VN - RAPPORT 1-72

STATISTISK ANALYSE AV

pH-DATA FRA SIRA-KVINA-VASSDRAGENE

Cand. real. Pål Mellquist

NORGES
VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN
Vassdragsdirektoratet
Kontoret for landskapspleie og naturvern

NORGES
VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN
BIBLIOTEK

STATISTISK ANALYSE AV pH-DATA FRA SIRA- OG KVINA-VASSDRAGENE.

av

Cand.real Pål Mellquist
Kontoret for landskapspleie og naturvern,
Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen

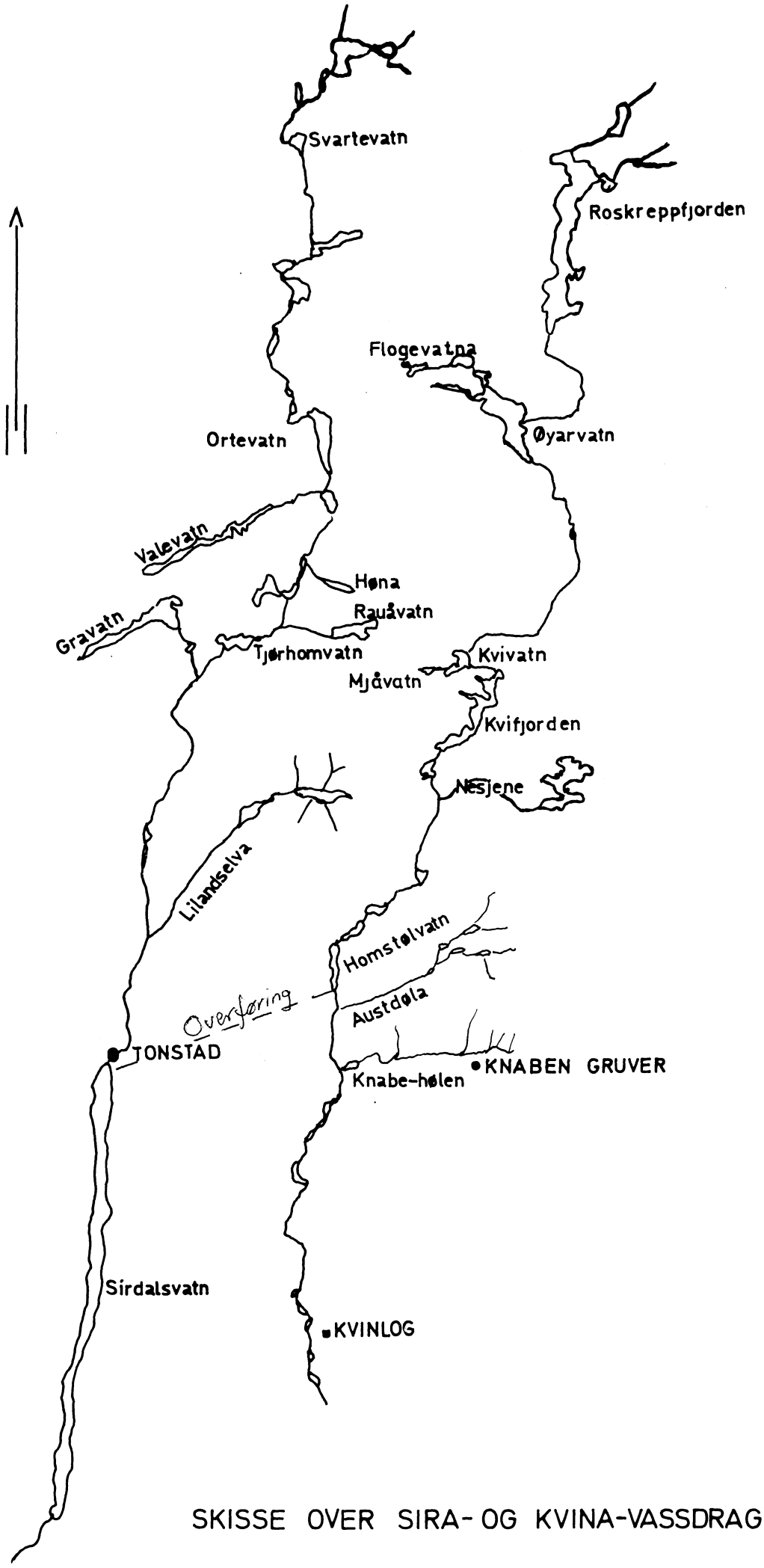
En rekke uavhengige observasjons-serier fra Sørlandet har vist at det i denne landsdelen er en klar nedgang i pH mhp. tiden.

Med utgangspunkt i cand.real. Arne Henriksens regresjonsanalyse av pH- og hårdhetsobservasjoner i Sørlandselver, (Vann nr. 1-1972) har man foretatt en tilsvarende analyse av materialet fra Sira-Kvina. Hensikten med analysen av Sira-Kvina-materialet var om mulig å bringe klarhet i spørsmålet om kraftutbyggingen virker i positiv eller negativ retning sett i relasjon til den generelle pH-tendens i landsdelen.

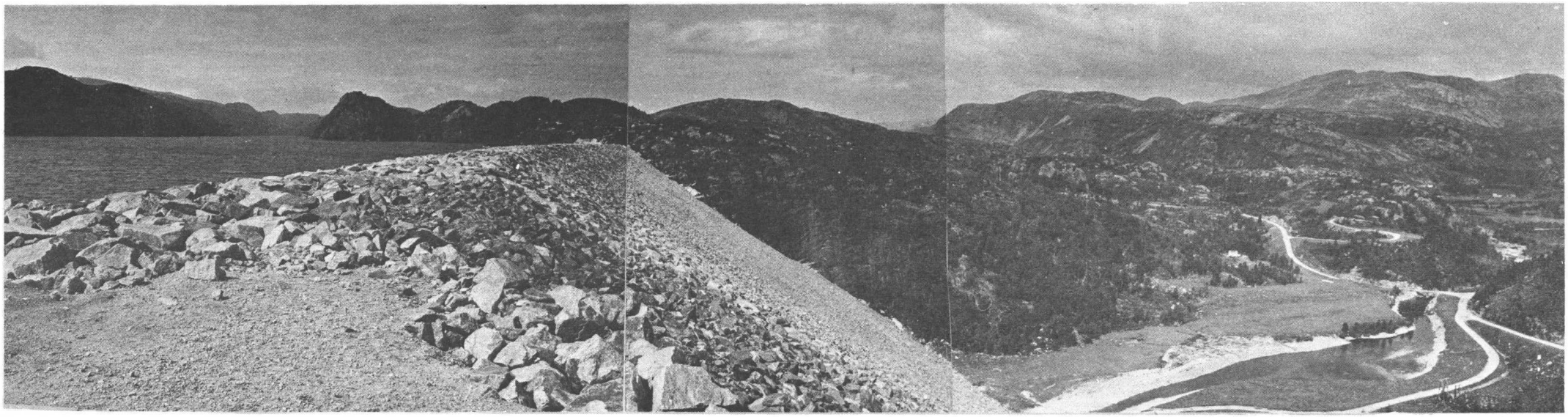
Som i nevnte undersøkelse av Henriksen har man benyttet data innsamlet av konsulent Einar Snekvik ved Direktoratet for jakt, viltstell og ferskvannsfiske og utført de statistiske beregningene på Norsk Regnesentral i samarbeid med cand.real. Rolf Volden. Detaljer om analysen blir ikke gjentatt her, men det henvises til Vann nr. 1, 1972, hvor prinsippet for regresjonsanalysen er omtalt.

Innsamling av data har pågått stort sett kontinuerlig fra begynnelsen av 1967. Ut fra noe over 20 lokaliteter i de to vassdragene har en plukket ut 18 som så er blitt behandlet statistisk. (Se tabell 1.)

Det sier seg selv at ved så omfattende reguleringer som det her er snakk om vil det bare være volummessige ubetydelige vannforekomster som er spart for utbygging, og derved får man et referansemateriale med slagside når man prøver å sammenligne regulerte og uregulerte lokaliteter. Videre ble observasjonene startet for sent i den forstand at hele 10 lokaliteter ble regulert i løpet av de første to årene etter at undersøkelsene var kommet i gang. Det er derfor et for spinkelt grunnlag for en analyse av forholdene før reguleringen i disse lokalitetene. På den annen side vil de lokaliteter som har et godt datagrunnlag i den uregulerte periode ha et tilsvarende spinkelt grunnlag fra den regulerte periode, og analysen burde derfor egentlig først vært utført om ca. 3-4 år.



SKISSE OVER SIRA- OG KVINA-VASSDRAGENE.



Deg-dammen ved Valevatn antyder reguleringsinngrepenes dimensjoner. Vannstandsvariasjonene i Valevatn er 35 m.

Blankskurt, tungt løslig fjellgrunn og sparsomt jordsmonn er karakteristisk for områdene rundt Svartevatn spesielt og i Sirdal og Kvindal generelt.

Videre er den statistiske analyse basert på at pH og totalhardheten svinger mer eller mindre i takt med harmoniske kurver (eg. summen av disse) gjennom årets løp. Det ser ut som om denne forutsetning ikke alltid er til stede. Spesielt har man inntrykk av at manøvreringen av magasinene for kraftproduksjon skaper en "unaturlig" vannføringsrytme. Det er mulig at man hadde fått bedre overensstemmelse dersom man hadde kunnet benytte en tilnærmelse til vannføringskurvene på hvert enkelt sted istedenfor de harmoniske svingninger. Imidlertid er det bare et fåtall lokaliteter man har slike opplysninger om.

Et annet forhold som har komplisert vurderingen en hel del er at dette er overflateprøver som nødvendigvis ikke behøver å være representative for vannmassene som sådanne. Som man vil vite kan det være betydelige lokale variasjoner, spesielt over grunne partier og f.eks. like under isen. Her kommer også inn at noen vann kunstig tappes ut fra bunnen og bare en sjelden gang går i overløp, mens andre skifter ut vann på normal måte via elver og bekker.

Til slutt må det nevnes en rekke uoverensstemmelser mellom de pH-målinger som utføres i Sira-Kvina Kraftselskaps regi og de som utføres ved Snekviks laboratorium på Ås. Målingene gjøres på vannvolum som er samlet inn parallelt, men av åpenbare grunner blir det en tidsforskjell mellom målingen på Tonstad og Ås.

Etter et raskt gjennomsyn av resultatene virker det som om verdiene i kraftselskapets serie ligger lavere enn tilsvarende fra Snekvik i tidsrommet oktober til mai-juni. I den resterende del av året ligger kraftselskapets noe høyere enn Snekvik. En vil gjenta at dette er kun et inntrykk, og ikke resultat av statistisk undersøkelse. En mulig plausibel forklaring på dette fenomen kan være at vannet i perioden med isdekke får en økning i CO_2 innhold p.g.a. forskyvningen i forholdet mellom dissimilasjon og assimilasjon på denne tiden. De temperaturforandringer som nødvendigvis vil forekomme i tidsrommet fra kraftselskapets mann analyserer sin prøve til Snekvik analyserer kontrollprøven kan føre til at CO_2 drives av og pH følgelig øker. Det er også mulig at SO_2 som eventuelt er tilstede i vannprøven blir drevet av på samme måte og er medvirkende til at pH heves. I tillegg har man adsorbsjon av hydrogenioner til flaskeveggen o.l. som man heller ikke kan se helt bort fra.

OVERSIKT OVER REGULERTE OG UREGULERTE KONTROLLPUNKTER I SIRA-KVINA.

Nr.	Navn	Reg./Ureg.	Reg.dato	
1	Roskreppfjorden	Regulert	9.11.67	
2	V. Flogevatn	Uregulert		
3	Ø. Flogevatn	Uregulert		
4	Øyarvatn	Regulert	9.11.67	Ligger i vassdraget, gjennom-strømmes delvis av vann fra Roskrepp-fjorden.
5	Kvivatn	Regulert	1.6.68	
6	Mjåvatn	Uregulert		
7	Nesjen-Kvifjorden	Regulert	21.4.68	
8	Homstølvatn	Regulert	27.6.68 [1]	1) Overføringen av Kvina til Sira
9	Austdøla	Regulert	1.9.68	
13	Svartevatn~~magasinet~~	**Uregulert**		
14	Ortevatn	Regulert	4.9.70	Mister en del av tilløpet
15	Valevatn	Regulert	4.9.70	
16	Gravatn	Regulert	4.9.70	
17	Tjørhomvatn	Regulert	5.1.71	
18	Sira	Regulert	5.1.71	V/utløp i Sirdalsvatn
19	Sirdalsvatn	Regulert	1.7.68	Nordenden
20	Høna	Regulert	1.9.69	Mister en del av tilløpet
21	Rauåvatn	Uregulert		

I de 2-3 sommermånedene kan man tenke seg det motsatte forhold, nemlig at primærproduksjonen har skapt et lite "underskudd" av CO_2 som jevnes ut under transport. Dette kan føre til at pH senkes noe underveis til Ås. En vil ikke påstå at dette er den hele og fulle sannhet, men det ser ut til å være en sannsynlig forklaring.

Det er adskillig vanskeligere å finne en forklaring på en rekke meget store og tilsynelatende helt usystematiske uoverensstemmelser. Ved enkelte anledninger er differansen mellom analyse-seriene av størrelsesorden 1,5 enheter. Spesielt de tilfeller hvor vannprøvene tilsynelatende er blitt fra 1-1,5 enheter surere på vegen fra Tonstad til Ås virker uforklarlige. Disse "ville" verdiene er heldigvis i mindretall, men på ingen måte så få at en ikke bør ofre en del oppmerksomhet på å klarlegge årsaksforholdet.

Med forbehold for den usikkerhet som kan komme inn ved de forhold som er nevnt vil en uten å gå for langt inn på problemene kommentere visse trekk som kom fram ved den statistiske analysen.

I tabell 2 er satt opp en forenklet oversikt over resultatet av fullregresjonsanalysene for pH og totalhardhet i de lokaliteter og perioder som er aktuelle. F.eks. er Ortevatn bare ført opp i sin uregulerte periode da det er for lite data tilgjengelig etter reguleringen som skjedde 4.september 1970. I tabell 3 er ført opp korrellasjonskoeffisientene og deres respektive signifikansnivåer.

Kolonne 1 og 2 under hhv pH og totalhardhet gir den totale korrellasjonskoeffisient og signifikansnivå fra den linære regresjonsanalysen. Kolonne 3 og 4 gir den partielle korrellasjonskoefisient og tilhørende signifikansnivå fra fullregresjonsanalysen. Signifikansnivå på 10 % eller mindre ($<0{,}100$) regnes som holdbart i denne sammenheng. (Kfr. Henriksens artikkel.)

Som man ser av tabell 2 har majoriteten av lokalitetene grupert seg i 3 av de 9 mulig kombinasjoner av pH og total-hardhet. Ingen av lokalitetene viser signifikant positiv pH utvikling, og kun en lokalitet viser signifikant negativ tendens i totalhardhet.

FORENKLET OVERSIKT OVER RESULTATET AV FULLREGRESJONSANALYSEN.

			Ingen sign. tendenser	S.+ pH S.- TH	S.+ pH S.- TH	S.+ pH	S.- pH S.+ TH	S.- pH S.- TH	S.- pH	S.+ TH	S.- TH
KVINA	ROSKREPPFJOPDEN	REG.	XXXX								
	V.FLOGEVATN	UREG.					XXXX				
	Ø.FLOGEVATN	UREG.					XXXX				
	ØYARVATN	REG.	XXXX								
	KVIVATN	REG.	XXXX								
	MJÅVATN	UREG.	XXXX								
	NESJEN-KVIFJ.	REG.							XXXX		
	HOMSTØLVATN	REG.	XXXX								
	AUSTDØLA	REG.	XXXX								
SIRA	SVARTEVATN	UREG.					XXXX				
	ORTEVATN	UREG.								XXXX	
	VALEVATN	UREG.								XXXX	
	GRAVATN	UREG.								XXXX	
	TJØRHOMVATN	UREG.								XXXX	
	SIRA(v/S.vatn)	UREG.	XXXX								
	HØNA	UREG.	XXXX								
		REG.									XXXX
	RAUÅVATN	UREG.	XXXX								

(S.+ pH = signifikant positiv tendens i pH

S.- TH = signifikant negativ tendens i totalhardhet)

TABELL 2

LINEÆR- OG FULLREGRESJONSANALYSE I SIRA-KVINA

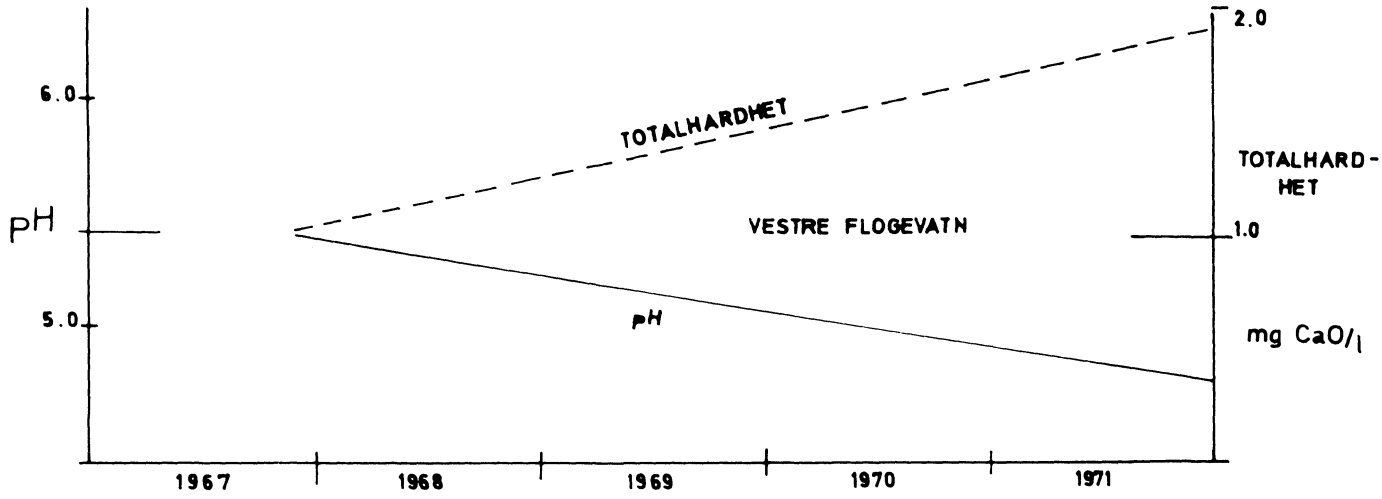
	pH				Totalhardhet			
	Tot.korr. Koeff.	Sign. nivå	Part korr.koeff.	Sign. nivå	Tot.korr. koeff.	Sign. nivå	Part. korr.koeff.	Sign. nivå
ROSKREPPFJORDEN								
9.11.67-71	-0.024	0.842	-0.018	0.884	0.176	0.154	0.207	0.102
VESTRE FLOGEVATN								
9.11.67-71	-0.307	0.011	-0.494	0.000	0.226	0.063	0.277	0.026
ØSTRE FLOGEVATN								
9.11.67-71	-0.186	0.128	-0.263	0.036	0.394	0.001	0.415	0.001
ØYARVATN								
9.11.67-71	-0.038	0.751	-0.066	0.599	0.004	0.972	0.021	0.866
KVIVATN								
10.1.69-71	0.105	0.501	0.085	0.604	-0.073	0.642	-0.049	0.766
MJÅVATN								
9.11.67-71	0.055	0.709	0.003	0.980	-0.012	0.931	0.077	0.617
NESJEN-KVIFJORD								
21.4.68-71	-0.331	0.004	-0.327	0.006	0.148	0.207	0.167	0.165
HOMSTØLVATN								
27.6.68-71	-0.244	0.029	-0.231	0.044	-0.024	0.828	-0.006	0.956
AUSTDØLA								
1.9.68-71	-0.147	0.209	-0.160	0.184	-0.212	0.069	-0.165	0.170

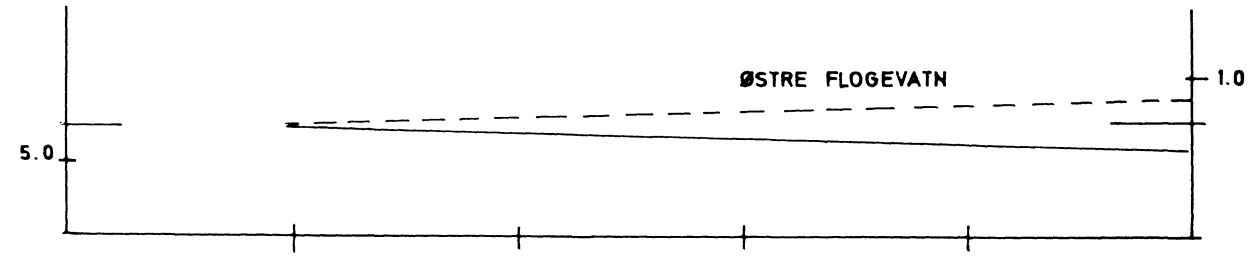
TABELL 3

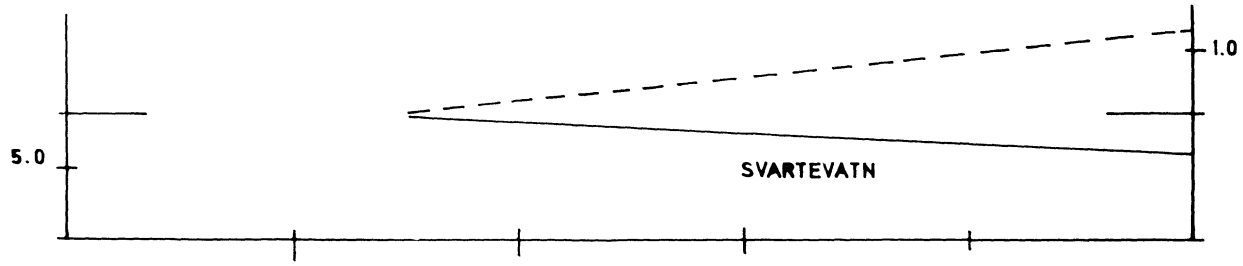
	pH				Totalhardhet			
	Tot.korr. Koeff.	Sign. nivå	Part. korr.koeff.	Sign. nivå	Tot.korr. koeff.	Sign. nivå	Part. korr.koeff.	Sign. nivå
SVARTEVATN								
27.6.68 -31.12.71	-0.304	0.075	-0.412	0.021	0.391	0.020	0.374	0.038
ORTEVATN								
5.6.67 - 4.9.70	0.032	0.820	-0.011	0.936	0.397	0.003	0.422	0.003
VALEVATN								
5.6.67 - 4.9.70	0.113	0.377	0.105	0.424	0.592	0.000	0.650	0.000
GRAVATN								
5.6.67 - 4.9.70	0.229	0.088	0.274	0.049	0.249	0.064	0.292	0.035
TJØRHOMVATN								
5.6.67 - 5.1.71	0.267	0.032	-0.105	0.423	0.270	0.030	0.281	0.029
SIRA (v/utløp Sirdalsvatn)								
5.6.67 - 5.1.71	0.071	0.480	0.074	0.476	0.151	0.135	0.166	0.107
HØNA								
5.6.67 - 1.9.69	0.256	0.132	0.208	0.253	0.079	0.645	0.130	0.476
2.9.69 - 31.12.71	-0.176	0.258	-0.141	0.389	-0.314	0.040	-0.303	0.060
RAUÅVATN								
5.6.67 - 5.1.71	-0.075	0.601	-0.063	0.675	0.181	0.207	0.185	0.218

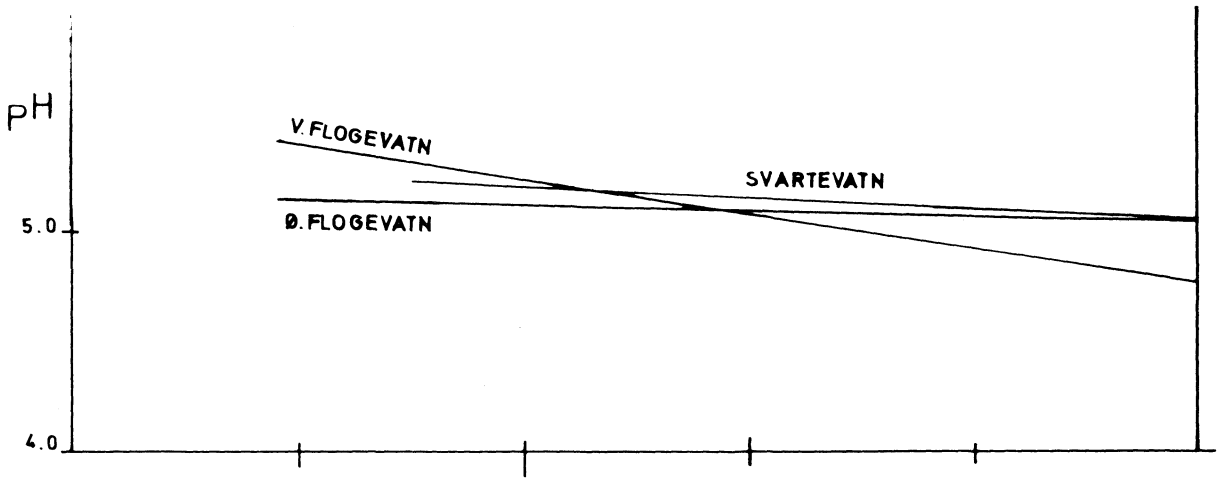
TABELL 3 FORTS.

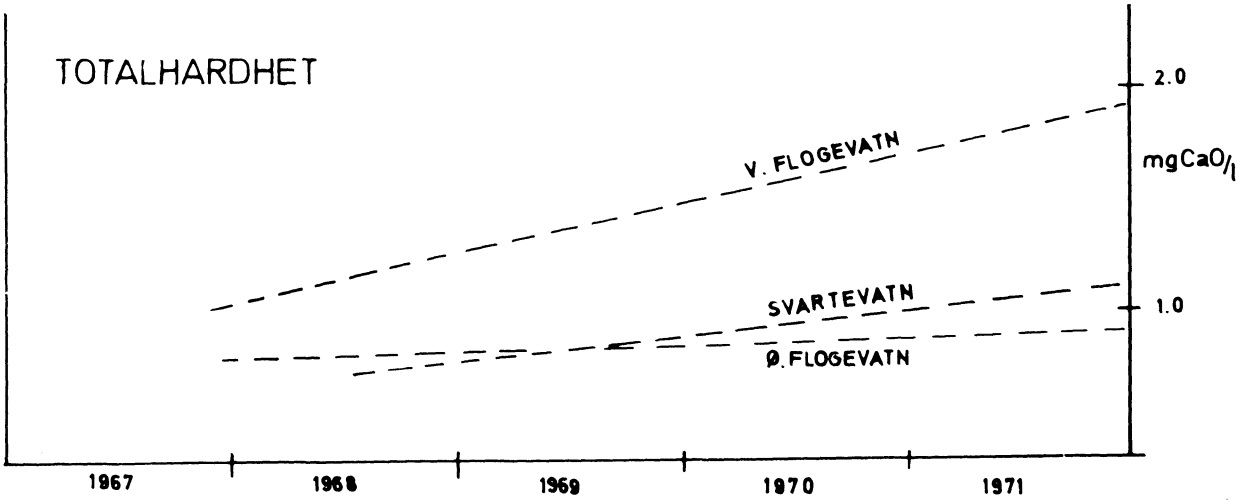
FIGUR 2


2.0
6.0
TOTALHARDHET
TOTALHARD-
HET
pH
VESTRE FLOGEVATN
1.0
5.0
pH
mg CaO/l
1967
1968
1969
1970
1971


ØSTRE FLOGEVATN
1.0
5.0


1.0
5.0
SVARTEVATN


pH
V.FLOGEVATN
SVARTEVATN
Ø.FLOGEVATN
5.0
4.0


TOTALHARDHET
2.0
V. FLOGEVATN
mgCaO/l
SVARTEVATN
1.0
Ø.FLOGEVATN
1967
1968
1969
1970
1971

Det kan her være naturlig å se på regulerte og uregulerte lokaliteter hver for seg. Under betegnelsen uregulerte er også tatt med noen vann som nå er regulert (eller vil bli det i nær framtid). Det er da disse vannenes uregulerte perioder som betraktes. Når det her snakkes om regulert/uregulert refererer dette seg kun til kraftutbyggingen og ikke eventuelle andre tiltak eller påvirkninger i vassdraget.

UREGULERTE VANN

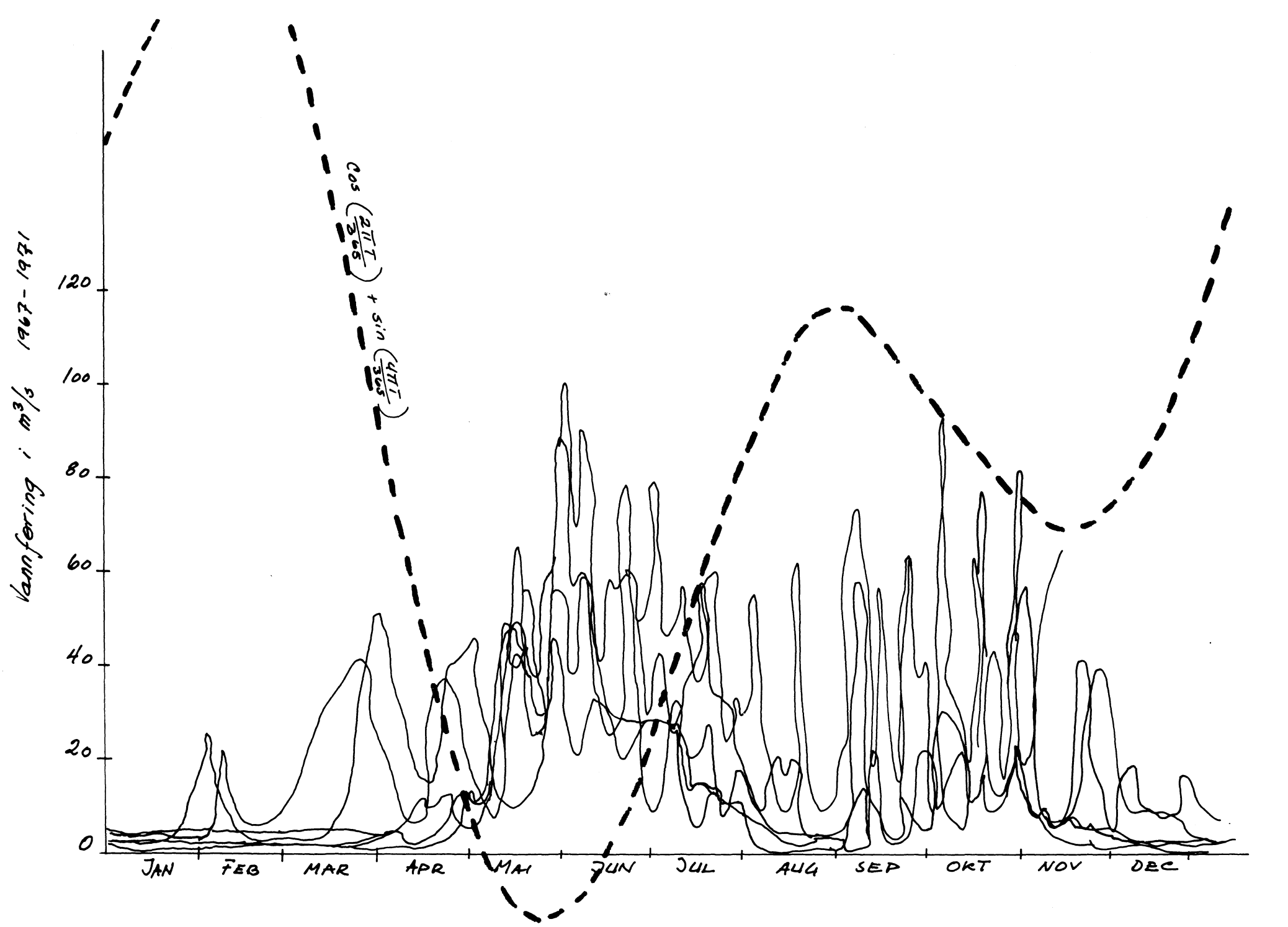
Disse fordeler seg på tre grupper:

A) Signifikant negativ tendens i pH mht. tiden og signifikant positiv tendens i totalhardhet.
   VESTRE FLOGEVATN
   ØSTRE FLOGEVATN
   SVARTEVATN

Dette må sies å være en ventet utvikling ut fra det som er publisert bl.a. av Snekvik og Henriksen (vann nr. 1-1972). Svartevatn ligger ca. 15 km nord-vest for Flogevatna og har et nedslagsfelt på ca. 241 km^2. Slik forholdene er, kan vannet faktisk betraktes som et elvebasseng i øvre del av Sira-vassdraget. Østre- og Vestre Flogevatn, som drenerer ut i Kvina via Øyarvatn, har et vesentlig mindre nedslagsfelt, ca. 13 km^2 til sammen. Etter de foreliggende overflateobservasjoner å dømme er vannkvaliteten relativt lik i de tre lokalitetene. Spredningen i observasjonene fra V. Flogevatn er imidlertid 3-4 ganger høyere enn i de to andre lokalitetene både for pH og total-hardhet.

Disse vannene er til en viss grad sammenlignbare og som man vil se av fig. 2 der fullregresjonslinjene er inntegnet er den negative tendens i pH meget markert i V. Flogevatn mens den er noe mer beskjeden og tilnærmet av samme størrelsesorden i de to andre lokaliteter.

pH i Svartevatn viser en høy positiv korellasjon med cosinusleddet i helårsvariasjonen og sinusleddet i halvårsvariasjonen. (Kfr. Henriksens artikkel.) Summasjonskurven for disse to leddene passer meget godt overens med vannføringskurvene for Svartevatn fra perioden 1967-71 (se fig. 3).


Vannføring i m³/s 1967-1971
120
100
80
60
40
20
0
JAN
FEB
MAR
APR
MAI
JUN
JUL
AUG
SEP
OKT
NOV
DEC
Cos (2πT/365) + Sin (4πT/365)

FIGUR 3

Flogevatna viser høy negativ korrellasjon med sinusleddet i helårsvariasjoner og V. Flogevatn har i tillegg relativt god positiv korrellasjon med cosinus-leddet i halvårsvariablen. Det eksisterer dessverre ingen vannføringskurve for Flogevatna så en har ikke mulighet for å kontrollere om det også stemmer bra overens her. Sett i relasjon til vannføringskurven for Svartevatn ser det ut som flomtoppene skulle komme noe tidligere i Flogevatna. Dette kan muligens tilbakeføres til forskjellen i størrelse på nedslagsfeltene. Videre ligger Svartevatns nedslagsfelt noe høyere, og det er mange flere småvann og større myrareåler som kan virke dempende og forsinkende på flommen.

Resultatene fra totalhardhetsanalysene for Svartevatn viser også en viss grad av overensstemmelse med vannføringen ved at minima stort sett faller sammen med pH-minima og vannførings-maxima og omvendt. For Flogevatna gjelder det samme som er nevnt for pH,- det er en forskyvning i forhold til vannførings-kurven for Svartevatn.

B) Ingen signifikante tendenser i pH eller totalhardhet mhp. tiden
   MJÅVATN
   RAUÅVATN
   HØNA (elv)
   SIRA (v/utløp i Sirdalsvatn)

De tre første lokalitetene ligger innen et område med radius ca. 5 km. Mjåvatn drenerer ut i Kvina, de to andre til Sira. Målepunktet i Sira ligger like ovenfor utløpsoset i Sirdalsvatn.

Om Rauåvatn er det å si at det har den nest laveste gjennomsnittlige pH av samtlige undersøkte lokaliteter, dvs. pH=4,8. Mjåvatn hører også med til den "sureste" gruppen med en gjennomsnittsverdi på 4,9. Høna og Sira ligger noe høyere med et gjennomsnitt på 5,2. (Disse tallene må som nevnt betraktes med en viss reservasjon p.g.a. usikkerheten i primærmaterialet.)

Når det gjelder totalhardheten ligger Høna blant de lokaliteter som har lavest verdier (1,3 mg CaO/l i gjennomsnitt) mens Sira ikke uventet ligger i gruppen med høyest total-hardhet. Resultatene vedrørende tendensen i Sira som kom fram i de tidligere arbeider av Snekvik og Henriksen blir forsåvidt bekreftet ved denne analysen. Ved den forrige fant man en svak positiv tendens i pH og ingen signifikant utvikling i totalhardhet. Disse data skrev seg imidlertid

fra et punkt nedenfor Lundevatn. Det er ikke urealistisk å regne med at den svakt positive tendens i pH kan tilbakeføres til det økede elektrolytt-innhold man gjerne får i et vassdrag med økende avstand fra utspringet. En av grunnene kan være økning av nedbørfeltets areal, den økende tilførsel av avløpsvann fra bebyggelse, og den stabiliserende virkning som Sirdalsvatn og Lundevatn utvilsomt har på bl.a. pH. Grovt sett kan man da si at ut fra dette ser det ut som om utviklingen i pH forandres fra en markert negativ tendens i vassdragets øvre del via en overgangs-sone hvor ingen statisk sikker tendens er påviselig (kfr. punkt C nedenfor), og til en svak positiv tendens i vassdragets nedre del. Totalt sett altså en generell heving av pH nivået som en funksjon av avstanden fra utløpet. Dette er etter mitt skjønn en ventet utvikling.

C) Ingen signifikant tendens i pH, men signifikant positiv tendens i total-hardhet.

ORTEVATN
VALEVATN
TJØRHOMVATN
GRAVATN

Disse fire lokalitetene hører alle til Siras nedslagsfelt. I det uregulerte system renner vannet fra Valevatn og Ortevatn sammen i Fidjelandsvatn (den søndre delen av Ortevatn) og derfra ned til Tjørhomvatn. Tilskuddet fra Høna og Rauåvatn som er omtalt under punkt B kommer inn i hovedløpet ovenfor Tjørhomvatn og tilskuddet fra Gravatn nedenfor. (Se kartskisse). Gjennom-snittsverdiene for pH og totalhardhet i Ortevatn-Valevatn-Tjørhomvatn og Gravatn er hhv: 5,07-1,04, 5,03-1,13, 5,13-1,65, 4,96-1,51.
Som nevnt under punkt B ser man at gjennomsnittsverdiene for total-hardheten (og pH) øker fra Ortevatn til Tjørhomvatn. Noe av det samme har man fra Svartevatn og ned til Ortevatn. Her avtar riktignok gjennomsnittsverdien for pH noe uten at man skal legge for stor vekt på det. Mer interessant er som nevnt tidligere at tendensen i pH-utviklingen slår om fra negativ til ingen tendens.

At pH ikke viser noen signifikant tendens mens total-hardheten viser positiv tendens må kunne tolkes dit at det i dette området er tilstrekkelig med spesielt Ca og Mg som kan motvirke en generell forsurning mhp. tiden. (Kfr. Sorteberg og Ødelien 1971, særtrykk 112, Institutt for jordkultur - Vollebekk.) Regresjonskoefisienten for total-hardheten øker i rekkefølgen Svartevatn-Valevatn-Gravatn-Tjørhomvatn. (Kfr. fig. 2.)

REGULERTE VANN OG ELVER.

A) Signifikant negativ tendens i pH mhp. tiden og signifikant positiv tendens i total-hardhet.
   Ingen lokaliteter.

B) Ingen signifikante tendenser i pH eller total-hardhet.
   ROSKREPPFJORDEN
   ØYARVATN
   KVIVATN
   HOMSTØLVATN
   AUSTDØLA

Alle lokalitetene hører til Kvina-vassdraget. Roskreppfjorden og Øyarvatn er to relativt store bassenger. Kvivatn er ved HRV en del av Nesjen - Kvifjord magasinet, men blir adskilt som eget vann igjen under nedtapping. Homstølvatn er inntaksmagasin for kraftverket på Tonstad og får følgelig gjennomstrømning av alt vann som blir benyttet til energiproduksjon fra Kvinavassdraget.

Austdøla, som er en elv som er tatt inn i Homstølvatn vil senere miste vesentlige deler av nedslagsfeltet ved overføring til Nesjen-Kvifjordmagasinet.

Gjennomsnittsverdiene i pH for Roskreppfjorden (5,36) og Kvivatn (5,14) er blant de høyeste i vassdraget, mens Øyarvatn (4,96) - Homstølvatn (4,87) og Austdøla (4,81) er av de sureste. Austdøla har forøvrig den høyeste gjennomsnittlige totalhardhet sammen med Kvivatn. Øyarvatn ligger lavest i denne gruppen.

C) Ingen signifikant tendens i pH, men signifikant positiv tendens i total-hardhet.
   Ingen lokaliteter.

D) Ingen signifikant tendens i pH, signifikant negativ tendens i totalhardhet.
   HØNA

Høna er alene om denne spesielle utvikling. Som uregulert var det ingen signifikante tendenser å spore, mens det etter altså blir signifikant negativ tendens i totalhardhet. Siden inngrepet i dette tilfellet innebærer at mesteparten av nedslagsfeltet føres over til Kvina er det høyst sannsynlig dette som er årsaken. Spesielt er en hel rekke små- og mellomstore vann i elvens øvre nedslagsfelt fjernet på denne måten.

E) Signifikant negativ tendens i pH,- ingen signifikant tendens i total-hardhet.

NESJEN - KVIFJORDEN

Denne lokaliteten er også noe atypisk sett i relasjon til de andre større vannansamlinger i Kvina-vassdraget.
Roskreppfjorden, Øyarvatn, Mjåvatn og Kvivatn som ligger ovenfor Nesjen-magasinet og Homstølvatn som ligger nedenfor hører alle til gruppen uten signifikante tendenser. Det samme gjelder trolig også vannet fra øvre del av Hønas nedslagsfelt som er overført. Det er vanskelig å finne noen fullgod forklaring på dette fenomen, men en vil anta at det har sammenheng med de store landarealer som neddemmes i søndre del av magasinet. Reguleringshøyden er hele 38 m og bl.a. store myrarealer blir periodevis oversvømmet. Under slike forhold har man alltid en viss mulighet for oksydasjon av svovelholdige forbindelser som fører til dannelse av svovelsyre. Det er også meget mulig at tilførselen av vann fra Holmevatn øst for damstedet ved Nesjene gjør sitt til å influere vannkvaliteten i overflaten.

At Homstølvatn som ligger nedenfor ikke viser spor av den samme utvikling kan styrke mitt tidligere utsagn om at overflateprøver ikke er helt representative. Man kan tenke seg at det kan være de spesielle lokale forhold rundt prøve-tagningsstedet som avspeiler seg i overflaten i Nesjen-magasinet mens hoved-mengden av vannmassene følger den generelle tendens fra de ovenforliggende vann. Dette er kun en hypotese som bare kan testes ved grundigere undersøkelser gjennom hele vannmassen.

KONKLUSJON

Med de forbehold som tidligere er tatt mht. datagrunnlaget og den "innebygde" usikkerhet som ligger i å benytte en statistisk analyse på materiale av denne typen (f.eks. er jo ikke kravet om fullstendig uavhengighet i observasjonene oppfylt) vil en likevel våge å antyde at det ser ut som om regulerings-inngrep-ene snarere bremser enn påskynder den generelle nedbørbetingede forsurning man har i de sydligste deler av Norge. Det er sikkert flere forhold som er årsaken til dette, og en skal kort nevne to som sannsynligvis er blant de mest utslags-givende.

I et uregulert vann vil det ofte dannes et sterkt surt overflateskikt etter nedbørsperioder og spesielt i vårløsningen. Dette overflateskiktet vil relativt raskt transporteres via overflate-utløpet nedover i vassdraget. Ved en regulering vil magasinene som regel bli tappet ut på store dyp (sett i relasjon til HRV) og følgelig sjeldnere gå i overløp. Manøvreringen av magasinene gjør også at spesielt de sure komponenter som har akkumulert seg i snelaget utover vinteren renner ned i nedtappede magasiner om våren og ikke rett ut i vassdraget som normalt. Derved økes kunstig oppholdstiden i magasinene for dette sure vannet, og som en følge av dette øker også muligheten for å heve pH noe ved buffer-reaksjoner. Denne situasjon har man så utover sommeren og høsten til magasinet igjen er fylt.

Det andre momentet er at de kraftige nedtappingene i magasinet blottlegger store bunnarealer og bringer de resterende vannmasser i en ganske annen og mer effektiv kontakt med sedimentene enn ellers ville være tilfellet. En rekke stoffer, spesielt Ca og Mg som er akkumulert i sedimentet vil under denne behandling kunne gå i løsning og øke vannets bufferkapasitet. Dette vil være spesielt viktig som nevnt når det sterkt sure smeltevannet renner inn i nesten tomme magasiner.

En må imidlertid være klar over at disse reservene i sedimentene ikke varer evig, men vil før eller siden bli vasket ut dersom forsurningen fortsetter. I tillegg til bidraget fra sedimentet vil man kunne få tilførsler via de mekaniske og kjemiske forvitringsprosesser som får øket omfang p.g.a. de store vannstandsvariasjoner. Om dette er tilstrekkelig på lengre sikt til å motstå belastningen fra den sure nedbøren har en ingen formening om.

De tre vann som viser en utvikling i tråd med det en skulle vente ved øket påvirkning av sure komponenter, dvs. synkende pH og øket utvasking av kalsium- og magnesium-salter er alle uregulerte. Majoriteten av de resterende lokaliteter viser ingen signifikante tendenser, noe som må betraktes som positivt i denne sammenheng selv om pH-nivået i flere av disse lokalitetene allerede er skremmende lavt.

Svartevatn, som til nå har vist en økende forsurning vil om ikke lenge bli regulert og det vil være av meget stor interesse å følge utviklingen i denne lokalitet. Det samme gjelder tildels Valevatn-Ortevatn-Gravatn-Tjørhomvatn hvor man ennå har for lite data fra tidsrommet etter reguleringen. Det ville absolutt være en fordel om man kunne fortsette datainnsamlingen i f.eks. 3-4 år og så kjøre analysen om igjen. Siden grunnen til uoverensstemmelsen i resultater mellom Sira-Kvina og Ås ikke er kjent ennå bør begge analyseserier gå parallelt til man eventuelt har funnet ut av dette.

Det er forøvrig godt mulig at man til tross for de forskjellige resultater i disse målingene kan få den samme tendens ut av prøvene som blir målt på Tonstad. En vil derfor sterkt anbefale at målingene fortsetter i 3-4 år og så analyseres begge serier.