid noe større enn i Randsfjorden. Særlig synes det som om vannmassene innerst i Holsfjorden (ved Sylling) og i Tyrifjorden utenfor Storelva (i mindre grad

også henimot Vikersund) er utsatt for slike forurensninger. Utenfor Storelva var colitallet til sine tider (vår og høst) over 200 på enkelte dyp. Ut fra den metode som ble brukt ved bestemmelsen, kan de coliforme bakterier ha sin årsak i forurensning av kloakkvann, men de kan også stamme fra andre gjødselstoffer og jord. De høyere verdier for coliforme bakterier om sommeren og høsten enn om vinteren, behøver således ikke å bety at kloakkvannstilførselen varierer fra tid til tid. Derimot er det mer nærliggende å tolke variasjonene som en følge av temperaturforandringer og variasjoner i avrenningen fra jordbruksområder. De bakteriologiske analyseresultater tyder på at Storelva i relativt liten grad blander seg i Holsfjordens hovedvannmasser. De høye bakterietall på st. 2 (ved Sylling) har sammenheng med lokale utslipp av kloakkvann fra Syllingområdet. Badevirksomheten i dette området har sannsynligvis også en viss betydning.

#### FORELØPIGE VURDERINGER

Undersøkelsen har vist at de kjemiske forhold er relativt ensartede over hele Tyrifjorden. Det er heller ikke vesentlige endringer i den kjemiske vannkvalitet mot dypet. Sammenliknet med situasjonen i 1930 synes det også som om de kjemiske forhold har forandret seg lite.

De kjemiske forhold i Randsfjorden forandrer seg betydelig fra nord mot syd. Dette har i det vesentligste sammenheng med de geologiske forhold i nedbørfeltet og vannmassenes oppholdstid i de forskjellige innsjøavsnitt. Kjemisk sett forbedrer således vannkvaliteten seg sydover i innsjøen. Det kjemiske observasjonsmaterialet tyder på at hovedvannmassene også i Randsfjorden foreløpig er lite påvirket av forurensningstilførsler.

Den generelle hovedkonklusjon av undersøkelsen må derfor bli at det hverken i Randsfjordens eller Tyrifjordens hovedvannmasser foreløpig er tegn som tyder på at innsjøene står foran en umiddelbar eutrofierende utvikling.

Den videre utvikling i innsjøene er selvsagt nøye knyttet sammen med hvordan de vil bli utnyttet, og hvilke retningslinjer som vil bli fulgt med hensyn til virksomheter i nedbørfeltet. Erfaringene viser at selv store vannforekomster som f.eks. Bodensjøen, De store sjøer i Nord-Amerika og for den saks skyld også Mjøsa, hurtig kan forandre karakter som følge av at de i utstrakt grad blir brukt som resipienter for avløpsvann.



Hvis den nåværende vannkvalitet i Tyrifjorden og Randsfjorden skal bevares, er det nødvendig at all virksomhet og planlegging i området avstemmes etter dette krav. Dette betyr blant annet at det må stilles høye og bestemte krav til behandling og disponering av avløpsvann og forurensningsmateriale.

Hovedvannmassene både i Tyrifjorden og Randsfjorden er foreløpig kjemisk sett velegnet som råvann for drikkevannsforsyninger. På bakgrunn av den nåværende situasjon skulle vi anta at filtrering og svakklorering vil være tilstrekkelig rensetekniske tiltak for en rekke år fremover. Hvilke rensetekniske tiltak som etter hvert vil bli nødvendige, henger nøye sammen med det som er sagt ovenfor angående bruken av innsjøene og deres nedbørfelt. Hvor og i hvilke dyp eventuelle drikkevannsinntak bør plasseres, bør vurderes i hvert enkelt tilfelle.

I henhold til det som er sagt ovenfor, vil vi anbefale at innsjøene i så liten grad som mulig direkte brukes som resipienter for avløpsvann. Dette betyr at elver, vassdrag og kanskje mindre vannforekomster i den grad det er forsvarlig ut fra lokale interesser, benyttes som resipienter, slik at deres selvrensningsevne i en viss grad kan utnyttes. Skulle imidlertid den videre utvikling i området medføre for stor belastning på de lokale vassdrag, kan problemet på nytt tas opp til vurdering med tanke på andre muligheter for disponering av avløpsvannet.

Arbeidet med å sanere kloakk- og avløpsvannforholdene i området må forseres, slik at man snarest mulig kan få problemene under kontroll. Dette gjelder både ledningsnett og renseanlegg.

Uansett resipient (elv, bekk eller innsjø), vil etter vår mening den eneste forsvarlige rensemetode for kommunalt avløpsvann være høygradige anlegg med fjerning av plantenæringsstoffer. Dette under forutsetning av at målsettingen er å bevare innsjøenes tilstand omtrent slik den er i dag.