

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

O-144/75

UNDERSØKELSE AV DIRDALSVASSDRAGET I ROGALAND 1976-1977

22. oktober 1977.

Saksbehandler : Bjørn Faafeng

Medarbeidere: : Geir Jørgensen
Eli-Anne Lindstrøm
Kari Ormerod
Torulv Tjomsland

Instituttetsjef : Kjell Baalsrud

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	5
2. STASJONSVALG	6
3. KLIMA	8
4. VANNKJEMI	12
5. BEGROING	15
5.1 Generelt	15
5.2 Hydrografi	16
5.3 Makronæringsstoffer (N.P.Si)	17
5.4 Resultater	18
6. BUNNDYR	21
7. BAKTERIOLOGI	23
8. AKTIVITETER I NEDBØRFELTET	25
9. REGULERINGEN - INNVIRKNING PÅ VANNFØRINGER	27
9.1 Årlig maksimalvannføring	27
9.2 Årlige minstevannføringer	29
9.3 Varighet	29
9.4 Karakteristiske årstidsvariasjoner	29
9.5 Flomvannføringer	29
9.6 Lavvannføringer	33
10. REGULERINGENS INNVIRKNING PÅ FOSFOR OG BAKTERIEKONSENTRASJONER - MINSTEVANNFØRING	34
10.1 Beregningsmåte	34
10.2 Resultater	36
10.3 Coliforme bakterier	41
10.4 Minstevannføring	41
11. KONKLUSJON	43
12. LITTERATUR	44

TABELLFORTEGNELSE

	Side
1. Antall prøver, årsmidler og standard avvik av enkelte kjemiske parametre i Dirdalselva i tida 1961-1976.	12
2. Fysiske og kjemiske måleresultater fra to stasjoner.	13
3. En del regulerende faktorer for algebegroing.	15
4. Fastsittende alger.	20
5. Bunndyr.	22
6. Bakterieanalyser i Dirdalselva for 3 stasjoner.	24
7. Antall husdyr i nedslagsfeltet.	26
8. Dirdalselva ved utløpet i fjorden.	37
9. Dirdalselva oppstrøms Dirdal	41

FIGURFORTEGNELSE

	Side
1. Dirdalselvas nedbørfelt med overføringsområde.	7
2. Månedlig middeltemperatur.	9
3. Nedbør.	10
4. Midlere veide pH-verdier i nedbøren på norske stasjoner for perioden 1. desember 1975-29. februar 1976.	11
5. Vannføring og enkelte analyseresultater.	14
6. Profilen av en elv som renner i åpen dal med meget løsavsetninger.	17

Profilen av en elv som renner i en trang dal med lite løsavsetninger.

FIGURFORTEGNELSE (forts.)

	Side
7. Endringer i organismesamfunnene i en elv med økende belastning med avløpsvann.	18
8. Vm 1708 Byrkjedal bru. Frekvensanalyse på årlig maksimalvannføring (7 døgn midler).	28
9. Vm 1708 Byrkjedal bru. Frekvensanalyse på årlig minstevannføring (7 døgn midler).	30
10. Vm 1708 Byrkjedal bru. Varighetskurve (7 døgn midler).	31
11. Vm 1708 Byrkjedal bru. Karakteristiske årstidsvariasjoner (observasjonsperiode 1968-1977).	32
12. Teoretisk modell for transport av vann og næringsalter i en elvestrekning.	34
13. Dirdalselvas utløp.	38
14. Dirdalselvas utløp.	39

INNLEDNING

Etter henvendelse fra overingeniør R. Dillner i Sira-Kvina Kraftselskap av 31. oktober 1975 utarbeidet NIVA et program for undersøkelser av Dirdalselva i forbindelse med overføringer av øvre deler av vassdraget til Sira-Kvina. Undersøkelsen skulle ifølge programmet kunne gi opplysninger om elvas tilstand før reguleringen, men også eventuelle virkninger av reguleringsinngrepet i hovedvassdraget. Programmet ble godkjent av oppdragsgiveren i brev av 12. februar 1976.

Innsamling av månedlige vannprøver ble utført av Ernst Rune Danielsen, Helge Skjævlund og Jann Sæther som del av studentoppgaver ved Rogaland Distriktshøgskole, Stavanger. Disse har også skrevet en foreløpig rapport om Dirdalsvassdraget.

NIVA gjennomførte 21/7 1976 en befaring i området med innsamling av vannprøver, bunndyr og begroing.

En foreløpig statusrapport pr. 1.1. 1977 ble lagt fram for å informere om prosjektets gang, sammen med en oversikt over de analyseresultatene som forelå.

Kapitlet om bakteriologi er skrevet av siv. ing. Kari Ormerod, kapitlet om klima og konsekvenser av reguleringen i stor grad av cand. real. Torulv Tjomsland. Bunndyrene er bestemt av cand. real. Geir K. Jørgensen og begroingen av cand. mag. Eli-Anne Lindstrøm.

Dirdalselvas nedbørfelt (ca. 150 km²) dekkes av kartverket M711 i målestokk 1:50000 av kartbladene Høle (1212 I), Frafjord (1312 IV) og Øvre Sirdal (1312 I).

2. STASJONSVALG

Følgende stasjoner ble valgt ut til befaringen den 21.7. 1976: (figur 1):

st. 1	Dirdal, ved utløpet	LL 377256
st. 2	Gilja, ved veibru	LL 414219
st. 3	Byrkjedal bru	LL 453193
st. 4	ca. 2 km oppstrøms Øvstabø	LL 550248
st. 5	Øvstabøstølen	LL 598278
st. 6	Utløp Hunnevatn	LL 637301

Stasjonene var preget av svake stryk med blokker og stein med diameter stort sett mellom 5 og 50 cm, bortsett fra stasjon 5 der elva var mer langsomtflytende og bunnen besto av finkornet grus. Dette er av betydning for vurdering av plante- og dyrelivet i elva.

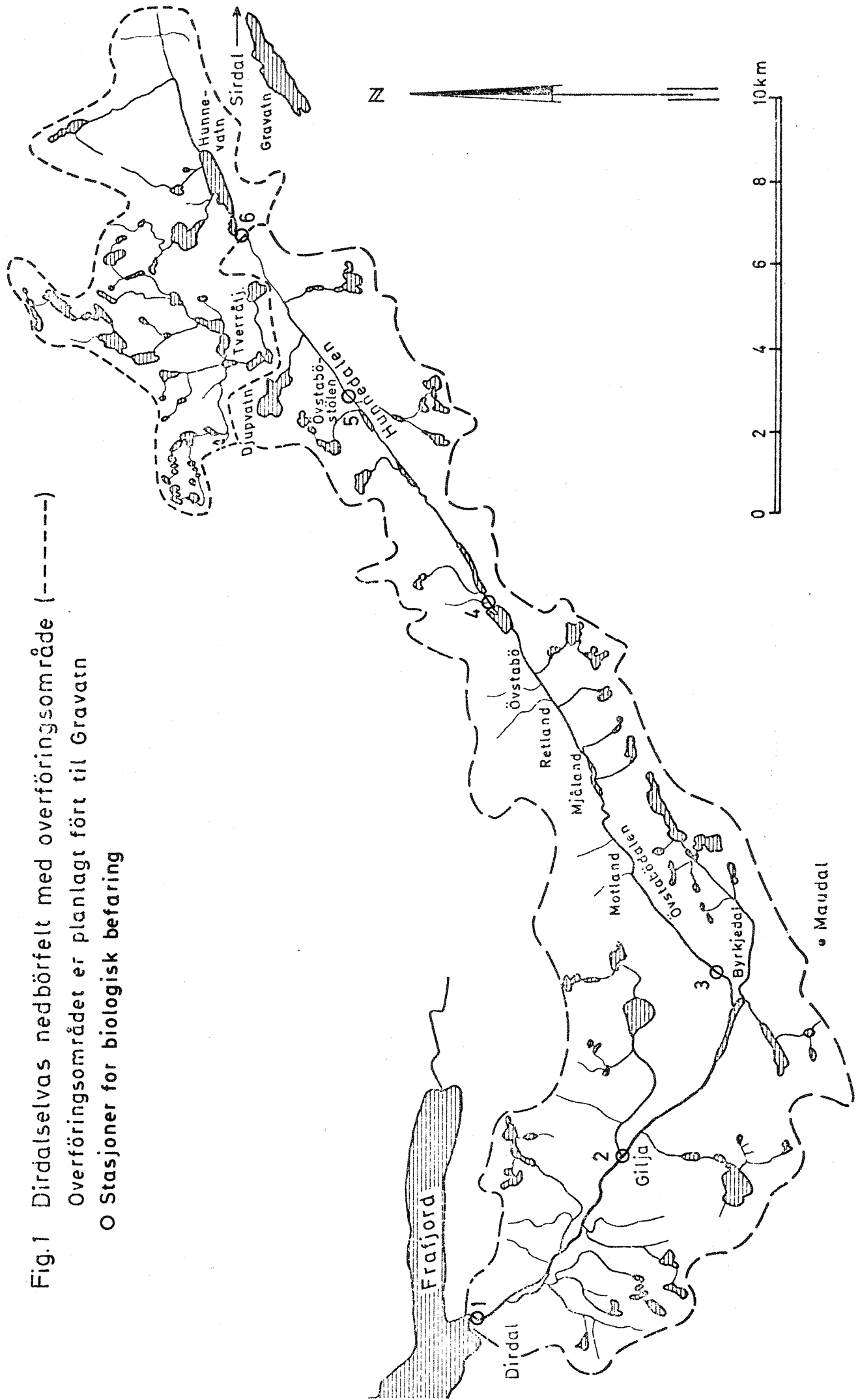
Elveløpet var bredt, ca. 30 m, ved stasjon 1. Ved befaringen var vannføringa så liten (2.1 m³/sek. ved Byrkjedal bru) at elva bare utgjorde omlag 5 meter av tverrsnittet. Ved stasjon 2, Gilja, var elveleiet noe smalere og vannet dekket ca. 80% av det totale bunnareal.

I Skredalia nedstrøms Byrkjedal renner elva gjennom en trang del av dalen, delvis fylt igjen av løsmasser i postglasial tid. (Nordseth 1974). Ved Byrkjedal bru utgjorde elva ca. 2/3 av det totale elveleiet. Stasjon 4 oppstrøms Øvstabø besto av grove blokker opp til 1 1/2 meter i diameter. Endringer i vannføringa vil bare i liten grad innvirke på det oversvømmede areal.

Forholdene ved stasjon 5 ved Øvstabøstølen var forskjellige fra de andre stasjonene. Prøvene ble tatt i en ca. 1/2 meter dyp lone med stilleflytende vann og finkornet bunnmateriale. I likhet med stasjon 4 vil endringer i vannstanden her bare i liten grad endre det oversvømmede areal.

Det samme gjelder den øverste stasjonen i vassdraget ved utløpet av Hunnevatn.

Fig.1 Dirdalselvas nedbørfelt med overføringsområde (-----)
 Overføringsområdet er planlagt ført til Gravvatn
 O Stasjoner for biologisk befarng



3. KLIMA

Klimaet er sterkt påvirket av luftstrømmer fra Atlanterhavet. Dette resulterer i milde vintre og liten årlig temperaturamplitude (fig. 2). Midlere månedlig temperatur varierer om vinteren (januar) fra ca. 0°C ved Dirdalselvas utløp i Høgsfjorden til ca. -5°C i de indre områder. Om sommeren er de regionale forskjellene små. Den varmeste måned (juli) har middeltemperatur i intervallet 12-16°C.

Den vesentligste nedbøren faller om høsten og vinteren i tilknytning til de fuktige luftstrømmer fra havet (front nedbør). Når luftmassene presses over fjellene blir de avkjølt og avgir nedbør (orografisk nedbør). Fra elvas utløp i fjorden til de høyestliggende partier på over 1000 m.o.h. øker årlig nedbørmengde fra ca. 1000 mm til over 2500 mm (fig. 3). På grunn av den milde vinteren faller nedbøren for en stor del som regn gjennom hele året.

Det synes som temperaturen i 1976 generelt og under befaringen i slutten av juli var representativ for et normalår (fig. 2). Nedbørmengden sommeren 1976 synes imidlertid å ligge langt under normalen (fig. 3).

Innholdet av sure komponenter er undersøkt ved to forskjellige metoder i dette området. Prosjektet "Sur nedbørs virkning på skog og fisk" har opprettet en nedbørstasjon i Skreådalen i Sirdal. Analyser av nedbøren i perioden juli 1972 til oktober 1976 viser at pH hadde en gjennomsnittsverdi på 4,54 (pH = 7,0 er nøytral, lavere verdier er sure). I figur 4 er vist midlere veide pH-verdier i nedbøren i Sør-Norge. Fra en regional undersøkelse av snø i Norge hadde prøvene fra denne delen av Rogaland gunstigere verdier enn de mest utsatte områder på Sørlandet. (Fig. 4). Det må allikevel understrekes at berggrunnen og jordsmonnet i Dirdalselvas nedbørfelt bare i svært liten grad kan nøytralisere tilførsler av syre.

Fig.2 Månedlig middeltemperatur

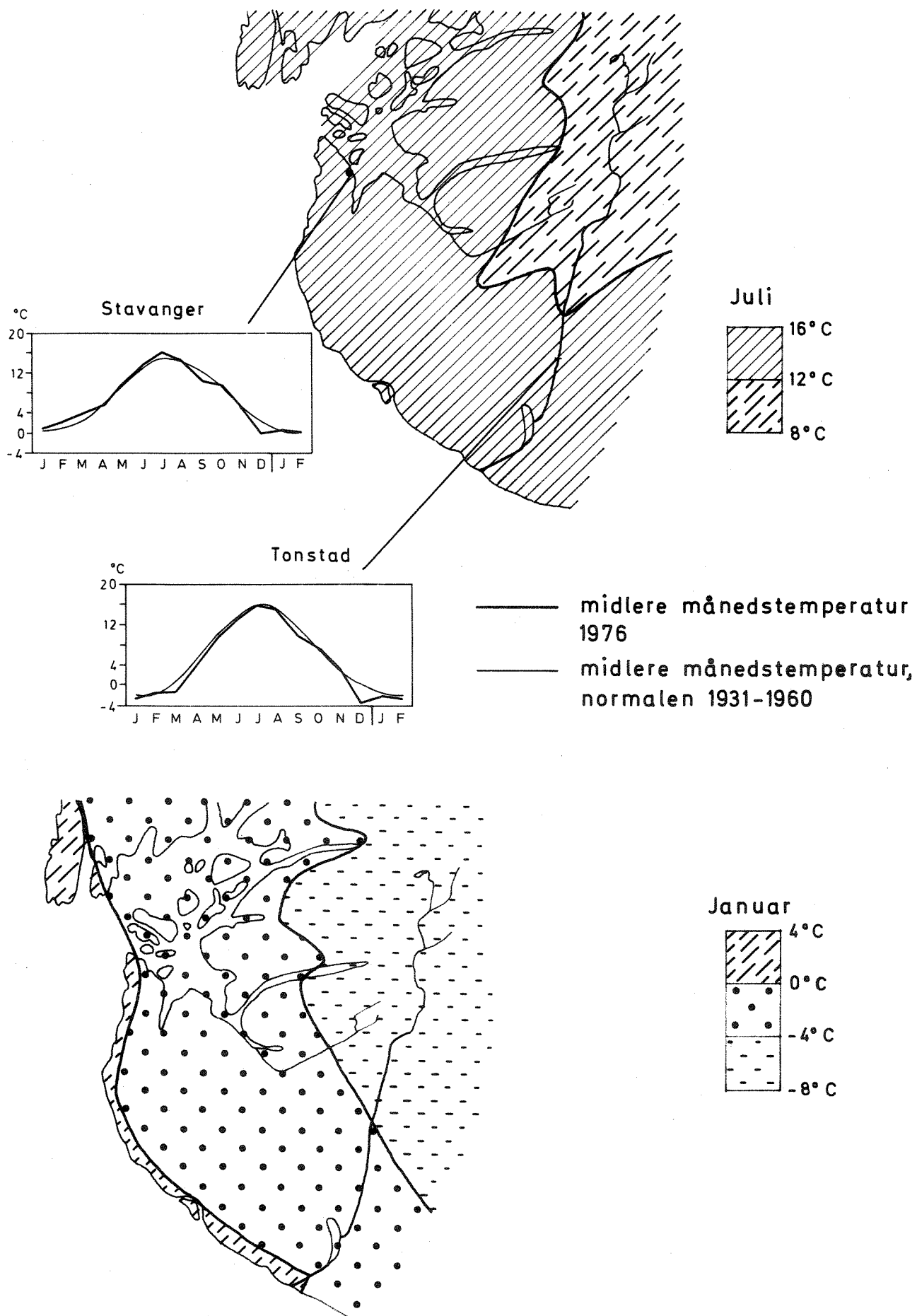
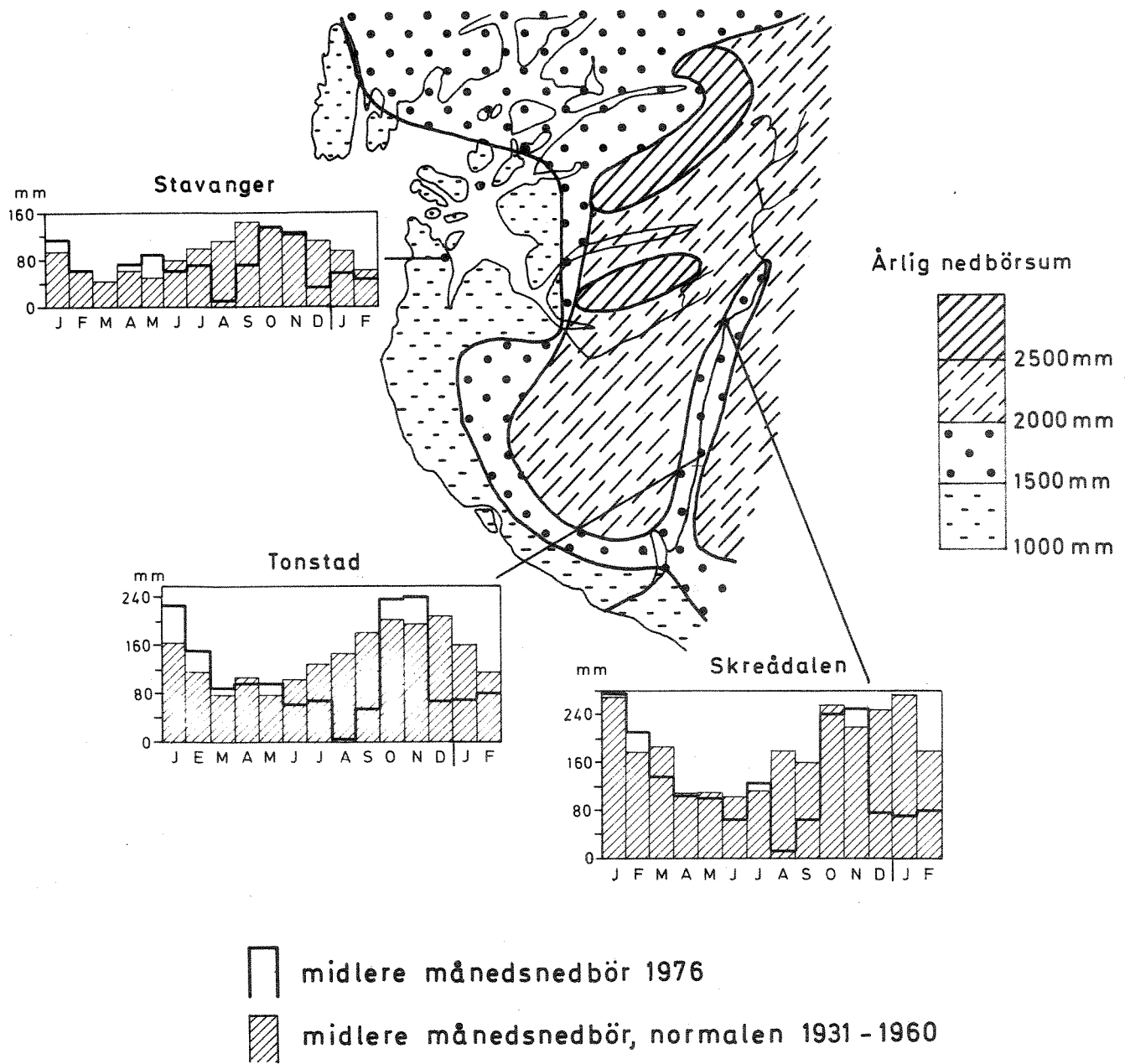


Fig.3 Nedbör



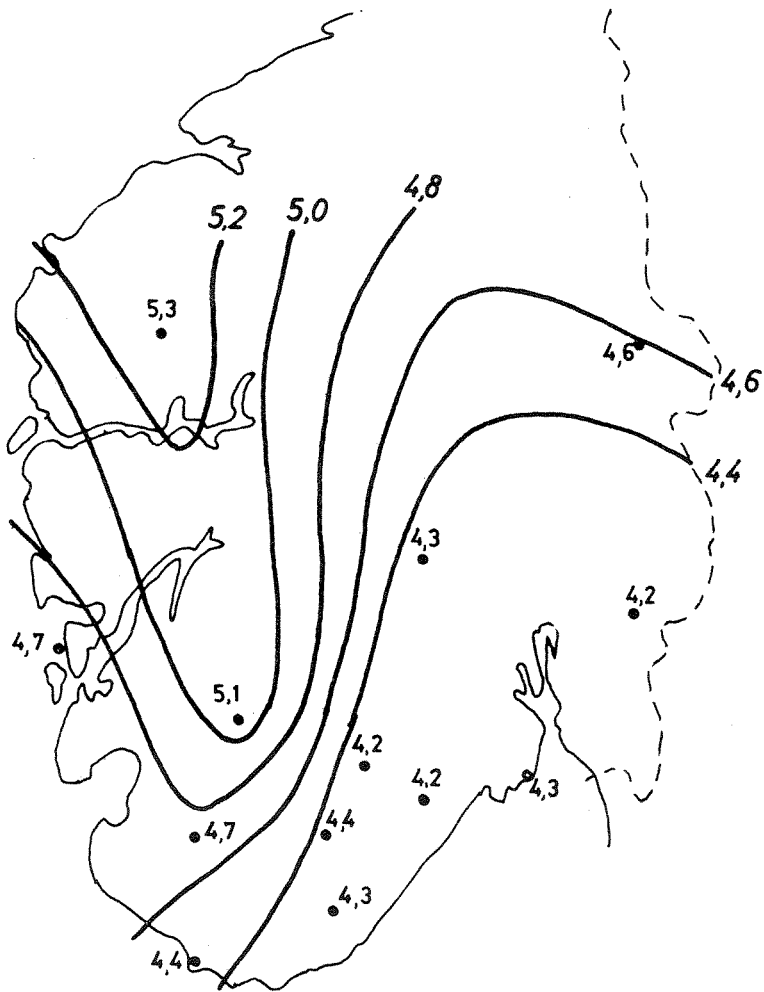


Fig. 4. Midlere veide pH-verdier i nedbøren på norske stasjoner for perioden 1. desember 1975 - 29. februar 1976.

4. VANNKJEMI

Det er blitt målt pH, konduktivitet og total hårdhet i vassdraget siden ultimo 1969. Resultatene fra disse undersøkelsene (Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk 1969-1975, NIVA 1976) er satt opp i tabell 1. som årsmidler og tilhørende standard avvik.

Tabell 1. Antall prøver, årsmidler og standard avvik av enkelte kjemiske parametre i Dirdalselva i tida 1961-1976.

(Kilde: Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk.)

År	Antall prøver	pH	St.avv.	Konduktivitet μmks	St.avv.	Tot. hårdhet	St.avv.
1969	3	4,98	,13	29,13	2,41	2,47	,15
1970	18	5,29	,28	24,03	4,90	2,34	,66
1971	11	5,12	,11	20,30	5,07	1,98	,42
1972	11	5,21	,33	22,00	4,28	1,93	,49
1973	11	5,03	,16	22,07	6,25	2,00	,33
1974	12	5,10	,16	20,24	4,38	1,80	,40
1975	11	5,10	,21	19,17	3,96	1,84	,44
1976	12	5,25	,39	-	-	-	-

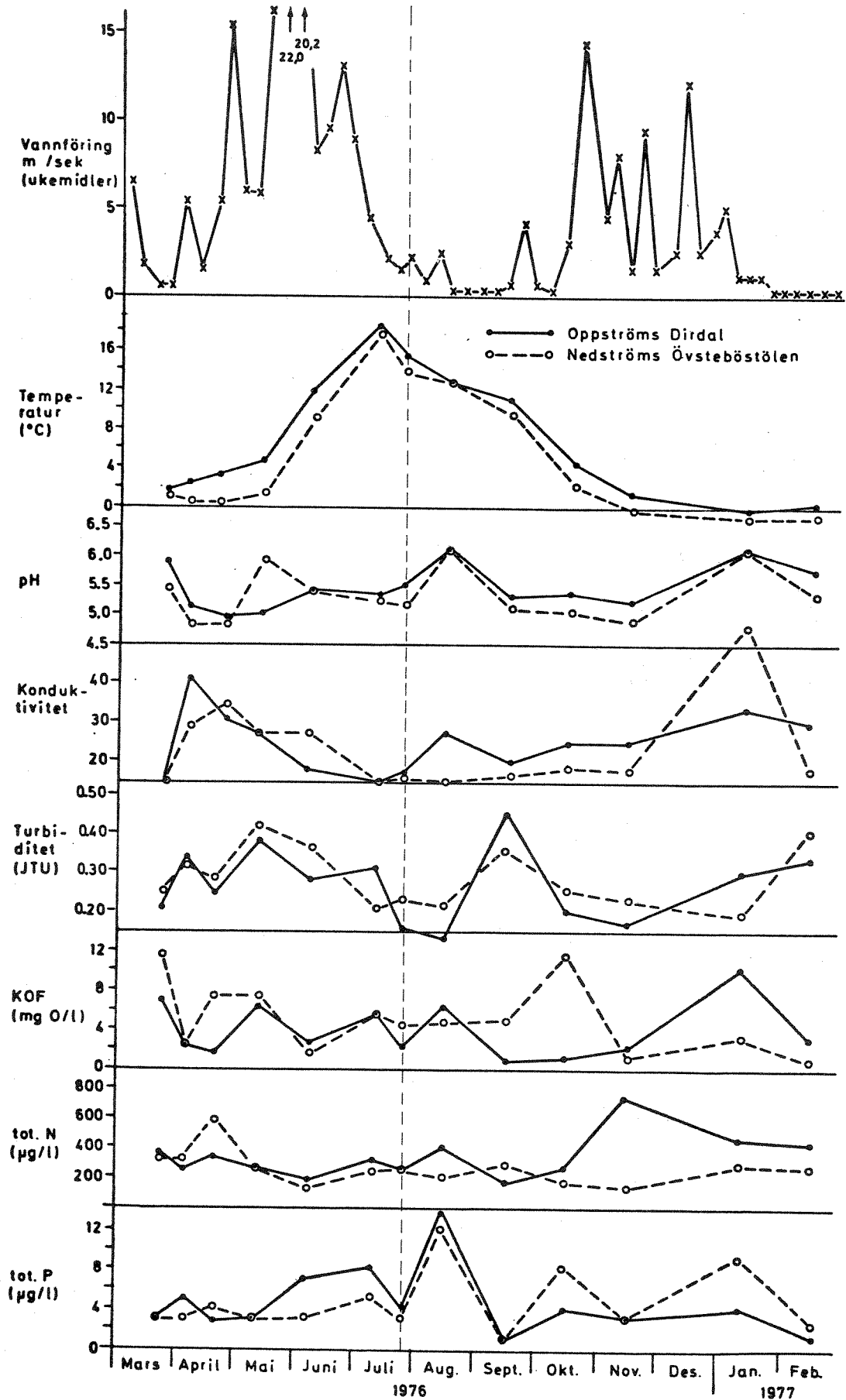
Analyseresultatene fra denne og tidligere undersøkelser viser at vannet i Dirdalselva er surt og har lavt innhold av løste ioner. Statistisk analyse av pH-resultatene som er fremstilt i tabell 1 viser at det ikke har vært endringer av betydning på årsbasis i perioden 1969-1976.

Ionesammensetningen viser konsentrasjoner av natrium, klorid og sulfat som understreker påvirkningen fra maritime luftstrømmer (tabell 2). Undersøkelser som er sammenfattet av Nordseth (1974) viser også at ioneinnholdet varierer med de dominerende vindretninger. På grunn av den lave pH er det ubetydelige mengder bikarbonat i vannet.

Det ble ikke målt høyere vanntemperatur i 1976 enn $18,6^{\circ}\text{C}$. Til tross for en viss oppvarming på strekningen Øvstebøstølen - Dirdal, var temperaturen i elva ikke høyere enn 10°C i mer enn noen få uker i juli. Dette har betydning for plante- og dyrelivet i vassdraget.

Fig. 5. Vannføring og enkelte analyseresultater.

----- Biologisk beforing.



5. BEGROING

Begroing består av alger, moser, sopp og bakterier som sitter fastvokst på stein o.l. på elvebunnen.

5.1 Generelt

De forhold som er viktigst for regulering av begroing i vassdraget er representert i tabell 3.

Tabell 3. En del regulerende faktorer for algebegroing.

Substrat (konsistens, stabilitet)
Strømhastighet
Vannstand
Partikkeltransport (nedslamming, skuringseffekter)
Is (skuringseffekter)
Makronæringsstoffer (fosfor, nitrogen, silisium)
Mikronæringsstoffer
Organisk materiale
Temperatur
Lys
pH
Beitingseffekter
Konkurransen fra andre organismer

Her skal bare enkelte faktorer diskuteres.

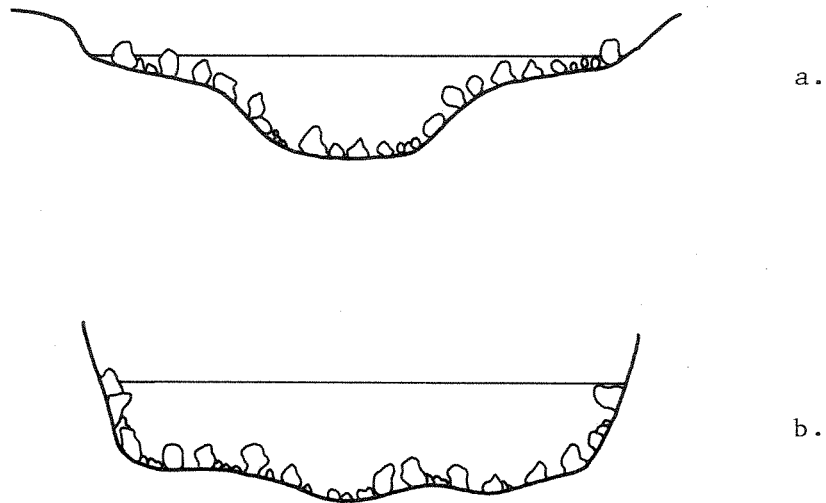
5.2 Hydrografi

Vannstand og strømhastighet blir påvirket ved en overføring av øvre deler av Dirdalselva til Sira-Kvina.

Temperaturen kan ventes å stige noe, særlig ved lave vannføringer om sommeren. Det er fra flere vassdrag kjent at økt temperatur kan medføre begroingsproblemer.

Sterk vekst av lange, trådformede eller slimdannende alger kan ved siden av at de er lite ønsket ut fra estetiske kriterier, skape problemer for vanninntak og fiske. Det må understrekes at en svak øking av algeveksten i vassdraget ikke nødvendigvis er uønsket, men det er avgjørende på hvilken måte dette algematerialet omsettes videre på, dvs. om bunndyrsamfunnet klarer å beite ned den økende algemengden. Problemene kan bli enda større når algesamfunnet endres kvalitativt. Slike forhold kan bare klargjøres gjennom vesentlig grundigere undersøkelse av vassdraget.

Om bunndyrene skal kunne omsette økt begroing på tilfredsstillende måte, må også elvas produksjonsareal, dvs. tverrsnitt av elvebunnen som ligger under vann, være tilfredsstillende stort. Lillehammer (1975) understreker betydningen av elvas tverrprofil og steinenes størrelse i denne forbindelse (figur 6). Bunndyrkonsentrasjonen har i sin tur stor betydning som føde for bl.a. lakseyngel og ørret.

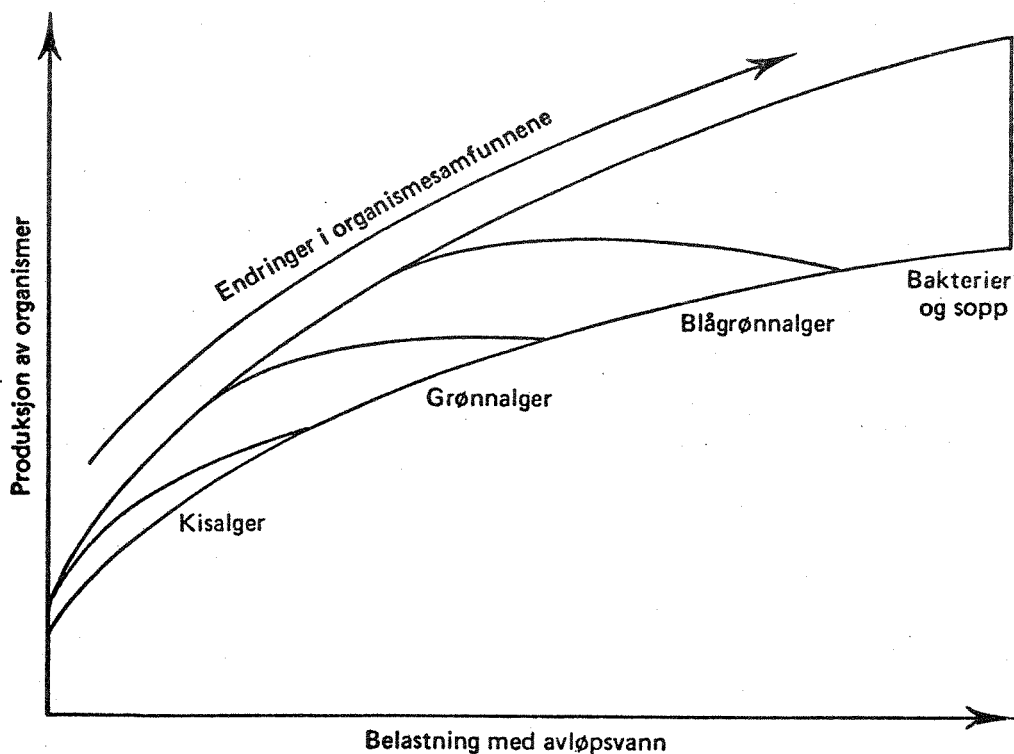


Figur 6 a Profilen av en elv som renner i åpen dal med meget løsavsetninger, og hvor en senking av vannstanden betyr en vesentlig reduksjon av oversvømmende arealer.

b. Profilen av en elv som renner i en trang dal med lite løsavsetninger og hvor en senking av vannstanden medfører en liten reduksjon av oversvømmede områder. (Etter Lillehammer 1975).

5.3 Makronæringsstoffer (N. P. Si)

Undersøkelser av begroing i forsøksrenner der drikkevann er belastet med forskjellige typer og konsentrasjoner av råkloakk og rensset kloakkvann, viser en klar sammenheng mellom begroing av fastsittende alger og konsentrasjonen av total fosfor i vannet. (PRA-rapport nr. 2.1). Ved økende tilførsel av kloakkvann endret algesamfunnet seg både kvantitativt og kvalitativt. Dette er vist generalisert i figur 7.



Figur 7. Endringer i organismesamfunnene i en elv med økende belastning med avløpsvann (PRA-rapport nr. 13).

Ved en bakgrunnskonsentrasjon av fosfor på noen få $\mu\text{g}/\text{l}$ vil som regel begroingen bestå av små mengder kiselalger og grønnalger. Små tilførsler vil gi økt vekst av de samme organismene, mens en større belastning vil gi endringer i artssammensetningen med stadig større vekt på grønnalger. Disse krever høyere næringsstoffs-konsentrasjon. Mottar vannmassene enda større mengder med næringsstoffer, overtar blågrønnalger, sopp og bakterier. Mengden av alger øker også ettersom belastningen øker.

5.4 Resultater

Kvaliteten og kvantiteten av begroing i et vassdrag kan gi et integrert bilde av forurensingssituasjonen.

Det var lav vannføring, $2,1 \text{ m}^3/\text{sek.}$ ved Byrkjedal bru og ca. 15°C i elva under befaringen, noe som skulle kunne gi gunstige forhold for begroing, men figur 5. (s.14) viser at vannføringa var sterkt avtakende den siste måneden før vassdraget ble besøkt av NIVA. Dette gjorde at begroing ikke kunne etablere seg i særlig grad. En måned senere ville ha vært et gunstigere tidspunkt. Selv om bare en befaring er lite for å vurdere situasjonen med stor grad av sikkerhet, så det ut til at begroingen ikke indikerte forurensing av betydning. Ingen steder var det store mengder eller artssammensetting som kan skape problemer for utnyttelse av vassdraget, men situasjonen kan som nevnt ha vært en annen ved et senere tidspunkt. På stasjonene i Byrkjedal, Gilja og Dirdal (1, 2 og 3) var det et tynt, grønt belegg på steinene i elva.

Begroingen bærer preg av oligotrofe (næringsfattige) forhold (tabell 4). Eksempler på gode indikatorer på dette er *Zygnema melanosporum*, *Binuclearia tatrana* og *Stigonema mamillosum*. Disse algene som dominerte begroingen på henholdsvis stasjonene 6, 5 og 4, indikerer at de øverste 3 stasjonene er så godt som upåvirket av forurensing. Lenger ned i vassdraget endres artssammensetningen noe, men ikke mer enn at en kan karakterisere vassdraget som lite påvirket. Artsbestemmelsen av enkelte arter fra nedre del av vassdraget er vanskelig, og artenes miljøkrav ikke alltid like godt kjent, men det ser ut til at de stort sett er representanter for lite påvirkede vassdrag. *Hormidium rivulare* som dominerte de tre nederste stasjonene sammen med *Stigeochlonium* spp. og *Mougeotia* sp. ble også funnet i nedre deler av elva Otra i Agder, nedstrøms små, lokale utslipp.

Artssammensetningen forøvrig med et visst innslag av desmidiaceer samt kiselalger av slekten *Eunotia* og grønnalgen *Zygnema melanosporum* viser at pH i vassdraget er relativt lav. Hele vassdraget synes altså å være lite påvirket av forurensing, men de tre øverste stasjonene har det klareste oligotrofe (næringsfattige) preg.

Tabell 4. Fastsittende alger.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
BLÅGRØNNALGER (CYANOPHYCEAE)						
Chamaesiphon sp.				x	x	
Lyngbya sp.	x	x				
Scytonema sp.				x		
Stigonema mamilosum	x			xxx		
GRØNNALGER (CHLOROPHYCEAE)						
Binuclearia tatrana			xx	xx	xxx	x
Closterium sp.			x			
Closterium spp.	x	x	x			
Hormidium rivulare	xx	xxx	xx			x
Microspocropsis (L.K.)	x	x				
Mougeotia sp. (5-6 μ)	x	x	x		x	
" " (9-10 μ)	xxx	xx	xxx	x		
" " (12-13 μ)	xx	xx	x			
" " (11 μ)					x	x
Penium sp.		x	x	x		
Staurastrum lunatum	x	x	x	x		
Stigeochlonium cfr. attenuatum	xx	xx	x			
Zygonema melanosporum			x	x	x	xxx
KISELALGER (BACILLARIOPHYCEAE)						
Diatoma vulagre			x			
Eunotia exigua	x	x	x	x	x	
" lunaris				x	x	
" suditica		x	x	x	x	
Frustulia rhomboides			x	x		x
Gomphonema sp.				x	x	x
Navicula spp.				x	x	x
Tabellaria fenestrata	x	x	x	x	x	
" flocculosa	x	x	xx	xx	xx	xx

Forekomst i prøven:

- x : Spredte funn
- xx : En viss mengdemessig betydning
- xxx : Dominerende

BUNNDYR

Bunndyrene kan også være følsomme indikatorer på vekslende miljøforhold i vassdragene, men grundige undersøkelser av disse dyregruppene er svært tid- og ressurskrevende. De viktigste dyregruppene gjennomgår flere utviklingsstadier i løpet av året. Noen av disse er så små at de ikke oppdages med rutinemetoder, andre stadier kan være som flyvende insekter. Denne ene befaringen kan derfor ikke gi mer enn et grovt bilde av situasjonen i vassdraget.

Vurdert ut fra et generelt forurensningssynspunkt indikerer ikke bunndyrsamfunnene betydelig forurensing på noen av stasjonene i Dirdalsvassdraget (tabell 5). De spesielle forholdene på stasjon 6 (utløp fra en innsjø) forklarer den store overvekten av knottlarver. Ellers er faunasammensetningen slik en kan vente å finne den i lite til svakt forurensede elver. Den hyppigst forekommende steinfluen (*Leuctra fusca*) lever på sand og grus og tåler bare små mengder organisk slam. De vanlig forekommende vårfluene *Polycentropus flavomaculatus* og *Rhyacophila nubila* er mindre følsomme for organisk belastning, men krever like fullt hurtigrennende og oksygenrikt vann.

Tabell 5. Bunndyr.

	Stasjonsnr.					
	1	2	3	4	5	6
EPHEMEROPTERA						
<i>Baetis</i> sp.	27	11				
PLECOPTERA						
<i>Amphinemura sulcicollis</i>				2		
<i>Arcynopteryx compacta</i>					1	
<i>Diura nanseni</i>	1					
<i>Leuctra fusca</i>	4	23	8	7	18	
<i>L. hippopus</i> (c.f.)	4			8		3
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>				1		
TRICHOPTERA						
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>				10	6	
<i>Rhyacophila nubila</i>	13	2	8	5		2
Rhyacophilidae indet.	5					
Tricoptera indet.			19		1	
Tomme puppehus				72	34	
CHIRONOMIDAE						
Larver	206	87	302	450	177	10
Pupper	8					2
SIMULIDAE						
indet.	9	1	8	13	2	2300
TIPULIDAE						
indet.						
<i>Dicranota</i> sp.	1	4				
TABANIDAE						
indet.					1	
ANDRE DIPTERA		5	9	2	5	
HYDRACARINA						
indet.	23		6	1	3	
COLEOPTERA						
indet.	1			1		
OLIGOCHAETA	1	4	1		9	
TOTALT ANTALL DYR	303	137	361	596	257	2317

7. BAKTERIOLOGI

Enkelte grupper av bakterier brukes til å vurdere vannkvaliteten ut fra et hygienisk synspunkt. Det ble ved prøvetakingen tatt med vann for bakteriologisk analyse hos Byveterinæren i Stavanger. Prøvene fra 16.2.77 ble analysert hos Byveterinæren i Sandnes. Det er ved NIVA i samråd med SIFF brukt følgende vurderingskriterier basert på totalantall coliforme bakterier pr. 100 ml vann:

0 - 20	Lite forurenset
20 - 100	Moderat forurenset
100 - 500	Betydelig forurenset
Mer enn 500	Sterkt forurenset

De coliforme bakteriene er i tillegg testet om de tilhører gruppa "fekale coliforme", dvs. bakterier som sannsynligvis kommer fra tarmen hos varmblodige dyr. Disse indikerer derfor en direkte tilførsel av avføring fra mennesker eller dyr. Disse kan derfor heller ikke tolereres i drikkevann.

På stasjon 1 (oppstrøms hyttebyen, Øvstebøstølen) ble det funnet 2 coliforme bakterier pr. 100 ml ved en anledning, ellers ble disse bakteriene ikke påvist (tabell 6). Vannet er derfor svært lite påvirket av fekal forurensing.

Coliforme bakterier under 20 pr. 100 ml ble påvist sommer og høst på stasjon II (nedstrøms hyttebyen), og i de tilfeller disse ble testet viste det seg å være av fekal opprinnelse. Vannet var bare moderat forurenset, men da det ser ut til at forurensingen var av ferske fekalier, bør ikke vannet drikkes direkte (uten koking).

Vannet på stasjon III (oppstrøms Dirdal) viste en sterk økning i antall coliforme bakterier utover sommeren og høsten. I flere tilfeller viste det seg at denne hadde direkte fekal opprinnelse. Høye verdier for kimtall (såkalt totalantall bakterier) viste også en så kraftig påvirkning fra kloakk/husdyr og/eller overflateavrenning fra jordbruksarealer at vannet i sommerhalvåret må karakteriseres som uegnet til drikkevann.

Tabell 6. Bakterieanalyser i Dirdalselva for 3 stasjoner.

Stasjon I : Oppstrøms hyttebyen

" II : Nedstrøms "

" III : Oppstrøms Dirdal

Stasjonsnr. Prøvetakings- dato	Totalantall coliforme bakt./100 ml			Termotolerante coliforme bakt., "E.coli"/100 ml			Kimtall 20°C 3 døgn T Q-agar antall/ml			Kimtall 30°C 2 døgn T Q-agar antall/ml			Kimtall 22°C 3 døgn King's agar antall/ml		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
17. 4.76	0	0	-	-	-	-	15	160	-	0	32	-			
21. 4.76	0	0	-	-	-	-	46	35	-	2	8	-			
13. 5.76	0	0	-	-	-	-	78	72	-	39	62	-			
18. 6.76	0	1	-	-	1	-	17	60	-	12	58	-			
12. 7.76	0	0	0	-	-	-	7	31	308	38	160	580			
17. 8.76	2	16	140	-	-	-	44	173	161	19	180	208			
16. 9.76	0	3	198	-	3	-	22	4	51	2	7	17			
18.10.76	0	2	74	-	2	3	167	40	103	5	10	12			
15.11.76	0	2	9	-	2	6	33	16	22	2	4	16			
12. 1.77	0	0	16	-	-	-	-	-	-				60	200	120
30. 1.77	-	-	-	0	0	0							160	210	200
16. 2.77	-	0	0	-	-	-	-	78	125	-	105	128			

Moderat-om høsten
betydelig forurenset
Lite forurenset
Lite forurenset

8. AKTIVITETER I NEDBØRFELTET

Opplysninger om bosetting og avløpsforhold er skaffet til veie av Gjesdal kommune, mens jordbruksareal, antall husdyr, siloer osv. er oppgitt av Gjesdal jordstyre.

I Dirdalselvas nedslagsfelt er det omlag 500 fast bosatte, overveiende i nedre deler av vassdraget i bygdene Dirdal, Gilja og Byrkjedal. I kommunen satses det på infiltrasjon av avløpsvannet i grunnen og dette arbeidet skal være kommet ganske langt langs vassdraget. Et nytt byggefelt i Gilja med ca. 30 hus skal bygges ut med infiltrasjonssystem bygget ut i samarbeid med NGU. Ifølge Folketellinga i 1970 var også en stor del av de bebodde boliger uten innlagt vannklosett.

Langt oppe i vassdraget, ved Øvstabøstølen, er det bygget ca. 250 hytter. Disse skal ifølge opplysninger fra kommunen ha tette biologiske klosetter og infiltrasjon av annet avløpsvann. Det er forbud mot å legge inn vann i hyttene. I hyttebyen er det også to offentlige toalettanlegg. Disse skal ifølge opplysningene tømmes regelmessig og innholdet deponeres på dyrka mark lenger nede i dalføret. Det er av stor betydning at dette ikke foregår på frossen mark for å unngå direkte tilførsler til vassdraget.

I Gilja og Dirdal er det tvungen renovasjon, og søppel transporteres derved ut av vassdragets nedslagsfelt. Denne ordningen gjelder ikke for gårdsbruk, og det føres kontroll med at søppelet herfra plasseres forsvarlig uten muligheter for sig i vassdraget. Søppelfyllplasser kan i mange tilfeller være alvorlige forurensingskilder (Wigdal 1977).

Drikkevannsforsyning er stort sett ordnet med små lokale vannverk og vanninntak i dalsidene over bebyggelsen. Enkelte tar grunnvann, mens ganske få nytter hovedvassdraget som vannkilde. Hunnedalen Velforening opplyser at hovedelva er drikkevannskilde for mange av hyttene ved Øvstabøstølen. Vannkildene i hyttebyen ellers er så forurenset at det skal ha vært epidemier av mageonde i påskene. Velforeningen påpeker derfor nødvendigheten av å opprettholde en viss minstevannføring i disse deler av vassdraget.

Jordbruksaktiviteten er konsentrert i nedre del av vassdraget, særlig i bygdene Dirdal, Gilja og Byrkjedal. Enkelte gårdsbruk ligger også spredt lenger oppe langs vassdraget. Det er ca. 50 gårdsbruk med til sammen omlag 1800 da fulldyrka mark og 2050 da kulturbeite. Antall dyr er oppgitt i tabell 7. I tillegg til det som er oppgitt i tabellen sendes et stort antall sauer til Hunnedalen for å utnytte sommerbeitet. Ialt kan det være maksimalt ti tusen sauer i nedslagsfeltet om sommeren.

Tabell 7. Antall husdyr i nedslagsfeltet.

Hest	7
Kyr	470
Vinterfora sau	1230
Geit	300
Gris	535
Fjørfe	980

Nedlagt silo for er oppgitt til 3070 m³. De fleste siloer er trolig godkjent uten at dette er kontrollert.

9. REGULERINGEN - INNVIRKNING PÅ VANNFØRINGER

Beregningene gjelder for VM 1708 Byrkjedal bru og er utført på 7 døgnmidler for perioden 1968-1977. Vannføringer etter regulering er stipulert ut fra arealbetraktninger og den midlere årlige nedbørfordeling innen nedbørfeltet. Dette medfører at vannføringene etter regulering ved Byrkjedal bru i gjennomsnitt over hele året reduseres med ca. 43% av det regulerte vassdragets bidrag. Flomoverløp, ujevn arealfordeling av nedbør og snøsmelting m.m. medfører en viss usikkerhet i denne beregningsmåten.

9.1 Årlig maksimalvannføring

For å undersøke endringer i årlig maksimalvannføringer, er det utført en frekvensanalyse.

Sannsynligheten (P) for at en bestemt årlig maksimalvannføring skal gjentas eller overskrides er gitt ved formelen:

$$P = \frac{R}{N+1} \cdot 100 (\%) \quad \text{Weibull-formelen}$$

R : ranking nr., maksimal flom gir ranking nr. 1, osv.

N : antall observasjonsår/simuleringsår

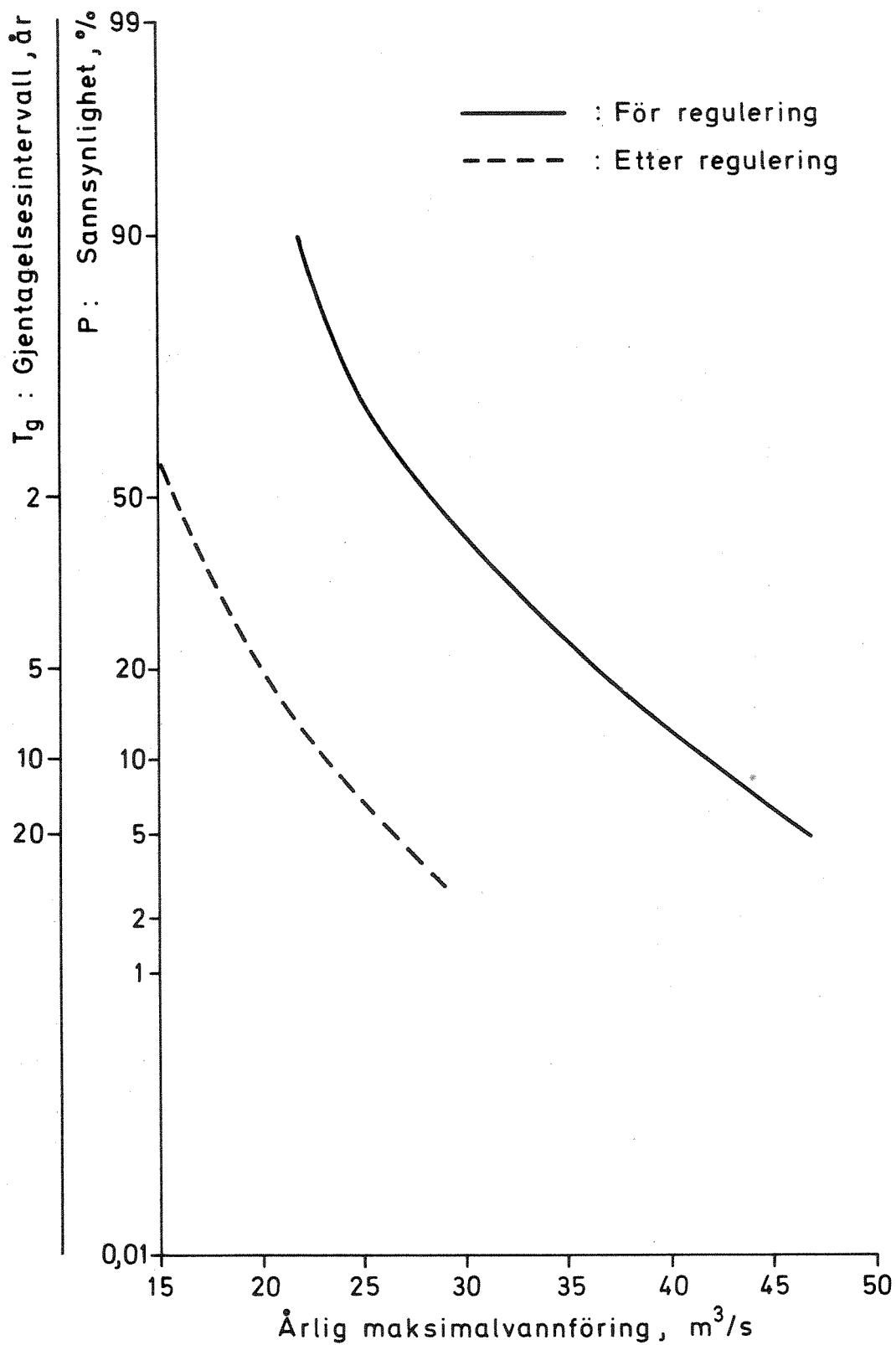
Den statistisk sannsynlige tid for at en bestemt årlig maksimalvannføring skal gjentas eller overskrides (T_g) er gitt ved formelen:

$$T_g = \frac{100}{P} \quad (\text{år})$$

For eksempel vil en maksimal årlig vannføring med $P = 20\%$ få betegnelsen fem-årsflom ($T_g = 100/20$).

Av fig. 8 ses at en median årlig maksimalflom ($P = 50\%$, $T_g = 2$ år) avtar fra $28 \text{ m}^3/\text{s}$ til $16 \text{ m}^3/\text{s}$ som følge av regulering. For 10-årsflommen ($P = 10\%$, $T_g = 10$ år) blir de tilsvarende tall henholdsvis $42 \text{ m}^3/\text{s}$ og $23 \text{ m}^3/\text{s}$.

Fig.8 Vm 1708 Byrkjedal bru
Frekvensanalyse på årlig maksimalvannføring (7 dogn midler)



En median årlig maksimalvannføring ($P = 50\%$, $T_g = 2$ år) på $28 \text{ m}^3/\text{s}$ i uregulert vassdrag, må etter regulering forventes kun å overskrides i størrelsesorden hvert 30. år. Større vannføringer enn $40 \text{ m}^3/\text{s}$ vil neppe opptre. Det må her understrekes at vannføringene gjelder 7 døgn midler.

9.2 Årlige minstevannføringer

Fig. 9 viser frekvensanalyse på årlige minstevannføringer. Metoden er analog til frekvensanalysen for årlig maksimalvannføring.

Median årlig minstevannføring (7 døgn middel) avtar fra ca. $0,45 \text{ m}^3/\text{s}$ i regulert felt til ca. $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ som følge av reguleringen. For 10-års minstevannføringen blir de tilsvarende verdier henholdsvis $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ og $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$. En vannføring på $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ som i uregulert felt ble underskridet i gjennomsnitt hvert 10. år, må etter regulering forventes å underskrides hvert 5. år.

9.3 Varighet

Reguleringen medfører økt varighet for lave vannføringer (fig. 10). $5 \text{ m}^3/\text{s}$ som i uregulert felt ble overskredet i 50% av tiden i perioden 1968-1977, må etter regulering forventes å overskrides i ca. 30% av tiden.

9.4 Karakteristiske årstidsvariasjoner

Fig. 11 viser karakteristiske vannføringer (7 døgn midler) gjennom året for uregulert vassdrag. Regulering må antas å føre til en reduksjon i disse verdiene med ca. 43%. En vannføring tilsvarende f.eks. 12,5.persentil betyr at i 12,5% av årene må vannføringer i en bestemt 7 døgn periode forventes å bli lavere enn denne verdien. Dette er det samme som at vannføringen underskrides i ett av åtte år.

9.5 Flomvannføringer

Høye vannføringer (se fig. 11 max, 87,5.persentil og median) opptre særlig i tida mai-juni og september-oktober som følge av snøsmelting

Fig.9 Vm 1708 Byrkjedal bru
Frekvensanalyse på årlig minste-
vannføring (7 dogn midler)

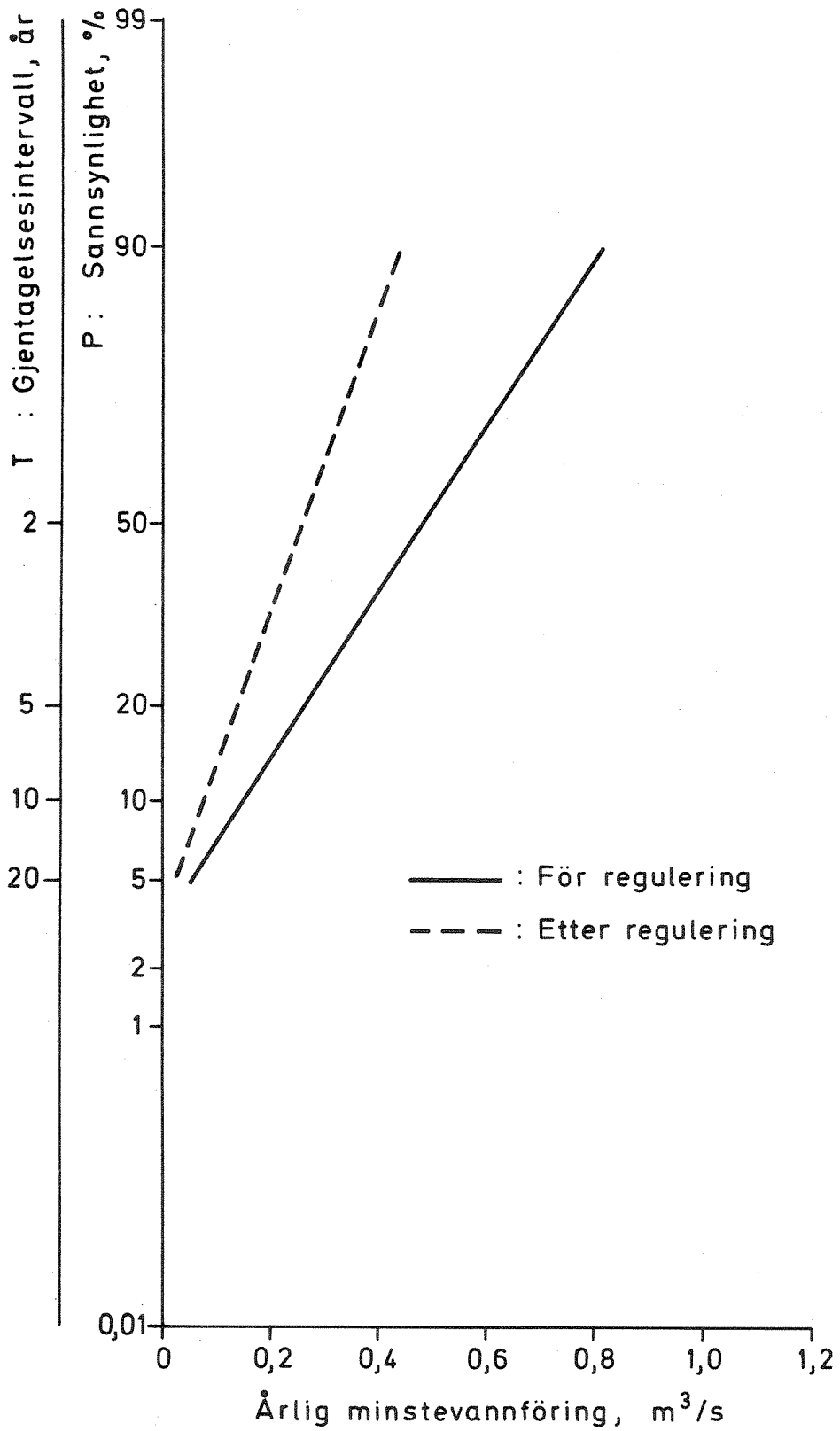


Fig.10 Vm 1708 Byrkjedal bru
Varighetskurve (7 dogn midler)

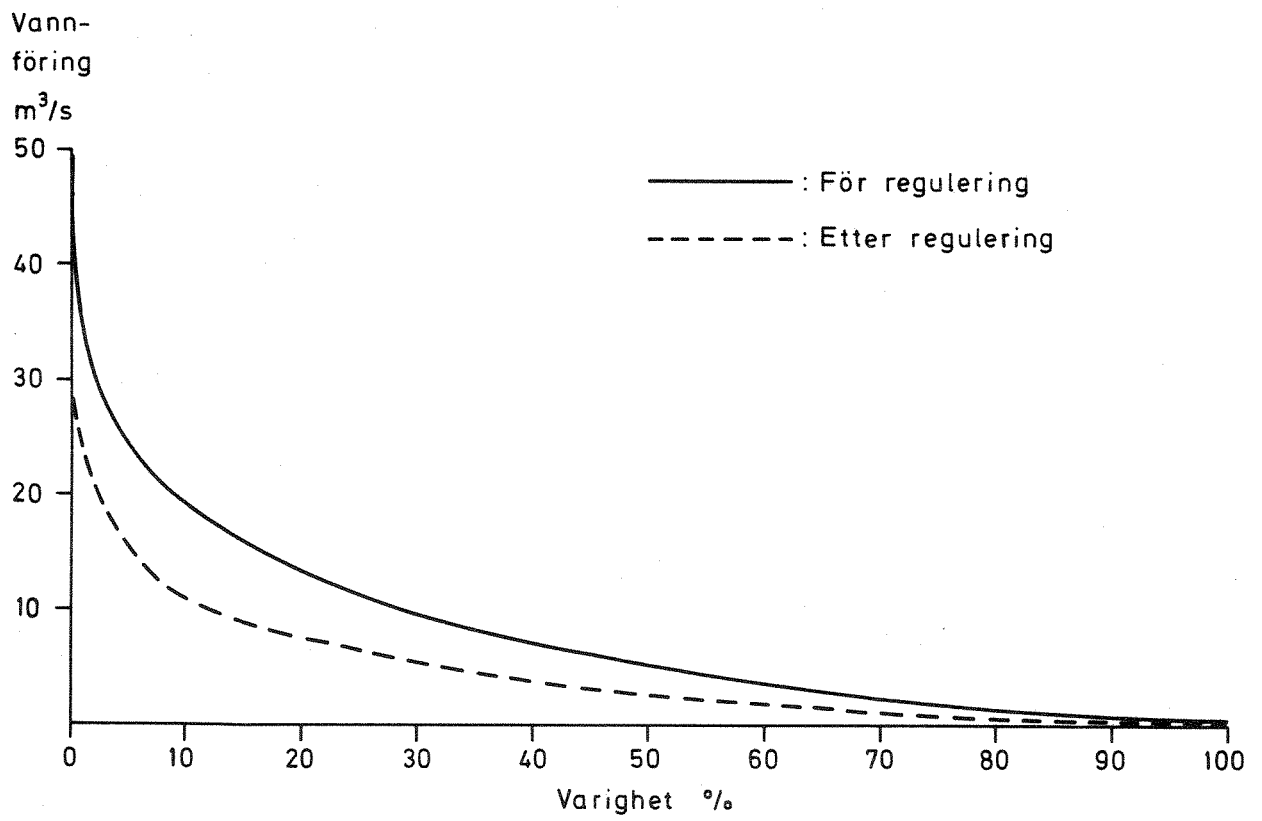
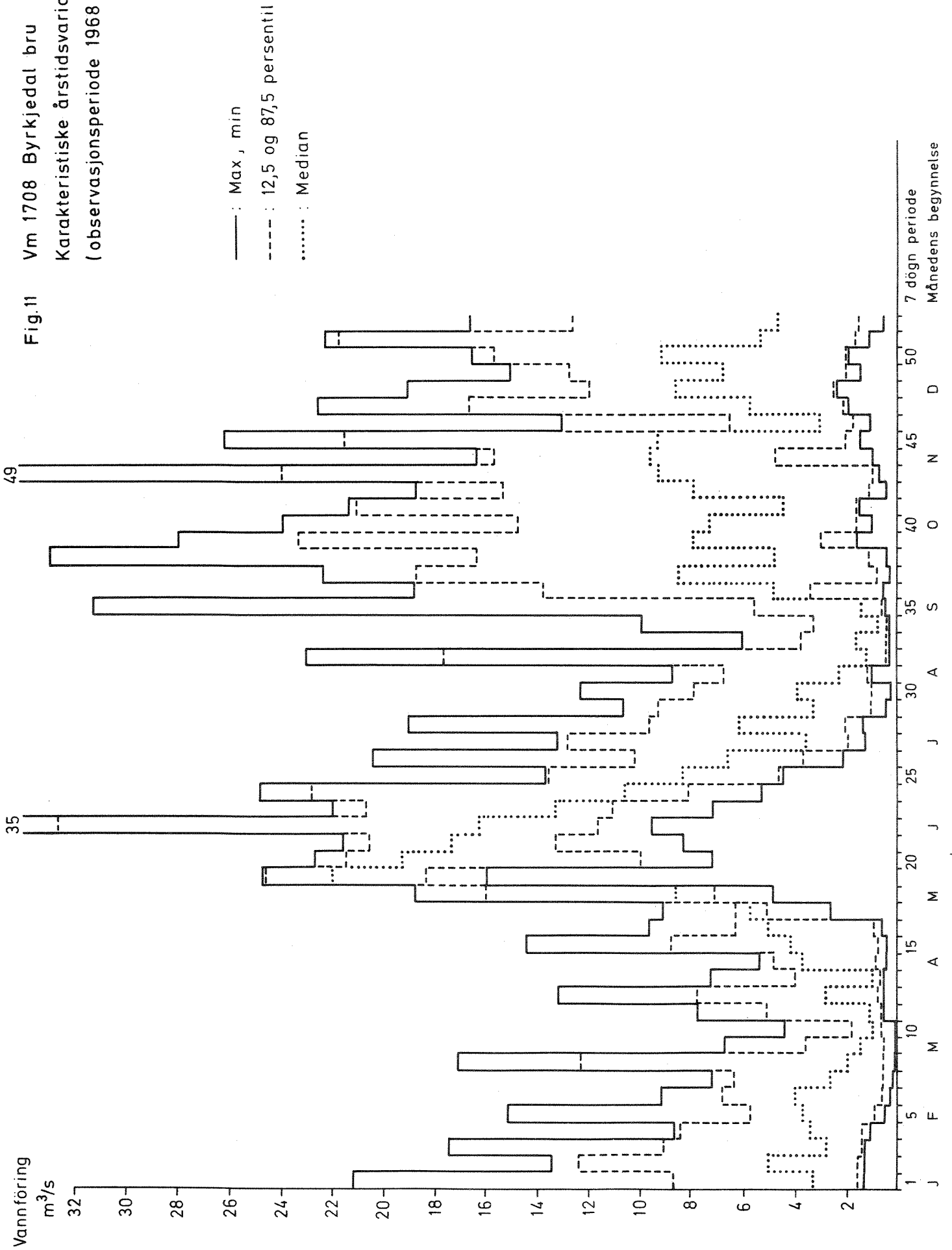


Fig.11 Vm 1708 Byrkjedal bru
Karakteristiske årstidsvariasjoner
(observasjonsperiode 1968-1977)



om våren og høstregn. Imidlertid kan høye vannføringer også forekomme ved alle årstider. Dette på grunn av milde vintre med periodevis snøsmelting og vassdragets dårlige selvregulerende evne på grunn av få innsjøer og sparsomt løsmassedekke.

9.6 Lavvannføringer

Lave vannføringer (se fig. 11: min., 12,5-persentil og median) opptrer særlig i tida desember-mars og juli-august. Dette på grunn av henholdsvis vinterfrost og nedbørfattige somre. Den delen av vassdraget som overføres til Sira-Kvina er høyereliggende og har følgelig lavere vintertemperatur enn det øvrige felt. Dette må antas å føre til en mindre reduksjon enn 43% av regulert vannføring i lavvannsituasjoner om vinteren og en større reduksjon om sommeren ved VM 1708 Byrkjedal bru.

10. REGULERINGENS INNVIRKNING PÅ FOSFOR OG BAKTERIEKONSENTRASJONER - MINSTEVANNFØRING

Vannforekomstene i nedbørfelt er av næringsfattig (oligotrof) natur. Blant næringsstoffene er fosfor den begrensende faktor for den biologiske primærproduksjon (algebegroing). Med utgangspunkt i erfaringer fra vekstforsøk i algekulturer (Kotai m.fl. 1976) og regionale limnologiske undersøkelser (NIVA 1975, 1977), er det mulig å angi retningsgivende konsentrasjoner for fosforforbindelser i vannmassene. Med dette forstås konsentrasjoner av næringsstoff i vannmassene som ikke bør overstiges over lengre tid for å unngå uheldige eutrofieringsvirkninger. For Dirdalsvassdraget er denne grensen satt til $7 \mu\text{g P/l}$.

10.1 Beregningsmåte

Fosfortilførselene som skyldes menneskelig virksomhet antas å være overveiende konstant og uavhengig av lavvannføringer i tørrværsperioder. Følgelig vil konsentrasjonene endres som følge av endrede vannføringer.

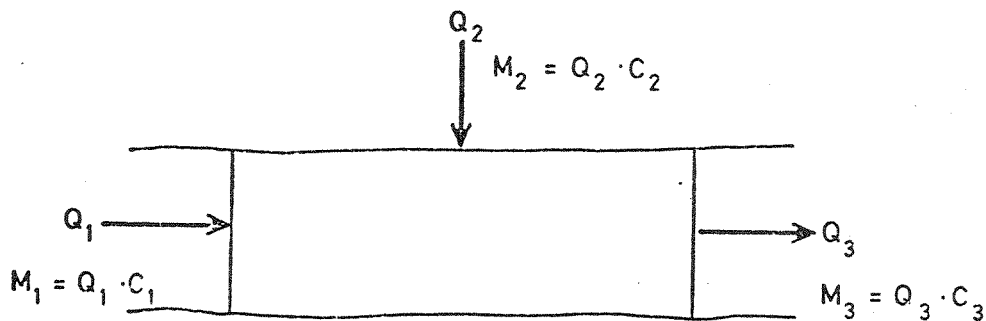


Fig. 12. Teoretisk modell for transport av vann og næringsstoffer i en elvestrekning.

Den mengden av vann (Q_3) og næringsstoff (M_3) (se fig.12) som pr. tidsenhet passerer ut av et elvesegment er summen av tilløpende gjennom segmentets øvre begrensning (Q_1, M_1) og sidene (Q_2, M_2):

$$Q_3 = Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

$$M_3 = M_1 + M_2 \quad (2)$$

$$M_1 = Q_1 \cdot C_1 \quad (3)$$

$$M_3 = Q_3 \cdot C_3 \quad (4)$$

M_1, M_2, M_3 : massefluks

Q_1, Q_2, Q_3 : vannføring

C_1, C_2, C_3 : stoffkonsentrasjon

Ligningene (1) og (2) forutsetter konservativt materiale og stasjonær strømmingstilstand.

De nederste deler av vassdraget er tettest befolket og opptrer overveiende med de høyeste fosforkonsentrasjoner (tabell 2). De følgende beregninger gjelder derfor for Dirdalselvas utløp i fjorden.

Beregningene bygger på fosforkonsentrasjoner på prøvetakingsdagene (tabell 2) og omtalte vannføringsberegninger (kap. 9).

Det tenkte elvesegment (fig.12) legges mellom den øvre regulerte del (Q_1, M_2, C_1) og utløpet i sjøen (Q_3, M_3, C_3).

Regulering av vassdragets øvre del over til Sira-Kvina medfører at Q_1 og M_1 i ligning (1) og (2) settes lik 0.

Ved lavvannføringer i tørrværsituasjoner var tilførslene fra sidene, M_2 , beregnet ved ligning (2) overveiende konstant (7-8 $\mu\text{g P/s}$). Dette gir grunnlag for å beregne konsentrasjon som følge av endrede vannføringer (ligning (1) - (4)). For eksempel vil økt vannføring ha fortynnende virkning. Det presiseres at slike beregninger kun gjelder lavvannføringer, dvs. under ca. 4 m^3/s ved VM 1708 Byrkjedal bru.

Ved høyere vannføringer vil overflateavløp, løpserosjon, m.v. føre til eventuelt økte konsentrasjoner. Beregning av konsentrasjoner ved høye vannføringer etter regulering kan med det foreliggende observasjonsmateriale kun utføres for prøvetakingsdagene. Observasjonsdataene synes imidlertid å vise at fosforverdier over $7 \mu\text{g P/l}$ sjelden forekommer i flomsituasjoner.

Vannet som reguleres vekk er lite påvirket av menneskelige aktiviteter. Fosforkonsentrasjonen antas å være konstant lik $2 \mu\text{g P/l}$. På grunn av denne lave konsentrasjonen, kan ligning (2) antas å ha gyldighet, selv om fosfor ikke er et konservativt materiale.

10.2 Resultater

Tabell 8 viser bl.a. observerte fosforkonsentrasjoner og beregnede verdier som følge av regulering. De observerte verdiene gir uttrykk for en moderat forurensende påvirkning. I vekstsesongen er imidlertid 4 av 10 verdier over den stipulerte "faregrense". Reguleringer medfører en moderat forverring.

Observasjonsperioden sommeren 1976 var utpreget tørr. Dette førte til lavere vannføringer (fig. 5 og fig.11) og følgelig høyere konsentrasjoner enn i et normalår. Ved å kombinere vannføringskarakteristika (fig. 11) og ligningene (1) - (4), får en inntrykk av karakteristiske fosforkonsentrasjoner gjennom året i lavvannssituasjoner.

Tabell 8 . Dirdalselva ved utløpet i fjorden.

Vannføring og fosforkonsentrasjoner i uregulert og regulert vassdrag på observasjonsdagene.

Tid	VM 1708 Vannf. m ³ /s	Uregulert		Regulert	
		Vannf. m ³ /s	Tot P µg P/s	Vannf. m ³ /s	Tot P µg P/s
1976 26/3	0,55	0,89	3	0,65	3
6/4	1,36	2,20	5	1,62	6
21/4	17,4	28,2	3	20,7	3
13/5	13,4	21,7	3	15,9	3
8/6	10,8	17,3	7	12,7	8
12/7	1,69	2,74	8	2,01	10
21/7	1,69	2,74	4	2,01	4
17/8	0,44	0,70	14	0,52	18
16/9	3,97	6,43	2	4,72	2
18/10	6,00	9,72	8	7,14	10
15/11	1,46	2,37	3	1,74	3
1977 12/1	1,17	1,90	2	1,39	2
1/2	0,48	0,78	9	0,57	11
17/2	0,41	0,66	2	0,49	2

Fosforkonsentrasjoner i et median år (fig. 13a) overskrider ikke den stipulerte faregrense på 7 µg P/l ved lavvannføringer.

Konsentrasjoner med gjentakelse i gjennomsnitt hvert tredje år (fig. 13b) overskrider faregrensen i to uker i august i uregulert vassdrag, og i hele august måned som følge av regulering. Den høyeste verdi er 14 µg P/l.

Konsentrasjoner med gjentakelse i gjennomsnitt hvert 8. år (fig. 14a) overskrider faregrensen en uke i april og hele august måned i uregulert vassdrag. Høyeste verdi er 15 µg P/l. Etter reguleringen må overskridelsestiden forventes å øke til tre uker i april og fem uker om høsten. Verdiene blir høyere enn i uregulert tilfelle (maks. 21 µg P/l).

Fig.13 Dirdalselvas utløp
Karakteristiske fosforkonsentrasjoner i vekstsesongen
(beregnede verdier)

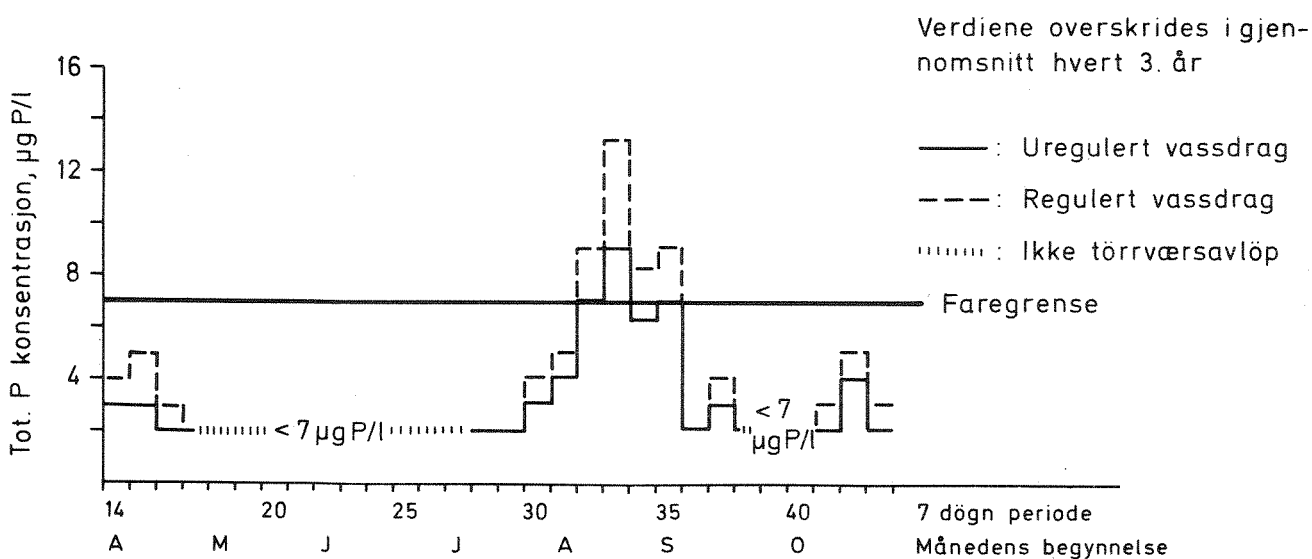
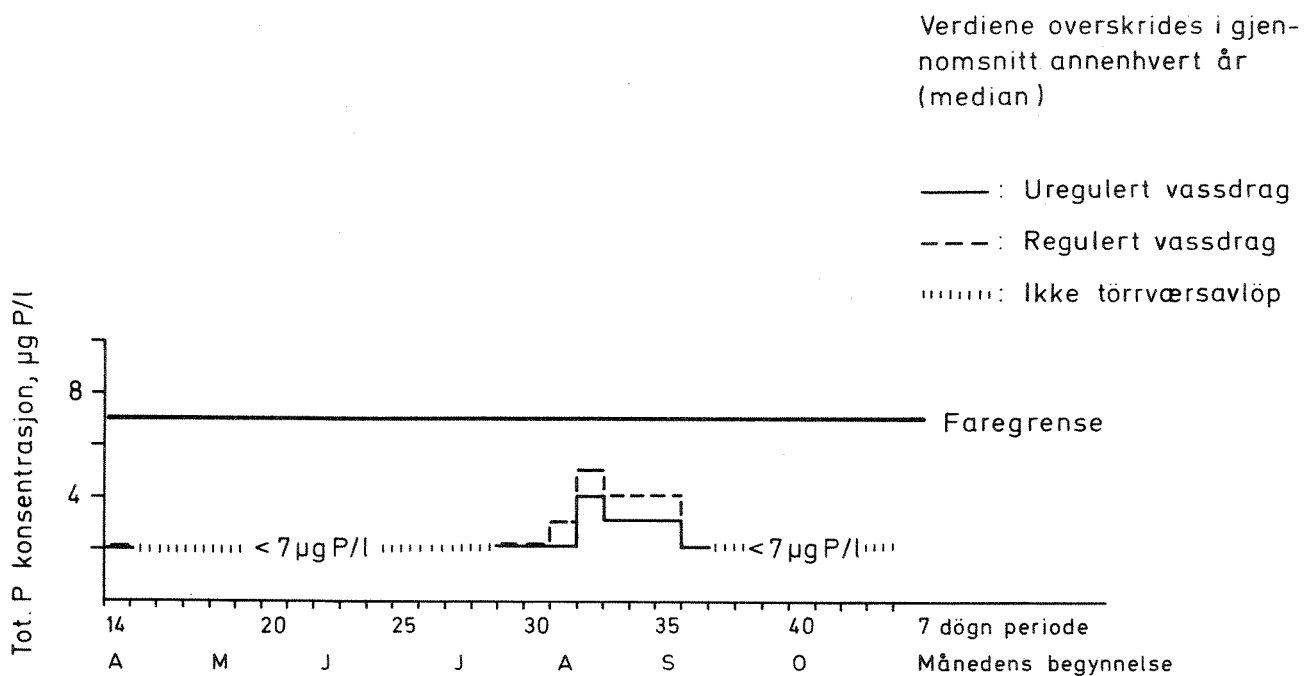
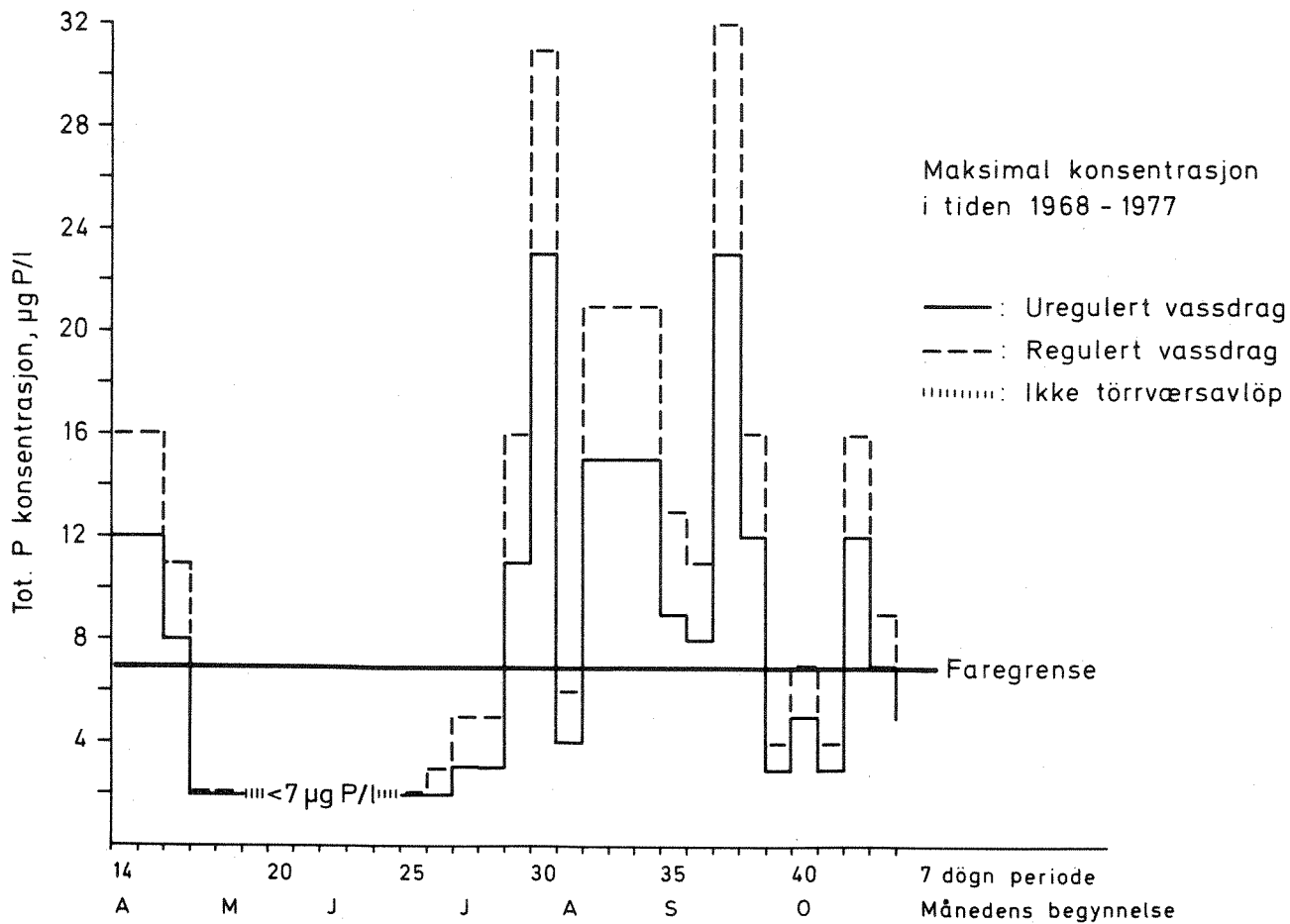
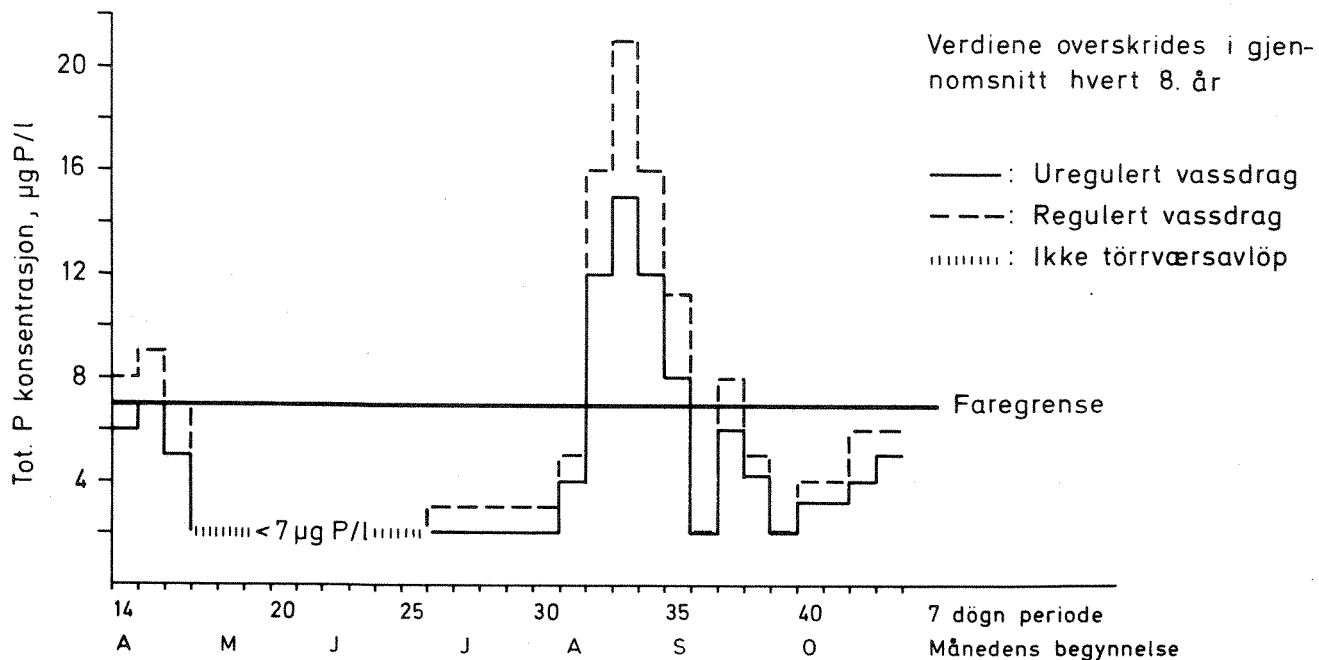


Fig.14 Dirdalselvas utløp
Karakteristiske fosforkonsentrasjoner i vekstsesongen
(beregnete verdier)



Maksimal konsentrasjon i tida 1968-1977 (fig. 14b) overskrider faregrensen i tre uker i april og elleve uker i tida juli-oktober i uregulert vassdrag. Høyeste verdi er 23 $\mu\text{g P/l}$. Som følge av regulering økes overskridelsestida med en uke og verdiene blir høyere (maks. 32 $\mu\text{g P/l}$).

Generelt gjelder at usikkerhet i vannføringsberegningene får prosentvis størst utslag ved lave vannføringer. Videre er det usikkerhet i observerte konsentrasjonsverdier og representativiteten av disse. Resultatene må derfor kun benyttes som retningsgivende.

Vannføringer i vassdraget er ekstrapolert ut fra VM-1708 Byrkjedal bru ved arealbetraktninger og årlig nedbørfordeling. Senere snøsmelting i den øvre regulerte del av vassdraget enn forøvrig vil trolig føre til en kortere varighet av snøsmelteflommen og dermed lavere vannføring og høyere fosforkonsentrasjon i juni måned etter regulering enn beregningene viser.

Generelt synes å gjelde at i et normalår (median) vil fosforkonsentrasjoner over den stipulerte faregrense på 7 $\mu\text{g P/l}$ sjelden eller aldri forekomme, selv etter regulering. Ved lengre gjentakelsesperiode, 3 år, 8 år osv., øker imidlertid konsentrasjonene vesentlig over den stipulerte grense i uregulert vassdrag. I vekstsesongen er månedene april og august de mest utsatte. Regulering vil medføre vesentlig økte konsentrasjoner over et noe lengre tidsrom.

10.3 Coliforme bakterier

I Dirdalselva oppstrøms Dirdal, var det en sterk økning i antall coliforme bakterier utover sommeren og høsten (tabell 6). Vannet i denne perioden må karakteriseres som betydelig forurenset. Regulering vil medføre en ytterligere forverring (tabell 9). Fluksverdiene (antall coliforme bakterier som passerer et elvetverrsnitt pr. sek.) viser varierende verdier. Det vil si at tilførslene varierer slik at det ikke er mulig å relatere konsentrasjonene til vannføring og dermed finne karakteristiske ukeverdier.

Tabell 9. Dirdalselva oppstrøms Dirdal.

Coliforme bakterier på prøvetakingsdagene i uregulert og regulert vassdrag.

Tid	Koliforme bakterier pr. 100 ml		Fluks	Vannføring ved VM 1708 Byrkjedal for å oppnå 20 kolibakt. 1100 ml ³ /s
	Uregulert	Regulert	mill./s	
1976 13/5	0	0	0	0
" 12/7	0	0	0	0
" 17/8	140	191	98	3,0
" 16/9	198	269	1273	39,3
" 18/10	74	101	981	30,3
" 15/11	9	12	21	0,7
1977 12/1	16	22	30	0,9

10.4 Minstevannføring

Minstevannføringer ved VM 1708 Byrkjedal bru som kreves for å fortynne i en slik grad at antall coliforme bakterier pr. 100 ml vann kan karakteriseres som tilfredsstillende, er vist i tabell 9. I tida august-oktober vil slike vannføringer sjelden eller aldri forekomme (fig. 11 s. 32) i uregulert vassdrag. Det er således urealistisk å stiuplere minstevannføringer ut fra krav til ønskelig konsentrasjoner av coliforme bakterier. Problemet må eventuelt løses på andre måter.

Minstevannføring beregnet ut fra krav til fosforkonsentrasjon på under 7 $\mu\text{g P/l}$ gir ca. $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ved VM 1708 Byrkjedal bru, i tida april-oktober. Ved en eventuell regulering vil dette medføre et begrenset ekstra tilskudd i ca. 1 måned på sommeren/høsten ca. hvert 3. år, for ikke å forverre dagens situasjon.

Dersom drikkevannsforsyninga til hyttene ved Øvstebøstølen fortsatt skal baseres på vann fra Dirdalselva, må det også opprettholdes en viss minstevannføring av denne grunn. Det må derfor lages et overløp i en eventuell dam ved Hunnevatnet. På grunn av den store konsentrasjon av hytter i området, bør minstevannføringa forbi hyttebyen ikke underskride $0.5 \text{ m}^3/\text{sek}$. Det er beregnet at et påslipp av $0.5 \text{ m}^3/\text{sek}$. forbi dammen ved Hunnevatnet utgjør ca. $2.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$, dvs. 2-3% av årlig avløp i et medianår.

11. KONKLUSJON

Fosfor er begrensende faktor blant næringsstoffer for den biologiske primærproduksjon i de fleste vassdrag. Uheldige biologiske miljøforandringer gjør seg erfaringsmessig gjeldende ved fosforkonsentrasjoner over ca. 7 $\mu\text{g P/l}$. Fosforbidraget i Dirdalselva skyldes vesentlig menneskelige aktiviteter i form av husholdningskloakk og jordbruksavrenning.

I nedre deler av elva vil fosforkonsentrasjoner over den stipulerte faregrense sjelden eller aldri forekomme i et normalår, selv etter regulering. Ved lengre gjentagelsesperiode, 3 år, 8 år, osv. vil konsentrasjonen av fosfor øke vesentlig over faregrensen i uregulert vassdrag. I vekstsesongen er månedene april og august de mest utsatte.

I uregulert vassdrag er vannet betydelig forurenset av tarmbakterier om sommeren og høsten. Regulering vil føre til ytterligere forverring. Det er urealistisk å beregne minstevannføringer ut fra hygieniske krav til drikkevann. Direkte utslipp av husholdningskloakk og husdyrgjødsel må bringes under kontroll. Det må understrekes i denne forbindelse at siloer, utette gjødselkjellere og gjødselspredning på frossen mark kan være alvorlige forurensningskilder.

Minstevannføring beregnet ut fra krav til fosforkonsentrasjoner på under 7 $\mu\text{g P/l}$ gir 1.0 m^3/s ved VM 1708 Byrkjedal bru i tida april-oktober. Denne vannføring underskrides ikke i et normalår i uregulert vassdrag.

Dersom Dirdalselva skal brukes som drikkevannskilde for hyttebyen ved Øvstabøstølen, må det sørges for at det blir tilstrekkelig vann i elva. Det foreslås at minstevannføringa gjennom hyttebyen aldri understiger 0.5 m^3/sek . Dette utgjør 2-3% av avløpet fra planlagte overføringer i et medianår. Tilførsel av tarmbakterier til hovedelva gjør at drikkevann må hentes oppstrøms hyttebyen.

LITTERATUR

- Kotai, J., Krogh, T. og Skulberg, O.: The fertility of some Norwegian inland waters assayed by algal cultures. Norsk institutt for vannforskning, Blindern 1976.
- Lillehammer, A. 1975. Viktige sider ved laksens oppvekstmiljø i elvene. Fauna 28: 8-15.
- NIVA, 1975, O-151/73. Gudbrandsdalsvassdraget, Mjøsa, Vormå. Resipientundersøkelser i forbindelse med planlagte vassdragsreguleringer 1974-1975.
- NIVA, 1977, O-48/74. Naustadvassdraget, Angedalsvassdraget og Gjeungdalsvassdraget, Sogn og Fjordane. Vassdragsundersøkelser 1975-1976.
- Nordseth, K. 1974. Sedimenttransport i norske vassdrag. Sammendrag av arbeider ved Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo 1969-1973.
- PRA-rapport nr. 2.1. 1975. Renneforsøk og laboratorieundersøkelser til belysning av ulike rensemeters virkning på biologiske forhold i resipienter. NIVA, O-40/71H.
- PRA-rapport nr. 13. 1977. Vassdragsbiologi. Virkninger av rensetekniske tiltak. Siv.ing. Tor Traaen, NIVA.
- SNSF Teknisk notat 28/76. Regionale snøundersøkelser vinteren 1975-76. (A. Henriksen, M. Johannessen, E. Joranger, R.F. Wright og T. Dale), Oslo-Ås, 1976.
- Wigdal, A.B. 1977. Sigevann fra avfallsfyllinger - mengde og sammensetning Vann 1.