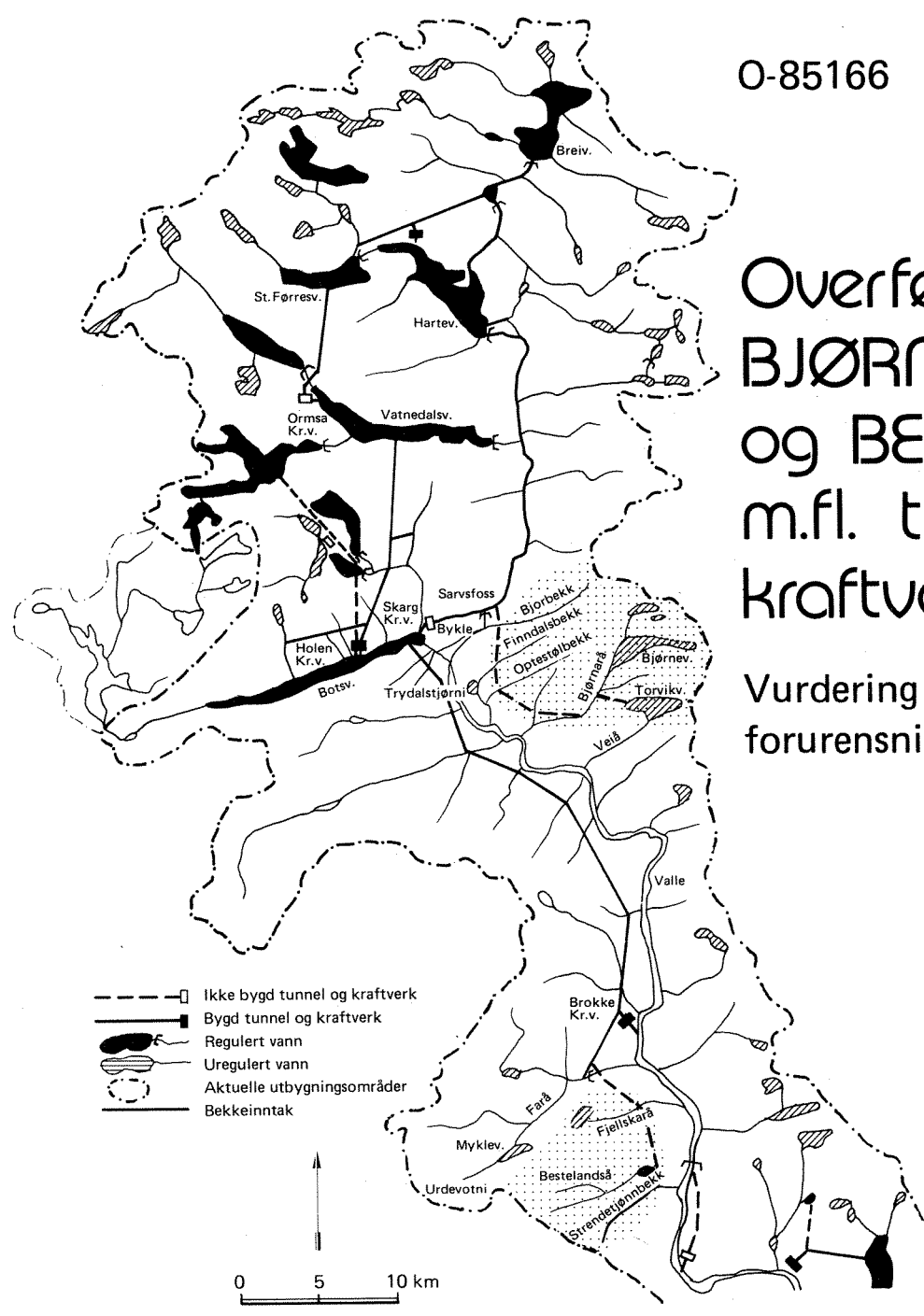


O-85166

Overføring av BJØRNARÅ m.fl. og BESTELANDSÅ m.fl. til BROKKE kraftverk

Vurdering av eventuelle forurensningseffekter



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor
Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02)23 52 80

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065)76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05)25 53 20

Prosjektnr.:	0-85166
Undernummer:	
Løpenummer:	1813
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: Overføring av Bjørnarå m.fl. og Bestelandså m.fl. til Brokke kraftverk. Vurdering av eventuelle forurensningseffekter.	Dato: 24. februar 1986
	Prosjektnummer:
Forfatter (e): Hans Holtan Lars Lingsten	Faggruppe:
	Geografisk område: Sørlandet
	Antall sider (inkl. bilag): 52


Oppdragsgiver: I/S Øvre Otra	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:
Forurensningseffekten ved overføring av to mindre felter (Bjørnarå m.fl. og Bestelandså m.fl.) i Valleområdet til Brokke kraftverk i Otra er vurdert.
Teoretisk sett medfører inngrepet en viss økning i vannets innhold av næringsalter på den berørte strekning, men ved en rehabilitering av kloakkrenseanlegget for Valle tettsted, vil det neppe oppstå alvorlige forurensningsproblemer.
Vannet vil ventelig bli noe mindre surt etter regulering enn før.


4 emneord, norske:
1. Regulering
2. Eutrofiering
3. Forsuring
4. Otra v/Valle

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.

Prosjektleder:


.....
Hans Holtan

For administrasjonen:


.....
Oddvar Lindholm

ISBN 82-577-1014-8

0-85166

Overføring av Bjørnarå m.fl. og
Bestelandså m.fl. til Brokke kraftverk

Vurdering av eventuelle forurensningseffekter

Oslo, februar 1986

Hans Holtan

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	4
2. KONKLUSJON	5
3. TILRÅDINGER	7
4. PROBLEMBESKRIVELSE	8
4.1. Bestelandså m.fl.	8
4.2. Bjørnarå m.fl.	8
5. TIDLIGERE BESKRIVELSE AV ØVRE OTRA OG DENS FORURENSNINGSTILSTAND	10
6. ØVRE OTRAVASSDRAGET 1986	11
7. DE PLANLAGTE REGULERINGSINNGREP	12
7.1. Overføring av Bestelandså m.fl. (Brokke syd)	12
7.2. Overføring av Bjørnarå m.fl. (Brokke nord)	12
7.3. Skarg kraftverk	12
7.4. Ormsa kraftverk	13
8. OMRÅDEBESKRIVELSE	14
8.1. De aktuelle reguleringsområder (Brokke nord og Brokke syd)	14
8.2. Det berørte område langs Otra	15
9. FORURENSNINGSBELASTNING - TEORETISKE BEREGNINGER	17
9.1. Generelt	17
9.2. Forurensningsbelastning	18
10. KLIMA OG VANNFØRINGSFORHOLD	20

11.	FORURENSNINGSSITUASJONEN I OTRA PÅ STREKNINGEN BYKLE - BROKKE	22
11.1.	Kjemiske forhold	23
11.1.1.	Næringssalter (figur 4 og 5)	23
11.1.2.	Surhet (pH) (figur 8)	26
11.1.3.	Mineralsalter (figur 9 og 10)	28
11.1.4.	Organisk materiale og partikler	28
11.1.5.	Biologiske forhold	28
12.	FORSURINGSPROBLEMATIKK	33
12.1.	Brokke nord	33
12.2.	Brokke syd	34
13.	DE PLANLAGTE REGULERINGERS (BROKKE NORD OG SYD) INNVIRKNING PÅ OTRA	35
13.1.	Nåværende vannkvalitet	35
13.2.	Vannføring	35
13.3.	Begroings - eutrofieringsutvikling	35
13.3.	Trydalstjørne	38
13.4.	Reguleringsinngrepets innvirkning på surhets- forholdene	41
13.4.1.	Brokke nord	41
13.4.2.	Brokke syd	41
14.	LITTERATUR	43
	VEDLEGG	44

1. INNLEDNING

Interessentskapet Øvre Otra har utarbeidet planer for overføring av noen elver/bekker i Valle og Bykle kommuner til Brokke kraftverk. I den forbindelse mottok Norsk institutt for vannforskning (NIVA) brev, datert 07.10.1985, med forespørsel om å vurdere hvilken betydning dette ville få for forurensnings-situasjonen i Otra. NIVA aksepterte oppdraget i brev av 14.10.1985 til I/S Øvre Otra.

For å få bedre kjennskap til problemet og problemområdet ble det den 15.10.1985 foretatt en befaringsreise til området hvor representanter fra I/S Øvre Otra, Valle kommune og NIVA deltok. I forbindelse med Statlig program for forurensningsovervåking er forurensnings-situasjonen i Otra undersøkt siden 1980.

Denne utredning bygger på "overvåkningsdata", samt opplysninger om vannføring, forurensnings-aktiviteter som er oversendt av henholdsvis I/S Øvre Otra og Valle kommune.

NIVA's saksbehandler har vært cand.real. Hans Holtan med støtte fra cand.real. Eva Boman (NIVA's Sørlandsavdeling) og fil.cand. Lars Lingsten.

2. KONKLUSJON

- * Ved overføring av Bjørnarå m.fl. (Brokke nord) til Otra ved Sarvsfoss, avtar middelvannføringen ved Valle med ca. $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$ fra $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$ til $5,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Konesjonsbetinget minstevannføring ved Valle er $3 \text{ m}^3/\text{s}$ om sommeren (etter kulminasjon av snøsmeltingen) og $2 \text{ m}^3/\text{s}$ om vinteren (eksakt dato er ikke bestemt). Overføring av Bestelandså m.fl. (Brokke syd) til Brokke kraftverk vil i liten grad influere på vannføringen i Otra nedstrøms Brokke kraftverk.
- * Det er ikke påvist vesentlige eutrofieringstendenser i Otra på den aktuelle strekning. Fosforkonsentrasjonene er vanligvis meget lave, men enkelte ganger er det påvist høye verdier - antakelig som følge av utvasking av erosjonsprodukter (flom). Vannet er noe surt, men foreløpig er ikke fisken vesentlig berørt. I terskeldammene utgjør makrovegetasjonen et problem - dette på grunn av sedimentering av organisk materiale som danner god grobunn for slik vegetasjon i disse grunne bassenger.
- * Med bakgrunn i teoretiske beregninger vil reguleringsinngrepet (Bjørnarå m.fl.) bevirke at midlere fosforkonsentrasjon (oppstrøms Brokke kraftverk) øker fra $10,2 \mu\text{g P/l}$ til $14,2 \mu\text{g P/l}$, mens midlere nitrogenkonsentrasjon øker fra $250 \mu\text{g N/l}$ til ca. $330 \mu\text{g N/l}$. Sannsynligvis vil det som hittil bli store variasjoner med vanligvis lave verdier som øker når vannføring og utvasking av erosjonsprodukter gjør seg gjeldende. De økte konsentrasjoner kan imidlertid medføre økt begroing og plantevekst, men sannsynligvis ikke i den grad at det medfører alvorlige problemer.
- * Vekst at makrovegetasjon i terskelbassengene er i dag et problem i Valle-området. Ved reguleringsinngrepet vil vi anta at tilførselen av organisk stoff avtar, men på den andre siden vil lavere flomvannføring kunne bevirke mer effektiv sedimentering. Faren for økt vekst av denne type vegetasjon i terskelbassengene er derfor tilstede.
- * I relasjon til vannføringen vil belastningen på Trydalstjørni øke, men under forutsetning av at belastningen ikke øker ut over nåværende nivå, vil dette ikke medføre vesentlige forurensningsproblemer.

- * Ved at surt vann fra hei (fjell)-områdene føres inn i kraftverkstunnelene, vil vannet i Otra i Valleområdet bli noe mindre surt etter en eventuell regulering. Det forutsettes at det sure vannet fra Bestelandsåni m.fl. blandes effektivt inn i vannet nordfra før det slippes ut i Otra.
- * At vannet fra Otra ved Sarvsfossen passerer Skarg kraftverk før det renner ut i Botsvatn har ingen forurensningsmessig betydning.
- * Bygging av Ormsa kraftverk vil heller ikke ha noen betydning i forurensningsmessig sammenheng.

3. TILRÅDINGER

- * I henhold til I/S Øvre Otra er tidspunktet for overgangen mellom minstevannføring vinter og sommer definert som tidspunktet for snøsmeltingens kulminasjon - etter dette tidspunkt skal sommervannføringen gjelde.

Tidspunktet for skille mellom sommer og vinter (om høsten), er ikke definert. Dette bør avklares. Forslagsmessig vil vi antyde gradvis avtrapping av minstevannføringen ved Valle fra $3 \text{ m}^3/\text{s}$ den 15. september til $2 \text{ m}^3/\text{s}$ den 30. september.

- * Foreliggende planer om økning av kapasitet og bedring av rensegrad på kloakkrenseanlegget ved Valle bør utføres. Det bør også arbeides for å øke tilknytningen til renseanlegget i den grad et er mulig. Vi vil tilråde at det etableres effektiv kontroll når det gjelder sanitæravløp fra spredt bebyggelse og avrenning fra grådsbruk.
- * Hvis forurensningssituasjonen skulle kreve det, bør muligheten for påslipp av mindre flommer (fra Sarvsfoss) i sommerhalvåret vurderes. Dette for å spyle ut eventuelle forurensninger (alger). Fleksibel minstevannføring vil muligens være fordelaktig, men dette bør i så fall utredes nærmere.
- * Vannføringsreglementet bør sikre at det sure vannet fra Bestelandsåni m.fl. ikke slippes slik at det volder surhetsskader i Otra nedstrøms kraftverket.
- * Trydalstjønni bør ikke i større grad enn nå brukes som resipient for avløpsvann.
- * Forurensningssituasjonen og vekst av makrovegetasjon i terskelbassengene bør overvåkes med tanke på ytterligere tiltak hvis situasjonen skulle tilsi det.
- * Med tanke på at terskelbassengene brukes til bading, bør de bakteriologiske forhold undersøkes. Slike data foreligger ikke.

4. PROBLEMBESKRIVELSE

Som figur 1 viser er det to områder I/S Øvre Otra søker om å få føre over til Brokke Kraftverk:

4.1. Bestlandså m.fl.

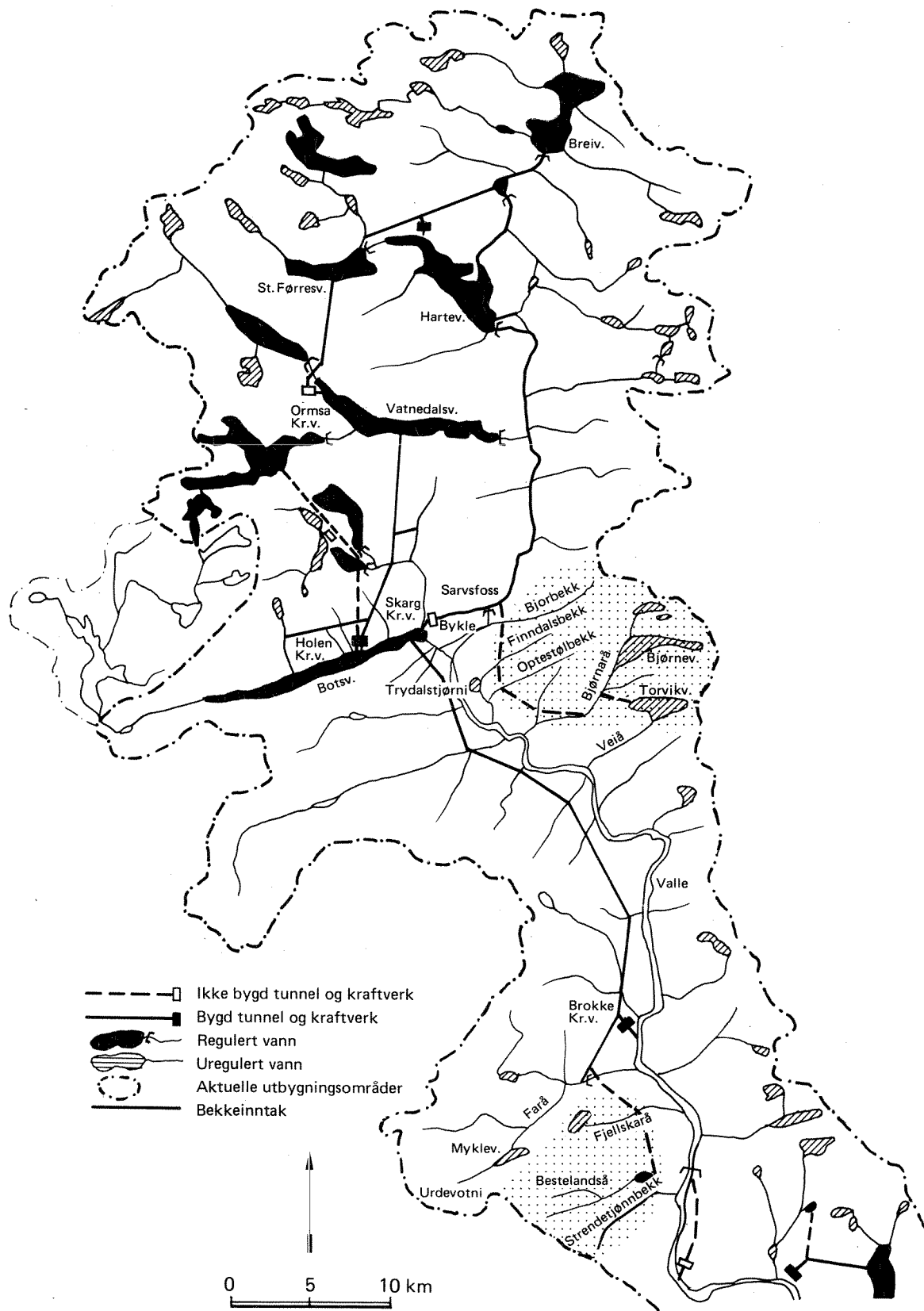
Bestlandså m.fl. overføres og føres inn på tunnelen til Brokke fra Farå. Det oppgis at reguleringsinngrepet vil medføre at middelvannføringen fra utløp Brokke til utløpet av Bestlandsåni vil øke med ca. $1,86 \text{ m}^3/\text{s}$.

Problem: Hvilken forurensningsmessig betydning spesielt for Otra vil dette inngrepet medføre?

4.2. Bjørnarå m.fl.

Bjørnarå m.fl. avskjæres og overføres til toppen av Sarvsfossen i Otra hvorfra vannet føres til Skarg kr.v. og Botsvatn. Reguleringsinngrepet vil i henhold til opplysninger fra I/S Øvre Otra medføre at middelvannføringen ved Valle vannmerke reduseres fra ca. $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$ til ca. $5,7 \text{ m}^3/\text{s}$ dvs. ca. $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Problem: Hvilken forurensningsmessig betydning vil dette få for den berørte strekning av Otra?



Figur 1. Situasjonsskart over reguleringsinngrep i Øvre Otra, med de "nye" felt inntegnet.

5. TIDLIGERE BESKRIVELSE AV ØVRE OTRA OG DENS FORURENSNINGSTILSTAND

I forbindelse med reguleringsinngrepene i de øvre deler av Otra, er det siden begynnelsen av 1970-årene blitt gjennomført flere undersøkelser, med sikte på å beskrive forurensningssituasjonen i vassdraget. Undersøkelsene ble utført før det siste reguleringsinngrepet ble gjennomført og de hadde som målsetting å forutsi eventuelle virkninger av disse (NIVA-rapporter 0-198/72, 0-133/77 og 0-72/78).

I de senere år fra og med 1980, er det blitt gjennomført undersøkelser i Otra som ledd i Statlig program for forurensningsovervåking (Overvåkingsrapporter 6/81, 55/82, 77/83, 145/84 og 199/85). Dessuten er det i overvåkingsserien også gjennomført undersøkelser av terskelbassengene i Valle kommune.

Som et ledd i skjønnsforhandlingene om reguleringsinngrepenes innvirkning på vannkvalitet og biologiske forhold i Otra, er det utført visse undersøkelser på strekningen Sarvsfossen - Nomelandsmo. Undersøkelsene er registrert som NIVA-oppdrag, 0-79057 ved O. Skulberg.

6. ØVRE OTRAVASSDRAGET 1986

Siden vannkraftutbyggingen skjøt fart i begynnelsen av 60-årene, har øvre deler av Otra som vassdrag betraktet fullstendig endret karakter.

Det første inngrepet finner sted allerede ovenfor Hovden hvor elva tas inn i tunnel og føres over til store Førresvatn (figur 1). Hit pumpes det vann fra Hartevatn som er regulert 1,6 m. Minstevannføringen ut av Hartevatn oppgis å være $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ i middel (Rørslett 1981).

Fra Store Førresvatn føres vannet i tunnel til Vatnedalsvatn og videre i tunnel til Holen kraftverk ved Botsvatn. Det er også slått tunnel fra Otra ved Sarvsfossen til Botsvatn slik at alt vann som ikke medgår til opprettholdelse av konsesjonsbetinget minstevannføring gjennom Bykle, blir tatt inn i kraftforsyningssystemet.

Fra Botsvatn føres vannet i tunnel til Brokke kraftverk. På veien tas inn i tunnelen en rekke sideelver til Otra. Farå sør for Brokke tas også inn i kraftverkssystemet.

Den midlere vannføring ved Valle vannverk er idag ca. $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Konsesjonsbetinget minstevannføring (påslipp fra Sarvsfoss) på samme sted er $2 \text{ m}^3/\text{s}$ om vinteren og $3 \text{ m}^3/\text{s}$ om sommeren. Middelvannføringen ved Valle i perioden 1945-1963 dvs. før de større reguleringsinngrepene fant sted er oppgitt til $78 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ifølge I/S Øvre Otra er overgangen mellom minstevannføringen om vinteren og sommeren definert som tidspunktet for kulminasjon av snøsmeltingen. Tilsvarende definisjoner finnes ikke for overgangen mellom sommer- og vinter- (høsten)minstevannføringer.

7. DE PLANLAGTE REGULERINGSINNGREP

De foreliggende reguleringsplaner for innfangning av noen mindre vassdrag i Bykle og Valle kommune til Brokke kraftverk er presentert i en informasjonsbrosjyre fra I/S Øvre Otra (1984), samt i Samla Plan. Aust-Agder fylke (1984).

7.1. Overføring av Bestelandså m.fl. (Brokke syd)

Fjellskarå, Bestelandså og Strendetjønnbekk renner ut i Otra nedenfor Brokke kraftverk. Avløpet fra dette felt som er på 47,7 km² totalt og som idag har avløp til Otra mellom Besteland og Rysstad i Valle kommune, foreslås ført inn på eksisterende overføringstunnel fra inntak i Farå og videre inn på Brokke kraftverk (figur 1). Den totale vannmengde som overføres er kalkulert til 56,7 mill. m³ pr. år i middel eller ca. 1,8 m³/s.

7.2. Overføring av Bjørnarå m.fl. (Brokke nord)

Avløpet fra Torvikvatn og Bjørnevattn samt 6 mindre bekker øst for Botsvatn og som har naturlig avløp til Otra mellom Bykle sentrum i Bykle kommune og Flateland i Valle kommune, foreslås overført til Sarvsfossen hvor det etableres et inntaksmagasin. Herfra føres vannet i eksisterende tunnel frem til det planlagte Skarg kraftverk ved Botsvatn. Høyeste og laveste vannstand i Torvikvatn og Bjørnevattn vil bli som nå. Det berørte areal er på 94,6 km² totalt. Vannmengden som overføres er på ca. 120 mill m³ pr. år dvs. ca. 3,8 m³/s i middel.

7.3. Skarg kraftverk

Fra inntaksdammen i Otra ovenfor Sarvsfossen føres vann via eksisterende tunnel frem til det planlagt Skarg kraftverk ved Botsvatn. Fra dette sted (Sarvsfossen) skal det konsesjonsbetingete minstevannføring (2 m³/s om vinteren og 3 m³/s om sommeren ved Valle vannverk) slippes.

7.4. Ormsa kraftverk

Dette kraftverk skal utnytte fallet mellom Store Førresvatn og Vatnedalsvatn, og vil bli liggende i fjell ved vestre ende av Vatnedalsvatn. Nåværende overføringstunnel fra St. Førresvatn blir fortsatt benyttet som tilløpstunnel.

8. OMRÅDEBESKRIVELSE

8.1. De aktuelle reguleringsområder (Brokke nord og Brokke syd)

Geologien i de berørte områdene består av gneiss og granitter. De aktuelle bekker følger dypt nedskårne tverrdaler som er dannet langs sprekkesoner i berggrunnen. Snaufjell og sparsomt morenedekke er dominerende naturelementer.

I Brokke nord varierer vegetasjonen fra varmekjær lauvskog til furuskog i lavereliggende områder til fjellbjørk i høyfjellet. Over tre-grensen dominerer lyng- og myrmark. Området brukes som beitemark for sau. Langs riksvei 12 fra Veiå og langs Bjørnaråvassdraget er det en del firluftsaktivitet og en god del hytter. Både ved Stavenes, Trydal og Bjørnarå er det noen gårdsbruk.

I det aktuelle området (Brokke nord) er det registrert i alt ca. 100 fastboende (Egerhei 1984).

I Brokke syd er vegetasjonen mindre variert. Furuskog, røsslyng, blåbærlyng o.l. dominerer opp til ca. 600 m o.h. der fjellbjørkskogen gradvis overtar. Over skoggrensen (900 m o.h.) dominerer lyng- og myrmark. Langs riksveien finnes noen gårdsbruk, friluftslivet er mer beskjedent.

I området er det registrert ca. 300 fastboende (Egerhei 1984).

Angående arealfordeling i de to områdene gjengis Egerhei's (1984) tabell i Samla plan-rapport.

Tabell 1. Arealfordeling i de aktuelle nedbørfelt (etter Egerhei 1984). Benevning: km²).

	"Brokke nord"	"Brokke syd"
Barskog, lav bonitet	0,5	0,9
Blandingsskog, middels bonitet	3,8	0,1
Blandingsskog, lav bonitet	3,7	2,0
Lauvskog, middels bonitet	0,3	0,5
Beite	0,2	-
Dyrkbar mark	0,4	0,2
Annet (vann, myr, impediment)	85,7	44,0
TOTALT	94,6	47,7

8.2. Det berørte område langs Otra

Den berørte elvestrekning langs Otra strekker seg fra utløp Bjorbekk i Bykle kommune til utløp Strendetjønnbekk, dvs. omtrent på grensen mellom Valle og Bygland kommune (figur 1). Med hensyn til eventuelle regulerings effekter berører dette i det vesentligste Valle kommune.

Både hva geologi, løsavsetninger og vegetasjon angår er forholdene stort sett lik forholdene i de aktuelle feltene "Brokke nord" og "Brokke syd".

I henhold til Statistisk Sentralbyrå (1983), er det totale jordbruksareal i Valle kommunen 5.563 da. Antar vi at jordbruksarealene i vesentlig grad ligger langs Otra og tar med den berørte del av Bykle kommune, vil jordbruksarealene som i denne forbindelse er interessante utgjøre ca. 6.000 da. Langs Otra fra Bjorbekks utløp til Brokke er det et jordbruksareal på anslagsvis 5.700 da og nedstrøms Brokke ca. 300 da. Som ellers i norske dalfører ligger jordbruksarealene tett opp til vassdraget. Husdyrhold er den viktigste driftsmåte.

I henhold til Statistisk Sentralbyrå 1981 er den fastboende befolkning i det berørte område anslått til ca. 1.600 personer, hvorav ca. tredjeparten bor i/rundt Valle kommunesenter (se også Egerhei 1984). Langs Otra fra Bjorbekks utløp til Brokke bor det anslagsvis ca. 1.240 personer (Egerhei 1984), mens ca. 300 personer bor nedstrøms Brokke til Rysstad. De industrielle aktiviteter er av beskjeden størrelse og omfang i området.

9. FORURENSNINGSBELASTNING - TEORETISKE BEREGNINGER

9.1. Generelt

Det totale areal som drenerer til Otra på strekningen utløp Bjorbekk - Brokke er på ca. 245 km² hvorav ca. 5,7 km² er dyrket mark, resten, 239,3 km², er fjell og skogområder. Langs samme elvestrekning bor det ca. 1.240 personer. Av disse er ca. 400 pe tilknyttet et biologisk-kjemisk kloakkrenseanlegg på Valle. Avløpet fra Homme grendefelt (oppstrøms Valle sentrum) føres til et felles infiltrasjonsanlegg dimensjonert for 60 pe. Den øvrige bebyggelse langs den aktuelle elvestrekningen i Valle kommune har separate avløpsløsninger basert på infiltrasjon i grunnen.

På vestsiden av Otra oppstrøms Flateland er det anlagt slamdeponi i selvdrenerende masser. Valle kommune har planer om å anlegge søppelfyllplass i et nedlagt grustak på østsiden av Otra ca. 2 km syd for Bjørnarå.

Veiå og Bjørnarå er kun resipient for arealavrenning. Trydalsbekken er resipient for utslipp av avløpsvann fra spredt bebyggelse, landbruksforurensninger og arealavrenning. Det er bosatt ca. 30 personer innenfor nedbørfeltet til Trydalsbekken. Bebyggelsen her har separate avløpsløsninger basert på infiltrasjon i grunnen. Det er spesielt grunn til å vurdere Trydalstjern idet denne lokalitet ansees å være det svakeste punkt i resipientkjeden her.

Størstedelen av bebyggelsen i Bykle sentrum er tilknyttet kommunalt avløpsnett som føres til renseanlegg. Renseanlegget har biologisk rensing og er dimensjonert for 500 p.e. Avløpet fra renseanlegget føres inn på overføringstunnelen mellom Sarvsfoss og Botsvatn.

Den øvrige bebyggelsen i Bykle sentrum har separate avløpsløsninger.

Bestelandså og Fjellskarå er kun resipient for arealavrenning (diffuse tilførsler).

Langs den aktuelle strekningen av Otra mellom Besteland og Faremo er det bosatt ca. 300 personer. Bebyggelsen på Rysstad er tilknyttet kommunalt avløpsnett som føres til Rysstad renseanlegg. Renseanlegget har biologisk rensing og er dimensjonert for 600 p.e. Det er tilknyttet ca. 100 p.e. Renseanlegget har utslipp i Otra.

Den øvrige bebyggelsen på den aktuelle strekningen har separate avløpsløsninger basert på infiltrasjon i grunnen.

På østsiden av Otra ovenfor Helle er det anlagt kommunalt slamdeponi i selvdrenerende masser.

9.2. Forurensningsbelastning

Brokke nord:

Ved beregning av forurensningstilførsler og forurensningskoeffisienter henvises til Vennerød 1984.

Avrenning fra skog- og fjellarealer settes i henhold til dette til 6 kg total fosfor og 200 kg total nitrogen pr. km² og år. Avrenning fra fjell og skogområder settes her likt. Fra jordbruksmark brukes arealkoeffisienter som kom frem ved en intensiv undersøkelse i Telemark i 1975-1979 (Rognerud m.fl. 1979), nemlig 74 kg fosfor pr. km² og år. Nitrogentilførselen settes til 2.100 kg km² og år (Vennerød 1984).

Spesifikk forurensningsmengder i avløp fra husholdninger settes i henhold til Vennerød (1984) til 2,5 g fosfor og 12 g nitrogen pr. person og døgn. Kloakkrenseanleggets rensegrad er ikke kjent, men settes her til ca. 80 % reduksjon av fosfor og 15 % reduksjon av nitrogen (vanlig verdi). Infiltrasjonsanleggene antar vi reduserer forurensningene med ca. 50 %.

I henhold til de oppgitte verdier for befolkning, arealer og koeffisienter, fremkommer følgende belastningstall (tabell 2) for den aktuelle strekning av Otra når det gjelder fosfor og nitrogen.

Tabell 2. Fosfor og nitrogentilførsler til Otra på strekningen Bykle
- Brokke, kg pr. år.

	Tot. fosfor	Tot. nitrogen
Avr. fra fjell- og skogomr.	1.440	49.000
Jordbruksomr.	420	11.870
Renseanlegg	70	1.490
Infiltrasjonsanlegg	1.050	5.000
TOTALT	2.980	67.460

Brokke syd

Midlere vannføring i Otra nedstrøms Brokke kraftverk er oppgitt til $84 \text{ m}^3/\text{s}$ (Egerhei 1984). En overføring Bestelandså m.fl. til Brokke kraftverk vil ikke endre denne vannføring i negativ retning - tvertimot vil vannføringen lengst oppe (ved utl. kraftst.) øke med $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ i middel. Reguleringsinngrepet vil derfor ikke innvirke på den generelle forurensningssituasjonen i Otra på denne strekning.

Den nederste strekningen av de innfangede bekkene vil bli tørrlagte og således ikke egnet som resipienter for avløpsvann etter regulering.

10. KLIMA OG VANNFØRINGSFORHOLD

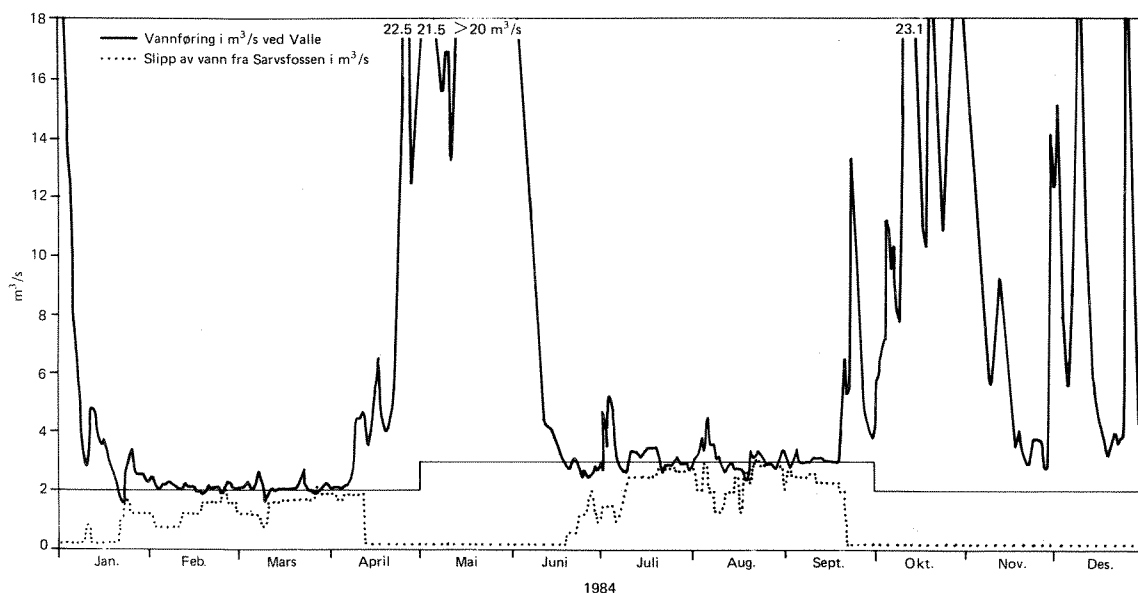
Øvre del av Setesdal har innlandsklima med lav temperatur vinterstid og høy temperatur om sommeren. På Bjåen, ca. 10 km nord for Hovden, varierer normal månedsmiddeltemperatur mellom -8°C (februar) og $+11,1^{\circ}\text{C}$ (juli). Laveste temperatur som er målt på Bjåen er $-33,0^{\circ}\text{C}$.

Normal årsnedbør i øvre del av Setesdalen varierer mellom 1000 og 2000 mm og er størst i vestlig og høyereliggende strøk. Nedbørdata fra Bjåen viser at midlere månedsnedbør er størst i perioden august-november og minst i perioden mars-mai.

Normalt avløp fra nedbørfeltene er karakterisert ved stor vannføring under snøsmeltingen og lav vannføring om vinteren. Midlere arealavrenning i de aktuelle områder ("Brokke nord") er i henhold til NVE ca. $40 \text{ l/km}^2 \cdot \text{s}$. Dette betyr en midlere avrenning ($94,6 \text{ km}^2$) på $3,8 \text{ m}^2/\text{s}$. Arealavrenningen fra "Brokke syd" ($47,7 \text{ km}^2$) er oppgitt til $38 \text{ l/km}^2 \cdot \text{s}$ og følgelig bli midlere avrenning herfra ca. $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Otra på en aktuelle strekning er sterkt regulert. Fra Sarvsfossen overføres vannet til Botsvatn bortsett fra slipp av vann for å opprettholde den konsesjonsbetingede minstevannføring ved Valle vannmerke på $2 \text{ m}^3/\text{s}$ om vinteren og $3 \text{ m}^3/\text{s}$ om sommeren. På grunn av tilsig fra restnedbørfeltet nedstrøms Sarvsfossen er den nåværende midlere vannføring ved Valle $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ($15,3 \text{ m}^3/\text{s}$ i perioden 1970-1979 og $8,8 \text{ m}^3/\text{s}$ i 1982) (Egerhei 1984). Før den siste regulering d.v.s. i perioden 1945-1963, var den midlere vannføringen ved Valle $78 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vannføringsvariasjonene ved Valle vannmerke i 1984 og påslipp av vann fra Otra ved Sarvsfossen samme år er vist i figur 2. Som figuren viser var restvannføringen dette år meget liten fra slutten av januar til begynnelsen av april, samt fra midten av juni til midten av september. I begge disse perioder ble minstevannføringskravet i vesentlig grad oppfylt med påslipp av vann fra Otra ved Sarvsfoss - i vinterperioden ble det sluppet ca. 11 mill m^3 og i sommerperioden ca. 17 mill. m^3 .



Figur 2. Daglig vannføringsobservasjoner ved Valle vannmerke 1984. Slipp av minstevannføring ved Brokke. Minstevannføringer Valle: $2 \text{ m}^3/\text{s}$ om vinteren, $3 \text{ m}^3/\text{s}$ om sommeren.

Under snøsmeltingen om våren og som følge av store nedbørsmengder om høsten oversteg vannføringen i disse perioder i betydelig grad minstevannføringskravet.

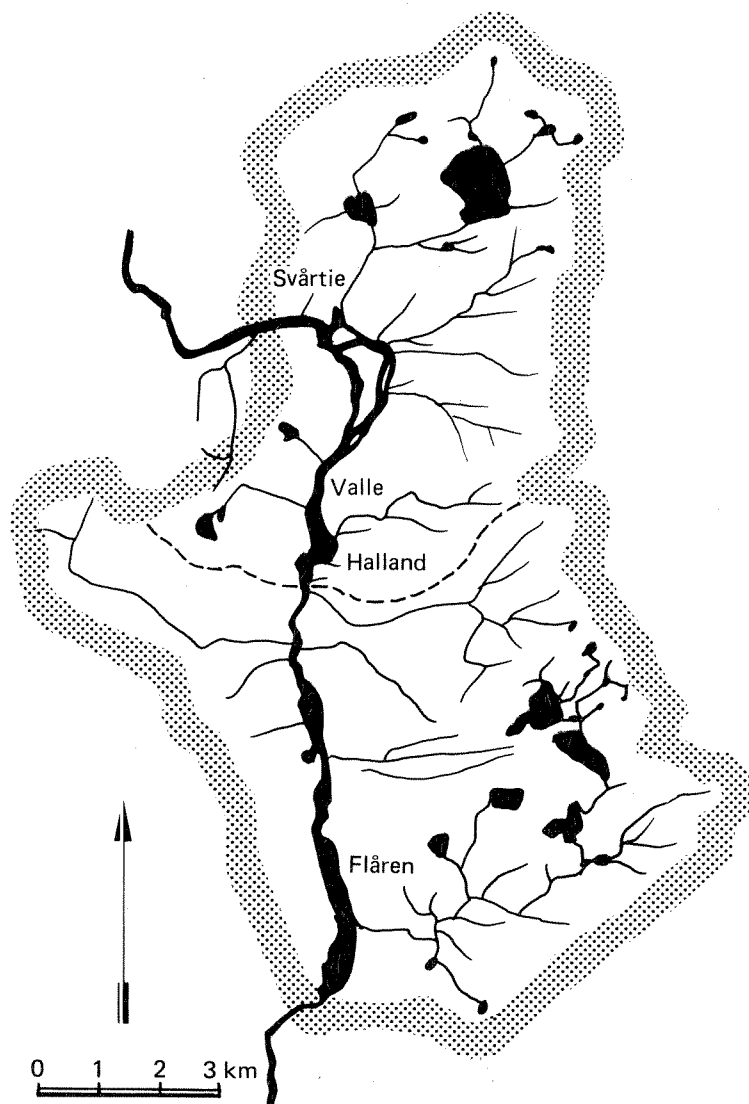
Nedstrøms innløpet fra Brokke kraftverk er middelvannføringen i Otra oppgitt til $84 \text{ m}^3/\text{s}$. Vannføringsvariasjonene er her bestemt av driften av kraftverket og er sterkt utjevnet over året sammenlignet med forholdene før reguleringen.

Avrenningen fra Brokke syd munn ut i Otra nedstrøms utløp Brokke kraftverk. Etter regulering vil det samme vannet tilføres Otra gjennom utløpet fra kraftverket uten vesentlig tidsforsinkelser i forhold til før reguleringen. Vannføringsmessig vil derfor dette inngrep ha liten/ingen effekt på vannføringen i Otra i negativ retning.

11. FORURENSNINGSSITUASJONEN I OTRA PÅ STREKNINGEN BYKLE - BROKKE

Siden 1980 er forurensningssituasjonen i Otra undersøkt som ledd i Statlig program for forurensningsovervåking som administreres av Statens forurensningstilsyn. Det er i den forbindelse bl.a. samlet inn prøver fra Otra v/ Hoslemoen og Valle. Stasjonen ved Valle er lagt til "Hallandsfossen" dvs. nedstrøms avløp fra kloakkrenseanlegg (figur 3).

I 1983 ble det gjennomført en spesialundersøkelse av forurensningssituasjonen i terskelbassengene forbi Valle i Svårtie, Halland og Flåren (figur 3). Denne utredning bygger i det vesentligste på resultatene fra de nevnte undersøkelsene.



Figur 3. Oversiktskart over Otra på strekningen Svårtie - utløp Flåren.

11.1. Kjemiske forhold

Kjemiske analyseresultater fra de nevnte undersøkelser er gjengitt i bilag. Stasjon 564 gjelder Valle og st. 590 Hoslemoen. Stasjonen ved Hoslemoen er tatt med som referansestasjon, men ved tolkning av resultatene må man være oppmerksom på at vannet ved de to stasjoner i vesentlig grad er tilført fra to forskjellige områder. Bare ca. 9 % av vannet i Otra ovenfor Sarvsfossen blir idag sluppet som minstevannføring og vil på denne måten influere på vannkvaliteten ved Valle.

11.1.1. Næringssalter (figur 4 og 5)

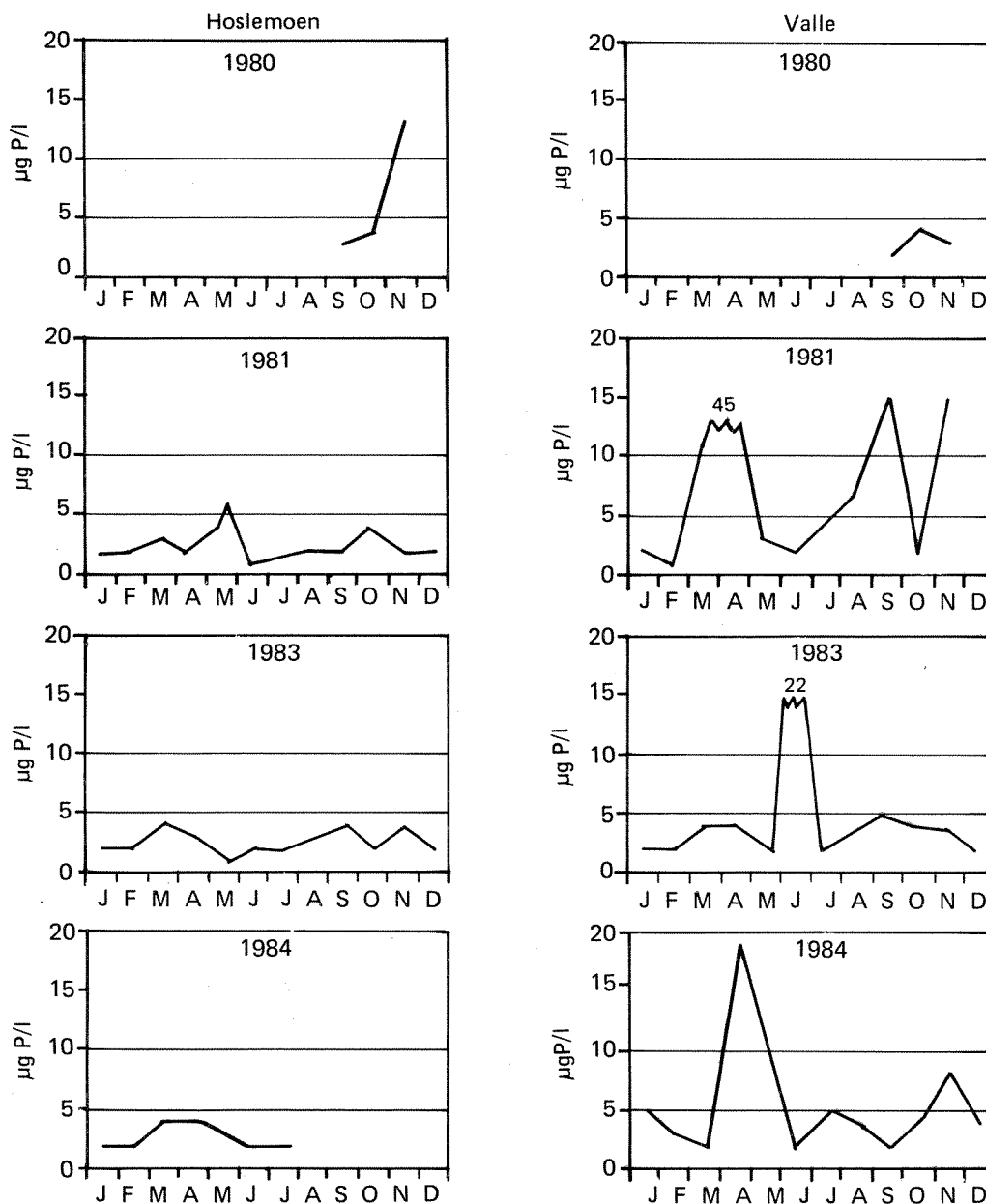
Verdiene for total fosfor er ofte ekstremt lave både ved Hoslemoen og Valle. Ved Valle er det imidlertid betydelig variasjon sannsynligvis på grunn av at utvasking av partikulært materiale for nedbørfeltet/elvefarete varierer med nedbør og avrenningsforhold. Høyt fosforinnhold forekommer oftest samtidig med at turbiditetsverdiene er høye, dvs. når det er stor utvasking av erosjonsmateriale.

Nitrogenverdiene er noe høyere enn hva man kunne forvente ut fra erfaringer fra tilsvarende områder i andre landsdeler. Dette har antakelig sammenheng med forurenset nedbør (nitrose gasser). Verdiene er imidlertid høyest ved Valle - noe som kan tyde på tilførsel fra jordbraksaktiviteter og bosetting.

Undersøkelsesresultatene fra de tre terskelbassenger i 1983, tyder ikke på noen vesentlig økning i næringssaltinnholdet på strekningen Svårtie - Flåren - spesielt fosforverdiene var meget lave på alle tre stasjoner. Det bør imidlertid tilføyes at uten tettere prøvetakinger (registrerende observasjoner), er muligheten for ikke å få med episoder med stor transport av erosjonsprodukter, meget store.

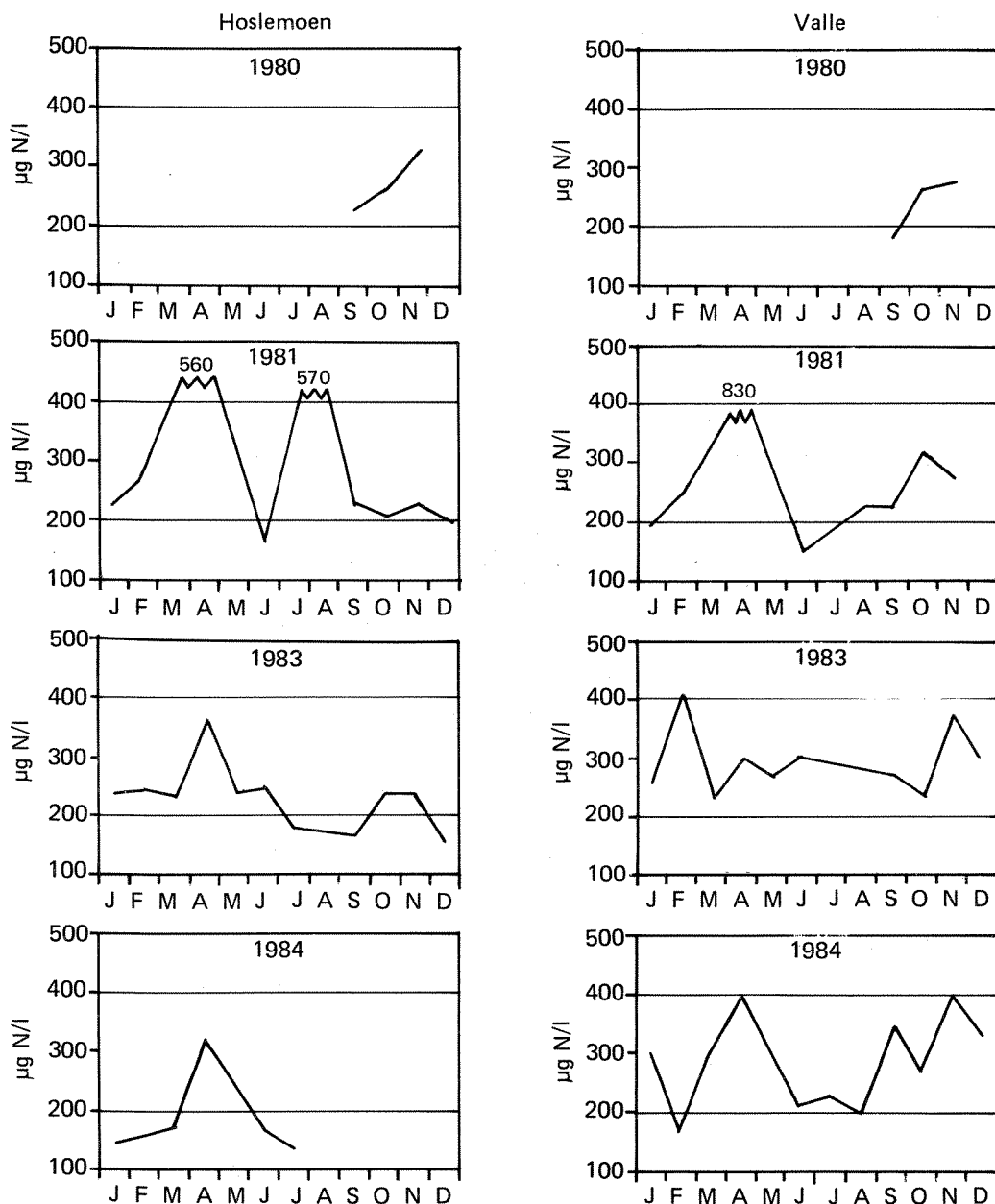
Middelverdien for de ulike år 1981 - 1984 er gitt i figur 6 og 7. Bortsett fra 1981, synes verdiene å være ensartet - og lave.

Otra, Total fosfor, $\mu\text{g P/l}$

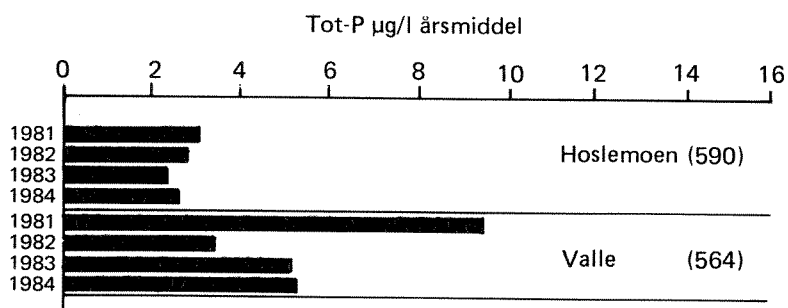


Figur 4. Verdier for total fosfor er ofte ekstremt lave på begge stasjoner - 4-5 $\mu\text{g P/l}$ er forventet naturlig bakgrunnsverdier i dette området. Konsentrasjonene synes å være noe høyere ved Valle enn ved Hoslemoen, og ved Valle forekommer tydeligvis episoder med høye verdier, muligens som partikulært fosfor. Variasjon i turbiditet tyder på det.

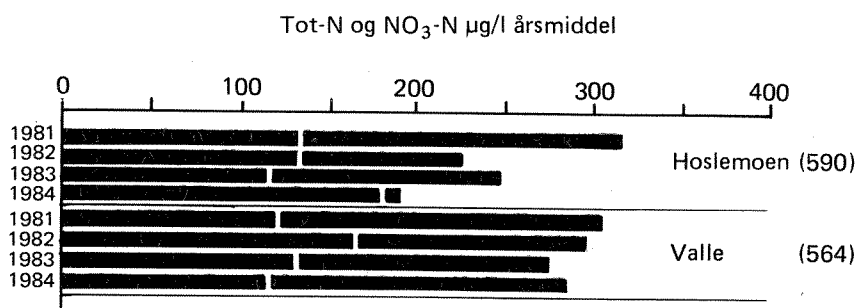
Otra, Total nitrogen, $\mu\text{g N/l}$



Figur 5. Nitrogeninnholdet er noe varierende på begge stasjoner - de høyeste verdier synes å opptre om våren under snøsmeltingen og om høsten ved mye nedbør og stor vannføring. I 1983 og 1984 var nitrogeninnholdet markert høyere ved Valle enn ved Hoslemoen. Total nitrogeninnhold på 150-200 $\mu\text{g N/l}$ ansees som naturlige bakgrunnsverdier i dette området.



Figur 6. Årsmiddelkonsentrasjon av total-fosfor i 1981-1984 i rutineprøver fra Otra ved Hoslemoen og Valle.

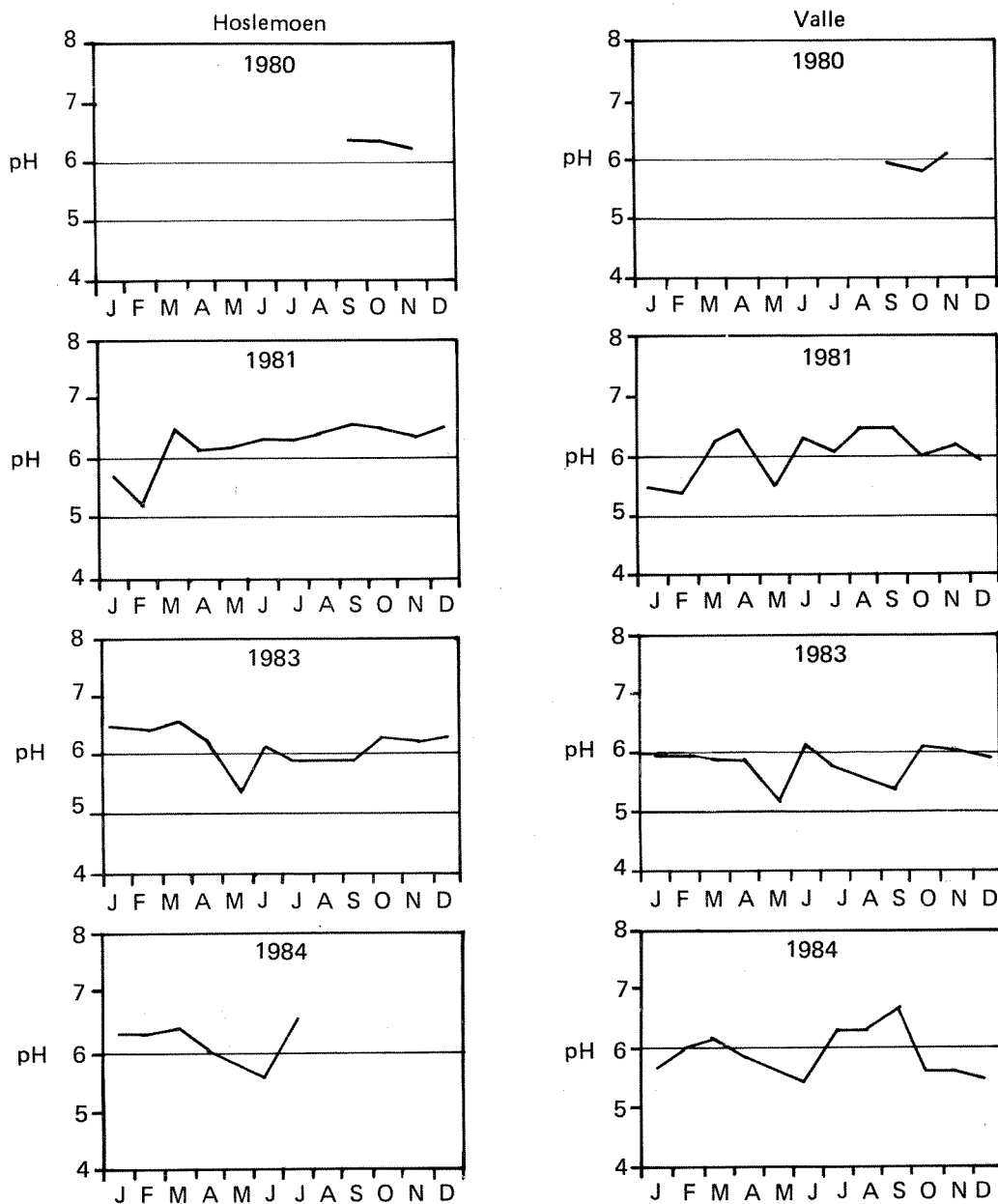


Figur 7. Årsmiddelkonsentrasjon av total-nitrogen (hele søylen) og nitrat-nitrogen (vestre del av søylen) i 1981-1984 i rutineprøver fra Otra ved Hoslemoen og Valle. Nitrogenkonsentrasjonene viser små variasjoner i hovedvassdraget.

11.1.2. Surhet (pH) (figur 8)

Vannet i Otra er surt og surheten øker nedover i vassdraget fra ca. pH 6,5 ved utløpet fra Breievatn til ca. 5,6 ved Steinsfoss (like oppstrøms Vennesla) (Grande m.fl. 1982). Data fra overvåkingsundersøkelsene er vist i figur 8 hvor verdiene fra Hoslemoen og Valle er plottet inn. Datatilfanget varierer, men antyder at pH ofte er 0,2 til 0,4 pH-enheter lavere ved Valle enn ved Hoslemo. Dette betyr at ved påslipp av mer vann fra Sarvsfossen for å opprettholde minstevannføringen, vil vannet i Otra ved Valle bli noe mindre surt. Vannkjemi og vannets surhet i reguleringsområdet er diskutert i kapittel 11.

Otra, Variasjon i pH



Figur 8. pH varierer mellom 5 og 6,5. Det er vanskelig å antyde noen forskjell på de to stasjoner, men ofte synes pH å ligge 0,2-0,4 pH-enheter lavere ved Valle enn ved Hoslemoen. Bortsett fra at pH synes å være lavest under snøsmeltingen (normalt) om våren, er det vanskelig å gi noen god forklaring på variasjonsmønsteret - sannsynligvis har varierende pH i nedbøren betydning.

11.1.3. Mineralsalter (figur 9 og 10)

Konduktivitetsverdiene (figur 9) som er et uttrykk for vannets innhold av mineralslater er lave på begge stasjoner og vanligvis lavest ved Hoslemo. Dette kan til dels være en effekt av forsurenningen (større innhold av H^+ ioner), men vannets innhold av sulfater (figur 10) og andre ioner tenderer mot høyere verdier ved Valle enn ved Hoslemo.

11.1.4. Organisk materiale og partikler

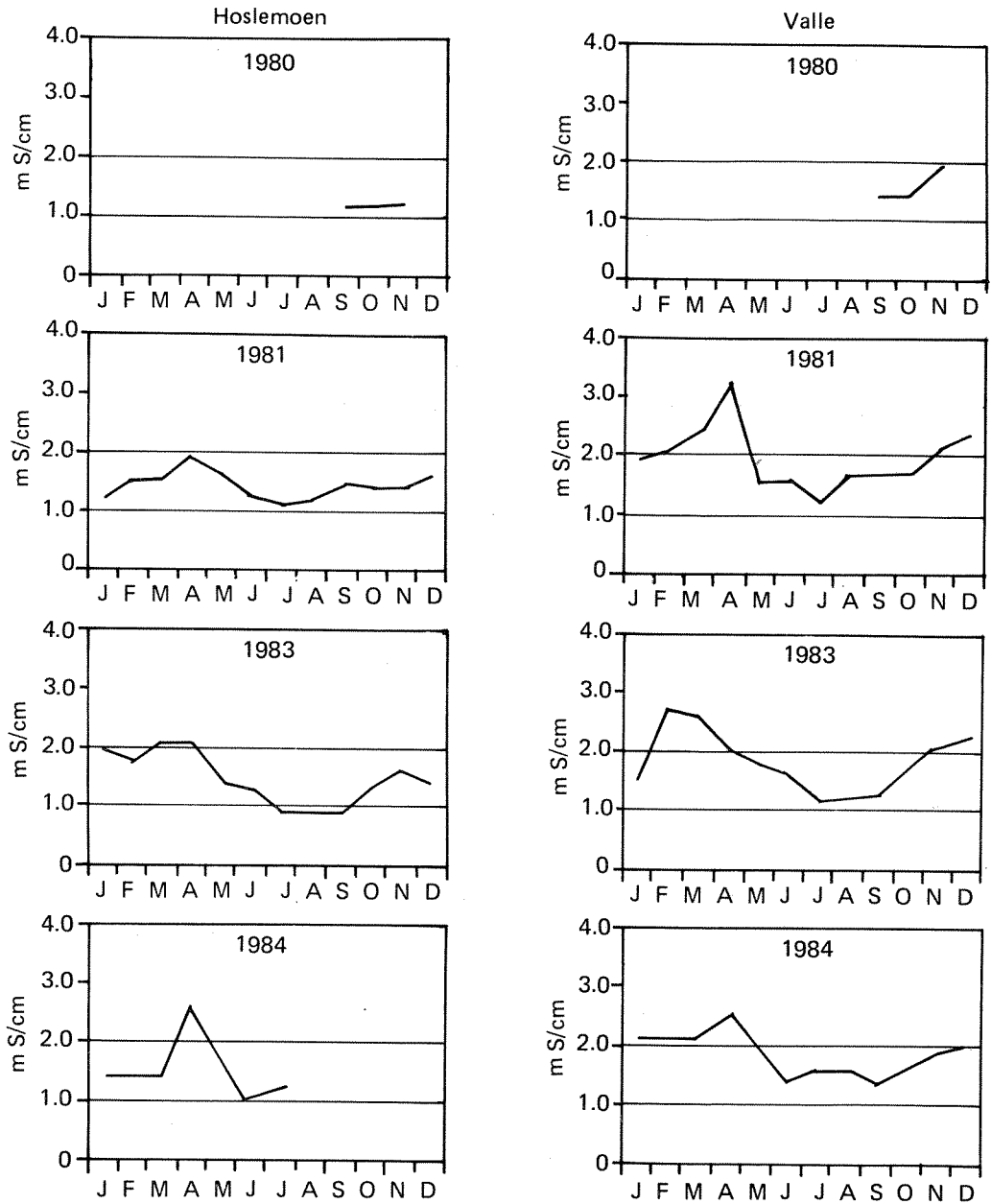
Generelt sett er vannets innhold av organisk (figur 11) og partikulært (figur 12) materiale lavt. Hva organisk stoff angår er verdiene høyere og varierer mer ved Valle enn ved Hoslemoen. Ved påslipp av mer vann fra Sarvsfossen, vil følgelig det organiske stoffinnholdet teoretisk avta.

11.1.5. Biologiske forhold

I likhet med de fysiske/kjemiske resultatene, viser de biologiske undersøkelsene som er utført at Otra ved Valle er næringsfattig og lite produktiv. Forekomstene av begroingsorganismer, planteplankton, dyreplankton og bunndyr er sparsomme. Samtidig tyder artssammensetningen på lite forurensningspåvirkning (Boman 1984).

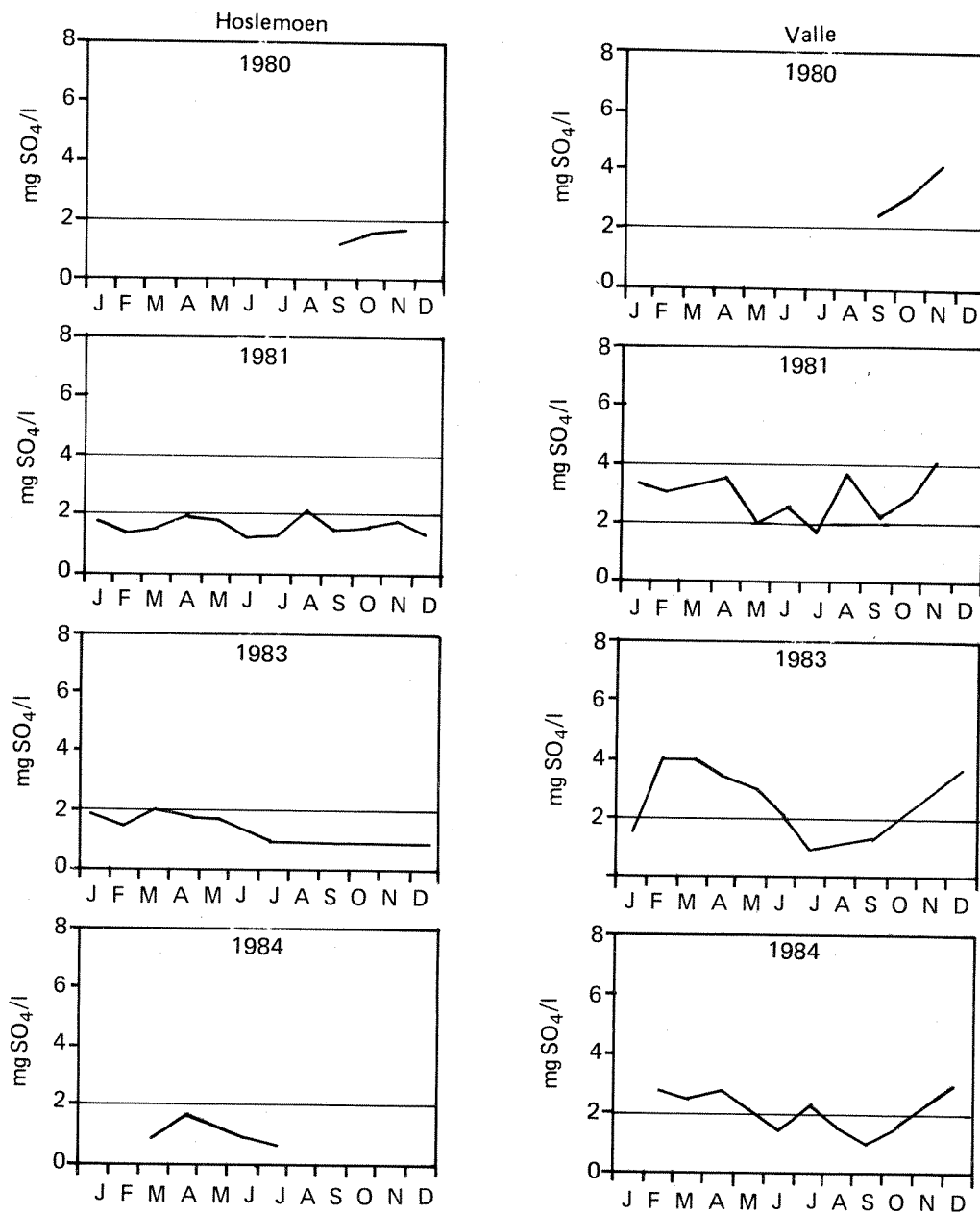
Tilført organisk materiale fra nedbørfeltet, har en tendens til å sedimentere i terskelbassengene og dette danner grobunn for vekst av makrovegetasjon som til dels forekommer i betydelige mengder.

Otra, Konduktivitet m S/cm



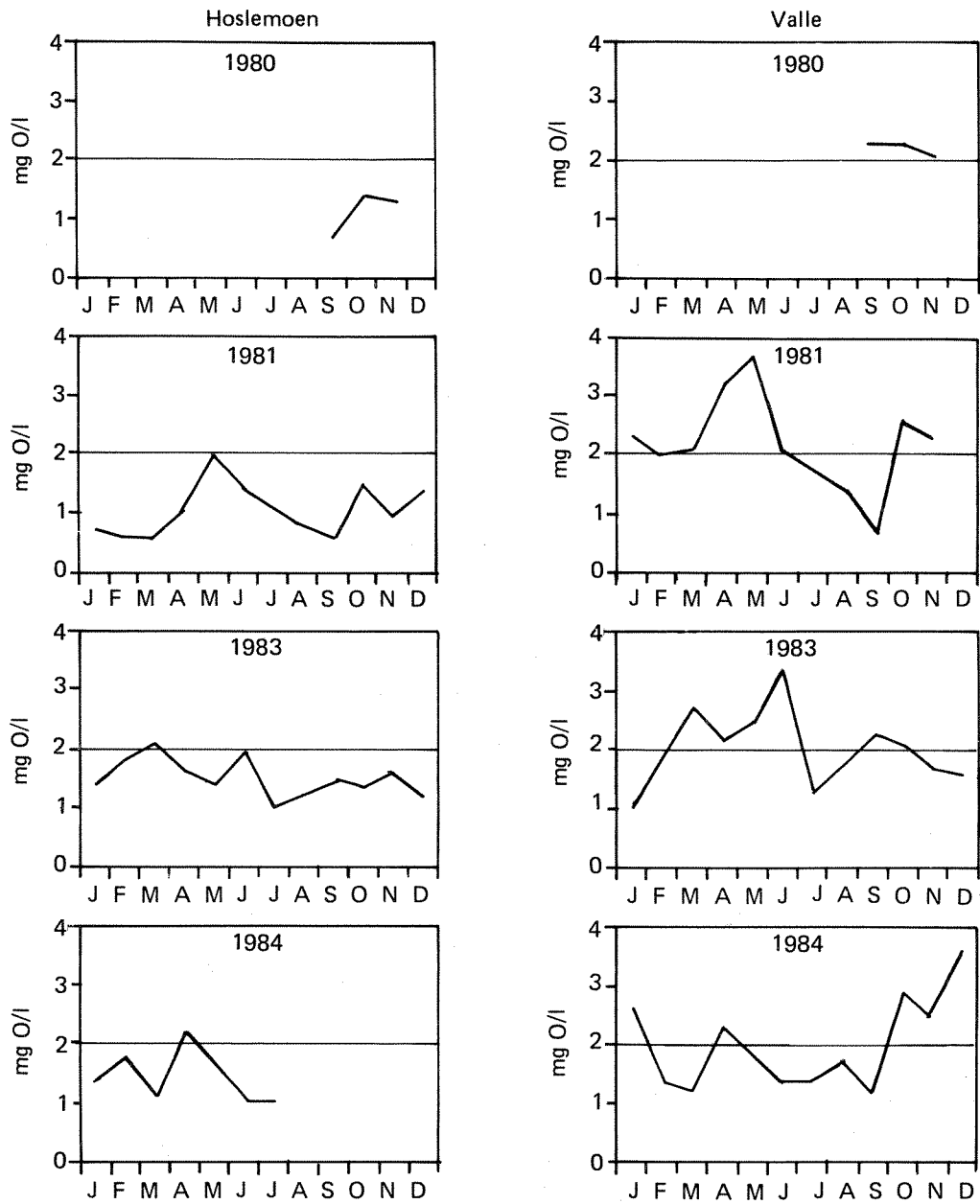
Figur 9. Konduktivitetsverdier er generelt sett lave - lavest ved Hoslemo - og viser at vannet er dårlig luftet (lite motstandsdyktig mot f.eks. forsuring). Verdiene er på begge stasjoner høyest under lavvannsføringer spesielt om vinteren. I disse tidsperioder antas grunnvannstilførselen som vanligvis har høyt innhold av salter, å være størst.

Otra, Sulfat mg SO₄/l



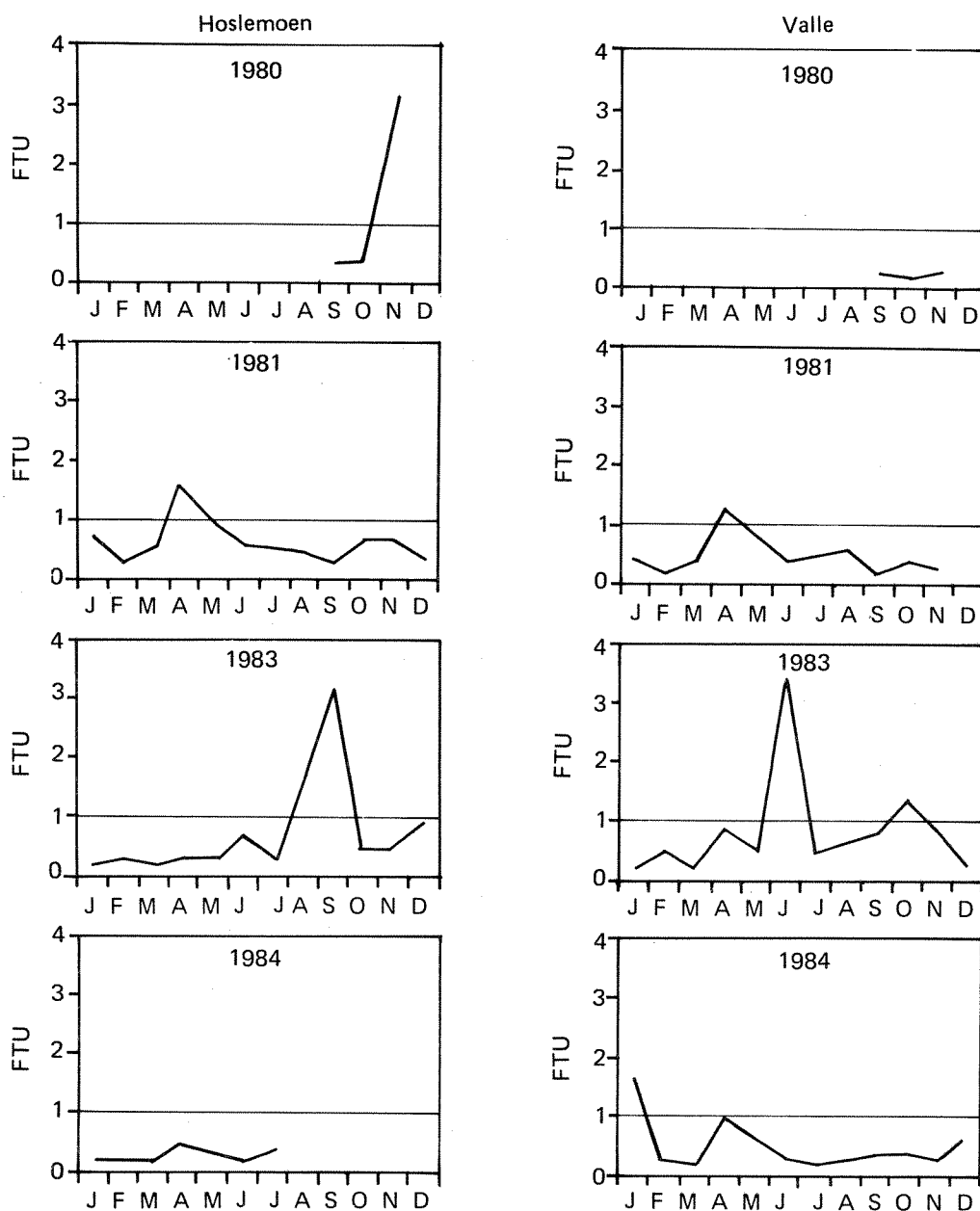
Figur 10. Sulfatkonsentrasjoner synes å være betydelig høyere ved Valle enn ved Hoslemoen. Dette kan skyldes sur nedbør som forårsaker en større utløsning av denne komponenten fra berggrunnen. Varaisjonsmønster følger i noen grad avrenningen - høyest verdier ved lav vannføring og omvendt.

Otra, Organisk stoff (permanganat, mg O/l)



Figur 11. Vannets innhold av organisk stoff bestemt ved permanganatmetoden, er markert høyere og varierer mer ved Valle enn ved Hoslemoen. Generelt sett er imidlertid verdiene vanligvis lave.

Otra, Turbiditet, FTU



Figur 12. Turbiditetsveridene eller vannets innhold av partikler er vanligvis lavt - betydelig under 1 FTU. Episoder med høye verdier forekommer antakelig ved høye vannføringer og utvasking av erosjonsprodukter. Det synes ikke å være noen vesentlig forskjell på de to stasjoner.

12. FORSURINGSPROBLEMATIKK

12.1. Brokke nord

Det foreligger vannkjemiske data (sur nedbør-prosjektet SNSF) fra 4 innsjøer som direkte eller indirekte blir berørt ved den planlagte regulering av Bjørnarå og Veiåni-området (Brakke nord).

Kleivsvatn renner ut i Bjørnevatn som blir direkte berørt av reguleringer (figur 1). Begge innsjøene har sur vannkvalitet (tabell 3), men verdien ligger i overkant av den konservative grense for skadeeffekt på ørret (ca. pH 5,2). I følge SNSFs rapporter er Kleivsvann fisketomt, mens Bjørnevatn har en liten ørretbestand. Dette skyldes sannsynligvis det sure vannet sammen med de relativt høye aluminiumsverdiene (tabell 3).

Vannet i Kleivsvatn og Bjørnevatn har lave fargeverdier og lavt innhold av organisk stoff. Konsentrasjonen av hovedkomponenter er også lave (tabell 3).

Tabell 3. Brokke nord (Bjørnarå m.fl.). Kjemiske analyseresultater fra noen vannforekomster 1983.

Dato		Kleivsvatn 9.10.83	Bjørnevatn 9.10.83	Torvikvatn 9.10.83	Husbyvatn 9.10.83
Surhetsgrad	pH	5,35	5,42	5,16	5,12
Farge	mg Pt/l	2	5	1	4
PERM ¹⁾	mg O/l	1,7	-	0,4	1,4
COD ²⁾	mg O/l	12,5	-	4,2	7,3
Organisk materiale ³⁾		0,027	0,027	0,008	0,020
Kalsium	mg Ca/l	0,38	0,55	0,49	0,51
Magnesium	mg Mg/l	0,13	0,17	0,16	0,17
Natrium	mg Na/l	1,89	0,90	0,80	0,79
Klorid	mg Cl/l	1,08	0,21	0,16	0,17
Sulfat	mg SO ₄ /l	1,8	2,1	2,4	2,3
RA1 ⁴⁾	µg Al/l	81	-	97	110
ILA1 ⁵⁾	µg Al/l	19	26	83	33
LA1 ⁶⁾	µg Al/l	62	26	14	77

1) Kjemisk oksygenforbruk, permanganatmetoden

2) Kjemisk oksygenforbruk, dikromatmetoden

3) Estimert som abserbans av UV-lys

4) Reaktivt aluminium

5) Ikke labilt aluminium

6) Labilt aluminium

Torvikvatn blir direkte berørt ved reguleringen mens Husebyvatn ikke blir berørt. Begge innsjøene har lavere pH enn Kleivsvatn og Bjørnevatn og ligger under den konservative grense for skadeeffekt på ørret (ca. pH 5,2). Husebyvatn hadde en liten bestand av ørret, mens det ikke finnes opplysninger om fiskebestanden i Torvikvatn (SNSF). Disse innsjøer har også relativt høye aluminiumskonsentrasjoner, samt lavt innhold av organisk stoff, lave fargeverdier og lave konsentrasjoner av hovedkomponenter.

12.2. Brokke syd

Vi har ikke noen vannkjemiske data fra innsjøer som blir berørt ved denne overføringen, men vi antar at vannkvaliteten fra Myklevatn og Urdevotni er representativ for vannkvaliteten i de berørte innsjøene (figur 1).

Begge innsjøene har sur vannkvalitet med en pH under den konservative grense for skadeeffekt på ørret (pH 5,2). Det er også relativt høye aluminiumskonsentrasjoner (tabell 4). Myklevatn er fisketomt mens det mangler opplysninger om Urdevotni (SNSF). Begge innsjøene har en ionefattig vanntype og har lave konsentrasjoner av hovedkomponenter (tabell 4).

Tabell 4. Brokke syd (Bestelandså m.fl.). Kjemiske analyseresultater fra to mindre innsjøer 1983.

Dato	Myklevatn 8.10.83	Urdevotni 8.10.83
Surhetsgrad pH	4,93	5,11
Konduktivitet $\mu\text{S}/\text{cm}$	9,8	9,2
Farge mg Pt/l	15	9
Organisk materiale ³⁾	-	0,047
Kalsium mg Ca/l	0,36	0,44
Magnesium mg Mg/l	0,13	0,15
Natrium mg Na/l	0,72	0,72
Kalium mg K/l	0,08	0,08
Klorid mg Cl/l	1,3	1,0
Sulfat mg SO_4/l	1,7	1,8
RA1 ⁴⁾ $\mu\text{g Al}/\text{l}$	-	82
ILA1 ⁵⁾ $\mu\text{g Al}/\text{l}$	43	22
LA1 ⁶⁾ $\mu\text{g Al}/\text{l}$	43	60

3) Estimert som absorpsjon av UV-lys

4) Reaktivt aluminium

5) Ikke labilt aluminium

6) Labilt aluminium

13. DE PLANLAGTE REGULERINGERS (BROKKE NORD OG SYD) INNVIRKNING PÅ OTRA

13.1. Nåværende vannkvalitet

I henhold til de foreliggende overvåkingsrapporter, er det i den angjeldende undersøkelsesperioden ikke påvist eutrofieringstendenser i Otra på strekningen Bykle - Brokke (Valleområdet). Fosforkonsentrasjonene som ansees å være det styrende element hva begroing og planktonutvikling angår, er vanligvis meget lave - bare i visse perioder med høy vannføring opptrer høye konsentrasjoner som følge av utvasking av erosjonsprodukter. Dette fosforet er antagelig i vesentlig grad partikulært bundet og derfor ikke så lett tilgjengelig for algevekst. Vi kan dessuten betrakte terskelbassengene som sedimentasjonsbassenger i denne sammenheng - hvor fosforet i stor grad holdes tilbake i sedimentene.

13.2. Vannføring

Det planlagte reguleringsinngrep i Bjørnaråområdet vil medføre en midlere vannføringsreduksjon på $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$ - fra $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$ idag til $5,7 \text{ m}^3/\text{s}$ etter regulering. Det er først og fremst flomvannføringen om våren og høsten som blir berørt. Om sommer og vinter består vannføringen i Otra ved Valle i vesentlig grad av vann som slippes som minstevannføring ved Sarvsfossen. Behovet for påslipp av vann blir enda mer utpreget etter regulering. Det foreligger ingen simuleringsdata over hvordan vannføringsvariasjonen vil være etter regulering, men vi må anta at de nåværende flomtopper vil bli sterkt redusert. Vi har i de følgende beregninger antatt at nødvendig påslipp av minstevannføring vil dreie seg om ca. $50 \text{ mill. m}^3/\text{år}$. Like syd for Brokke øker middelvannføringen fra ca. $84 \text{ m}^3/\text{s}$ før til ca. $85,8 \text{ m}^3/\text{s}$ etter reguleringen.

13.3. Begroings - eutrofieringsutvikling

I kapittel 7 ble fosfor og nitrogenbelastningen på Otra på den berørte strekning beregnet til 2.980 kg fosfor og 67.460 kg nitrogen. Dessuten tilføres det en viss mengde næringsalter på grunn av slipp

av "minstevann". I overvåkingsrapportene fremgår det at fosfor og nitrogenkonsentrasjonene ved Hoslemo er henholdsvis ca. 3 µg P/l og ca. 250 µg N/l. Med et vannslipp på en 28 mill. m³/år (se kap. 8), blir tilleggsbelastningen på grunn av minstevannføringen ca. 84 kg fosfor og ca. 7.000 kg nitrogen pr. år. Den totale belastning av Otra oppstrøms utløp Brokke kraftverk skulle da bli:

3.064 kg fosfor pr. år
74.460 kg nitrogen pr. år.

Med en midlere vannføring på 9,5 m³/s blir den midlere konsentrasjon av næringssalter på samme sted 10,2 µg P/l og 250 µg N/l.

De observerte verdier for fosfor er vanligvis langt lavere dvs. ca. 5 µg P/l, mens nitrogenverdiene er høyere, ca. 280 µg N/l målt ved Valle. Dette kan skyldes flere forhold; De teoretiske beregninger bygger på avrenningskoeffisienter fra andre landsdeler - derved innføres en meget stor usikkerhet. De observerte verdier gjelder månedlige enkeltprøver.

Stoffkonsentrasjoner i en elv kan variere sterkt med vannføring og transport av erosjonsprodukter fra landområder (nedbørfeltet) og elvefaret. Dette kommer også til syne ved Otra-undersøkelsen hvor det ved enkelte anledninger er målt høye verdier f.eks. 7.4.81 da det ble målt 45 µg P/l. Mer eksakte transportverdier kan bare fremskaffes ved registrende utstyr både med hensyn til vannføring og stoffkonsentrasjon.

Legger vi samme teoretiske resonnement og koeffisienter til grunn for fosfor og nitrogentransport etter regulering får vi følgende resultat (tabell 5):

Tabell 5. Fosfor og nitrogentransport i Otra ved Valle etter regulering (kg/år).

	Fosfor	Nitrogen
Fjell og skogomr. (239,3 - 94,6) km ²	868	28.940
Jordbruk	420	11.970
Renseanlegg	70	1.490
Infiltrasjonsanlegg	1.050	5.000
Via slipp av minstevann (ca. 50 mill. m ³ /år)	150	12.500
	2.558	59.900

Her er å bemerke at det foreligger ingen opplysninger om hvor mye vann som man antar er nødvendig å slippe for å opprettholde minstevannføringen etter reguleringen. Her har vi antatt en vannmengde på ca. 50 mill. m³ pr. år (verdien for 1984 er ca. 28 mill. m³/år). Den midlere teoretiske konsentrasjon av fosfor og nitrogen vil henhold til dette bli:

14,2 µg P/l og 330 µg N/l.

Med andre ord; Reguleringsinngrepet vil bevirke at den midlere teoretiske fosforkonsentrasjonen økes fra ca. 10,2 µg P/l til ca. 14,2 µg P/l og nitrogenkonsentrasjonen økes fra ca. 250 µg N/l til ca. 330 µg N/l (målt oppstrøms Brokke). Vi tar forbehold om stor usikkerhet i beregningsgrunnlaget.

Stofftilførselen skjer på hele strekningen fra Bykle (Sarvsfossen) til utløp Brokke kraftverk. På strekningen er det flere terskelbassenger og stilleflytende partier forøvrig, hvor det skjer betydelig sedimentasjon og stoffomsetning. Man vil også i fremtiden få en varierende konsentrasjon med tiden, avhengig av variasjon i vannføring og klimatiske forhold.

I den øverste delen av den berørte elvestrekning dvs. ovenfor utløp Bjørnarå-Veiå, vil forholdene nødvendigvis bli noe bedre enn nå pga. at det må slippes noe mer vann ved Sarvsfossen for å opprettholde den konsesjonsbestemte minstevannføring. Nedstrøms Veiå mister man i vesentlig grad tilskuddsvann fra restnedbørfeltet - noe som i første rekke berører flomvannføringen vår og høst. Dette vil bl.a. få betydning med hensyn til utspyling av sedimenterte stoffer. Vi kan derfor antakelig forvente næringsrikere sedimenter i terskelbassengene og muligens noe bedre vekstgrunnlag for makrovegetasjon som allerede nå er godt etablert i terskelbassengene.

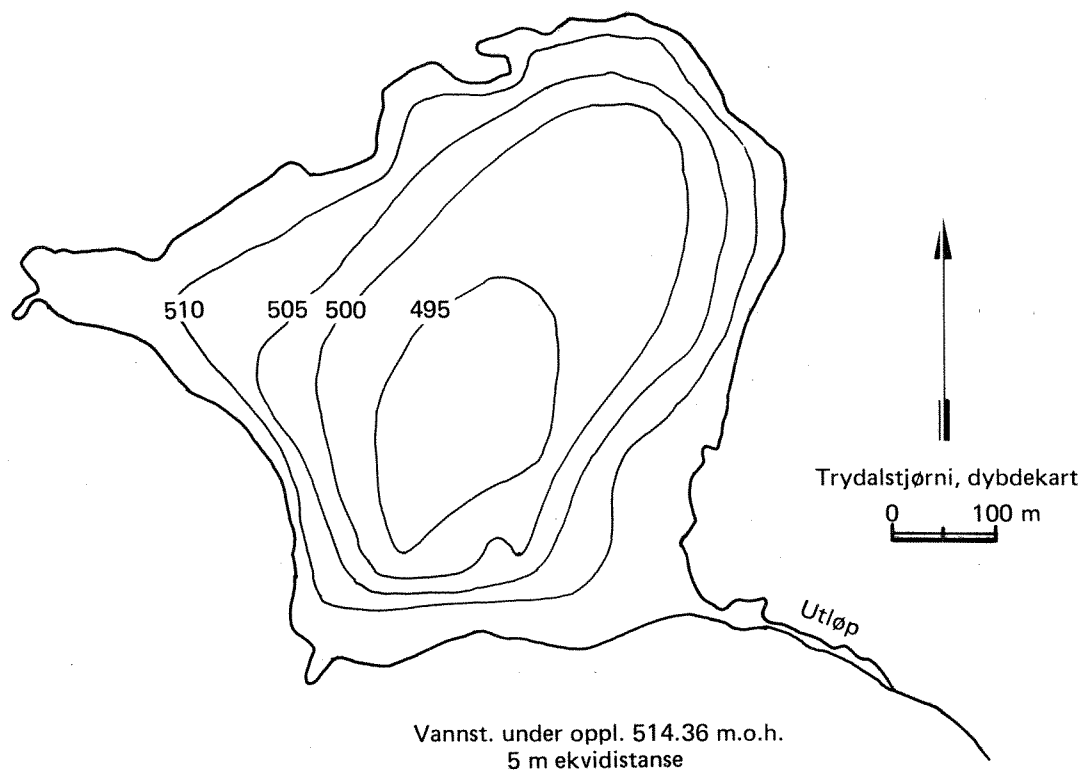
Vi kan muligens også forvente noe høyere konsentrasjoner av løste fosforfraksjoner (algetilgjengelig fosfor), spesielt nedstrøms Valle sentrum - og følgelig noe mer algebegroing og vekst av planktonalger. En nærmere kvantifisering av en eventuelt økte plantevekst ut fra foreliggende datagrunnlag er ikke mulig å gi.

Nedenfor Brokke vil reguleringsinngrepet (Brokke syd) ikke ha noen negativ virkning på elva som resipient fordi vannføringen øker.

13.3. Trydalstjørni

Langs riksvei 12 i Bykle kommune ca. 3 km nord for kommunegrensen mot Valle, ligger Trydalstjørni. Denne vannforekomst er i noen grad omkranset av bolighus og jordbruk og kan således være utsatt for forureningsutvikling.

Tjernet ble loddet opp av I/S Øvre Otra høsten 1985 - vannstand under opploddingen var 514,36 m o.h. På bakgrunn av 5 dybdeprofiler er dybdekart tegnet (av NIVA) (figur 13).



Figur 13. Trydalstjørni, dybdekart.

Følgende data for tjernet er beregnet/målt:

Overflateareal	253,5	da
Største dyp	21	m
Volum	1,43	mill m ³
Middeldyp (volum:overfl.)	5,6	m
Nedbørfelt før regulering	ca. 6,7	km ²
Nedbørfelt etter regulering	" 3,7	km ²
Vanntilførsel før regulering (40 l/km ² ·år)	" 268	l/s
Vanntilførsel etter regulering	" 148	l/s
Teoretisk oppholdstid før regulering	" 0,17	år
Teoretisk oppholdstid etter regulering	" 0,31	år
Antatt bosatte i nedbørfeltet *	" 30	personer
Dyrket mark i nedbørfeltet*	" 228	da

* Anslått på bakgrunn av opplysninger i Samlet plan (Egerhei 1984).

Eventuell forurensningsfare antar vi er knyttet til fosforbelastninger og derfor blir bare konsentrasjoner av dette element diskutert.

Fosfortilførsel før regulering:

Fra fjell- og skogområder:	39 kg/år
Fra jordbruksområder	17 kg/år
Fra befolkning	<u>14 kg/år</u>

Tilsammen ca. 71 kg/år

Fosfortilførsel etter regulering:

Fra fjell- og skogområder:	21 kg/år
Fra jordbruksområder	17 kg/år
Fra befolkning	<u>14 kg/år</u>

Tilsammen ca. 52 kg/år

Dette tilsvarer en midlere fosforkonsentrasjon i tilløp på (teoretiske verdier):

Ca. 8,4 µg fosfor/l før regulering og
ca. 11,2 µg fosfor/l etter regulering.

På bakgrunn av modellbetraktninger (Rognerud et al. 1979) er vi kommet frem til følgende akseptable fosforbelastning under forutsetning av at algebiomassen ikke skal overstige 2 µg klorofyll a/l som er et erfaringstall vi vanligvis bruker (klorofyll brukes her som mål på algemende - alle planter inneholder klorofyll):

Akseptabel midlere fosforkons. i tilløp før reg.: 11,2 µg P/l

Akseptabel midlere fosforkons. i tilløp etter reg.: 11,3 µg P/l.

Av dette går det frem at fosforbelastningen er klart lavere enn den "akseptable" før reguleringsinngrepet, mens situasjonen etterpå bli noe mer uklar. Et så lite vann som Trydalstjønni er under alle omstendigheter en meget svak resipient som bør skjermes mot forurensningstilførsler hvis man fortsatt ønsker å bevare den som "en perle" i landskapet.

13.4. Reguleringsinngrepets innvirkning på surhetsforholdene

Som ellers på Sørlandet er vannet i Otra surt og avrenningsvannets surhet øker mot syd. Dette betyr at avrenningsområdet fra de aktuelle reguleringsområdene, spesielt "Brokke syd" er surere enn vannet i Otra ovenfor disse områder. De aritmetriske middelværdier for de foreliggende pH-observasjonene illustrerer denne tendens:

Otra ved Hoslemo	:	pH 6,2 - variasjon: 5,35 - 6,60
Otra ved Valle	:	pH 5,9 - variasjon: 5,15 - 6,70
Innsjøvann "Brokke nord"	:	pH 5,3 - variasjon: 5,12 - 5,42
Innsjøvann "Brokke syd"	:	pH 5,0 - variasjon: 4,93 - 5,11.

Som det går frem av oppstillingen er det betydelig pH-variasjoner med tiden - sannsynligvis varierer pH også noe fra lokalitet til lokalitet i de aktuelle områdene.

Ved pH lavere enn 5,5 begynner fisken (artsavhengig) å få problemer. Dette betyr at vannforekomstene i reguleringsområdene idag har for lav pH for at fisken skal kunne trives (se forøvrig Wright 1983).

13.4.1. Brokke nord

Ved at det sure vannet fra heiområdene, "Brokke nord", føres over til Otra ved Sarvsfossen og videre via tunnel til Botsvatn og at det slippes mer "minstevann", vil dette nødvendigvis føre til at vannet i Otra på den aktuelle strekningen Bykle - Brokke, bli noe mindre surt. Inngrepet vil med andre ord ha positiv innflytelse på surhetsforholdene i Otra på den aktuelle strekning. Det ville vær fordelaktig hvis man kunne unngå at vannet fra Bjørnaråfeltet ble brukt for å opprettholde minstevannføringen.

13.4.2. Brokke syd

Tilsvarende som for Brokke nord vil det sure vannet fra heiene føres over til kraftverkstunnelen ved Brokke og blandes med det mindre sure vannet nordfra. Også denne overføringen vil teoretisk ha en positiv effekt ihvertfall lokalt ved elvenes/bekkenes utløp i Otra. Vannmengden som overføres er imidlertid meget liten sammenlignet med

Otras midlere vannføring nedstrøms kraftverket slik at effekten blir vanligvis minimal. Under situasjoner hvor kraftverket måtte stå eller eventuelt kjøres med vann bare fra det sydlige område, kan dette få negativ effekt på surhetsforholdene. Reglementet for kjøring av kraftverket bør derfor utformes slik at slike situasjoner unngås. For fisken vil det være katastrofalt hvis det skulle inn-
treffe situasjoner hvor kraftverket kjøres med bare surt vann.

14. LITTERATUR

- Jørgensen, G. & Skulberg, O., 1973: Notat om endrede resipientforhold ved eventuell full utbygging av Otravassdraget. NIVA-rapport 0-198/72.
- Rørslett, B. m.fl., 1978: Hartevatn og regulering av Øvre Otra. NIVA-rapport 0-133/77.
- Rørslett, B. m.fl., 1981: Undersøkelse av Øvre Otra. NIVA-rapport 0-72198.
- Wright, R.F. og Grande, Magne, 1981: Otra 1980. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport nr. 6/81.
- Grande, M. m.fl., 1982: Otra 1982. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport nr. 55/82.
- Wright, R.F., 1983: Øvre Otra. Samspill forsuring - regulering på strekningen Hartevatn - Sarvsfoss. Overvåkingsrapport nr. 77/83.
- Grande, M. & Wright, R.F., 1984: Otra 1983. Rutineovervåking. Overvåkingsrapport nr. 145/84.
- Boman, Eva m.fl., 1984: Øvre Otra, Undersøkelse av terskelbasseng i Valle 1984. Overvåkingsrapport nr. 146/84.
- Boman, Eva og Grande, M., 1985: Otra. Tiltaksorientert overvåking 1984. Overvåkingsrapport nr. 199/85.
- I/S Øvre Otra 1984: Informasjonsbrosjyre om prosjektene: Overføring av Bestelandså m.fl., Bjørnarå m.fl. til Brokke kr.v. samt Skarg og Ormsa kr.v.
- Egerhei, Tom, 1984: Samlet plan for vassdrag, Aust-Agder fylke. Valle og Bykle kommune. Vassdragsrapport Brokke 115 Otra. 31 Brokke.
- Statistisk Sentralbyrå 1983: Statistisk fylkeshefte 1983. Aust-Agder. Norges off. statistikk B 350.
- Statistisk Sentralbyrå 1981: Folke- og hustadteljing 1980. 0941 Bykle - Kommunehefte.
- Statistisk Sentralbyrå 1981: Folke- og hustadteljing 1980. 0940 Valle - Kommunehefte.
- Vennerød, Kaare, 1984: Håndbok i innsamling av data om forurensnings-tilførsler til vassdrag og fjorder. Norsk institutt for vannforskning, rapport nr. 0-82014 og F-82436.
- Rognerud, Sigurd, Berge, Dag, Johannessen, Morten, 1979: Telemarks-vassdraget. Hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975-1979. NIVA-rapport nr. 0-70112.

V E D L E G G

Vedlegg 1. Otra. Kjemiske analyseresultater

Analyseresultat for kjemiske prøver. "Lok" (lokalitet" er oppgitt i km (UTM rutenett) nord/syd. 564 Valle, 490 Hoslemoen.

a. Hovedioner

Kode	Betegnelse/enhet
pH	Surhetsgrad
K20	Ledningsevne, $\mu\text{S}/\text{cm}$ ved 20 °C
Na	mg Na/l
K	mg K/l
Ca	mg Ca/l
Mg	mg Mg/l
Al	μg Al/l
SULF	mg SO_4 /l
Cl	mg Cl/l
NO3N	mg NO_3N /l
ALK 4,5	Alkalitet, ml 0,1 N HCl/100 ml til pH 4,5
ALK 4,0	" " " " " pH 4,0

b. Andre parametre og næringsalter

Kode	Betegnelse/enhet
Q	Dagens vannføring, m^3/s
TURB	Turbiditet, JTU
PERM	Permanganatforbruk, mg O/l
TOTN	Totalnitrogen, μg N/l
TOTP	Totalfosfor, μg P/l
FARG	Farge, Pt-enheter
FARG.F	Farge, filtrert prøve, Pt-enheter

Otra 1980. Lok 564 = Valle
Lok 590 = Hosleemo

FILKODE: OTRA		NAVN: OTRA		OVERVAKNING					
LOK	A M D R N G	Q	TURB	PFRM	TOTN	TOTP	FARG	FARG.F	
564	800917		.3	2.3	190.	2.			
564	801015		.2	2.3	270.	4.			
564	801112		.3	2.1	280.	3.			
590	800917		.4	.7	230.	3.			
590	801015		.4	1.4	260.	4.			
590	801112		3.2	1.3	330.	13.			

FILKODE: OTRA		NAVN: OTRA						OVERVAKNING					
LOK	A M D R N G	PH	K2O	NA	K	CA	MG	AL	SULF	CL	NO3N	ALK4.5	ALK4.0
564	800917	5.97	14.3	.99	.24	1.07	.18	90.	2.5	1.3	50.	.53	1.36
564	801015	5.84	14.7	.99	.16	1.08	.20	70.	3.1	1.5	70.	.49	1.28
564	801112	6.06	19.6	1.17	.22	1.16	.30	60.	4.2	1.8	140.		
590	800917	6.35	11.9	.84	.32	1.03	.15	10.	1.3	1.0	120.	.76	1.60
590	801015	6.38	12.0	.70	.12	1.06	.16	10.	1.6	1.2	110.	.73	1.51
590	801112	6.27	12.5	.72	.14	.79	.18	250.	1.7	1.3	190.		

Otra 1983. Lok 564 = Valle
Lok 590 = Hostemo

FILKODE: OTRA		OVERVAKNING												DATO: 940227						
Lok	A M J R N G	Laob	PH	EURB	FE	CL	MA	K	CA	AL	AG	SULF	HH4N	M03R	TOTN	TOP	PERM	ALK	KZP	
564	330119		5.73			1.4														2.67
564	330119	y	5.95	.2	35.							1.5	30.	90.	200.	A 2.	1.0	.250	1.52	
564	330222		5.94			4.8						4.0	20.	225.	410.	2.	1.0	.240	2.90	
564	330222	y	5.96	.5	52.														2.03	
564	330315		5.88			3.3						4.0	M 5.	160.	240.	4.	2.7	A .223	2.56	
564	330315	y	5.85	.2		2.5	1.30	.42	1.71	50.	.35	3.4	M 5.	160.	300.	4.	2.2	.253	2.44	
564	330419		6.07		60.	2.8						3.2	M 10.	105.	300.	4.	2.2	.263	2.01	
564	330419	y	5.85	.0	60.	1.6	1.03	.32	1.15	100.	.24	3.1	M 10.	140.	270.	2.	2.2	A .233	1.84	
564	330524		5.64		60.	1.5						2.8	M 10.	160.	270.	2.	2.2	A .233	1.74	
564	330524	y	5.15	.4		1.1	.75	.16	.81	75.	.18	2.2	M 10.	90.	300.	22.	3.4	.233	1.30	
564	330614		5.76	3.4	160.	1.4						1.0	20.	90.	300.	22.	3.4	.233	1.46	
564	330614	y	5.10			1.3						1.0	M 10.	95.	290.	M 2.	1.3	.220	1.20	
564	330712		5.96		40.	1.3						1.4	M 10.	60.	170.	2.	2.1	.220	1.19	
564	330712	y	5.79	.5	40.	1.5						2.1	M 10.	120.	240.	4.	2.1	.220	1.30	
564	330913		5.40	.8	62.	1.4						2.1	M 10.	120.	370.	4.	1.7	.220	1.70	
564	331011		6.10		110.	1.4													2.30	
564	331115		5.91						1.56		.27								2.30	
564	331115	y	6.00	.9	65.	1.8						2.9	M 5.	190.	290.	2.	1.6	.220	2.10	
564	331220		5.90	.3	55.	2.2						3.7	25.	210.	300.	2.	1.6	.240	2.30	
590	330119		6.27																1.93	
590	330119	y	6.50	.2	50.	2.7						1.8	15.	130.	240.	M 2.	1.4	.211	1.95	
590	330222		6.41			2.1						1.5	20.	110.	345.	M 2.	1.5	.260	1.84	
590	330222	y	6.41	.3	58.														1.76	
590	330315		6.59			2.4						2.0	M 5.	140.	250.	4.	2.1	.243	2.05	
590	330315	y	6.45	.2		2.0						1.8	M 5.	200.	250.	4.	2.1	.243	2.05	
590	330419		6.28			2.3						1.2	20.	210.	360.	5.	1.6	.260	2.09	
590	330419	y	5.60	.3	90.	1.7	.95	.13	.86	40.	.20	1.8	20.	210.	360.	5.	1.6	.260	2.16	
590	330524		5.35			1.5						M 1.0	12.	130.	285.	1.	1.4	A .233	1.50	
590	330524	y	6.07	.3	40.	1.5						1.4	M 1.0	100.	285.	1.	1.4	A .233	1.59	
590	330614		6.12			1.1	.73	.11	.78	35.	.17	1.4	35.	100.	290.	2.	2.1	.223	1.19	
590	330614	y	6.24	.7	50.	1.3						M 1.0	35.	100.	290.	2.	2.1	.223	1.26	
590	330712		6.24									M 1.0	M 10.	60.	180.	M 2.	M 1.0	.223	.96	
590	330712	y	5.90	.3	20.	.8						M 1.0	M 10.	60.	180.	M 2.	M 1.0	.223	.96	
590	330913		5.90	3.2	130.	1.8						M 1.0	M 10.	60.	180.	M 2.	M 1.0	.223	.96	
590	331011		6.30		45.	1.2						M 1.0	M 10.	90.	245.	M 2.	M 1.0	.223	1.30	
590	331011	y	6.24						1.27		.22	M 1.0	M 10.	90.	245.	M 2.	M 1.0	.223	1.30	
590	331115		6.20		40.	1.6						M 1.0	M 5.	90.	160.	M 2.	M 1.0	.223	1.60	
590	331115	y	6.30	.3	50.	1.4						M 1.0	M 5.	90.	160.	M 2.	M 1.0	.223	1.60	
590	331220		6.30									M 1.0	M 5.	90.	160.	M 2.	M 1.0	.223	1.60	
590	331220	y	6.30	.3	50.	1.4						M 1.0	M 5.	90.	160.	M 2.	M 1.0	.223	1.60	

Otra 1984. Lok 564 = Valle
Lok 590 = Hostemo

FILKODE: OTRA		OVERVÆKNING										DATO: 850312		
LOK	R M D T M L A B B	PH	F A R G	T U R B	F E	C L	N A	K	C A	A L	M G	S J L F	N H 4 H	M O 3 N
564	840118	9				5.70								
564	840214	9			60.	2.1	.65	.10	1.55	100.	.35	2.8	20.	180.
564	840313	9				6.10	1.21		1.70	M 30.	.30	2.5		200.
564	840425	9				5.80	1.73		1.75	200.	.42	2.8		190.
564	840612	9				5.40			.96	50.	.20	1.5		50.
564	840717	9				6.30	1.2		1.21	80.	.43	2.3		120.
564	840814	9				6.30	1.5		1.26	M 50.	.22	1.5		85.
564	840918	9				6.70	1.7		1.36	M 50.	.22	M 1.0		120.
564	841016	9				5.60	1.9	.18	1.11	70.	.24	1.5		90.
564	841113	9				5.60	3.25	.26	1.41	130.	.27	2.3		130.
590	840118	9				5.50	.90	.21	1.30	150.	.28	2.9		125.
590	840214	9				6.30								
590	840313	9				6.40	1.6	.87	1.21	M 30.	.22	M 1.0		90.
590	840425	9				6.00	3.9	1.91	1.85	80.	.42	1.7		210.
590	840612	9				5.60	.8		.70	M 50.	.14	M 1.0		65.
590	840717	9				6.60	3.6		1.03	80.	.33	.7		65.

LOK	R M D T M L A B B	T O T V	T O T P	P E R M	A L K	K 25
564	840118	300.	5.	2.6		2.10
564	840214	170.	3.	1.4	.030	2.10
564	840313	300.	2.	1.2		2.10
564	840425	400.	19.	2.3		2.50
564	840612	210.	2.	1.4		1.40
564	840717	230.	5.	1.4		1.60
564	840814	200.	4.	1.7		1.60
564	840918	350.	2.	1.2		1.40
564	841016	270.	4.	2.9		1.60
564	841113	400.	8.	2.5		1.90
564	841211	330.	4.	3.6		2.00
590	840118	150.	M 2.	1.4		1.40
590	840214		M 2.	1.8		1.40
590	840313	170.	4.	1.1		1.40
590	840425	320.	4.	2.2		2.60
590	840612	170.	M 2.	M 1.0		1.00
590	840717	140.	M 2.	M 1.0		1.20

Vedlegg 2. Otra. Terskelbassenger. Valle.

Sværtie

DATO	Temp °C	surhet pH	Ledn. 25°C mS/m	Farge mgPt/l	Turb FTU	Tot P µg/l	orto P µg/l	Tot N µg/l	NO ₂ +NO ₃ µg/l	Org.mat (KMnO ₄) mgO/l	Tot Fe µg/l	alk m mol/l	kl a µg/l
23.2.83	0,1	5,8	2,5	13	0,4	11	3	440	120	2,3	63		
3.5.83	3,7	5,2			0,4	2	2	180	65				
30.5.83					0,4	<2	<2	220	60				
14.6.83	8,8	5,8			0,4	2	<2	150	40			<0,02	
28.6.83					0,5	4	<2	180	80			<0,02	<1,6
12.7.83	12,5	6,35	1,2	2,5	0,5	2	<2	180	90	<1	35		50
15.8.83	15,3	6,4			0,2	<2	<2	150	60			0,03	<0,4
15.8.83	15,0				0,2	<2	<2	150	65			0,02	
1) 29.8.83	13,6	6,0			0,3	<2	<2	<2	860?	45		<0,02	<0,6
29.8.83	13,6												
1) 27.9.83	9,6	5,7	1,3	16	1,5	2	<2	150	60	2,6			<0,6
27.9.83	9,5		1,4	18	4,0	7	2	120	65	3,0			
25.10.83					0,5	<2	<2	220	70			<0,02	

1) Prøvedyp 0,5 m og 3,5 m.

2) Høy turbiditet p.g.a. gravearbeider.

Halland

DATO	Temp °C	Surhet pH	Ledn. 25°C mS/m	Farge mgPt/l	Turb FTU	Tot P µg/l	orto P µg/l	Tot N µg/l	NO ₂ +NO ₃ µg/l	Org.mat (KMnO ₄) mgO/l	Tot Fe µg/l	alk m mol/l	kl a µg/l
23.2.83	0,1	5,9	2,6	10	0,3	5	<2	400	170	1,8	38		
3.5.83	3,9	5,5			1,0	4	4	185	60				
30.5.83					0,4	2	<2	220	120				
12.7.83	13,3												
15.8.83	16,0	6,4			0,3	2	<2	180	70			0,03	<0,4
29.8.83	15,4	6,1			0,5	2	<2	190	45			0,02	<0,6
29.8.83	15,2												
27.9.83	9,6		1,4	18	0,5	2	<2	170	65	2,3			<0,35
27.9.83	9,6												
25.10.83					0,9	5	<2	1240	850			0,11	

1) Prøvedyp 0,5 m og 1,5 m.

Flåren

DATO	Temp °C	Surhet pH	Ledn. 25°C mS/m	Farge mgPt/l	Turb FTU	Tot P µg/l	orto P µg/l	Tot N µg/l	NO ₂ +NO ₃ µg/l	Org.mat (KMnO ₄) mgO/l	Tot Fe µg/l	alk m mol/l	kl a µg/l
23.2.83	0,2	6,0	2,9	11	0,3	3	2	480	250	1,5	150		
3.5.83	4,5	5,5			0,4	2	2	170	50				
30.5.83					0,4	2	<2	170	60				
14.6.83	10,5	5,9			0,4	3	<2	170	45			<0,02	
14.6.83	10,2												
28.6.83					0,5	3	<2	170	80			<0,02	<1,7
12.7.83	13,8	6,4	1,2	2,5	0,6	2	<2	180	90	<1	40		
12.7.83	13,7												
15.8.83	16,2	6,6			0,4	4	<2	210	65			0,03	0,7
15.8.83	16,2				0,4	7	<2	240	65			0,03	
29.8.83	14,7	6,5			0,5	3	<2	-	175			0,02	0,6
29.8.83	14,7												
27.9.83	9,5	5,9	1,5	16	0,6	2	<2	210	80	2,2			<0,3
27.9.83	9,5												
25.10.83					1,4	-	<2	360	190				

1) Prøvedyp 0,5 m og 1,5 m.