

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

OSLO

O-79029

RESIPIENTUNDERSØKELSE I TILKNYTNING

TIL UTBYGGING AV

TOVDALSVASSDRAGET

Oslo, 11. mai 1981

Saksbehandler : Torulv Tjomsland

Medarbeidere : Bjørn Alsaker-Nøstdahl

Merete Johannessen

Tone Kristoffersen

Jan Magnusson

Randi Romstad

Bjørn Rørslett

Instituttetsjef : Kjell Baalsrud

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-79029
Undernummer:
Løpenummer: 1276
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: RESIPIENTUNDERSØKELSE I TILKNYTNING TIL UTBYGGING AV TOVDALSVASSDRAGET	Dato: 11/5-81
	Prosjektnummer: 0-79029
Forfatter(e): Merete Johannessen Tone Kristoffersen Jan Magnusson Randi Romstad Torulv Tjomsland	Faggruppe:
	Geografisk område: Aust-Agder
	Antall sider (inkl. bilag): 73

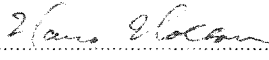
Oppdragsgiver: Aust-Agder Kraftverk	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: Det er planlagt å regulere Tovdalsvassdraget for produksjon av elektisk kraft.
I de nedre delene av Tovdalselva er innholdet av termostabile koliforme bakterier for høyt til at vannet f.eks. kan godkjennes som drikkevann. Vannet i vassdraget er såpass surt at det er meget nær en kritisk grense for å kunne opprettholde en levedyktig fiskebestand. Forøvrig er vannkvaliteten overveiende tilfredsstillende. Regulering vil trolig føre til stor fiskedød på grunn av surt vann. Kalking kan være et fruktbart mottiltak. Regulering vil ellers formentlig føre til små endringer i vannkvalitet og i den biologiske respons både i selve vassdraget og i Topdalsfjorden.

4 emneord, norske:
1. Aust-Agder
2. Tovdalsvassdraget
3. Vassdragsregulering
4. Resipientundersøkelse

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


Prosjektleders sign.:


Seksjonsleders sign.:


Instituttetsjefs sign.:

ISBN 82-577-0365 6

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	5
2. INNLEDNING	10
2.1 Naturlandskap	10
2.2 Klima	10
2.3 Arealfordeling	13
2.4 Befolkning	13
2.5 Reguleringer	13
3. HYDROLOGI	17
3.1 Nåværende vannføring	17
3.2 Reguleringsens innvirkning på vannføringene	19
3.2.1 Utbygging til Skjeggedal	19
3.2.2 Utbygging i egne vassdrag	24
4. NÆRINGSSALTER OG HYGIENISKE FORHOLD NEDSTRØMS HEREFOSSFJORDEN	25
4.1 Næringssalter	25
4.2 Hygieniske forhold	25
4.2.1 Generell orientering	25
4.2.2 Bakteriologiske forhold i Tovdalselva	30
5. BEGROING	31
5.1 Generelt om begroing	31
5.2 Begroing i Tovdalsvassdraget	33
6. REGULERINGSEFFEKTER	36
6.1 Innledning	36
6.2 Teoretisk beregning av tilførsler av fosfor, nitrogen og organisk stoff	37
6.3 Hygieniske forhold	43
6.4 Virkning av sur nedbør	43
6.5 Generelle økologiske konsekvenser av reguleringsinngrep	48
7. HEREFOSSFJORDEN	55
7.1 Karakteristiske data	55
7.2 Vannutskiftning	55
7.3 Vannkvalitet	57

Innholdsfortegnelse. Fortsatt:	Side:
8. TOPDALSFJORD	58
8.1 Vannutskiftning	58
8.2 Biologiske effekter	60
9. REFERANSER	63
VEDLEGG Tabeller I - XII	65

TABELLFORTEGNELSE

Tabell nr.:

2.3-1. Arealfordeling	13
4.2-1. Bakteriologisk bedømmelse av drikkevann og badevann	29
5.2-1. Begroing. 1.-3. oktober 1979	34
6.2-1. Tilførselskoeffisienter for landarealer	39
6.2-2. Beregnet årstransport og middelkonsentrasjon av fosfor, nitrogen og organisk stoff (BOF)	41
6.2-3. Befolkningens bidrag til fosforkonsentrasjoner ved årlig middelvannføring, median- og nedre kvartil vannføring i juli	42

FIGURFORTEGNELSE

Figur nr.

1-1 Reguleringsalternativ I: Overføring til Skjeggedal	6
1-2 Reguleringsalternativ II: Utbygging i egne vassdrag	7
2.2-1 Temperatur- og nedbørnormaler	11
2.4-1 Befolkningsfordeling	12
3.1-1 VM 531 Flaksvatn 1946-1976. Frekvensanalyse på årlig maksimalvannføring (7 døgnmidler)	18
3.1-2 VM 531 Flaksvatn 1946-1975. Frekvensanalyse på årlig minstevannføring (7 døgnmidler)	18
3.1-3 VM 531 Flaksvatn 1946-1975. Midlere årlig varighetskurve	18
3.1-4 Karakteristiske årstidsvariasjoner til vannføringene ved VM 531 Flaksvatn	20
3.2-1 Tovdalselva ved Herefoss. Karakteristiske vannføringer før og etter regulering	21
3.2-2 Uldalsåna ved Kolstraumsfjorden. Karakteristiske vannføringer før og etter regulering	22

Figurfortegnelse fortsatt.

Side:

3.2-3	Tovdalselva ved Boen. Karakteristiske vannføringer før og etter utbygging	23
4.1-1	Fosfor, nitrogen og termotabile koliforme bakterier og vannføring i perioden fra okt. 1979 til sept. 1980	26
5.1-1	Endringer i organismesamfunnene i en elv med økende belastning med avløpsvann	32
5.2-1	Prøvetakingsstasjoner for begroingsprøver	33
6.2-1	Stasjoner for teoretiske beregninger	38
6.3-1	Utviklingen av fiskebestanden i Tovdalsvassdraget i perioden 1950 til 1975	45
6.3-2	Etter 1976 ble det ikke fisket ørret som hadde gytt i Tveitvatn i Tovdalen	46
7.1-1	Dybdekart over Herefossfjorden	56
8.1-1	Oversiktskart	59
8.1-2	Ferskvannstilførsler til Kristiansandsfjorden fra Otra og Tovdalselv	61
8.1-3	Sammenheng mellom ferskvannsandelen i sprangsjiktet ved Varoddbrua og vannføringen i Tovdalselva	61
8.1-4	Sammenheng mellom sprangsjiktdybde ved Varoddbrua og vannføring i Tovdalselva.	61

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Undersøkelsen er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) etter oppdrag fra Aust-Agder Kraftverk.

Målsettingen var å kartlegge dagens vannkvalitet i Tovdalsvassdraget samt å vurdere betydningen av de planlagte reguleringsinngrep.

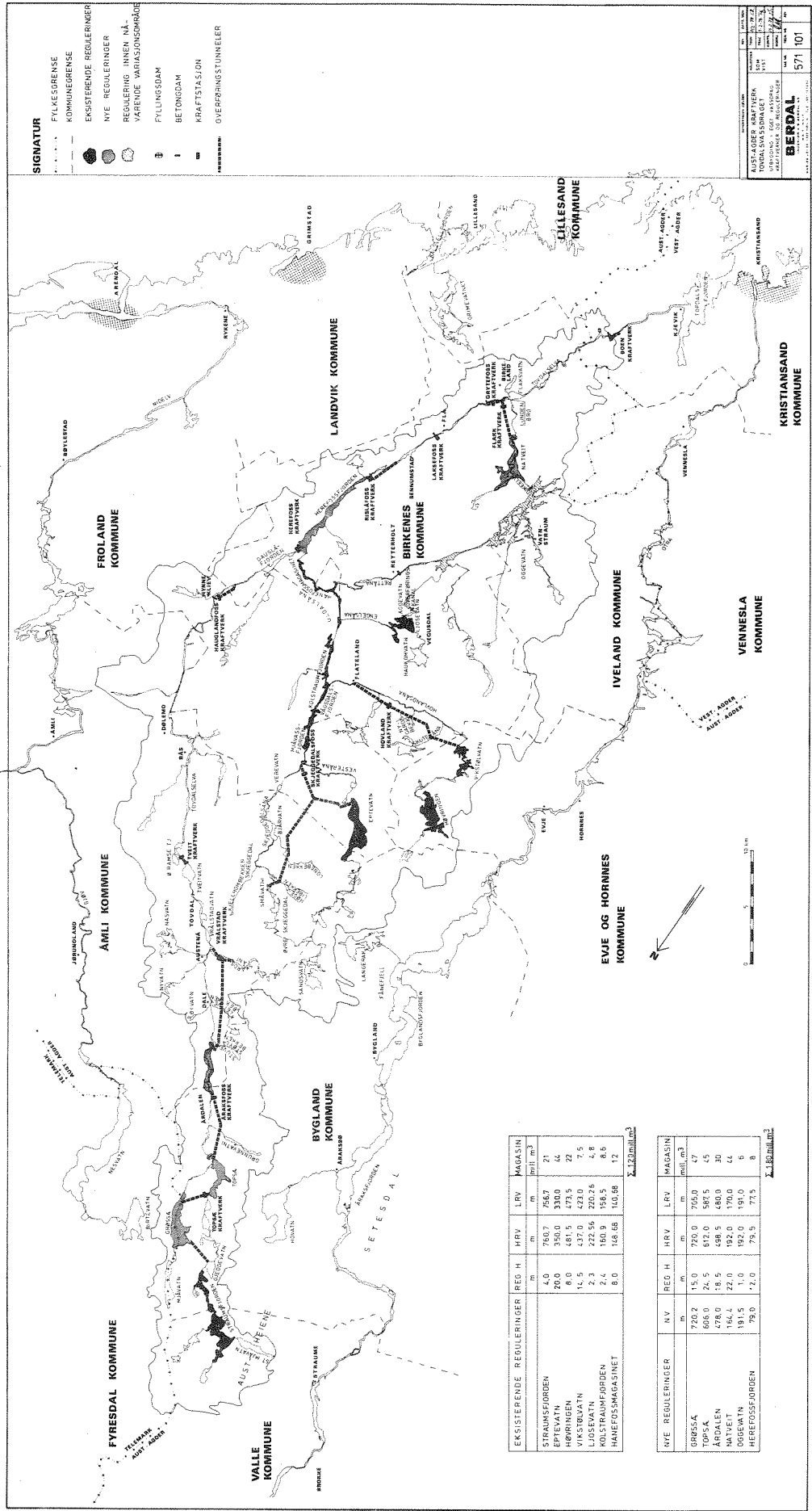
Tovdalselvas nedbørfelt er ca. 1850 km². Uldalsåna er største bielv og Herefossfjorden er den største innsjøen (3,6 km²). De høyeste områdene ligger over 1000 m o.h. Vassdraget munner ut i Topdalsfjorden ved Kjevik nær Kristiandsand. Gneis og granitt er de vanligst forekommende bergartene. Løsmassene består overveiende av et tynt bunnmorenedekk. De største avsetningene fins i dalene og da særlig nedenfor Birkeland. Nær 80% av nedbørfeltet er dekket av skog.

I 1970 var det ca. 5400 bosatte innen nedbørfeltet. Ca. 1/3 av disse bodde i tettstedene Birkeland og Tveit i de nederste delene av nedbørfeltet.

Det foreligger 2 alternative utbyggingsplaner (fig. 1-1,2). Det første alternativet går i hovedtrekk ut på å føre vann fra øvre deler av Tovdalselva til Skjeggedal i Uldalsvassdraget. Det andre alternativet medfører utbygging i egne vassdrag. Magasinene vil ved begge alternativene fortrinnsvis ligge i de øvre delene av vassdragene.

De nedenforstående vannføringsdata er relatert til VM 431 Flaksvatn som drenerer ca. 95% av Tovdalselvas nedbørfelt. Middelvannføringen er ca. 60 m³/s. Vannføringenes ukesmidler varierer vanligvis mellom 9,5 m³/s og 260 m³/s i løpet av et år. De høyeste vannføringene finner sted om våren (april-mai) i forbindelse med snøsmeltingen og i tilknytning til høstnedbør (september-november). Lave vannføringer er vanlige om vinteren (januar-mars) og i juli.

Nedstrøms magasineringsområdene fører begge reguleringsalternativene overveiende til økt vintervannføring og redusert sommervannføring. Ved overføring til Skjeggedal (alternativ 1) blir reduksjonen permanent i Tovdalselva mellom overføringsstedet og Herefossfjorden.



EKSISTERENDE REGULERINGER	REG. H	HRV	LRV	MAGASIN
	m	m	m	mill. m ³
STRAUNSFJORDEN	4,0	76,7	756,7	21
STEVATN	20,0	350,0	330,0	44
HØRNINGEN	6,0	481,5	473,5	22
VIKSBØVATN	16,5	437,0	423,0	7,5
ØSTRE VASS	2,2	166,9	164,8	8,0
KOLSSTRÅLMAGASINET	2,2	166,9	164,8	8,0
HANEFOSSMAGASINET	6,0	168,68	160,98	12

NYE REGULERINGER	REG. H	HRV	LRV	MAGASIN
	m	m	m	mill. m ³
ØRREKÅ	120,2	15,0	77,0	759,0
TOPSÅ	60,0	24,0	51,0	47
ÅRDALEN	478,6	18,5	68,5	45
NATVETT	164,4	22,0	192,0	170,0
ØRREVATN	191,5	1,0	192,0	191,0
HEREFOSSFJORDEN	79,0	7,0	79,5	77,5

REGULERINGSSKISSE
 DATUM: 20.7.72
 TITTEL: TIDALSREGULERING AV VASSDRAGET I BERDAL
 FORFATTER: S. ABRAHAMSEN
 SKALA: 1:100 000
 571 101

Fig. 1-2. Reguleringsalternativ II : Utbygging i egne vassdrag.

De tettest bebodde områdene er nedenfor Herefossfjorden. Eventuelle forureningsproblemer vil derfor fortrinnsvis finne sted der.

Nedstrøms Herefossfjorden var vannets innhold av termostabile koliforme bakterier for høyt til å tilfredsstille helsemyndighetenes krav til drikkevann. Vannet kunne imidlertid godkjennes som badevann. Belastningen var størst nedstrøms Birkeland. Reguleringene vil kunne føre til reduserte bakteriekonsentrasjoner om vinteren. I lavvannsvariasjoner om sommeren blir det trolig en liten økning.

Plantenæringsstoffene (fosfor- og nitrogenforbindelser) samt organisk stoff spiller en avgjørende rolle for vassdragets biologiske stoffomsetning. Høye konsentrasjoner kan føre til en uønsket begroing og masseforekomster av organismer i vannet. Innholdet av organisk stoff var meget lavt. Nitrogenverdiene vitnet om små tilførsler som følge av jordbruksaktiviteter m.m. Fosforkonsentrasjonene overskred kun sporadisk en stipulert faregrense på 7-9 µg P/l.

Vassdraget vil formodentlig være mest ømfintlig for næringssaltbelastning i lavvannsperioder om sommeren. Reguleringene vil trolig føre til en økning av vannets fosforinnhold ved utløpet på ca. 2 µg P/l i lavvannssituasjoner i juli. I øvrige deler av vassdraget blir økningen ifølge beregningene mindre. Observasjoner viste at begroingen i vassdraget var typiske rentvannsindikatorer. Den moderate økning av fosforkonsentrasjoner som følge av reguleringene vil trolig medføre meget små endringer i det bestående begroingssamfunn.

Det er planer om å forbedre renseanlegget på Birkeland samt å rense kloakken mellom utløpet og Boen. Dette vil minske sjansene for økt begroing på den potensielt mest utsatte elvestrekningen.

Enhver forandring i det fysiske miljø som følge av reguleringsinngrep vil medføre en økologisk respons i vassdraget. Denne responsen på begroing, organismeliv, fisk m.m. vil i de fleste henseende kunne betraktes som negativ. Påvirkningen øker med omfanget av reguleringen. Kunnskapen om disse virkningene er foreløpig for liten til å kunne foreta en sikker kvantitativ bedømmelse. Vi kan følgelig ikke se bort fra at det kan oppstå merkbare forandringer i begroingssamfunnet m.v. på enkelte elvestrekninger i Tovdalsvassdraget.

Virkingen av sur nedbør på vannkvaliteten og den deravfølgende betydning for fiskebestanden er gitt som vedlegg i konsesjonssøknaden av Gunnerød ved Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk. Vi vil her understreke resultatene i denne rapporten samt komme med noen supplerende opplysninger fra prosjektet: "Sur nedbørs virkning på skog og fisk".

Fiskebestanden i vassdraget har i de siste 30-årene blitt sterkt redusert som følge av surt vann (lav pH-verdi). Vannets surhet i de ulike deler av vassdraget er meget nær en kritisk grense for å kunne opprettholde en levedyktig fiskebestand. Den mest kritiske perioden er under snøsmeltingen om våren. Den beste vannkvaliteten fins i de høyestliggende deler av vassdraget (Årdalen) hvor det er planlagt å bygge reguleringsmagasiner.

I magasineringsperiodene vil restvannføringene nedover i vassdraget få reduserte pH-verdier. Ved utbygging til Skjeggedal vil vannets midlere pH-verdi i Uldalsvassdraget bli noe høyere enn under dagens forhold. Reduksjonen i Tovdalselva mellom overføringsstedet og Herefossfjorden vil bli permanent. Utbygging i eget vassdrag vil i større grad opprettholde den nåværende surhetsgrad i Tovdalselva. Imidlertid vil de kritiske periodene under snøsmeltingen være avgjørende for fiskebestanden.

Magasinering av vann i Årdalen under snøsmeltingen lar seg vanskelig kombinere med tilfredsstillende pH-verdier i Tovdalselva nedenfor. Gunnerød peker på at kalking av vassdraget kan være en mulig løsning for å opprettholde fiskebestanden. Dette bør utredes nærmere.

Vannkvaliteten i Herefossfjorden kan karakteriseres som tilfredsstillende i dag. Oksygenforholdene i dypvannet var gode. Innholdet av næringssalter var lavt. Det var moderate mengder med alger. Det er stor vannutskiftningshastighet.

Reduserte sommervannføringer som følge av reguleringsinngrep vil rimeligvis føre til noe høyere algekonsentrasjoner.

2. INNLEDNING

Undersøkelsen er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) etter oppdrag fra Aust-Agder Kraftverk.

Målsettingen var å kartlegge dagens vannkvalitet i vassdraget samt å vurdere betydningen av de planlagte reguleringsinngrep.

2.1 Naturlandskap

Tovdalsvassdraget ligger overveiende i Aust-Agder (fig. 1-1). De øverste og nederste delene av området ligger i henholdsvis Telemark og Vest-Agder. Nedbørfeltet som er på ca. 1850 km², strekker seg fra fjellvidden i nord til Topdalsfjorden ved Kristiansand i sør. De høyeste partiene når mer enn 1000 m o.h. Tovdalselva har en lengde på ca. 110 km. Det største sidevassdraget er Uldalsåna. Herefossfjorden er den største innsjøen.

Nedbørfeltet tilhører det sør-norske grunnfjellsområde. Bergartene som hovedsaklig består av granitt og gneis, er sure og tungt nedbrytbare.

Landskapet er utskåret i en jevnt fallende flate fra fjellområdene i nord og til kysten. Oppsprekking av denne flaten har ført til et tildels meget småkupert landskap (heilandskap). Spesielt hoveddalførene er påvirket av erosjon av istidenes breer. En rekke bassenger med innsjøer/vatn samt U-formede tverrprofiler vitner om dette.

De største løsmasseavsetningene finnes i dalførene. Særlig store masser fins i områdene nedstrøms israndavsetningen (Raet) ved Birkeland. Forøvrig består løsmassene i nedbørfeltet overveiende av et tynt bunnmorenedekke. Marin grense er ca. 53 m o.h.

2.2 Klima

Ved Tovdalselvas utløp i Topdalsfjorden (Kjevik) er årsnedbøren ca. 1300 mm (fig. 2.2-1). Størstedelen av nedbøren faller om høsten og vinteren i tilknytning til fuktige luftstømmer fra Atlanterhavet (frontnedbør). Vintrene er milde. Kun to måneder har middeltemperatur under 0°C ved Kjevik.

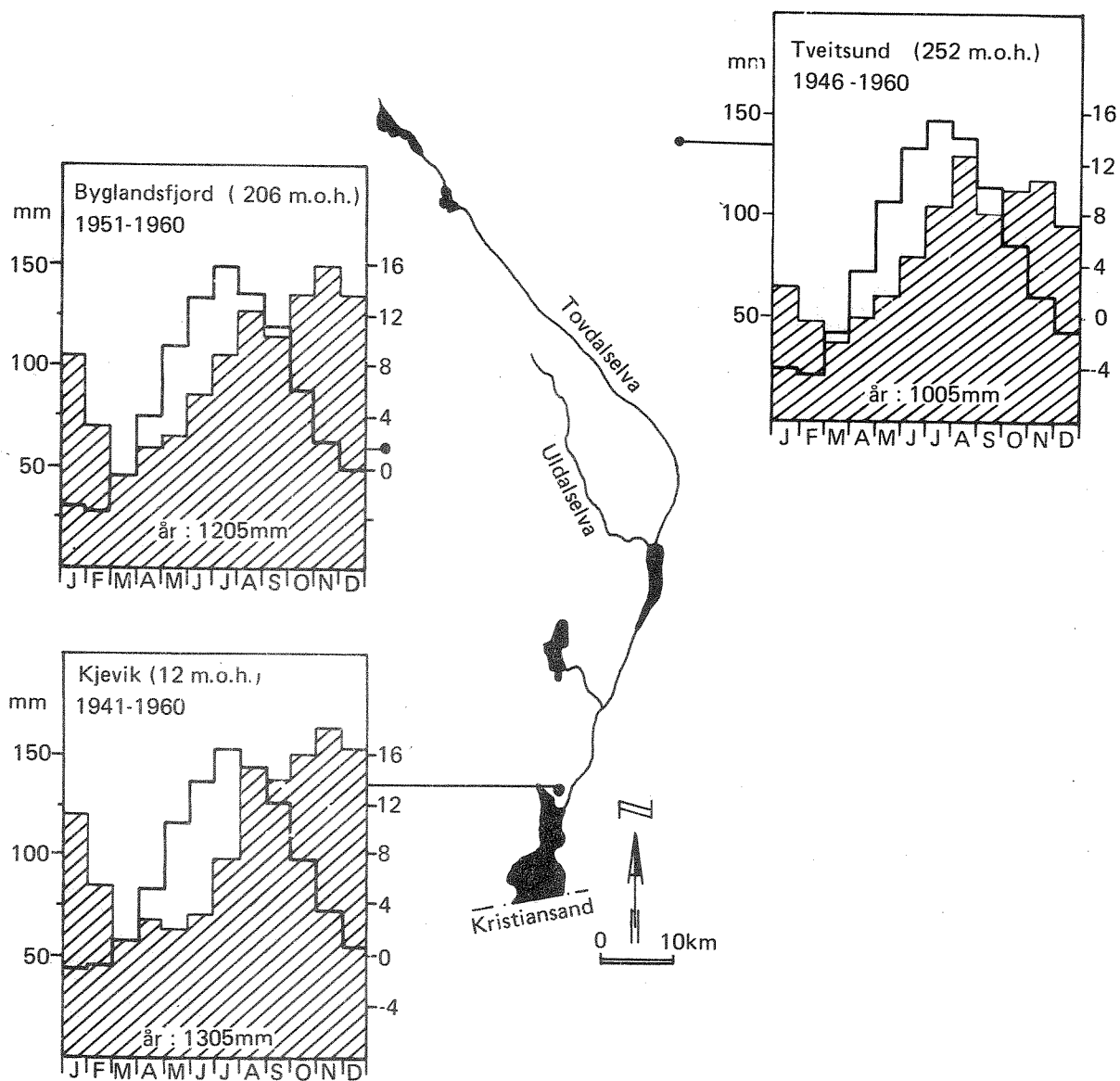


Fig. 2.2-1 Temperatur- og nedbørnormaler.

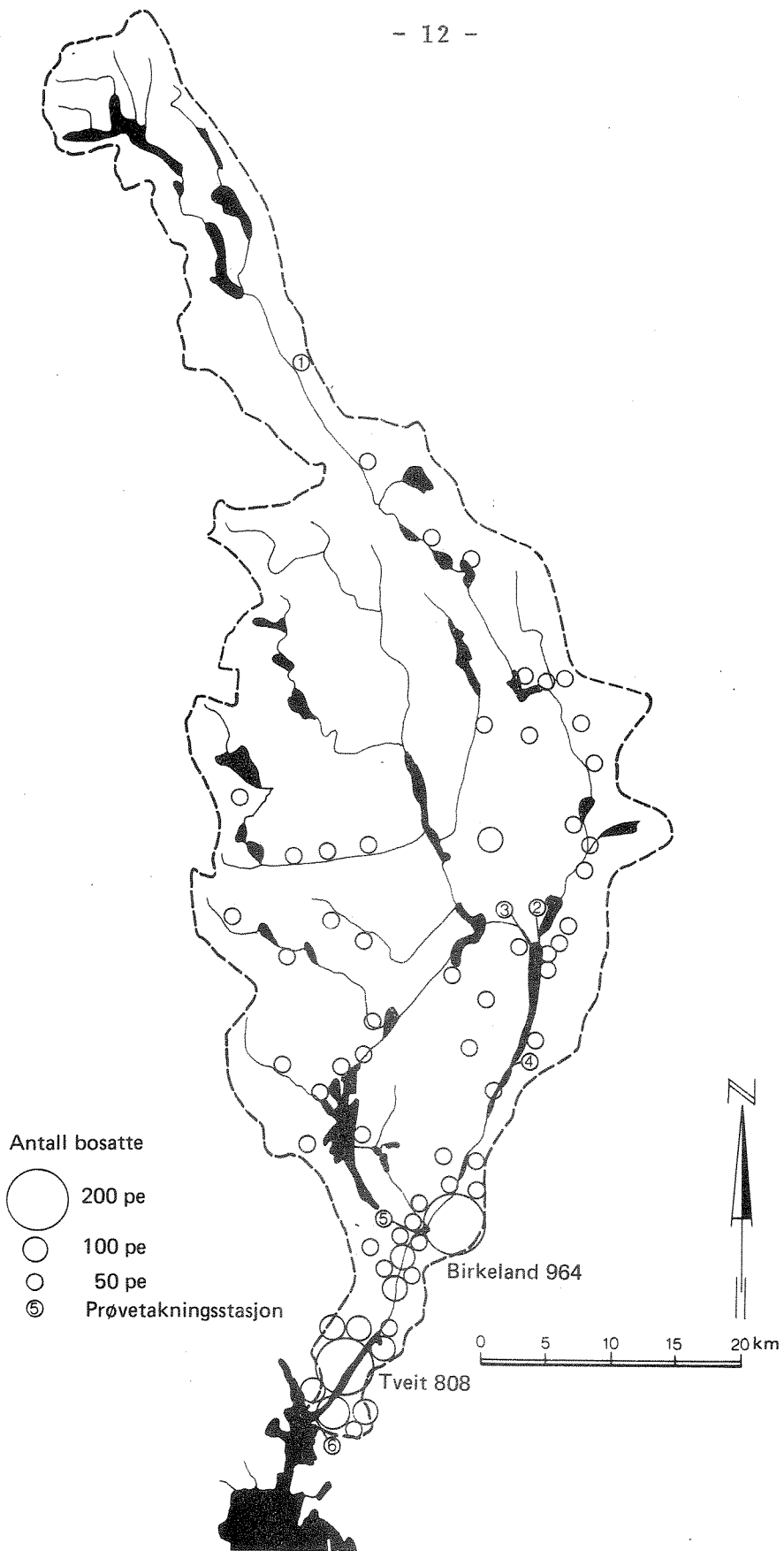


Fig. 2.4-1 Befolkningsfordeling.

Dvs. at nedbøren kan falle som regn eller det kan foregå en sterk snøsmelting gjennom hele året. Klimaet er noe kaldere og mindre fuktig i de indre og høyereliggende delene av nedbørfeltet.

2.3 Arealfordeling

Øverst i nedbørfeltet er størstedelen av arealet dekket av fjell og annen uproduktiv mark (tabell 2.3-1). I de lavere områdene er skog det mest utbredte markslag. Andel skog øker fra 35% til 78% nedover i nedbørfeltet. Prosent uproduktiv mark avtar tilsvarende fra 55% til 15%. Innsjøarealene utgjør ca. 6% av totalarealet. Mindre enn 1% består av dyrket mark. De dyrkede arealene ligger hovedsakelig langs hovedelven.

Tabell 2.3-1. Arealfordeling

Dreneringsfelt til Tovdalselva ved:	Skog %	Fjell %	Innsjø %	Dyrket %
Dale	35	55	10,3	0,0
Herefoss	62	31	6,2	0,4
Flaksvatn	77	16	5,8	0,6
Utløp	78	15	5,7	0,8

2.4 Befolkning

Bosetningen er konsentrert til områdene langs vassdraget. Tettheten øker nedstrøms (fig. 2.4-1). Det er to tettsteder i nedbørfeltet, Birkeland og Tveit. I 1970 var det 5400 bosatte innen nedbørfeltet. Ca. 1/3 av disse bodde i de to tettstedene.

2.5 Reguleringer

Følgende innsjøer/vatn er i dag regulert (fig. 1.-1).

	reg.H m	HRV m	LRV m	Magasin mill. m ³
Straumsfjorden	4,0	760,7	756,7	21
Eptevatn	20,0	350,0	330,0	44
Høvringen	8,0	481,5	473,5	22
Vikstølvatn	14,5	437,0	423,0	7,5
Ljosevatn	2,3	222,6	220,3	4,8
Kolstraumfjorden	2,4	160,9	158,5	8,6
Hanefossmagasinet	8,0	148,7	140,7	12

Samlet magasinivolum er ca. 120 mill. m³.

Arendal E-verk har bygget ut Hanefossen og regulert Uldalsvassdraget. Magasineringsvolumet er ca. 100 mill. m³. I øvre deler av Tovdalsvassdraget skyldes reguleringen tømmerfløting (35-40 mill. m³). Boen Brug nytter Boenfossen til produksjon av elektrisk kraft.

Det foreligger 2 alternative utbyggingsplaner. Det første alternativet går i hovedtrekk ut på å lede vannet fra øvre Tovdal ved Årdalen til Skjeggedal i Uldalsvassdraget (fig. 1.-1). Videre overføres Rettånas avløp fra Oggevatn til Dikeelv. Det andre alternativet skiller seg i hovedtrekk fra det første ved at overføringen fra Årdalen til Uldalsvassdraget er sløpfet (fig. 1.-2).

ALTERNATIV 1 : Utbygging til Skjeggedal

Reguleringen omfatter følgende nye innsjøer/vatn (fig. 1-1):

	NV	REG.H	HRV	LRV	Magasin
	m	m	m	m	mill. m ³
Grøssæ	720,2	15,0	720,0	705,0	47
Topsæ	606,0	24,5	612,0	587,5	45
Årdalen	478,0	18,5	498,5	480,0	30
Natveit	164,4	22,0	192,0	170,0	44
Oggevatn	191,5	1,0	192,0	191,0	6
Herefossfjorden	79,0	2,0	79,5	77,5	8

Samlet magasinivolum er ca. 180 mill. m³. I tillegg søkes det om å regulere Øyvatn og Nasvatn med henholdsvis 1,5 m og 1,0 m til vannforsyningsformål og å sikre minstevannføringen i Tovdalselva (fra Nasvatn).

Reguleringen (Alt. 1) omfatter følgende overføringer (fig. 1-1):

1. Tilbakeføring til Straumsfjorden av den andel av avløpet fra Straums-Mjåvatn's nedbørfelt som renner til Otravassdraget i Setesdal.
2. Overføring til Grøssæ av avløpet fra Gjeddevatn (90 km²).
3. Overføring til Topsæ av avløpet fra Grunnevassbekken (17,1 km²).
4. Overføring til Årdalsmagasinet av avløpet fra Stuvestøylibekken (8,8 km²) og Kjellhombekken (3,5 km²).
5. Overføring til Skjeggedalsåna i Uldalsvassdraget av avløp fra Årdalen (275,5 km²).
6. Overføring til Eptevatn av avløp fra Øvre Skjeggedalsåna (69,8 km²), Høgelibekken (6,0 km²) og Lonebekken (5,0 km²).
7. Overføring til Vikstølvatn av avløpet fra Skuteåna (6,7 km²) og Nygardsbekken (2,4 km²).
8. Overføring til Dikeelv og Natveitmagasinet av avløpet fra Engelsåna med Ljosevatn (53,4 km²) og Rettåna.

Det er planlagt å bygge 13 kraftverk (fig. 1-1).

ALTERNATIV II: Utbygging i eget vassdrag.

Alternativ II omfatter de samme reguleringsmagasinene som for alternativ I (fig. 1-2).

Overføringene som omfattes av alternativ II er den gjenværende del av overføringene ved alternativ I når en sløyfer overføringen av vann fra Årdalen til Skjeggedalsåna (se pkt. 5 ovenfor) og overføringen av Kjellhombekken til Årdalsmagasinet (pkt. 4).

Det er planlagt å bygge ialt 13 kraftverk.

3. HYDROLOGI

3.1 Nåværende vannføring

Spesifikt avløp i Tovdalsvassdragets nedbørfelt er overveiende mellom 30-40 l/s pr. km (NVE 1958).

Den hydrologiske beskrivelsen er relatert til VM 431 Flaksvatn i perioden 1946-1975. Ca. 95% av Tovdalselvas nedbørfelt drenerer til dette vannmerket. Vannføringsdataene er oppgitt av NVE. Ved beregningene ble det benyttet 7 døgnsvannføringer.

Årlig maksimalvannføring

Median årlig maksimalvannføring (7 døgn middel) er ca. $260 \text{ m}^3/\text{s}$ (fig. 3.1-1). Dvs. at halvparten av de årlige maksimalvannføringene er høyere og halvparten lavere. I 10% av årene (10-årsflommen) kan vannføringen forventes å overskride ca. $400 \text{ m}^3/\text{s}$. I 2% av årene, dvs. 50-års flommen, er vannføringene i størrelsesorden $500 \text{ m}^3/\text{s}$. De tilsvarende døgnvannføringene vil være høyere enn de nevnte 7 døgnsvannføringene. Den høyeste vannføringen i perioden 1900-1950 var f.eks. $824 \text{ m}^3/\text{s}$.

Årlig minstevannføring

Median årlig minstevannføring er $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (fig. 3.1-2). Den minste vannføringen som kan forventes å opptre hvert 10. år og hvert 50. år er henholdsvis ca. $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ og ca. $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Verdiene avviker lite fra de tilsvarende døgnvannføringer.

Varighet

Midlere vannføring i perioden 1946-1975 var $60 \text{ m}^3/\text{s}$.

I 10% av året er vannføringen i et "middelår" høyere enn $130 \text{ m}^3/\text{s}$ (fig. 3.1-3) I halvparten og i 90% av tiden overskrider vannføringen henholdsvis $40 \text{ m}^3/\text{s}$ og $15 \text{ m}^3/\text{s}$. Arealet under kurven representerer avløpsvolum. Ca. 60% av årlig vannvolum drenerer ut i løpet av tilsammen 4 måneder.

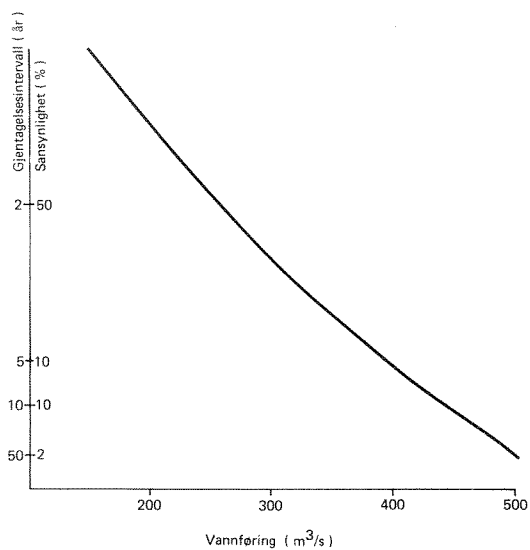


Fig. 3.1-1 VM 531 Flaksvatn 1946-1976
Frekvensanalyse på årlig
maksimalvannføring
(7 døgnmidler)

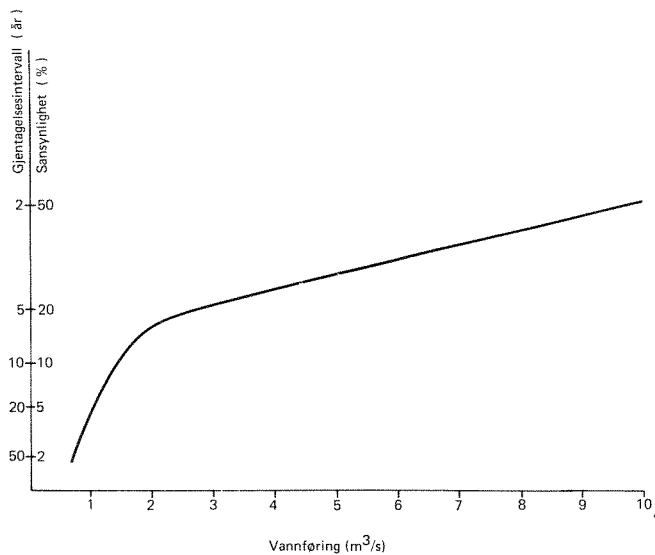


Fig. 3.1-2 VM 531 Flaksvatn 1946-1975
Frekvensanalyse på årlig
minstevannføring
(7 døgnmidler)

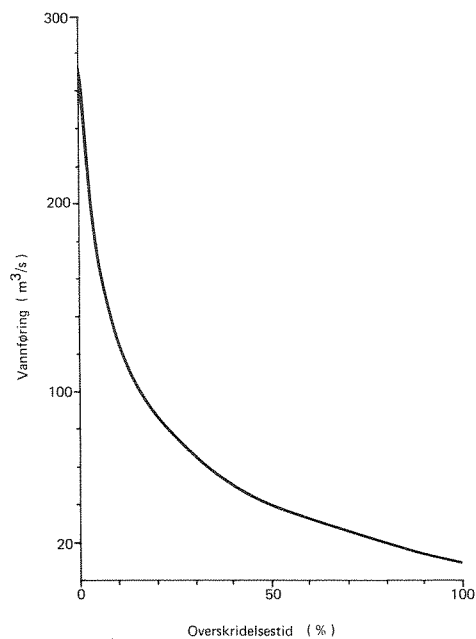


Fig. 3.1-3 VM 531 Flaksvatn 1946-1975
Midlere årlig varighetskurve.

Karakteristiske årstidsvariasjoner

Fig. 3.1-4 viser karakteristiske vannføringer (7 døgn midler) gjennom året. En vannføring tilsvarende 10. persentil betyr f.eks. at denne verdien underskrides i gjennomsnitt i 10% av årene i den aktuelle 7 døgn perioden. Dette er det samme som at vannføringen underskrides i gjennomsnitt hvert 10. år i denne perioden. 90.persentil betyr tilsvarende at vannføringen i den gitte 7. døgn periode i 9 av 10 år har lavere verdier, dvs. overskrides i gjennomsnitt hvert 10. år.

De høyeste vannføringene finner sted om våren (april-mai) i forbindelse med snøsmeltingen, og i tilknytning til nedbør om høsten (september-november) (fig. 3.1.-4, median og 90.pers.). Vannføringer over middelvannføringen kan inntreffe gjennom hele året (fig. 3.1-4, 10.pers.). Dette på grunn av stor høst- og vinternedbør kombinert med ofte forekommende milde vintre.

Lave vannføringer finner vanligvis sted om vinteren (januar-mars) og i juli. I år med liten nedbør om høsten kan lave vannføringer inntreffe ut året (fig. 3.1-4, median og 10.pers.).

3.2 Reguleringens innvirkning på vannføringene

Kurver over vannføringer før og etter regulering i ulike deler av vassdraget er publisert i konsesjonssøknaden, bilag 19. Med utgangspunkt i disse resultatene vil vi kort beskrive hvordan reguleringens innvirkning på vannføringene kan forventes å bli i vassdraget.

3.2.1 Alt. I : Utbygging til Skjeggedal

I Årdalen vil elvestrekningene mellom magasinene få meget små vannføringer og eventuelt bli delvis tørrlagt (fig. 1-1). Dersom vannet overføres fra Årdalen til Skjeggedalsåna blir vannføringene i Tovdalselva mellom overføringsstedet og Herefossfjorden redusert gjennom hele året. Fig. 3.2-1 viser vannføringer før og etter reguleringen i utvalgte representative år. Reduksjonen er størst under siste del av vårflommen i mai og juni. De minste vannføringene vil finne sted i juli og eventuelt i august.

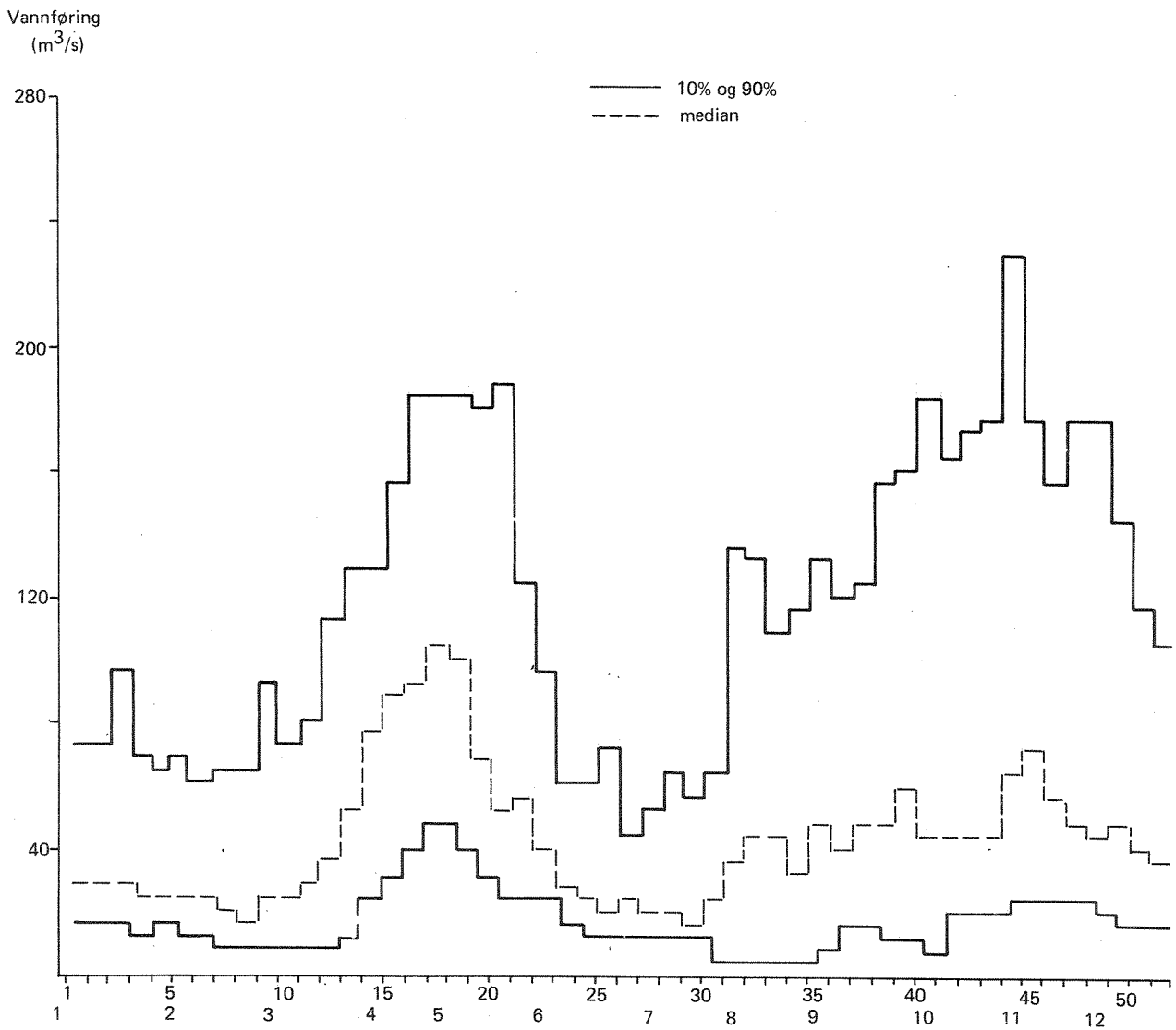
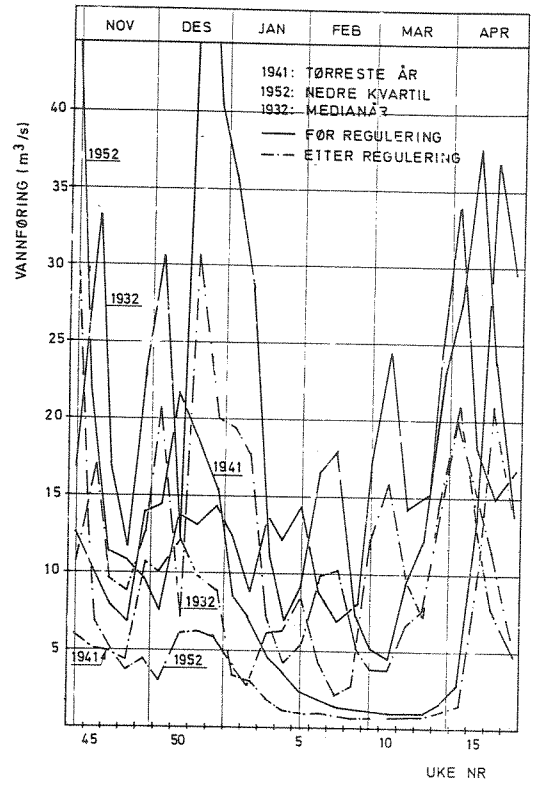
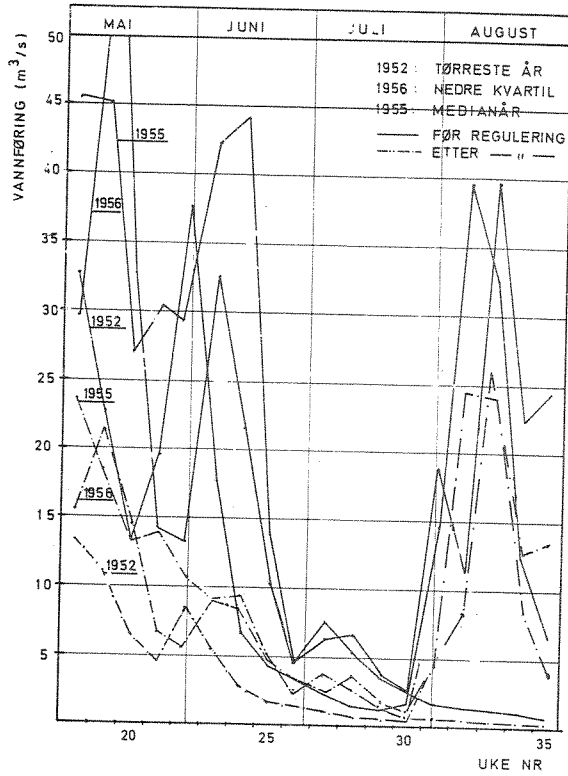


Fig. 3.1-4 Karakteristiske årstidsvariasjoner til vannføringene ved VM 531 Flaksvatn.

Alternativ I : Overføring til Skjeggedal.



Alternativ II : Utbygging i egne vassdrag.

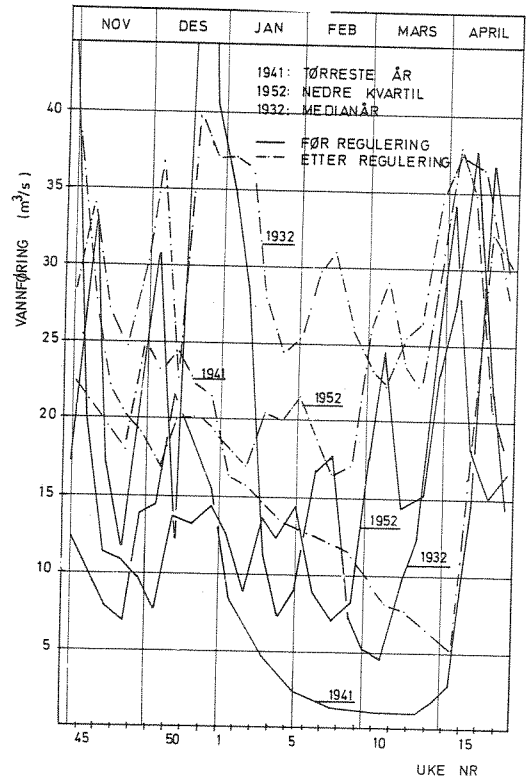
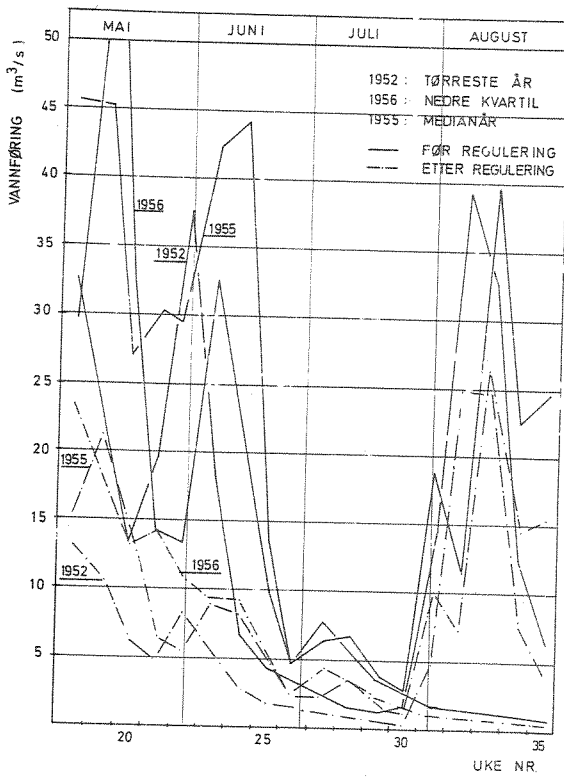
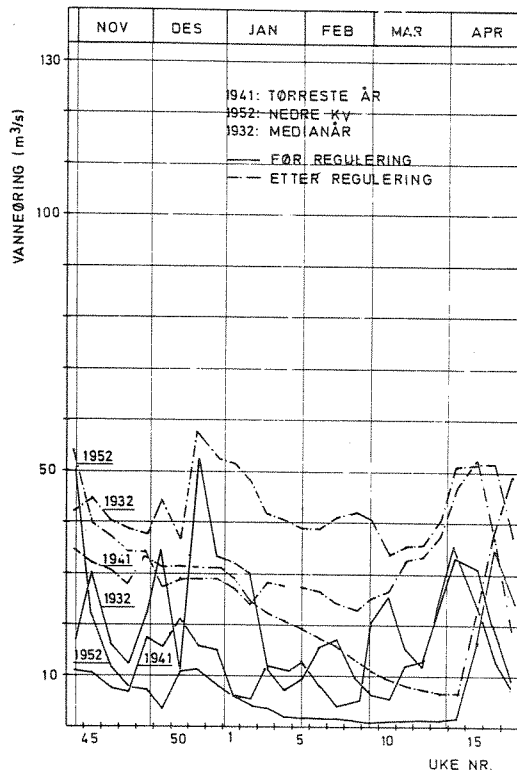
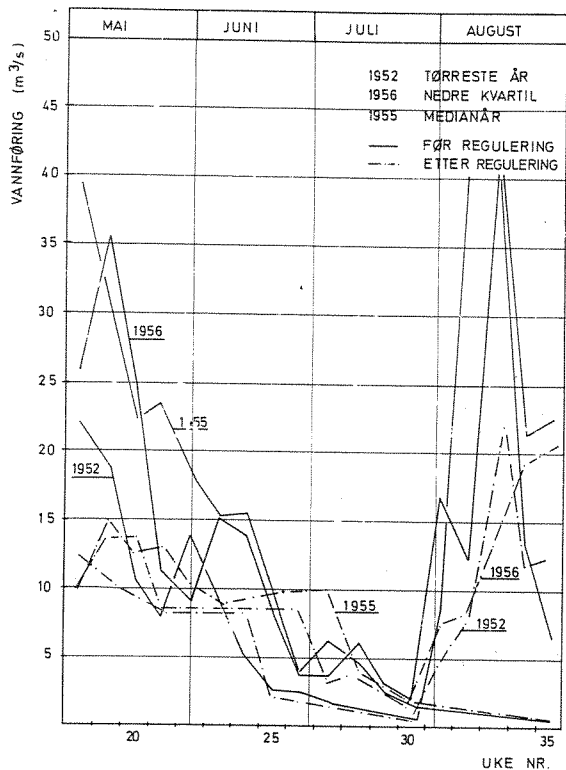


Fig. 3.2-1 Tovdalselva ved Herefoss.

Karakteristiske vannføringer før og etter regulering

Alternativ I : Overføring til Skjeggedal.



Alternativ II : Utbygging i egne vassdrag.

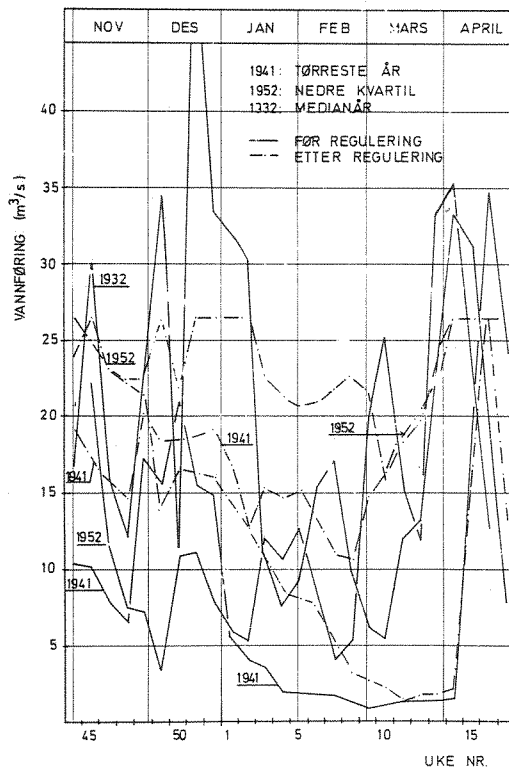
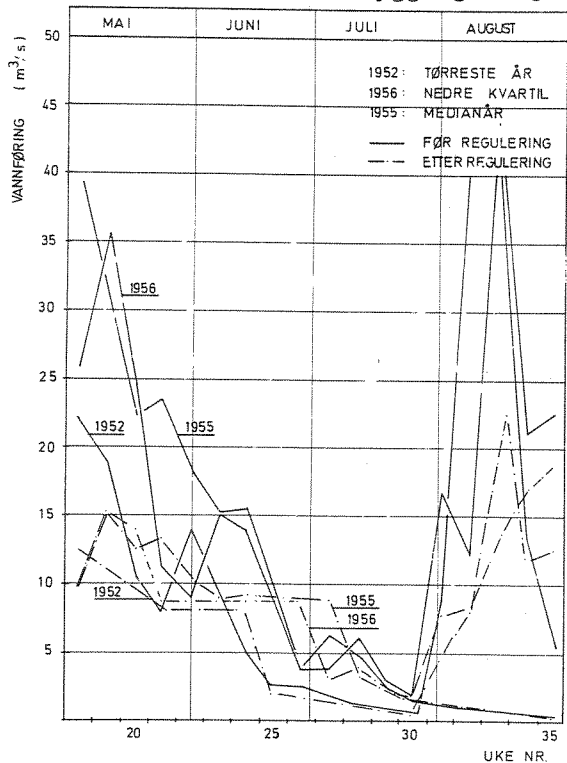
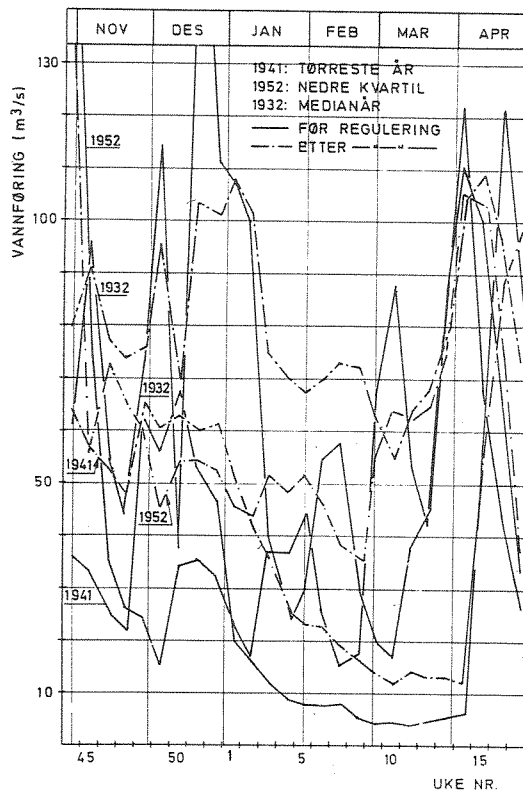
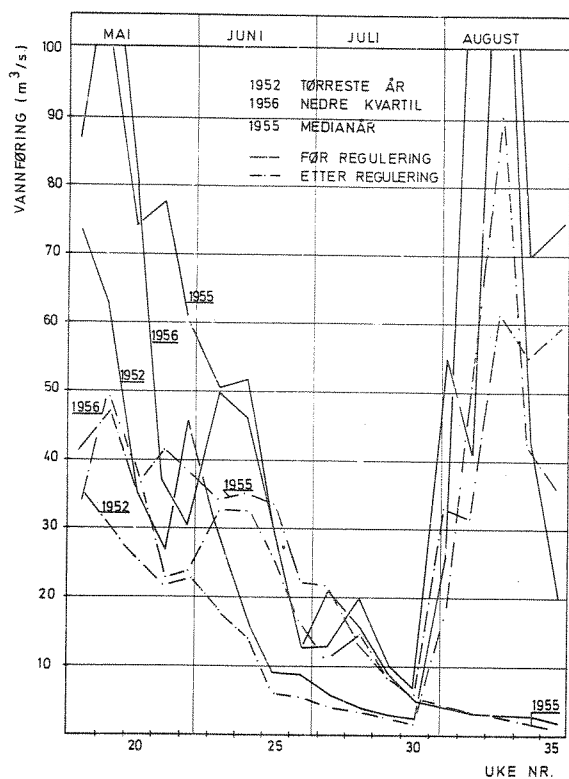


Fig. 3.2-2 Uldalsåna ved Kolstraumsfjorden.

Karakteristiske vannføringer før og etter regulering.

Alternativ I : Overføring til Skjeggedal.



Alternativ II : Utbygging i egne vassdrag.

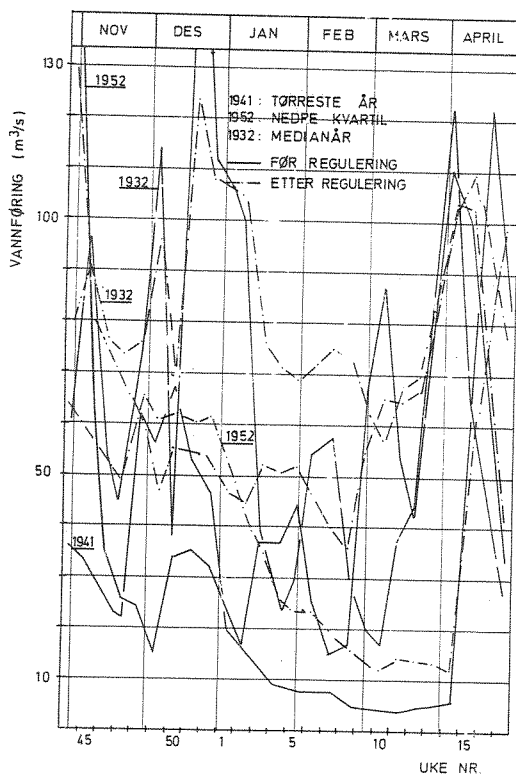
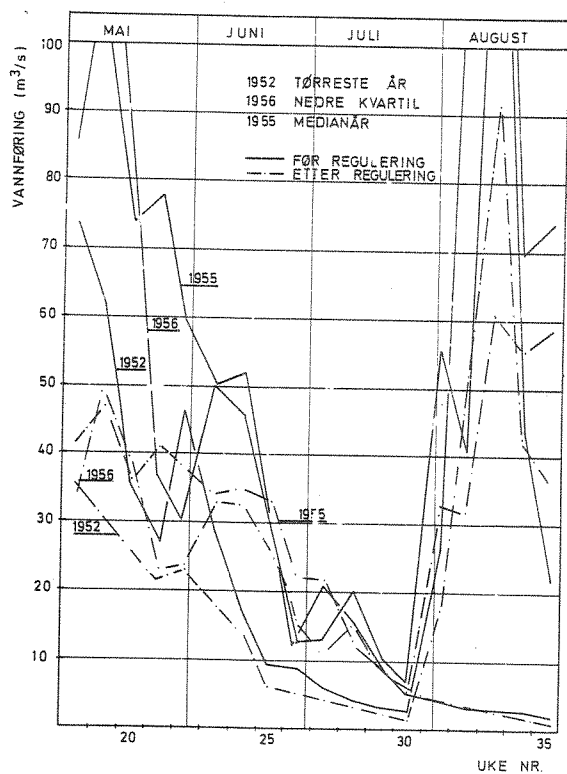


Fig. 3.2-3 Tovdalselva ved Boen.

Karakteristiske vannføringer før og etter utbygging.

I Uldalsvassdraget vil reguleringen føre til reduserte vannføringer i sideløpene Vesteråna, Hovlandsåna og Rettåna (fig. 1-1). I hovedelven blir årsavløpet større. Ved utløpet av Kolstraumfjorden medfører reguleringen sterkt økte vannføringer om vinteren (fig. 3.2.-2). I sommerhalvåret må avløpet forventes å bli overveiende i samme størrelse eller noe lavere enn dagens.

Ved utløpet av Tovdalselva (Boen) fører reguleringen til økte vannføringer om vinteren (fig. 3.2-3). I sommerhalvåret blir vannføringene redusert som følge av magasinering. I juli hvor vannføringene vanligvis er lavest, blir forskjellene imidlertid meget små.

3.2.2 Utbygging i egne vassdrag

I likhet med Skjeggedalsalternativet blir vannføringene sterkt redusert på enkelte elvestrekninger i Årdalen og i Vesteråna, Hovlandsåna og Rettåna i Uldalsvassdraget. Dessuten blir avløpet redusert i forhold til dagens tilstand og langt lavere enn for Skjeggedalsalternativet i Skjeggedalsåna (fig. 1-2).

I hovedvassdragene fører reguleringen generelt til økte vannføringer om vinteren og reduserte om sommeren (fig. 3.2-1, 2 og 3). Sammenliknet med Skjeggedalsalternativet blir vannføringene større i Tovdalselva mellom Dale og Herefoss, redusert i Uldalsvassdraget og tilnærmet uforandret nedstrøms Herefossfjorden.

4. NÆRINGSSALTER OG HYGIENISKE FORHOLD NEDSTRØMS HEREFOSSFJORDEN

Generende tilførsler av næringssalter og bakterier til vassdraget skyldes menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet. Vi har derfor konsentrert oss om forholdene nedstrøms Herefossfjorden. Det ble innhentet månedlige prøver i løpet av et år i Tovdalselva ved utløpet av Herefossfjorden, oppstrøms og nedstrøms tettstedet Birkeland ved henholdsvis Årdalen og Flaksvatn samt ved Boen nær utløpet til Topdalsfjorden.

4.1 Næringssalter

Plantenæringsstoffene (fosfor- og nitrogenforbindelser) spiller en avgjørende rolle for vassdragets biologiske stoffomsetning. Høye konsentrasjoner medfører som oftest en uønsket begroing og masseforekomster av organismer i vannet.

Resultatene er vist på fig. 4.1-1 og tabell I-IV i vedlegget. Analysene er utført ved NIVA. Midlere total fosforkonsentrasjon varierte mellom 4,3 og 5,9 $\mu\text{g P/l}$. De tilsvarende ortofosfatverdiene var mellom 0,9 og 2,0 $\mu\text{g P/l}$. De høyeste konsentrasjonene ble funnet ved Flaksvatn nedstrøms tettstedet (maksimumverdi 13,5 $\mu\text{g P/l}$). Med unntak av ved Flaksvatn avvok verdiene relativt lite fra middelveidene i løpet av observasjonsperioden.

Tidligere undersøkelser har anslått et totalt fosforinnhold på 7-9 $\mu\text{g P/l}$ i vekstsesongen som en øvre grense for akseptabel tilstand (Traaen 1976). I Tovdalselva ble denne grensen kun sporadisk overskredet.

Midlere total nitrogenkonsentrasjon varierte mellom 320 og 360 $\mu\text{g N/l}$. De høyeste verdiene forekom om vinteren. Dette på grunn av et redusert opp- tak av vegetasjonen på denne årstiden. Verdiene kan karakteriseres som lave og vitner om små tilførsler som følge av f.eks. jordbruksaktiviteter.

4.2 Hygieniske forhold

4.2.1 Generell orientering

Mikrobielle forurensninger som skyldes avføring og urin fra mennesker og varmblodige dyr, utgjør en stor helserisiko. De sykdommer som i vårt klima kan spres med vann, er nesten uten unntak tarmsykdommer idet bakterier og

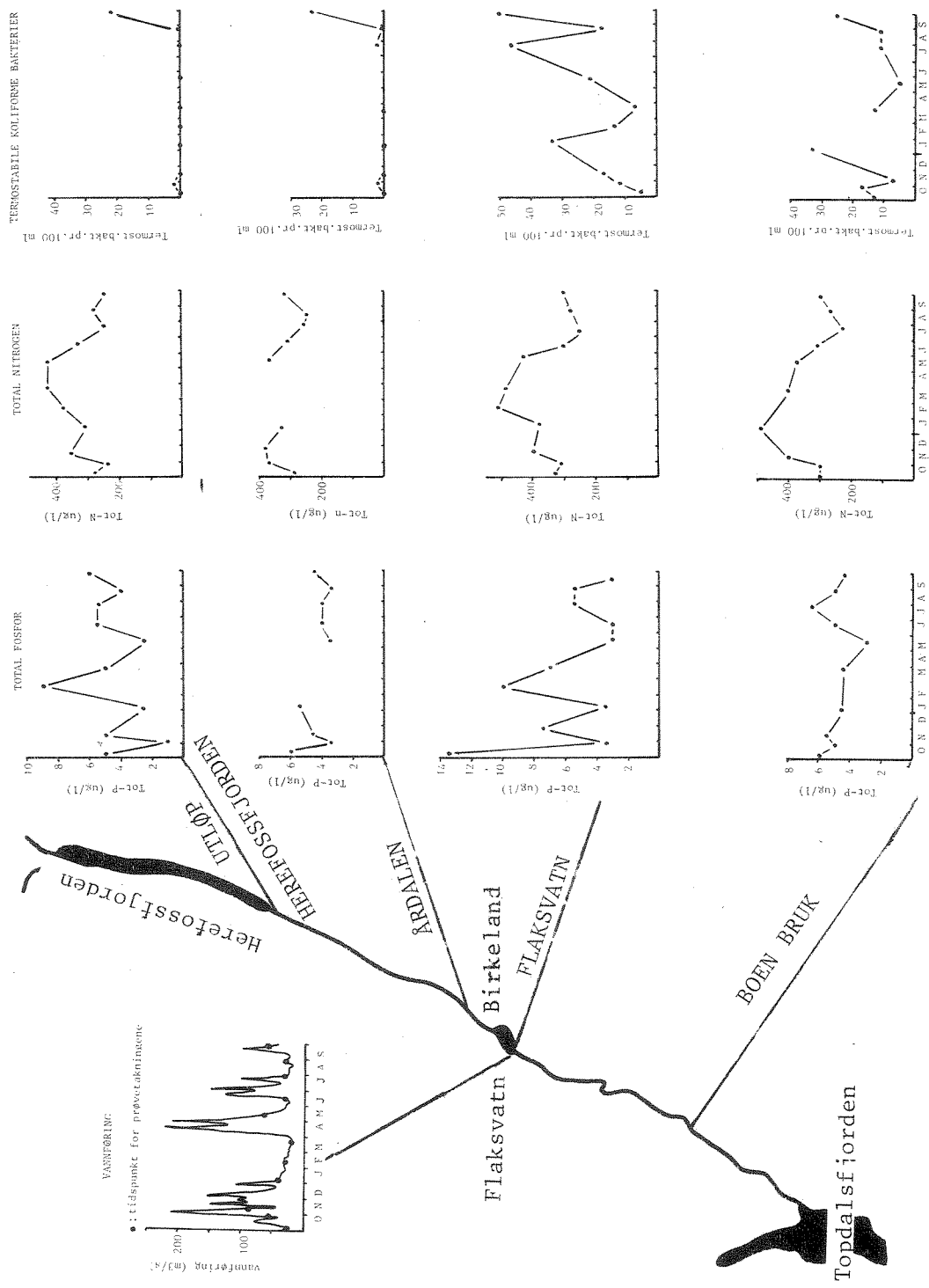


Fig. 4.1-1 Fosfor, nitrogen og termostabile koliforme bakterier og vannføring i perioden fra oktober 1979 til september 1980.

virus forekommer i tarmutløsninger (fekalier) fra mennesker og varmblodige dyr. Denne form for forurensning betegnes derfor som fekal forurensning.

Ved direkte utslipp av avløpsvann fra bebyggelse og ved avrenning fra fjøs forurenses våre vassdrag og sjøer med ovenfor nevnte sykdomsfremkallende (patogene) bakterier og virus. Sykehus, sanatorier og visse laboratorier er spesielt alvorlige forurensningskilder. Dessuten kan egg fra innvollsparasitter føres ut med fekaliene. Størst risiko for smittespredning og infeksjon foreligger når vannet utnyttes som drikkevann for mennesker og dyr samt i næringsmiddelindustri, vanning av grønnsaker o.l. Smitte kan også overføres ved bading, først og fremst når det gjelder luftveisinfeksjoner.

Våre husdyr er spesielt utsatt idet de for en stor del konsumerer overflatevann som ikke er rensset fra områder som kan være spesielt belastet med fekale forurensninger. Dyresykdommer på grunn av dårlig vannhygiene har økt påfallende det siste decenniet. Dette kan i fremtiden foranledige store problemer. En infeksjon kan få alvorlige økonomiske konsekvenser samtidig som den fekale belastning i resipienten øker. Dette må ses i sammenheng med dyrefabrikkenes fremmarsj. Det er all grunn til å stille samme krav til vannkvaliteten for dyr som for mennesker. Økt anvendig av vanningsanlegg innenfor jordbruksnæringen bør også nevnes ettersom dette kan utgjøre en smitterisiko i de tilfeller vannet er hygienisk utilfredsstillende.

Flertallet av de sykdomsfremkallende (patogene) tarmbakterier og tarmvirus som tilføres resipienten (sjøer og vassdrag), har kort levetid (dvs. små formeringsmuligheter). Forurensningen får derfor som oftest et begrenset omfang. Selvrensingen beror først og fremst på at mikroorganismene kommer ut i et miljø som ikke passer - de blir spist av andre organismer i vannet eller de synker til bunns (sedimenterer). Enkelte bakterier er i form av sporer og tarmvirus spesielt motstandsdyktige og kan derfor ha lang levetid.

Av tarmbakterier som er spesielt hardføre og har lang levetid, kan bl.a. nevnes *Clostridium botulinum* type E. (*E. coli*) ettersom denne bakterien under anaerobe forhold danner den sterke giften botulin. I vannforekomster som er sterktforurensset av fekalier, kan denne bakterien forekomme i tarminnholdet hos fisk.

Spredning av parasittegg er spesielt alvorlig da et flertall innvollsparasitter, f.eks. bred bendelorm (*Diphyllobothrium latum*) har sine mellomverter i vann (hoppekreps, fisk).

En økning av de i vannet naturlig forekommende bakterier og virus, kan også skape hygieniske og praktiske problemer. Oftest oppstår disse problemene i direkte tilknytning til utslipp av større mengder lett nedbrytbart organisk stoff (dette gjelder også sopp og andre mikroorganismer). I Norge er det først og fremst utslipp fra treforedlingsindustrien og næringsmiddelindustrien, kloakk fra husholdninger, avrenning fra større fjøs og siloanlegg som bidrar til denne forurensning.

Ved siden av de mer hygieniske betenkeligheter samt økt oksygenforbruk øker også risikoen for sykdom på fisk når vannet har høyt innhold av bakterier.

Problemer av mer praktisk betydning oppstår ved at siler, rør, filtre og liknende lett tettes igjen av bakterievekst (dette gjelder kanskje i enda høyere grad for sopp). Dette kan skape alvorlige problemer ved vannverk, kraftverk, fiskeoppdrett og forskjellige industribedrifter. Videre forringer større mikrobiell vekst reproduksjonsmuligheter for våre laksefisker vesentlig og samtidig får vassdraget et estetisk lite tiltalende utseende.

Mikrobiologiske undersøkelser av vann tar sikte på å påvise bakterier som indikerer en forurensning med menneskers eller varmblodige dyrs avføring (såkalte indikatorbakterier). Som slike anvendes koliforme bakterier, en samlebetegnelse på en rekke forskjellige bakterier som omfatter *E.coli* og nærbeslektede grupper. En undergruppe av disse er de såkalte termostabile koliforme bakterier, som i alt vesentlig er *E.coli*. Alle koliforme bakterier tilhører menneskers og varmblodige dyrs normale tarmflora, men med unntak av *E.coli*, vil de også til en viss grad kunne ha et reservoar utenfor tarmen. *E.coli* derimot har angivelig bare tarmen som sitt reservoar. Påvisning av koliforme bakterier i vann bør tas som et tegn på at en fersk fekal forurensning av vannet kan ha funnet sted, mens påvirning av *E.coli* bør tas som et sikkert tegn på en slik forurensning. Selv om indikatorbakteriene i seg selv er patogene (ikke sykdomsfremkallende), betyr deres nærvær at også patogene (sykdomsfremkallende) mikroorganismer (inkludert virus og parasittegg som skilles ut med avføring) kan være til stede, og vannet skal følgelig prinsipielt ikke anvendes som drikkevann.

I tillegg til undersøkelser som utføres for å påvise indikatorbakterier, undersøkes vannet også med hensyn på det totale antall bakterier som klarer å vokse ved 20°C i løpet av 72 timer. I alt vesentlig vil det her dreie seg om frittlevende former uten noen patogen betydning, og antall bakterier kan aldri i seg selv tas som entydig uttrykk for en forurensning. Resultatene av slike undersøkelser kan likevel ha praktisk betydning, idet de ofte gir informasjon om vannets innhold av organisk materiale. Oftest oppstår disse problemene i direkte tilknytning til utslipp av større mengder lett nedbrytbart organisk stoff fra treforedlingsindustri, næringsmiddelindustri, silo-avrenning etc.

Norsk Standard 4751 angir retningslinjer for den bakteriologiske bedømming av drikkevann (tabell 4.2-1).

Tabell 4.2-1. Bakteriologisk bedømmelse av drikkevann og badevann

Drikkevann:

Vannkilde	Koliforme bakterier pr. 100 ml vann	Termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml vann	Kimtall 20° C i 72 t antall bakt. pr. ml
Overflatevann (innsjø, dam, elv, bekk e.l.) uten desinfeksjon	Godt: < 1 Tvilksomt: 2 til 30 Ikke brukbart: > 30	Må ikke påvises	Godt: < 100 Tvilksomt: 100 til 500 Ikke brukbart uten nærmere undersøkelse: > 500
Overflatevann, etter desinfeksjon, og grunnvann	Godt: < 1 Tvilksomt: 1 til 2 Ikke brukbart: > 2	Må ikke påvises	Godt: < 10 Tvilksomt: 10 til 100 Ikke brukbart uten nærmere undersøkelse: > 100

For badevann (friluftsbad) gjelder følgende kvalitetskrav:

E.coli	pr. 100 ml	< 50
--------	------------	------

4.2.2 Bakteriologiske forhold i Tovdalselva

De bakteriologiske prøvene ble samlet inn sammen med kjemiprøvene. Analysene er utført ved Næringsmiddelkontrollen i Kristiansand.

Resultatene på prøvetakingsdagene er vist på fig. 4.1-1 og i tabellene I-IV i vedlegget.

Midlere kimtall-konsentrasjon økte fra 223 - 247 pr. ml. nedover elven. Høyeste verdi var 420 pr. ml. Vannet må karakteriseres som tvilsomt ut fra drikkevannsinteresser ifølge helsemyndighetenes krav (tabell 4.2-1).

Koliforme bakterier ved 37°C stammer fra jord og fra mennesker og varmblodige dyr, dvs. at enkelte arter kan formere seg ute i naturen. Ved samtlige stasjoner ble det påvist slike bakterier. Verdiene var spesielt høye nedstrøms Birkeland ved de to stasjonene Flaksvatn og Boen.

Termostabile koliforme bakterier ved 44°C formerer seg kun i tarmen hos mennesker og dyr og representerer følgelig fersk fekal forurensning. Ved utløpet av Herefossfjorden og ved Årdalen ble slik forurensning påvist kun ved enkelte anledninger. Ved Flaksvatn varierte konsentrasjonene mellom 5 og 49 pr. 100 ml omkring en middelvei på 22 pr. 100 ml. Verdiene ble vanligvis noe redusert nedover i vassdraget. Høye verdier synes å forekomme sted gjennom hele året. Vannet tilfredsstilte ikke helsemyndighetenes krav til drikkevann. Det bør da ikke forekomme termostabile koliforme bakterier (tabell 4.2-1). Vannet bør imidlertid være egnet til bading (under 50 pr. 100 ml).

5. BEGROING

5.1 Generelt om begroing

Samlebetegnelsen "biologiske samfunn" omfatter en rekke organismegrupper i vannmiljøet: planktonalgene, zooplankton, begroingssamfunnene langs strendene i innsjøer og i vassdrag, med innslag av alger, sopp, moser og karplanter. Fisk er med i disse samfunnene, men med ulike økologiske funksjoner.

Begroingssamfunnene påvirkes av bl.a. følgende faktorer:

Bunntype	(sammensetning, stabilitet)
Strømhastighet	
Vannstand	(tidsvariasjon og absolutt variasjons- bredde)
Partikkeltransport	(nedslamming, skuringseffekter)
Is	(skuringseffekter)
Makronæringsstoffer	(fosfor, nitrogen, for noen alge- grupper også silisium)
Mikronæringsstoffer	
Organisk materiale	
Temperatur	
Lysklime	
pH og bufferkapasitet	
Beiting og konkurranse.	

Disse faktorer angår fastsittende begroingssamfunn og for det meste (med unntak av bunnforhold o.l.) også de planktoniske algesamfunnene. Sivilisatorisk belastning av vannsystemer påvirker mange av de oppstilte miljøfaktorene. Endring i næringsmengden (nitrogen, fosfor m.m.) er nærliggende å nevne i denne forbindelse.

Reguleringsinngrep går i første rekke på fysiske egenskaper ved vannsystemet - f.eks. vannføringsmønsteret for vannstands- og strømhastighetsvariasjoner. Sekundært påvirkes temperatur, partikkeltransport og bunnforhold. På sikt endres også næringsfaktorer, lysklime, beiting og konkurranse mellom arter i samfunnene.

Ingen biologisk organisme reagerer enkelt og entydig på endringer i det ytre livsmiljøet. Det er sammensatte reaksjonsmønstre som kommer til uttrykk. Kjennskapet til mange arters økologiske krav er heller ikke for godt.

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 faststittende alger og konsentrasjonene av total fosfor i vannet (Traaen 1976). Ved økende tilførsel av kloakkvann endret algesamfunnet seg både kvantitativt og kvalitativt. Dette er vist generalisert i figur 5.1-1.

Ved en bakgrunnskonsentrasjon av fosfor på noen få $\mu\text{g/l}$ 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 næringssaltkonsentrasjon. Mottar vannmassene enda større mengder med næringsstoffer, overtar blågrønnalger, sopp og bakterier. Mengden av alger øker også ettersom belastningen øker.

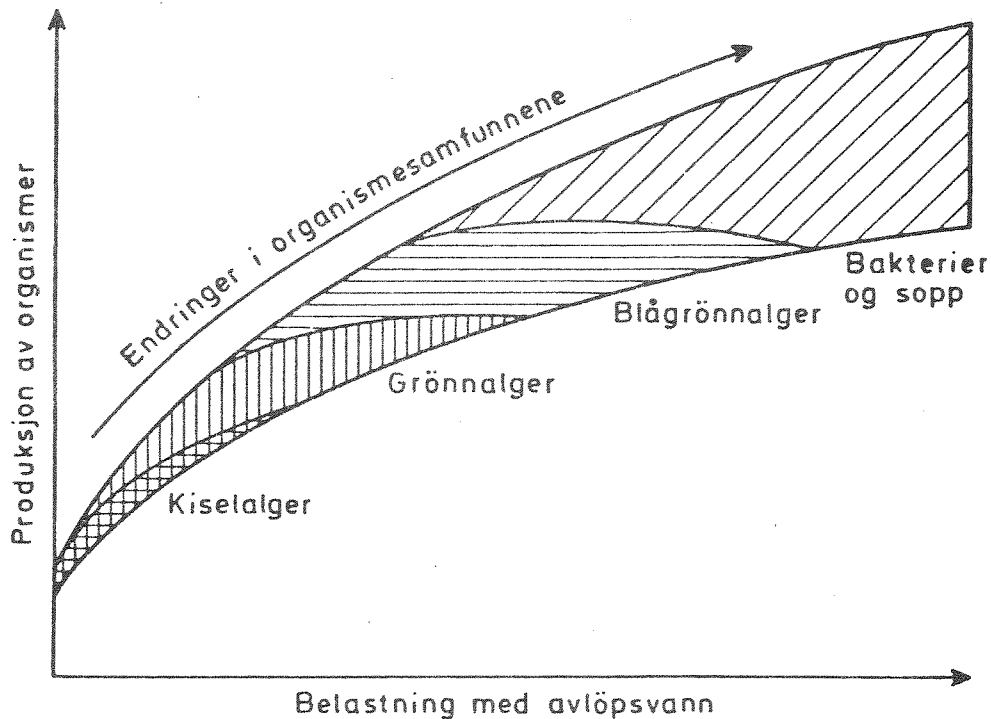


Fig. 5.1-1. Endringer i organismesamfunnene i en elv med økende belastning med avløpsvann.

5.2 Begroing i Tovdalsvassdraget

Ved befaring 1.-3. oktober 1979 ble begroingen i vassdraget observert og materiale samlet inn for analyse i laboratoriet. Prøvetakingsstasjonene er vist på fig. 5.2-1.

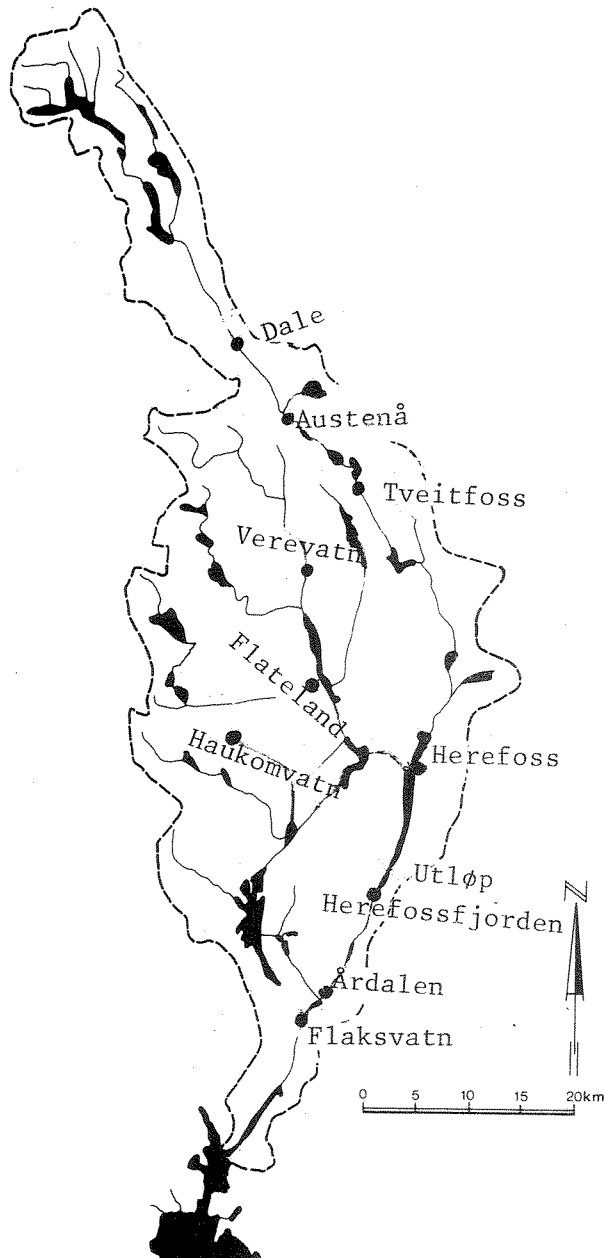


Fig. 5.2-1. Prøvetakingsstasjoner for begroingsprøver.

Tabell 5.2-1. Begroing. 1.-3. oktober 1979.

	Tovdalselva ved Dale	Tovdalselva ved Austend	Tovdalselva ved Tveitfoss	Tovdalselva ved Herefoss	Tovdalselva ved utløp Herefossfj.	Tovdalselva ved Grytefoss	Tovdalselva nedstr. Flaksvatn	Skjeggdalsåna nedstr. Verevatn	Engelsåna nedstr. Haakonvatn	Hovlandsåna ved Flateiland
BLÅGRØNNALGER (Cyanophyceae)										
Rivularia sp.		x								
Scytonema mirabile (Dillw.) Born.			xx					x		
GRØNNALGER (Chlorophyceae)										
Binuclearia tatrana Wittrock	xx	x	xxx			xx	xx	xx	xxx	x
Closterium sp.					x					
Cosmarium sp.						x		x		x
Hormidium rivulare Kütz.				xxx	x				x	xxx
Mircospora sp. 8-11 µ		x					x	x	xxx	
Mircospora sp. 14-15 µ	x		x	x		x	xxx		x	x
Microspora sp. 23 µ	xx									
Mougeotia sp. 6-8 µ		x				x	x	xx	x	x
Mougeotia sp. 12-14 µ	x		xx							
Mougeotia sp. 17-18 µ			x		xx	x			xx	
Mougeotia sp. 23 µ					x					
Mougeotiopsis calospora Palla		xx					x			
Oedogonium sp. 8 µ							x			
Oedogonium sp. 14 µ				x	x				x	
Penium sp.		x	x	x		x		x		x
Zygnema sp. 17 µ		xx	x		xxx	xx		xxx	x	xx
Zygnema sp. 20-23 µ	x		xxx				xxx			
KISELALGER (Bacillariophyceae)										
Amphicampa hemicyclus (Ehr.) Karsten					x					
Cymbella sp.					x					
Eunotia cf. sudetica (O.Müll.) Hust.Erw.					x	xx	xx			
Eunotia spp.			x			x		x	x	x
Frustulia rhomboides (Ehrenb.) De Toni					x					
Pinnularia sp.			x							
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.			xx	x	x	x		x	xx	x
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	xxx	xxx	xxx	x	x	xxx	xx	xx	x	xxx
Ubestemte pennate kiselalger					x			x		
GULALGER (Chrysophyceae)										
Dinobryon crenulatum					x				x	
Dinobryon sp.								x		
RØDALGER (Rhodophyceae)										
Batrachospermum sp.				xx	xxx	xxx	xxx			
MOSER (Bryophyta)										
Lophozia inflata (Huds.) M.Howe								xx		
Marsupella emarginata (Ehrenb.) Dum.	x		x							xx
Nardia compressa (Hook) Gray									xxx	
Nardia sp.						x	xx			
Rhacomitrium aciculare (Hedw.) Brid.				xxx					xx	xx
Rhacomitrium aquaticum (Schrud.) Brid.	xx							xx		
Rhacomitrium fasciculare (Hedw.) Brid.				xx						
Scapania undulata (L.) Dum.		xx		xx		xxx				
HETEROTROF VEKST (sopp + bakterier)										
Sopphyfer					xx					
Varicosporium elodeae Kegel					x					

xxx : mengdemessig dominerende i prøven
 xx : har mengdemessig betydning i prøven
 x : liten forekomst i prøven

Veksten var dominert av trådformige grønnalger, kiselalgen *Tabellaria flocculosa*, rødalgen *Batrachospermum* sp. og ulike mosearter (tabell 5.2-1). I Tovdalselvas innløp i Herefossfjorden var det innslag av sopp (heterotrof vekst), noe som vitner om høye konsentrasjoner av organisk stoff. Med unntak av dette innslaget besto begroingen i vassdraget av typiske rentvannsarter som er vanlige i vann som er næringsfattig og surt.

6. REGULERINGSEFFEKTER

6.1 Innledning

Det knytter seg mange interesser til vassdragene, som f.eks. utnyttelse til vannforsyningsformål, resipient for avløpsvann, biologisk produksjon, energiproduksjon, vitenskapelige og kulturelle verdier m.m. Vassdraget er i natursammenheng en del av landskapet hvor mennesker lever. Bosettingen følger vassdragene, og elver og innsjøer har allsidig bruk i næring og dagligliv. God vannkvalitet er i disse forbindelser viktig.

Vassdragene kan imidlertid ikke uten videre tilfredsstille alle bruksområder. Mange bruksmåter får konsekvenser for vannmassenes kvalitet, slik at de økologiske forhold i vassdraget blir forandret. Det er i de fleste tilfeller ikke formulert noen klar målsetting for vassdragene eller om hva som menes med akseptabel vassdragstilstand. Visse holdepunkter foreligger i lover, administrative ordninger og praksis. Men vurderinger om vassdragene angående disse forhold må i betydelig grad bygge på erfaringer og kvalifisert skjønn.

Etter påvirkningenes art kan hovedtypene av forurensning av vassdragene regnes til fire kategorier:

- Organiske stoffer som lager problemer ved sin nedbrytning i vannforekomstene (saprobiering).
- Uorganiske stoffer som medfører en gjødslingseffekt i vannforekomstene (eutrofiering).
- Giftstoffer som innvirker på vassdragenes organismeliv (giftvirkninger)
- Patogene organismer som har hygieniske eller epidemiologiske virkninger (sykdomsvirkninger).

Som regel er det alltid en kombinasjon av disse påvirkninger som gjør seg gjeldende i vassdragene. Det er når konsentrasjoner av stoffer og organismer overstiger grenser hvor det inntreffer praktiske vanskeligheter (i vid betydning) for bruken av vannet og vassdragene at vi sier forurensning gjør seg gjeldende.

Vannforekomstene mottar bidrag med næringssalter som til dels har en naturlig opprinnelse i nedbørfeltet og til dels tilføres via kloakkutslipp, industrielle utslipp og avrenning fra jordbruksområder, skog- og jordbruksaktiviteter. Selv om det er en rekke stoffer som inngår blant næringssalter, er det først og fremst fosfor- og nitrogenforbindelser som er betydningsfulle i denne sammenheng. I norske vanntyper er innhold av fosforforbindelser gjerne begrensende for primærproduksjon i vassdragene. Moderne rensetekniske tiltak for kloakkvann er bl.a. laget for å begrense tilførsene til vassdragene av disse forbindelser.

Eutrofiering er i de fleste tilfeller et større problem enn saprobiering ved utslipp av kommunalt avløpsvann. Sammensetningen av kloakkvann er slik at eutrofieringsvirkningen vil slå ut ved avløpsvannkonsentrasjoner på noen få prosent av det som skal til for å medføre saprobiering.

6.2 Teoretisk beregning av tilførsler av fosfor, nitrogen og organisk stoff

For å få et inntrykk av størrelsen av enkelte regulerings effekter ble det foretatt en teoretisk beregning av årlige middelveidier av fosfor, nitrogen og organisk stoff. Det ble tatt hensyn til tilførsler fra landarealer, jordbruk og befolkning. De stasjonene i vassdraget beregningene ble foretatt for er vist på fig. 6.2-1.

Jordbruksforurensning slik den er definert her, omfatter den forurensning som skyldes avrenning fra punktkilder som gjødsekjellere, melkerom og silokummer samt mer diffuse tilførsler som skyldes transport av forurensning fra de dyrkede arealer.

Silopress-saft inneholder i tillegg til nitrogen og fosfor, en del lett nedbrytbare organiske stoffer. Et mål for denne stoffmengden er biokjemisk oksygenforbruk (BOF_7), som angir nedbrytningen av organisk stoff i vann.

Hvor mye av silopress-saften som når vassdraget avhenger av disponeringsmåten. Etter at forskriftene er trått i kraft, skulle utslippene fra silo være sterkt redusert i området. Vi antar likevel at tilførslene fortsatt utgjør 25% av produsert forurensningsmengde (Miljøverndepartementet 1979).

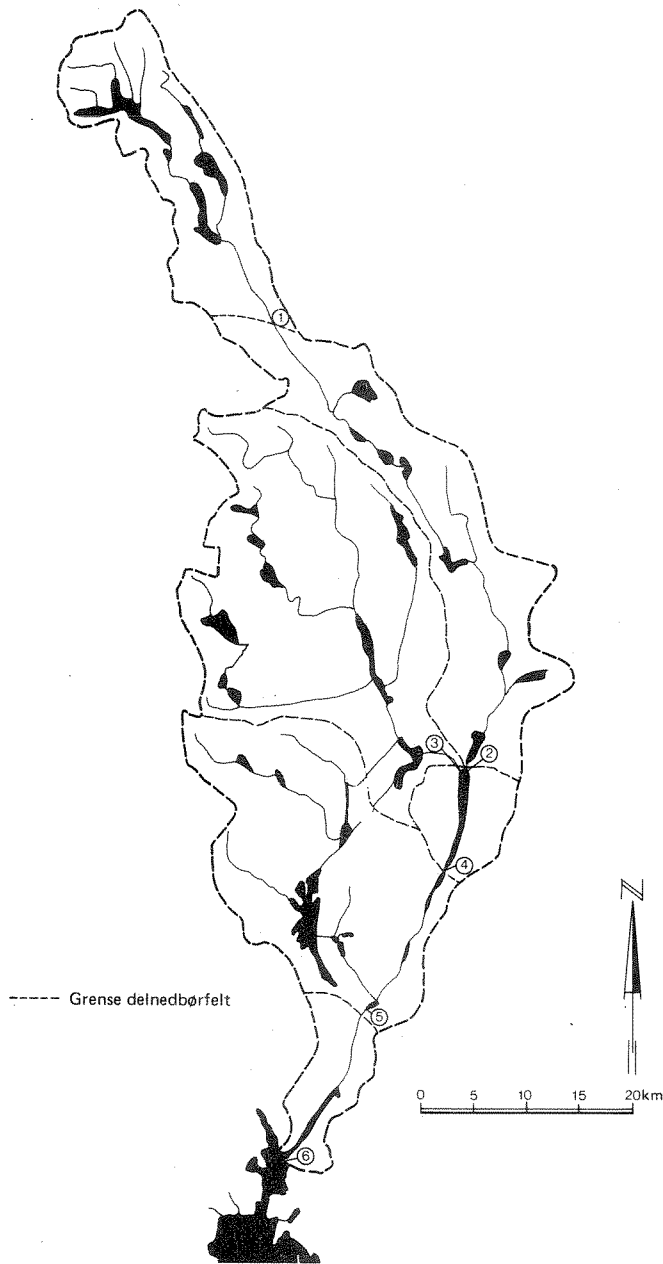


Fig. 6.2-1. Stasjoner for teoretiske beregninger.

Fra alle typer landarealer tilføres vassdraget partikler og kjemisk oppløste stoffer. Mengden er avhengig av jordart, vegetasjon, nedbør, temperatur, topografi m.m. Tilførselsintensiteten varierer også i stor grad med årstidene. Det eksisterer ikke sikre kunnskaper om den kvantitative betydningen av disse effektene. De koeffisientene som ble benyttet (tabell 6.2-1) bygger på gjennomsnittstall. Det organiske stoffet i slike tilsig er stort sett tungt oppløselig og påvirker dermed begroingen i meget liten grad. Vi har derfor valgt å se bort fra dette bidraget.

Tabell 6.2-1. Tilførselskoeffisienter for landarealer (kg/km² pr. år).

	Skog areal	Innsjø areal	Fjell areal	Dyrket areal	Tettsted areal
Tot-P	6,5	8	6	110	100
Tot-N	200	1100	110	2500	700
BOF ₇	0	0	0	1290 (silo)	1000
Refe- ranse	Brink 1970	NIVA 1978a	fosfor: NIVA 1977 nitrogen: Uhlen 1973	NIVA 1978b	NIVA 1976

Dyrket areal innen nedbørfeltet ble hentet fra jordbrukstellingen i 1969. Tettstedsarealene ble funnet i Statistisk Sentralbyrås folke- og boligtel-
ling i 1970. Øvrige arealer er planimetert ut fra kart i serien M711
1 : 50 000. De benyttede verdiene for arealene og de beregnede årlige
tilførselsverdiene er vist i tabell VI-VIII i vedlegget.

Den produserte masse fra befolkningen er stipulert ved:

Fosfor : 2,5 g P/person/døgn
Nitrogen : 12 g N/person/døgn
BOF₇ : 75 g O/person/døgn

Hvor stor del av den produserte mengden som når vassdraget er avhengig av
hvor mange som har innlagt WC, renseanordninger m.m. Tilførslene fra spredt
bebyggelse ble antatt å være 50% av den produserte masse (Miljøverndeparte-
mentet 1979).

Renseanlegget ved Birkeland mottar i dag kloakken fra ca. 1500 personer
samt fra industri m.m.

Renseeffekten er satt til:

BOF ₇	:	65%
P	:	85%
N	:	20%

Kloakken fra Tveit er foreløpig ikke knyttet til renseanlegg.

I arkivet til Statens forurensningstilsyn (SFT) er det ikke oppgitt navn på forurensende bedrifter i nedbørfeltet. Det ble derfor ikke tatt hensyn til tilførsler fra industri.

Befolkningsfordelingen og tilførslene innen nedbørfeltet er vist i tabell IX og X i vedlegget.

Innholdet av organisk stoff angitt som BOF₇ var lavt og representerer ikke noe problem for vassdraget.

De teoretisk beregnede fosfor- og nitrogen-verdiene (tabell 6.2-2) hadde en realistisk størrelse sammenliknet med måleresultatene i de nedre delene av vassdraget. De beregnede fosforkonsentrasjonene var 1-3 µg P/l høyere enn de observerte, mens de beregnede nitrogenkonsentrasjonene var ca. 25% lavere enn de observerte.

Hovedmengden av de årlige fosfor- og nitrogentilførslene til vassdraget skyltes naturlig tilsig fra skogsområder m.v. Bidraget fra befolkning og jordbruk utgjorde under 20% av de samlede fosfortilførslene og under 10% av nitrogen-tilførslene.

Ved alternativ I, utbygging til Skjeggedal, blir det mindre vann til å fortynne fosfor- og nitrogenbidraget fra befolkningen i Tovsalselva mellom overføringsstedet og Herefossfjorden. Dette fører ifølge de teoretiske beregningene (tabell 6.2-2) til en økning av årlig middelkonsentrasjon av fosfor på 2 µg P/l og av nitrogen på 40 µg N/l ved Herefoss. I de øvrige delene av vassdraget synes de tilsvarende årsmiddelverdiene å bli nær uforandret.

Reguleringene vil i hovedtrekk medføre økte vintervannføringer og reduserte sommervannføringer (jfr. kap. 3). Dvs at det overveiende vil bli økt nærings-saltinnhold i vekstsesongen om sommeren. De laveste vannføringene om som-

Tabell 6.2-2. Beregnet årstransport og middelkonsentrasjon av fosfor, nitrogen og organisk stoff (BOF).

Dagens Vannføring	Middel vgnnf. m ³ /s	Fosfor		Nitrogen		BOF	
		Transp. t/år	Konsent. µg/l	Transp. t/år	Konsentr. µg/l	Transp. t/år	Konsentr. µg/l
1. Dale	9	1,5	5,1	60	201		
2. Herefoss	22	4,9	6,9	168	239	12	17
3. Uldalsåna	31	6,2	6,4	185	191	17	18
4. Utløp H.fj.	48	11,9	6,8	419	239	35	20
5. Flaksvatn	62	14,0	7,1	484	245	56	29
6. Utløp T.fj.	65	16,6	8,0	527	254	104	50
Alternativ I : <u>Overføring til Skjeggedal</u>							
1. Dale	9	1,5	5,1	60	201		
2. Herefoss	12	3,1	8,6	102	279	12	33
3. Uldalsåna	33	6,0	5,9	223	218	10	10
4. Utløp H.fj.	46	9,9	6,8	350	239	27	19
5. Flaksvatn	62	14,0	7,1	484	245	56	29
6. Utløp T.fj.	65	16,6	8,0	527	254	104	50
Alternativ II : <u>Utbygging i egne vassdrag</u>							
1. dale	9	1,5	5,1	60	201		
2. Herefoss	22	4,9	6,9	168	239	12	17
3. Uldalsåna	22	6,2	6,2	157	228	10	15
4. Utløp H.fj.	46	9,9	6,8	350	239	27	19
5. Flaksvatn	62	14,0	7,1	484	245	56	29
6. Utløp T.fj.	65	16,6	8,0	527	254	104	50

merer inntreffer vanligvis i juli. Vassdraget vil derfor rimeligvis være mest ømfintlig for økt begroing på grunn av økt næringssaltinnhold i denne perioden. Det ble derfor laget et regneeksempel for å stipulere økningen i fosforkonsentrasjoner i ulike deler av vassdraget.

Fosfortilførslene fra landarealene er avhengig av nedbørmengde, nedbørintensitet, nedbørhyppighet, vannføring, nedbørfeltets topografi og vegetasjon m.m. Selv om disse tilførslene kan stipuleres ut fra teoretiske betraktninger på årsbasis blir usikkerheten uhensiktsmessig stor om vi med det til-

gjengelige materiale prøver å beregne ukeverdier eller eventuelt døgnkonsentrasjoner. Ved reguleringstiltakene blir vannet fortrinnsvis magasinert i de øvre delene av vassdraget. Det naturlige variasjonsmønsteret i tilsigene fra landarealene inklusive jordbruksvirksomhet vil følgelig i liten grad bli påvirket av reguleringen. Påvirkningen skyldes fortrinnsvis tilførselene fra befolkningen. Disse bidragene kan i stor grad antas å være konstante i løpet av året. Vi kan dermed stipulere befolkningens betydning for fosforkonsentrasjon som følge av endret vannføring i forhold til det naturlige variasjonsmønsteret ut fra fortynningsresonnementer.

Beregningene ble utført for midlere årlig vannføring samt median- og nedre kvartil (25%) vannføringer i lavvannsperioden i juli (tabell 6.2-3).

Differensen mellom befolkningens bidrag til fosforkonsentrasjoner under regulerte og uregulerte forhold gir dermed uttrykk for reguleringens betydning. Disse tallene er angitt i parentes i tabell 6.2-3.

Tabell 6.2.-3. Befolkningens bidrag til fosforkonsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{l}$) ved årlig middelvannføring (år), median- (50%) og nedre kvartil (25%) vannføring i juli. Økning på grunn av regulering er angitt i parentes.

	Dagens vassdrag			I: Utb. til Skjeggedal			II: Utb. i eget vassdrag		
	År	50%	25%	År	50%	25%	År	50%	25%
Innløp Herefossfj.	0,4	1,9	2,1	0,8 (0,4)	2,3 (0,4)	3,1 (1,0)	0,4 (0,0)	2,3 (0,4)	3,1 (1,0)
Flaksvatn	0,6	2,5	2,7	0,6 (0,0)	2,9 (0,4)	3,8 (1,1)	0,6 (0,0)	2,9 (0,4)	3,8 (1,1)
Utløp Topdalsfj.	2,0	5,1	5,5	2,0 (0,0)	5,9 (0,8)	7,5 (2,0)	2,0 (0,0)	5,9 (0,8)	7,5 (2,0)

Ved utløpet til Topdalsfjorden kan fosforkonsentrasjonene i lavvannsperioder om sommeren øke med ca. 2 μg P/l som følge av reguleringen (tabell 6.2-3). Forøvrig synes økningen å bli ca. 1 μg P/l eller mindre. Med bakgrunn i de målte fosforkonsentrasjoner og begroingsanalysene vil en slik moderat økning i vannets fosforinnhold formodentlig forårsake meget små endringer i vassdragets bestående begroingssamfunn.

I følge opplysninger fra de kommunale myndighetene er det planer om å forbedre renseanlegget på Birkeland. Dessuten arbeides det med å føre kloakken fra områdene nedstrøms Boen til renseanlegg. Dette vil minske sjansene for økt begroing på den potensielt mest utsatte elvestrekningen.

Imidlertid er begroingen i et vassdrag også avhengig av strømhastighet, vannstandsendringer, vanntemperatur m.m. Vi kan derfor ikke se bort fra merkbare endringer på enkelte elvestrekninger (jfr. avsnitt 6.5).

6.3 Hygieniske forhold

De høyeste bakteriekonsentrasjonene ble observert i Tovdalelva nedstrøms Birkeland. Reduserte vannføringer som følge av reguleringstiltak vil føre til redusert fortynning og dermed til økte bakteriekonsentrasjoner. Økte vannføringer fører tilsvarende til lavere konsentrasjoner.

Vi tar utgangspunkt i karakteristiske median vannføringer før og etter regulering ved Boen (fig. 3.2-3). Om vinteren er de regulerte vannføringene gjennomgående høyere eller i samme størrelsesorden som under dagens forhold. Ut fra fortynningsresonnementer kan vannets innhold av f.eks. termostabile bakterier bli redusert til tredjedelen av de nåværende konsentrasjoner. Under flomperiodene vår og høst kan konsentrasjoner på det tredobbelte av dagens verdier forventes å finne sted. Økningen blir meget liten i lavvannssituasjonen i juli. Vannet vil da formodentlig fortsatt være egnet til f.eks. bading.

6.4 Virkning av sur nedbør

Virkninger av sur nedbør på vannkvaliteten og den deravfølgende betydning for fiskebestanden er beskrevet av Gunnerød 1981. Sammendrag av denne rapporten, som også er et bilag til konsesjonssøknaden, er som følger:

Rapporten presenterer data om vannkvaliteten i Tovdalsvassdraget, spesielt målinger av vannets surhet (pH), som foreligger fra årene 1972 til 1975. Disse er samlet av Olav Ramse d.y.,Tovdal. Dessuten foreligger det en mengde vannanalyser fra DVS-Fiske-

forskningen fra årene 1965 til 1979. Tilsammen dreier det seg om ca 1700 pH-målinger fra hovedvassdraget og sideelver og -bekker.

Tovdalsvassdraget er i dag meget surt og både aure og laks er forsvunnet fra store deler av vassdraget. Minst surt er området ovenfor Dale, i de store sjøene som er foreslått regulert. Dette har sammenheng med de geologiske forhold her som er annerledes enn i resten av nedslagsfeltet.

Både sidevassdraget i Uldal/Skjeggedal og en rekke sidebekker er vesentlig surere enn selve Tovdalselva, men det er store variasjoner både mellom bekkene og i pH i løpet av året. Vinter og vår er gjennomgående de sureste periodene, men om høsten har en selv i hovedelva ofte meget store fall i pH-verdiene.

Begge de to kraftutbyggingsalternativene som er lagt fram for Tovdalsvassdraget, vil forverre vannkvaliteten i hovedelva.

Ved utbygging langs eget vassdrag (alternativ II), vil det vannet som har best vannkvalitet bli holdt tilbake under fylling av magasinene. Restvannføringen i elva vil da få en pH som blir bestemt av de gjennværende, ofte sure sidebekkene. Ved overføring til Skjeggedal (alternativ I) vil denne tilstanden bli permanent.

Mulighetene for kalking av vassdraget for å redusere surhetsproblemene slik de viser seg allerede i dag, blir drøftet spesielt i lys av erfaringene fra Sverige med det såkalte Høgvadsånprosjektet. Den reduserte vannføring ved alternativ I gjør kalkingen noe enklere ved dette alternativ enn ved utbygging langs eget vassdrag. En kalkmengde på ca 2000 tonn pr. år blir antydnet. Kostnaden ved dette vil ligge på ca kr. 400.000,- pr. år pluss en investeringskostnad på ca kr. 850.000,-.

Gunnerøds rapport omhandler som nevnt data fra 1975 og tidligere. Forskningsprosjektet "Sur nedbørs virkning på skog og fisk" (SNSF) har foretatt undersøkelser i vassdraget fram til 1980. Fra prosjektets fiskebiologiske

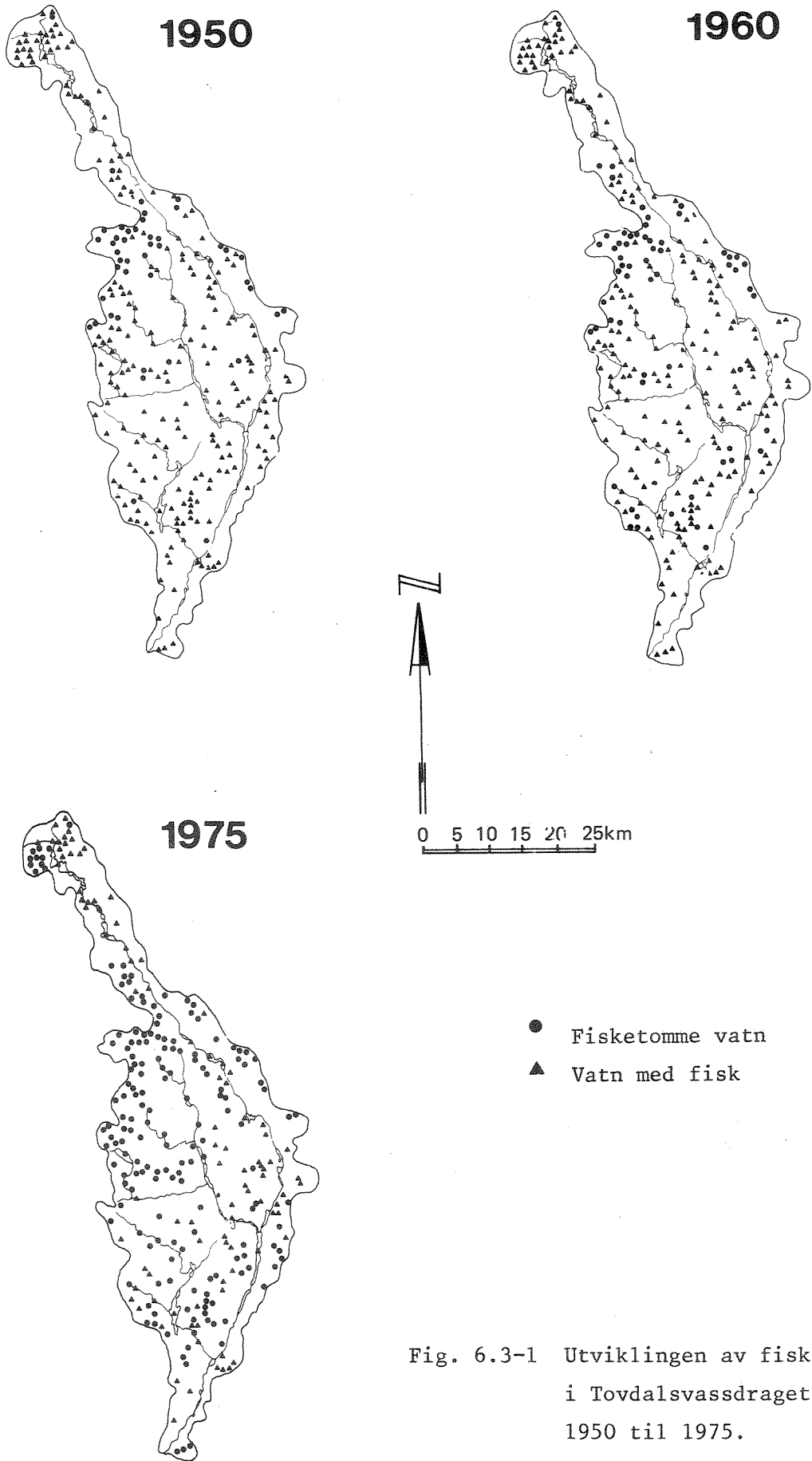


Fig. 6.3-1 Utviklingen av fiskebestanden i Tovdalsvassdraget i perioden 1950 til 1975.

rapporter kan nevnes at antallet fisketomme vatn har økt betydelig fra 1950 til 1975 (fig.6.3-1). De beste fiskevatnene var lokalisert til de øvre delene av vassdraget. Våren 1975 ble det observert stor fiskedød (Muniz m.fl. 1979). Dette hadde sammenheng med snøsmelting i de midtre og nedre delene av vassdraget. I perioden 1975-1979 ble det foretatt prøvefiske i Tovdalselva nedstrøms Dale (Rosseland m.fl. 1979). Før 1975 besto den av 8-10 årsklasser. Etter 1976 har bestanden bestått av stadig yngre årsklasser (fig. 6.3-2).

Fisken syntes å dø etter at den hadde gytt. Det totale antall fisk ble redusert med ca. 90% i denne perioden.

Undersøkelsene viser at vannkvaliteten i de midtre og nedre delene av Tovdalsvassdraget i dag er meget nær en kritisk grense for å kunne opprettholde en levedyktig fiskebestand.

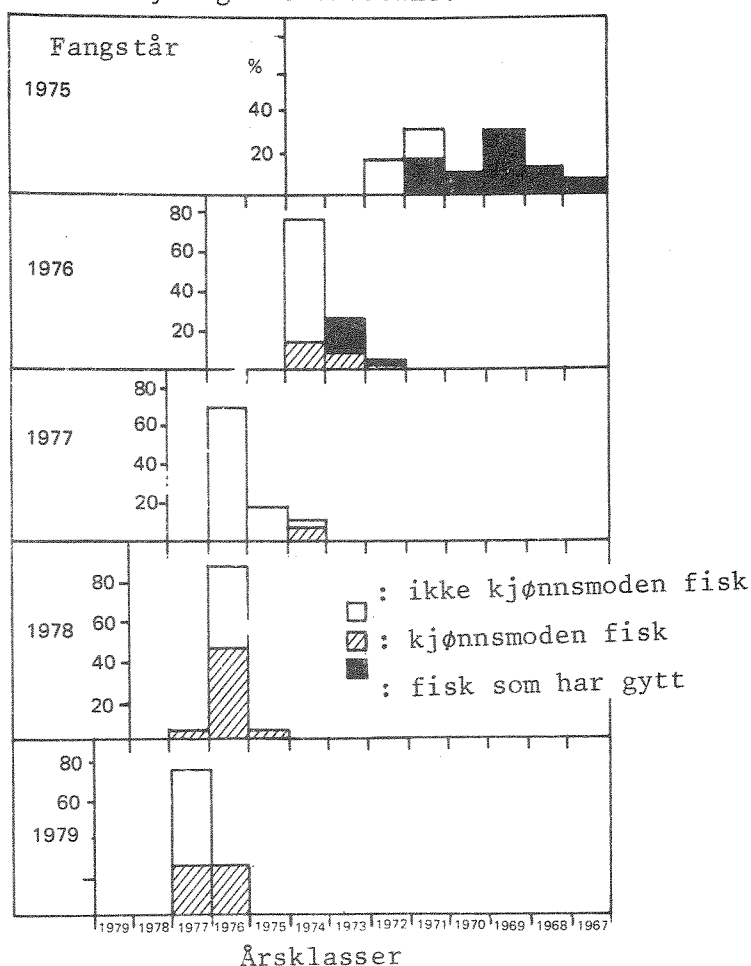


Fig. 6.3-2. Tveitevatn i Tovdal. Siden 1976 synes fisken å dø etter gyting og etter dette år er det ikke blitt fisket ørret som har gytt i Tveitvatn. (etter Rosseland m.fl. 1980).

Som nevnt i Gunnerøds rapport vil en regulering ha negativ virkning på vannkvaliteten. Den beste vannkvaliteten finnes i magasineringsområdene i Årdalen. Når magasinene fylles om våren, vil restvannføringen i vassdraget komme fra de nedenforliggende sidebekkene som fører særlig surt vann. Dette vil trolig bli den mest kritiske perioden for fiskebestanden. I Nidelva (Arendalsvassdraget) førte lignende forhold til massedød av fisk i 1979 (Muniz m.fl. 1979).

Ved utbygging til Skjeggedal (alternativ I) vil vannets midlere pH-verdi i Uldalsvassdraget bli noe høyere enn under dagens forhold. Imidlertid vil vannkvaliteten bli omtrent som i dag når magasinene fylles, og fisken vil derfor ikke få bedre levevilkår i dette vassdraget ved en regulering etter alternativ I med mindre vassdraget kalkes. Reduksjonen i Tovdalselva mellom overføringsstedet og Herefossfjorden vil bli permanent. Utbygging i eget vassdrag (alternativ II) vil i større grad opprettholde den nåværende vannkvalitet i Tovdalselva, men også i dette alternativet må vi regne med stor sjanse for fiskedød - spesielt under snøsmeltingen.

Gunnerød fremholder kalking av vassdraget som en mulig løsning for å opprettholde fiskebestanden (jfr. Gunnerød 1981). Vi har imidlertid i dag liten erfaring å bygge på når det gjelder kalking av et helt vassdrag. Spesielt er de biologiske konsekvensene lite kjent. Det norske forskningsprosjektet "Kalkingsprosjektet" driver i dag forsøk nettop med sikte på å komme frem til anvendelige metoder for kalking av et vassdrag. Resultatene herfra vil ventelig gi svært nyttig informasjon. I Tovdalsvassdraget kan vi nevne flere forhold som bør belyses før man starter et kalkingsforetagende:

1. Ved regulering etter alternativ I vil restvassdraget bli svært preget av flomvannføringer, noe som vanskeliggjør en vellykket kalking.
2. Aluminium forekommer i naturlig surt vann i vassdraget. Ved heving av pH kan aluminium gå over i komplekser som er svært giftige for fisk, og dette må forsøkes unngått.
3. Ved beregning av teoretisk kalkbehov må det tas utgangspunkt i vannets asiditet, i det komponenter som Al, humus o.l. forbruker kalk når pH heves.

4. Kalk er i seg selv svært tungt løselig hvilket betyr at man til tross for intens kalking neppe kan få løst kalk i konsentrasjoner som tilsvarende det som teoretisk er mulig.
5. Ettersom kalk i et vassdrag vil bli slemmet ned på bunnen, kan det være riktig å dosere langt mer enn det teoretiske kalkbehovet.

Det er således en rekke forhold som må belyses før man i praksis kan få til en kalking hvor vannkvaliteten gjennom alle flomperiodene holder seg på det nivå som er ønskelig.

Gunnerød gir et overslag over teoretisk kalkbehov i det som er igjen av Tovdalselva etter en overføring av vann til Skjeggedal.

Man kan imidlertid også tenke seg en kalking ved regulering i eget vassdrag, eller en kalking av Skjeggedalsvassdraget. Dette bør utredes nærmere. Vi foreslår at det materialet som forskningsprosjektet SNSF har samlet inn om vannkvaliteten i Tovdalsvassdraget (alle hovedkomponenter) danner grunnlag for en videre utredning av om og hvorledes en kalking i vassdraget kan foregå. Gunnerøds rapport over pH-målinger viser imidlertid på en utmerket måte at en regulering vil føre til en klar forverring av livsbetingelsene for fisken i vassdraget. Vi finner derfor liten grunn til å utrede vannkvaliteten nærmere på det nåværende tidspunkt.

6.5 Generelle økologiske konsekvenser av reguleringsinngrep

Vi har i de foregående avsnittene gitt en tildels kvantitativ vurdering av regulerings betydning innen sentrale problemområder i resipientsammenheng. Enhver påvirkning av det fysiske miljø som følge av regulering vil føre til en endring av vannkvaliteten og i den økologiske balanse i vassdraget. Kunnskapen om disse virkningene er foreløpig for mangelfull til å kunne foreta en sikker kvantitativ bedømmelse. Vi vil her kun gi en generell oppsummering av mulige effekter.

Erosjon i strandområdene

Strandområdene av elver så vel som innsjøer er stadig utsatt for strøm- og bølgepåvirkning, og om vinteren utsettes de for erosjon av isen.

Høydeforskjeller på bare noen få meter har stor innvirkning på vegetasjonen og dyrelivets artssammensetning.

Langs strendene til uregulerte innsjøer og elver har de naturlige erosjonsprosesser alltid vært virksomme, og etterhvert er det blitt dannet en strand som bare ytterst langsomt forandres av de ytre krefter.

Når et vassdrag demmes opp, blir nye områder satt under vann. Vannstandens sesongvariasjoner blir endret. Erosjonsprosesser blir satt i gang og vegetasjon og dyreliv får andre betingelser. Forandringene blir spesielt store i den første tiden etter reguleringen, men iblant kan betydelig utgraving og ras finne sted selv etter en lengre tidsperiode.

Selv i områder hvor erosjonen kvantitativt er ubetydelig, kan humusdekke, jordfraksjoner, mose og lav skylles bort. I innsjøer som er sterkt påvirket av vind, kan bølgeaktiviteten forårsake utspyling av jordsmonn også over høyeste vannstand.

Det er flere ulike faktorer som virker inn på stranddannelsen:

- Strandmaterialets egenskaper (berg og jordarter).
- Terrengformasjonene (helning, relieff etc.).
- Vegetasjon (trær, busker og vegetasjonsdekke forøvrig).
- Bølgevirkning (innsjøer og reguleringsmagasin).
- Strømningsforholdene (elver).
- Isforholdene (f.eks. løsbrytning av strandis, isgang etc.).
- Vannstandsvariasjoner.

Vannføringsreglementet har stor betydning for miljøeffektene art og omfang. I prinsipp blir skadevirkningene større dess mer vannstand- og vannføringsforholdene avviker fra de naturlige. Hele nivåintervallet mellom høyeste og laveste vannstand påvirkes av strandprosessene. Vekstmulighetene for planter og dyr ødelegges ved at finmateriale og næringsstoffer spyles ut. Dessuten medfører fluktuasjoner i vannstanden betydelig sjenanse i praktisk sammenheng (fiske, transport, badeliv osv.).

Innsjø- og elvebunn

Både i naturlige innsjøer og i reguleringsmagasin bringes erosjonsmateriale fra strandområdene ut på dypere vann. Det grovere materiale (sand, grus o.l.) transporteres først og fremst langs bunnen og avlagres i de grunne områdene relativt nært strandlinjen. Finfordelt eller organisk materiale kan suspenderes og bringes til mer fjerntliggende og dypere områder. Ved endring i erosjonsbetingelsene kan også bunnens karakter endres hvorved bunnvegetasjon og fauna påvirkes. Organisk materiale (humus og torvdekke) kan delvis brytes ned underveis og da utnyttes som næring av visse dyrearter.

Bunnsedimentene i både elvemagasin og på elvestrekninger nedstrøms utslipp fra kraftverk påvirkes mer eller mindre av de regulerte vannføringer. Dette gjelder ikke minst innenfor deltaområdene hvor utformingen er betinget av sedimenttilførsel og avlagring via flomvannføringer. Ved å redusere flomtoppene avtar også strømhastigheten, og dermed minsker mengden av bunntransportert materiale. Materialet blir mindre bevegelig, dannelsen av sand- og grusbanker uteblir og ny bunnvegetasjon kan vandre inn på tidligere strømpartier. Fiskens gyteplasser kan forandres og ødelegges.

På tørrlagte elvestrekninger og i neddemte områder blir forandringene spesielt omfattende. Utvikling og eventuell suksesiv tilpasning av slike områder til det forandrede miljø er hittil lite undersøkt.

Strandvegetasjon

Strandvegetasjon blir ved siden av strandområdenes dyreliv, sterkt berørt ved en vassdragsutbygging. Selv relativt små inngrep i vannføring og vannstand (oppdemning såvel som senkning), kan ventes å gi tydelige økologiske effekter. Forandret vannstandsrytme i reguleringsmagasinene med stigende vannstand om sommeren (vegetasjonsperioden) i stedet for synkende under uregulerte forhold har spesielt stor innvirkning på vegetasjonen. Den naturlige vegetasjonstype kan forsvinne (store vannstandsfluktuasjoner) eller utarmes. Under gunstige forhold kan en helt ny vegetasjonssonering oppstå.

Ved neddemning av arealer vil for det første den terrestriske vegetasjon forsvinne, og for det andre vil store vannstandsfluktuasjoner hindre etab-

lering av en naturlig strandvegetasjon. Selv vannstandshevning opp til den naturlige høyvannstand, kan ha store konsekvenser for den strandtilpassede vegetasjon. Dette på grunn av at "erosjonsgrensene" blir hevet.

Nedenfor magasindemninger, bekkeinntak o.l. hvor vannføringen blir sterkt redusert (tørrlegging), blir alle former for biologisk aktivitet sterkt redusert. Skadeeffektene blir desto større ved at det som regel gjelder følsomme områder med relativt stor biologisk produksjon.

I områdene nedstrøms utslipp fra kraftverk blir vassdragets vannføring jevnet ut over året. Vårflommen og andre flommer reduseres og dette resulterer bl.a. i at "vårgjødslingen" langs elvebreddene uteblir hvorved strandvegetasjonen blir fattigere og mindre egnet som beiteområder for skogsdyr.

Biologiske produksjon

Innvirkningen på fiske har lenge stått sentralt ved vurdering av skadeeffekter av vannkraftutbygging. Det er derfor på dette felt også nedlagt betydelig forskningsarbeide både med hensyn til forandringer i de fiskeribiologiske forhold og fiskefangstens utvikling. Det er også nedlagt mye arbeide for å finne fram til kompensasjonstiltak for å bøte på skader som måtte oppstå.

Ved de ulike reguleringsinngrep innledes et komplekst forløp med primær- og sekundæreffekter som griper inn i et hvert ledd i næringskjeden som fiskeproduksjonen er en del av. Innvirkningen på fiskens næringsdyr og den primærproduksjon som disse livnærer seg av, er av avgjørende betydning for forandringer i fiskebestanden.

Den biologiske produksjon i vassdragene henger sammen med bl.a. nærings-tilgang, lysforhold, temperatur og oksygen. Nedenfor er det meget kort redegjort for produksjonssystemet.

Den biologiske primærproduksjonen kommer i stand ved at plantene (også planteplankton) ved hjelp av lysenergi og næringsstoffer bygger opp oranisk stoff av karbondioksyd og vann (fotosyntese). Det er i første

rekke planktonalgene som på denne måte bidrar til primærproduksjonen. Tilførsel og spredning av næringsstoffer til vannforekomstene er av avgjørende betydning for produksjonsforholdene.

Med sekundærproduksjon forstås produksjon av dyreplankton som livnærer seg av planteplanktonet. Endringer i produksjonen av planktonalger følges derfor naturlig av tilsvarende forandringer i dyreplanktonproduksjonen.

Dyreplanktonet tjener som næring for fisk og andre dyr. Dødt plankton, både dyre- og planteplankton, er næring for ulike bunndyr samt også for fiskeyngel. I senere utviklingsstadier beiter fisken i stor utstrekning på bunndyr, men bl.a. røye- og sikstammer spiser i hovedsak dyreplankton. Noen fiskearter vil når de er tilstrekkelig store, også ernære seg av mindre fisk.

Forandringer i planktonproduksjonen og bunnfaunaen innvirker på fiskeproduksjonen og medfører endringer både i den totale fiskebestanden og i den innbyrdes balanse mellom de ulike fiskearter.

I et naturlig vassdrag er strykpartiener av spesiell stor betydning. Strømfau-
naen (bunndyr) er arts- og individrik. Produsert dyrebiomasse pr. over-
flateenhet er større her enn i noen annen jevnførbar vassdragsbiotop. Felles for samtlige arter er at de er tilpasset, ofte ekstremt, til de meget spesielle forholdene i rennende vann. Deres oksygen- og næringsopp-
tak, gripe/bevegelses-organ, bevegelsesmåte, livssyklus er strengt til-
passet til strømmende vann og til store variasjoner i vannstanden. Orga-
nismene har imidlertid løst denne tilpasning til det særpregede miljø på
meget ulike måter og er derfor på ulik vis følsomme for forandringer.

En unormal tilførsel av slambelastet vann, ved f.eks. graving og erosjon, tetter igjen fangstorganene hos visse dyr (knott og fjærmygglarver) som derfor forsvinner. Unormal økning av næringsalter, endring av vannets farge, endring av næringsdriften, av oksygeninnhold, temperatur og pH-verdi gir umiddelbart store utslag i strømfau-
naen. I elveavsnitt hvor alle stryk er utbygd (f.eks. Pasvikelva) er strømbiotopene helt forsvunnet. Andre steder hvor det fortsatt kan være noen stryk igjen, vil organis-
menes livsmiljø være endret.

Videre har det stor betydning for det biologiske miljø at kraftverksutbyggingen avbryter kommunikasjonene oppstrøms- og nedstrøms utbyggingsområdet. Dessuten forekommer neddemning og/eller tørrlegging av strykparter og strender. Avbrytelse i kommunikasjonen medfører at all normal transport av næring og normal kolonisering av bunndyr med strømmen avbrytes samt at fiskevandringen uteblir. Følgen av dette blir en utarming av livsmiljø og artsmengde. Aure og harr får eksempelvis ingen naturlig standplass lengre. Kraftverksdammen kan således ikke bevare den naturlige og opprinnelige fiskebestanden.

Neddemning eller tørrlegging av strykparterne forårsaker de største skadene i elvenes biologi og medfører en utarming også av nærliggende stilleflytende partier og innsjøer. Også strendenes dyreliv som er avhengig av reproduksjon av insekter i strømparterne, blir skadelidende.

I de stilleflytende partier er forandringene mindre, selv om artssammensetningen endres. Fiskeproduksjonen kan ofte opprettholdes, om enn med en annen artssammensetning på grunn av at vandringsfisk og fisk fra strykparterne etc. uteblir. Ved regulering forsvinner også reproduksjonsområdene for fiskearter som gyter i strykområdene.

Ved regulering av innsjøer utsettes vegetasjonsdekke og løse jordarter for erosjon. Erosjonsprosessene er av stor betydning for fiskeproduksjonen. Ved slike prosesser frigjøres nemlig organisk materiale som kan brytes ned og danne basis for vannets næringskjeder. Visse mygglarver, som lever på humusdekket, kan øke raskt i antall, næringssalter frigjøres og bidrar til økt primærproduksjon. Slambelastningen reduserer mektigheten av fotosyntesesesongen og vil derfor motvirke økt produksjon. Etter hvert som erosjonsprosessene innenfor reguleringssonen avtar, minsker næringstilførselen og en viss stabilitet inntreffer, da gjerne på et lavere produksjonsnivå.

De grunne partiene nær strendene, som fra et biologisk synspunkt er av størst betydning for produksjonen, blir sterkt utsatt ved en regulering. Bunnfaunaen har sin rikeste forekomst her både hva individ- og artsantall angår. Strandområdene er således av den aller største betydning for fisken på grunn av ernæringsforholdene samt at de tjener som gyteplasser for

mange arter. Det samme gjelder "vann-fugl"faunaen hvor praktisk talt alle arter på en eller annen måte er tilpasset strandforholdene.

Fiskeproduksjonen er følsom for de endrede produksjonsbetingelser i de forangående ledd i næringskjeden. I noen grad kan fisken skifte næringsvaner f.eks. ved at de går over fra bunndyr til dyreplanktondiett. Innsjøregulering kan også medføre forandringer i balansen mellom de ulike fiskearter - i fjellsjøer først og fremst røye, aure og sik - og mellom ulike aldersgrupper av samme art med ulike livsvaner og næringsvalg.

Reguleringsalternativ

I de fleste henseender kan avvik fra det naturlige miljøet betraktes som en negativ påvirkning av vassdraget, men i enkelte tilfelle kan det også være positive effekter. Påvirkningen øker med økende omfang av reguleringsinngrepene. Med hensyn til slike generelle økologiske virkninger vil skadene i Tovdalsvassdraget bli minst ved utbygging i egne vassdrag.

7. HEREFOSSFJORDEN

7.1 Karakteristiske data

Herefossfjorden er den største innsjøen i Tovdalsvassdraget. Bassenget er langt, smalt og relativt grunt (fig. 7.1-1).

Karakteristiske mål:

Høyde over havet	79	m
Overflateareal	3,6	km ²
Volum	80	mill. m ³
Største dybde	54	m
Midlere dybde	22	m
Største bredde	1	km
Største lengde	6,5	km
Teoretisk oppholdstid	18	døgn

7.2 Vannutskiftning

Algeveksten blir under de fleste forhold redusert ved økende gjennomstrømmning (NIVA 1979).

Som mål for gjennomstrømmningen i innsjøer er det vanlig å bruke "teoretisk oppholdstid", dvs. den tiden det tar å fylle opp hele bassenget ved midlere årsvannføring. I Herefossfjorden er denne tiden ca. 18 døgn. Noe som indikerer en relativ rask utskiftning. Den teoretiske vannutskiftningstiden varierer gjennom året i overensstemmelse med vannføringene i tilførselvene. Ved nåværende medianvannføringer blir innsjøvannet under flomforhold vår og høst ofte teoretisk skiftet ut på under 2 uker. Ved lave vannføringer vinter og sommer kan utskiftningstiden bli over 6 uker. Reguleringen fører til en raskere utskiftning om vinteren og en redusert utskiftning om sommeren.

Den teoretiske oppholdstiden er kun et idealisert mål for gjennomstrømmningen. Både om vinteren og om sommeren vil overflatevannet være lettere enn bunnvannet, slik at gjennomstrømmningen fortrinnsvis foregår i den øvre del av innsjøen. Vannet i denne delen vil således teoretisk fornyes raskere enn for hele sjøen.

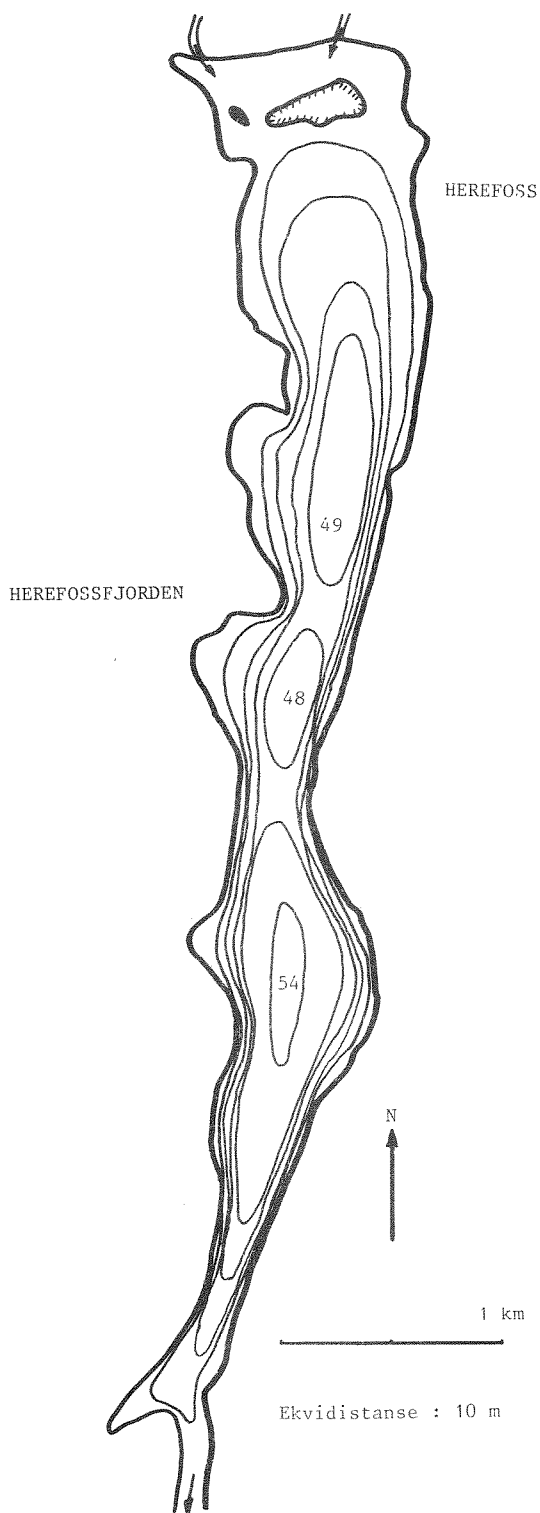


Fig. 7.1-1 Dybdekart over Herefossfjorden.

Den biologiske aktiviteten finner hovedsakelig sted i de øverste 10-20 metrene av vannmassene. Vannutskiftningen er følgelig mest interessant i dette sjiktet.

7.3 Vannkvalitet

Det ble samlet inn prøver for analyse på vannkjemi og klorofyll den 30. september 1980 (se tabell 5 i vedlegget). Vannet var ionefattig (bløtt) og meget surt (konduktivitet ca. 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH ca. 4,8). Det var svakt humuspåvirket med fargeverdier rundt 40 mg Pt/l. Oksygenforholdene i dypvannet synes gode. Innholdet av næringssalter (fosfor og nitrogenforbindelser) var lavt, tot P = 5 $\mu\text{g P}/\text{l}$, tot N = 300-400 $\mu\text{g N}/\text{l}$, noe som skulle tilsi en moderat vekst av planktonalger.

Den observerte algemengden var 2,1 μg klorofyll. Verdien var trolig noe høyere tidligere på sommeren. Berge m.fl. 1980 antyder at midlere algemengde i produksjonssesongen (juni-september) ikke bør overstige 2,5 $\mu\text{g kl a}/\text{l}$ i store sjiktede innsjøer for at en skal være garantert stabile økologiske forhold. Kommer denne verdien over ca. 3,5 $\mu\text{g kl a}/\text{l}$ er det stor sannsynlighet for at det kan oppstå problemer med blågrønnalger. Det er rimelig å anta, bl.a. ut fra næringssaltkonsentrasjoner at midlere algemengde i produksjonssesongen ligger nær 2 $\mu\text{g kl a}/\text{l}$. Det skulle således ikke være eutrofieringsproblemer i innsjøen slik den er i dag, men situasjonen kan raskt forverre seg og derfor bør forurensningsbegrensende tiltak i nedbørfeltet iverksettes.

Reduserte sommervannføringer vil føre til redusert fortykning og dermed medvirke til økte algekonsentrasjoner.

I reguleringsplanene er Herefossfjorden tenkt utnyttet som magasin. Samlet reguleringshøyde vil bli 2 m med en heving på 0,5 m og en senkning på 1,5 m. Dette vil rimeligvis medføre enkelte generelle endringer i den økologiske balansen (jfr. avsnitt 6.4). I hvertfall i de første årene vil det føre til økt algevekst. Ved en eventuell regulering bør produksjonsforholdene i Herefossfjorden holdes under oppsikt.

Valg av reguleringsalternativ har liten betydning for utviklingen i Herefossfjorden.

8. TOPDALSFJORDEN

8.1 Vannutskiftning

En regulering av vannføringen i Tovdalselva vil medføre økt ferskvannstilførsel i Topdalsfjorden vinterstid, mindre flomtopper vår og høst samt lavere tilførsel sommerstid.

Tovdalselva renner ut i Topdalsfjorden som er en del av Kristiansandsfjorden (fig. 8.1-1). Øvrige ferskvannstilførsler i området er Otra. Månedsmiddelvannføringen fremgår av fig. 8.1-2. Otra dominerer ferskvannstilførselen i området fra mai til oktober. Vinterstid bidrar Tovdalselva med 30-40% av den totale ferskvannstilførselen. Reguleringen vil medføre en økning av vannføringen med gjennomsnittlig 12-15 m³/s i perioden november-mars, mens vannføringen sommerstid vil bli 7-9 m³/s lavere enn nå. Minst endringer vil det bli i juni-juli med 2-6 m³/s lavere vannføring. Reduksjonen i vannføringen vil bli noe større i flomperiodene. Økningen vinterstid innebærer at vannføringen i Tovdalselva etter reguleringen vil bli 40-45% av den totale vannføringen til Kristiansandsfjorden vinterstid. Forandringen sommerstid blir ubetydelig sammenliknet med mengden ferskvann som tilføres fjorden totalt. Reguleringen vil også medføre en mindre flukturerende ferskvannstilførsel til Topdalsfjorden.

De mulige forandringer som en regulering kan ha på et fjordområde, vil være avhengige av den transport som skyldes ferskvannet i forhold til øvrige transporter.

Topdalsfjorden er en terskelfjord, med dyptliggende terskel på vel 40 meter. Ålefjærfjorden har en terskel på 25 m og innenforliggende dyp på over 60 m, mens Topdalsfjorden har dyp på ned mot 70 meter. Topdalsfjorden er på det bredeste vel 2 km og på det smaleste ca. 500 m bred, fig. 1.1-1.

De drivende krefter bak transportene i fjordens overflatelag er vind, tidevann og ferskvannstilførseler. I tillegg til disse faktorene kommer kyststrømmers innflytelse på vannutskiftninger. Den behandles imidlertid ikke her.

Det halvdaglige tidevannet har en amplitude på ca. 0,17 m og gir en transport av $0,34 \times 9.400.000 \text{ m}^3 = 3196000 \text{ m}^3$ på ca. 6 timer, dvs. 148 m³/s.

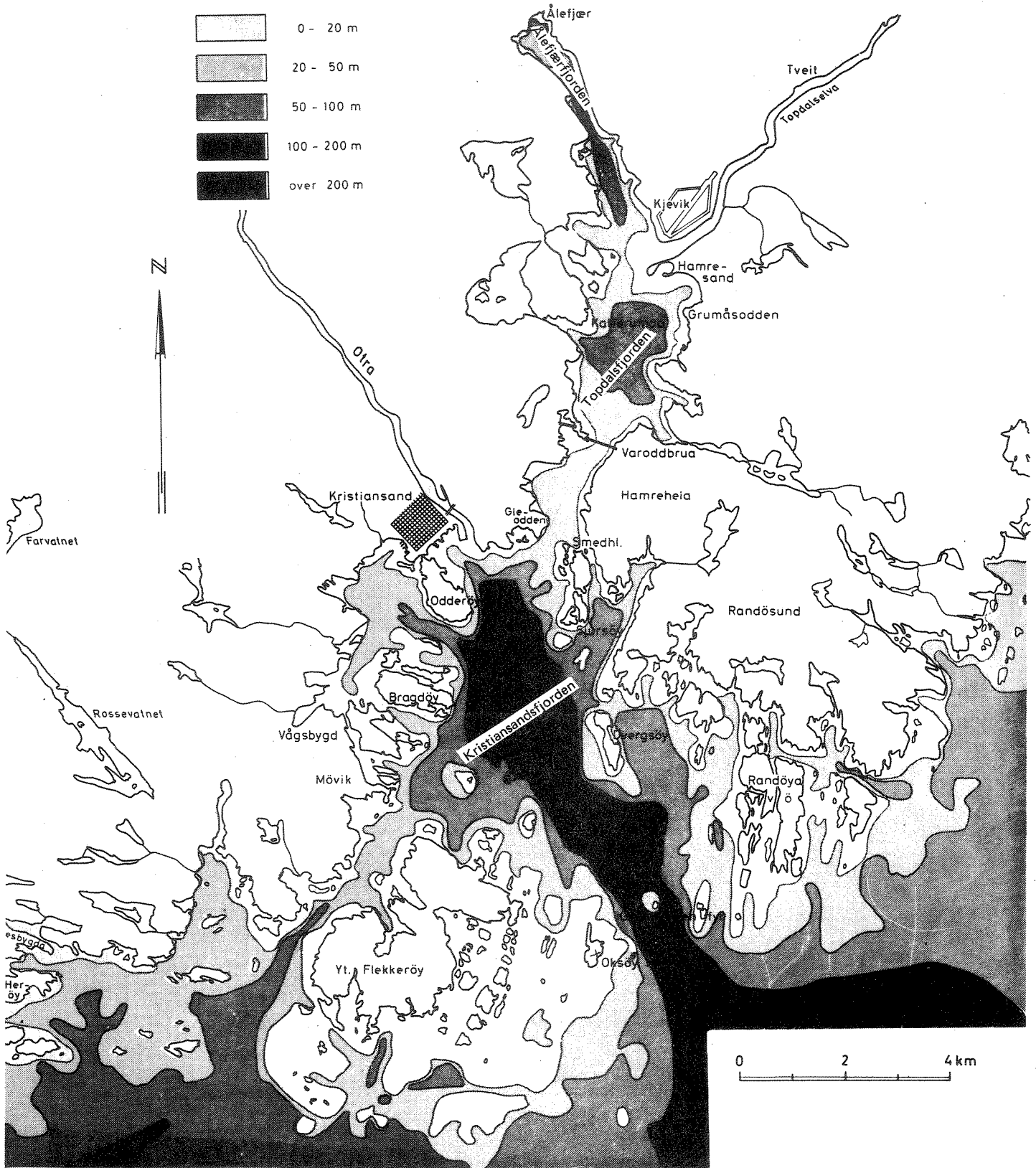


Fig. 8.1-1. Oversiktskart.

Tilsvarende ferskvannstilførsel under samme periode om vinteren er $40-55 \text{ m}^3/\text{s} = 864000 - 1188000 \text{ m}^3$ på 6 timer tilsvarende ca 25-35% av tidevanns-transporten under en tidevannsperiode. Dvs. at transporten i fjorden via tidevann er langt større enn den ferskvannsdrevne transporten. Topografien er også slik at ferskvannsdrevne transporter ikke vil påvirke vannutskiftningen i fjorden under selve overflatelaget.

Ferskvannsandelen og sprangsjiktet i dypet ved Varoddbrua er sammenlignet med ferskvannstilførsler (NIVA 1968), se fig. 8.1-3 og 8.1-4. Stor ferskvannstilførsel innebærer lav saltholdighet i de øverste 1-3 metrene (varierende etter vinforholdene). Observasjonene er tildels også influert av ferskvann fra Otra, noe som gjør at resultatene kun indikerer sammenheng mellom tilførslen fra Tovdalselva og effekten i fjorden. Et overslag tyder på at en regulering i isfrie år vinterstid vil redusere den midlere saltholdigheten i de øverste metrene med ca. 5 ‰ . De naturlige variasjonene er normalt betydelig større enn dette midlere avvik. I år hvor forholdene ligger til rette for isdannelse vil den økte ferskvannstilførselen bidra til økt isdannelse. Topdalsfjorden islegges stort sett hvert år, men begrenset til området innenfor Varoddbrua (pers. med. fra Havnevesenet). Ferskvannsmengden vil etter regulering øke med 30-40% ($12-15 \text{ m}^3/\text{s}$) under isleggingsperioden, men effekten av dette vil i første rekke kunne bli en tilvekst av is ut mot Gleodden samt "bedre" is inne i Topdalsfjorden. Utenfor Gleodden vil vannføringen fra Otra dominere og avgjøre muligheten for isdannelse som er sjelden forekommende i Kristiansandsfjorden. En nøyere vurdering av eventuelle problemer bør utføres hvis isforholdene er av betydning for bruken av Topdalsfjorden.

Sommerstid vil som tidligere nevnt, endringene bli mindre og Otra vil i denne tid dominere brakkvannsdannelsen i området, noe som innebærer at forandringer i Topdalselva blir mindre enn de marginaler som vi kan vurdere.

8.2 Biologiske effekter

De øverste metrene av Topdalsfjorden er utsatt for stor ferskvannsinnblanding (fig. 8.1-3). I en tidligere undersøkelse (NIVA 1968) ble det påpekt at den vertikale utbredelsen av fastsittende alger vartydelig påvirket av brakkvannsmiljøet. Blæretang og grisetang som vanligvis finnes i de øverste 2 metrene, ble først registrert på ca. 1 meters dyp. Reguleringen vil innebære at saltholdigheten blir lavere i de øverste metrene i vinterhalvåret med unntak i

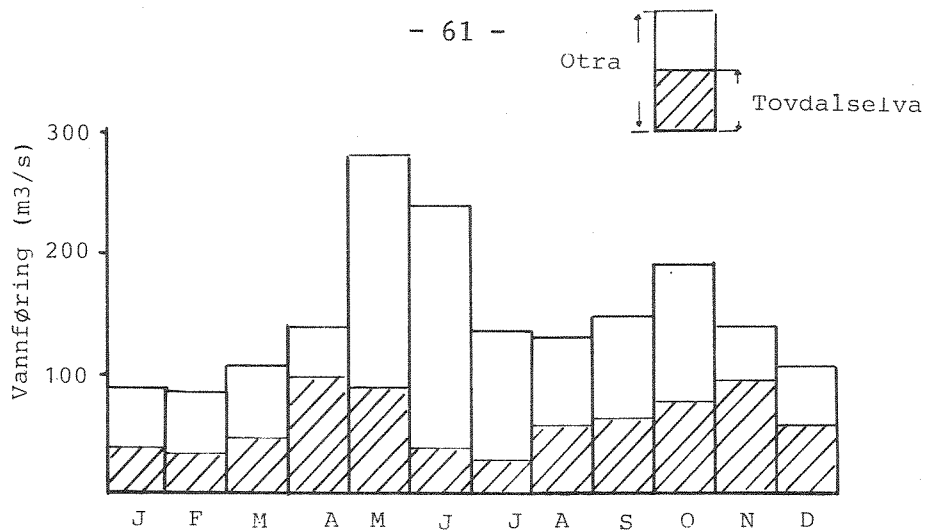


Fig. 8.1-2. Ferskvannstilførsler til Kristiansandsfjorden fra Otra og Tovdalselva.

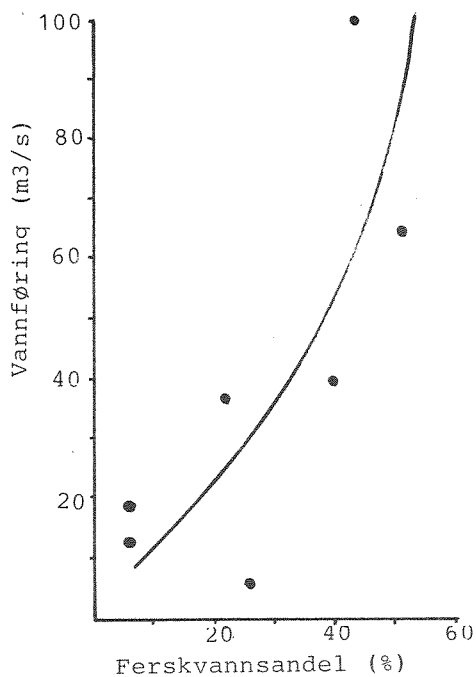


Fig. 8.1-3. Sammenheng mellom ferskvannsandelen i sprangsjiktet ved Varoddbrua og vannføringen i Tovdalselva

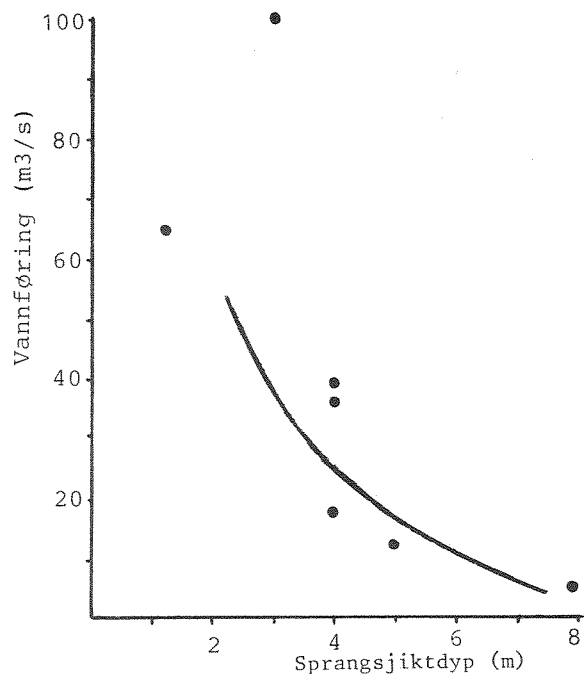


Fig. 8.1-4. Sammenheng mellom sprangsjiktdybde ved Varoddbrua og vannføring i Tovdalselva.

de måneder forholdene begunstiger isdannelse. Allikevel vil endringen i salt- holdighet ikke bli større enn ca. 5 ‰ og endringen innebærer kun en noe økt eksponeringstid for algene i forhold til i dag hvor vannføringen er over 50 m³/s i middel halve året. Etter reguleringen kan denne vannføringen overskrides opp mot 60-70% av året. Økt ferskvannstilførsel av denne størrelse vil ikke senke sprangsjiktet noe særlig under 1 meter (se fig. 8.1-3). Totalt sett foreligger det således liten risiko for at littoralsamfunnene skal bli særlig endret.

Andre biologiske effekter ved en regulering gjelder planteplanktonproduksjonen. Økt ferskvannstilførsel vinterstid gir en bedre etablering av sprangsjiktet. Oppblomstring av planteplankton på våren øker når det foreligger tilstrekkelig sollys. Økt stabilitet i vannmassene (etablering av sprangsjikt) hindrer planktonet i å synke til bunns. I stedet akkumuleres de i større utstrekning i fotosyntesesongen og bidrar derved til økt produksjon og biomasse. Betydningen av dette er på samme måte som betydningen av en dempet vårflom på kyststrøm og på økosystem dårlig kjent. Imidlertid vil en økt produksjon i fjorden få negative effekter ved at planktonet belaster dypvann og oksygeninnholdet i fjorden. Effekten blir trolig liten.

9. REFERANSER

- Berge, D., S. Rognerud og M. Johannessen 1980. Videreutvikling av fosforbelastningsmodeller for store sjiktede innsjøer. Norsk institutt for vannforsknings årbok 1979. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- Brekke, F. Ed. 1976. Impact of Acid Precipitation on Forest and Freshwater Ecosystems in Norway, SNSF project FR6/76, Ås.
- Brink, W. og Gustafson, A. 1970: Kväve och fosfor från skog, åker og bebyggelse. Lantbrukshøgskolan. Inst. för markvetenskap. Vattenvård nr. 1.
- Gunnerød, T.B. 1981. Vannkvaliteten i Tovdalsvassdraget i Aust-Agder 1972-1975. En vurdering i forhold til planlagt kraftutbygging i vassdraget. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Trondheim.
- Miljøverndepartementet 1979. Aksjon Mjøsa. Statusrapport, Det Konglige Miljødepartement, Oslo.
- Muniz, I. P., Leivestad, H., Gjessing, E., Joranger, E. og Svalastog, D. 1975. Fiskedød i forbindelse med snøsmelting i Tovdalsvassdraget våren 1975. SNSF prosjektet IR 13/75, Ås
- Muniz, I.P., Leivestad, H., Bjerknes, V. 1979. Fiskedød i Nidelva (Arendalsvassdraget) våren 1979. SNSF TN 48/79, Ås.
- NIVA 1971. Undersøkelse av sjøresipienter i Kristiansandsregionen, O-64110, Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- NIVA 1976. Forurensning i overvann (PRA 4.7), Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- NIVA 1977. Teoretisk beregning av forurensningstilførsler til Mjøsa og Vormå, O-69091, Norsk institutt for vannforskning, Oslo.

- NIVA 1978a. Tilførsel av organisk stoff, nitrogen og fosfor fra nedbør, skog snaufjell og jordbruk. A2-32, Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- NIVA 1978b. En undersøkelse av Vossevassdraget 1977. O-76088, Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- NIVA 1980. En undersøkelse av Vossevassdraget 1977, O-76080, Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- NVE 1958. Hydrologiske undersøkelser i Norge. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen, Oslo.
- Rosseland, B.O., Sevaldrud, I., Svalastog, P. og Muniz, I.O. 1980. Studies of freshwater fish populations-effects of acidification on reproduction populations structure, growth, and food selection. In: Drabløs, D. and Tollan, A. (eds.): Ecological impact of acid precipitation, SNSF project, Ås.
- Statistisk Sentralbyrå. 1969. Jordbrukstillingen.
- Statistisk Sentralbyrå. 1970. Folke- og boligstillingen.
- Uhlen, G. 1973. Beskrivelse av utslipp av forurensende spillprodukter. Jordbruk og skogbruk. Særskilt vedlegg til St. meld. nr. 71 for 1972-73.

V E D L E G G

TABELL I : JTLAP HERFOSSEJORDEN

DAFO	TOTAL FOSFOR MYG P/L	ORTO FOSFAT MYG P/L	TOTAL NITROGEN MYG N/L	PRESUMPTIV KOLI. BAKT. 37GR.C. PR. 100 ML	KONF. KOLI. BAKT.: 37GR.C. PR. 100 ML	TERMOSTAR. KOLI. BAKT. 44GR.C. PR. 100 ML	KIMTALJ. 20 GR.C. PR. 100 ML
791002	5.0	1.0	290.	2	0	0	190
791029	1.0		220.	2	2	2	170
791111	5.0	3.0	360.	8	8	2	220
800106	2.5	0.5	310.	2	2	0	210
800219	9.0	5.5	380.		2	0	50
800324	5.0	1.0	430.	0	0	0	140
800514	2.5	1.5	430.	0	0	0	90
800617	5.5	2.0	330.				
800728	5.5	0.5	250.	5	5	0	240
800823	4.0	0.5	280.	2	2	0	200
800925	6.0	0.5	300.	22	22	22	250

RTWEL.	4.6	1.6	325.	5.	4.	3.	167.
ST. AWI	2.1	1.6	69.	7.	7.	7.	62.
ST. FJIL	0.6	0.5	21.	2.	2.	2.	22.
ATT. OBS	11	10	11	9	10	10	10

TABELL II : ARDALEN

DATO	TOTAL FOSFOR		ORFO FOSFAT		TOTAL NITROGEN		PRESUMPTIV KOLI. BAKT.		KONF. KOLI. BAKT.		TERMOSTAB. KOLI. BAKT.		KIMTAIL. 20 GR. C.	
	MYG P/L	MYG P/L	MYG P/L	MYG P/L	MYG N/L	PR. 100 ML	37GR.C.	PR. 100 ML	37GR.C.	PR. 100 ML	44GR.C.	PR. 100 ML	PR. 100 ML	PR. MI
791002	6.0	1.0	290.	9	0	0	120							
791029	3.5		370.	7	7	2	145							
791111	4.5	2.5	380.	11	2	0	200							
800106	5.5	0.5	340.	2	2	0	250							
800514	3.5	0.5	370.	2	0	0	160							
800617	4.0	1.0	310.											
800729	4.0	0.5	260.	2	2	2	400							
800823	3.5	0.5	250.	2	2	0	230							
800925	4.5	0.5	320.	23	23	8	280							
MIDDEL	4.3	0.9	321.	7.	5.	2.	223.							
ST. AVI	0.9	0.7	48.	7.	8.	3.	90.							
ST. FEIL	0.3	0.2	16.	3.	3.	1.	32.							
AVT. OBS	9	8	9	8	8	8	8							

TABELL III: FLAKSVATNI

DATO	TOTAL FOSFOR MYG P/L	ORTO FOSFAT MYG P/L	TOTAL NITROGEN MYG N/L	PRESUMPTIV KOLI. RAKT. 37GR.C. PR. 100 ML	KONF. KOLI. RAKT. 37GR.C. PR. 100 ML	TERMOSTAR. KOLI. RAKT. 44GR.C. PR. 100 ML	KINTAIL. 20 GR.C. PR. ML
721002	13.5	6.5	330.	130	130	5	260
721029	3.5		310.	49	49	12	370
791111	7.5	4.0	400.	49	49	17	110
801106	3.5	0.5	380.	920	540	33	240
800213	10.0	4.0	510.		40	14	170
800324	7.0	1.0	490.	540	540	7	190
800514	3.0	0.5	430.	31	31	21	160
800517	3.0	0.5	300.				
800728	5.5	1.5	250.	95	95	46	360
800823	5.5	0.5	280.	33	33	17	400
800925	3.0	0.5	300.	240	240	49	210
MIDDEL	5.9	2.0	362.	232.	175.	22.	247.
ST. AVVI	3.4	2.1	87.	305.	203.	15.	99.
ST. FEIL	1.0	0.7	26.	102.	64.	5.	31.
ANT. OBS	11	10	11	9	10	10	10

TABELL IV : SOEIL BRUK

DATO	TOTAL FOSFOR		ORTO FOSFAT		TOTAL- NITROGEN		PRESUMPTIV KOLI.PAKT.		KONF.KOLI. PAKT.		TFRMOSTAR. KOLI.PAKT.		KIMTAIL. 20 GR.C.	
	MYG P/L	MYG P/L	MYG P/L	MYG P/L	MYG N/L	MYG N/L	PR. 100 ML.	PR. 100 ML.	PR. 100 ML	PR. 100 ML	PR. 100 ML	PR. 100 ML	PR. MI	PR. MI
791002	6.0		2.0		300.		70		70		13		110	
791029	5.0				300.		23		23		17		185	
791111	5.5		2.0		400.		240		240		7		250	
800106	4.5		0.5		490.		1600		1600		33		250	
800324	4.5		0.5		400.		920		920		13		170	
800514	3.0		0.5		380.		49		17		5		150	
800617	5.0		1.0		310.		79		79		11		330	
800728	6.5		1.5		230.		110		110		11		420	
800823	5.0		0.5		270.		170		170		49		300	
800925	4.5		0.5		300.									
MIDDEL	5.0		1.0		338.		362.		359.		18.		247.	
ST.AVVI	1.0		0.7		77.		541.		543.		14.		105.	
ST.FEIL	0.3		0.2		24.		180.		181.		5.		35.	
ANT.ORS	10		9		10		9		9		9		9	

TABELL V : AREALFORDDELING (KM2)

	NEDBØRFELT		SKOG		INNSJØ		FJELL		DYRKET		TETTSTED	
	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.
DAGENS VASSDRAG												
1 DALE	241	241	84	84	24	24	132	132				
2 HEREFØSS	427	668	331	415	16	41	76	208	2.7	2.7		
3 ULDAALSANA	820	820	693	693	48	48	76	76	3.9	3.9		
4 UTLØP H.FJ.	74	1545	67	1176	6	96		285	0.9	7.5		
5 FLAKSVATN	213	1759	198	1375	8	104	3	288	2.8	10.3	1.1	1.1
6 UTLØP T.FJ.	98	1845	88	1463	3	108		288	5.0	15.3	1.3	2.4
ALTERNATIV I : OVERFØRING TIL SKJEGGEDAL												
1 DALE	241	241	84	84	24	24	132	132				
2 HEREFØSS	396	396	325	325	15	15	52	52	2.7	2.7		
3 ULDAALSANA	861	861	567	567	61	61	230	230	1.9	1.9		
4 UTLØP H.FJ.	74	1332	67	960	6	82		283	0.9	5.5		
5 FLAKSVATN	447	1759	414	1375	21	104	5	288	4.8	10.3	1.1	1.1
6 UTLØP T.FJ.	98	1875	88	1463	3	108		288	5.0	15.3	1.3	2.4
ALTERNATIV II : UTBYGGING I EGNE VASSDRAG												
1 DALE	241	241	84	84	24	24	132	132				
2 HEREFØSS	427	668	331	415	16	41	76	208	2.7	2.7		
3 ULDAALSANA	589	589	478	478	34	34	74	74	1.9	1.9		
4 UTLØP H.FJ.	74	1332	67	960	6	82		283	0.9	5.5		
5 FLAKSVATN	447	1759	414	1375	21	104	5	288	4.8	10.3	1.1	1.1
6 UTLØP T.FJ.	98	1875	88	1463	3	108		288	5.0	15.3	1.3	2.4

TABELL VI : BEREGNEDE FOSFORTILFØRSLESLER FRA LANDAREALER (TONN/ÅR)

	SKOG		INNSJØ		FJELL		DYRKET		TETTSTED	
	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.
DAGENS VASSDRAG										
1 DALE	0.5	0.5	0.2	0.2	0.8	0.8				
2 HEREFØSS	2.2	2.7	0.1	0.3	0.5	1.3	0.3	0.3		
3 ULDAALSANA	4.5	4.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4		
4 UTLØP H.FJ.	0.4	7.7	0.1	0.8		1.7	0.1	0.8		
5 FLAKSVATN	1.3	8.9	0.1	0.9		1.7	0.3	1.1	0.1	0.1
6 UTLØP T.FJ.	0.6	9.5		0.9		1.7	0.6	1.7	0.1	0.2
ALTERNATIV I : OVERFØRING TIL SKJEGGEDAL										
1 DALE	0.5	0.5	0.2	0.2	0.8	0.8				
2 HEREFØSS	2.1	2.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3		
3 ULDAALSANA	3.7	3.7	0.5	0.5	1.4	1.4	0.2	0.2		
4 UTLØP H.FJ.	0.4	6.2	0.1	0.7		1.7	0.1	0.6		
5 FLAKSVATN	2.7	8.9	0.2	0.8		1.7	0.5	1.1	0.1	0.1
6 UTLØP T.FJ.	0.6	9.5		0.9		1.7	0.6	1.7	0.1	0.2
ALTERNATIV II : UTBYGGING I EGNE VASSDRAG										
1 DALE	0.6	0.6	0.2	0.2	0.8	0.8				
2 HEREFØSS	2.2	2.7	0.1	0.3	0.5	1.3	0.3	0.3		
3 ULDAALSANA	3.1	3.1	0.2	0.2	0.5	0.5	0.2	0.2		
4 UTLØP H.FJ.	0.4	6.3	0.1	0.7		1.7	0.1	0.6		
5 FLAKSVATN	2.7	8.9	0.2	0.8		1.7	0.3	1.1	0.1	0.1
6 UTLØP T.FJ.	0.6	9.5		0.9		1.7	0.6	1.7	0.1	0.2

TABELL VII : BEREGNEDE NITROGENTILFØRSLER FRA LANDAREALER (TONN/ÅR)

	SKOG		INNSJØ		FJELL		DYRKET		TETTSTED	
	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.

- 71 -										
DAGENS VASSDRAG										
1 DALE	18	18	27	27	14	14				
2 HEREFLOSS	72	91	19	45	8	23	7	7		
3 ULDAALSANA	87	87	53	53	8	8	10	10		
4 UTLØP H.F.J.	14	258	7	106			31	2	19	
5 FLAKSVATN	44	302	9	115			31	7	26	0.8 0.8
6 UTLØP T.F.J.	19	322	4	119			32	13	38	0.9 1.7
ALTERNATIV I : OVERFØRING TIL SKJEGGEDAL										
1 DALE	19	19	27	27	14	14				
2 HEREFLOSS	72	72	17	17	6	6	7	7		
3 ULDAALSANA	24	124	67	67	25	25	5	5		
4 UTLØP H.F.J.	15	211	7	91			31	2	14	
5 FLAKSVATN	91	302	24	115	1	32	12	25	0.8 0.8	
6 UTLØP T.F.J.	19	322	4	119			32	13	38	0.9 1.7
ALTERNATIV II : UTBYGGING I EGNE VASSDRAG										
1 DALE	18	18	27	27	15	15				
2 HEREFLOSS	72	91	19	46	8	23	6	6		
3 ULDAALSANA	105	105	38	38	8	8	5	5		
4 UTLØP H.F.J.	15	211	7	91			31	2	14	
5 FLAKSVATN	91	303	24	115	1	32	12	26	0.8 0.8	
6 UTLØP T.F.J.	19	322	4	119			32	13	38	0.9 1.7

TABELL VIII : BEREGNEDE TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF (BOF)
FRA LANDAREALER (TONN/ÅR)

	DYRKET/SILO		TETTSTED	
	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.

DAGENS VASSDRAG				
1 DALE				
2 HEREFLOSS	3.5	3.5		
3 ULDAALSANA	5.0	5.0		
4 UTLØP H.F.J.	1.2	9.8		
5 FLAKSVATN	3.6	13.3	1.1	1.1
6 UTLØP T.F.J.	6.5	19.8	1.3	2.4
ALTERNATIV I : OVERFØRING TIL SKJEGGEDAL				
1 DALE				
2 HEREFLOSS	3.5	3.5		
3 ULDAALSANA	2.5	2.5		
4 UTLØP H.F.J.	1.1	7.1		
5 FLAKSVATN	6.2	13.3	1.1	1.1
6 UTLØP T.F.J.	6.5	19.8	1.3	2.4
ALTERNATIV II : UTBYGGING I EGNE VASSDRAG				
1 DALE				
2 HEREFLOSS	3.5	3.5		
3 ULDAALSANA	2.5	2.5		
4 UTLØP H.F.J.	1.2	1.2		
5 FLAKSVATN	6.2	6.2	1.1	1.1
6 UTLØP T.F.J.	6.5	19.8	1.3	2.4

TABELL IX : BEFOLKNINGSFORDELING

	LOKALT		TOTALT		SUM
	SPREDT	TETT	SPREDT	TETT	
DAGENS VASSDRAG					
1 DALE					
2 HEREFØSS	640		640		640
3 ULDALSÅNA	926		926		926
4 UTLØP H.FJ.	322		1886		1886
5 FLAKSVATN	534	964	2420	964	3384
6 UTLØP T.FJ.	1270	808	3690	1772	5462
ALTERNATIV I : OVERFØRING TIL SKJEGGEDAL					
1 DALE					
2 HEREFØSS	640		640		640
3 ULDALSÅNA	550		550		550
4 UTLØP H.FJ.	320		1510		1510
5 FLAKSVATN	910	964	2420	964	3384
6 UTLØP T.FJ.	1270	808	3690	1772	5462
ALTERNATIV II : UTBYGGING I EGNE VASSDRAG					
1 DALE					
2 HEREFØSS	640		640		640
3 ULDALSÅNA	550		550		550
4 UTLØP H.FJ.	320		1510		1510
5 FLAKSVATN	910	964	2420	964	3384
6 UTLØP T.FJ.	1270	808	3690	1772	5462

TABELL X : BEREGNEDE FOSFORTILFØRSLESLER FRA BEFOLKNINGEN (TONN/ÅR)

	SPREDT		TETT		SUM	
	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.
DAGENS VASSDRAG						
1 DALE						
2 HEREFØSS	0.3	0.3			0.3	0.3
3 ULDALSÅNA	0.4	0.4			0.4	0.4
4 UTLØP H.FJ.	0.2	0.9			0.2	0.9
5 FLAKSVATN	0.2	1.1	0.1	0.1	0.4	1.2
6 UTLØP T.FJ.	0.6	1.7	0.7	0.9	1.3	2.6
ALTERNATIV I : OVERFØRING TIL SKJEGGEDAL						
1 DALE						
2 HEREFØSS	0.3	0.3			0.3	0.3
3 ULDALSÅNA	0.3	0.3			0.3	0.3
4 UTLØP H.FJ.	0.2	0.7			0.2	0.7
5 FLAKSVATN	0.4	1.1	0.1	0.1	0.6	1.2
6 UTLØP T.FJ.	0.6	1.7	0.7	0.9	1.3	0.9
ALTERNATIV II : UTBYGGING I EGNE VASSDRAG						
1 DALE						
2 HEREFØSS	0.3	0.3			0.3	0.3
3 ULDALSÅNA	0.3	0.3			0.3	0.3
4 UTLØP H.FJ.	0.2	0.7			0.2	0.7
5 FLAKSVATN	0.4	1.1	0.1	0.1	0.6	1.2
6 UTLØP T.FJ.	0.6	1.7	0.7	0.9	1.3	2.6

TABELL XI : BEREGNEDE NITROGENTILFØRSLER FRA BEFOLKNINGEN (TONN/ÅR)

- 73 -

	SPREDT		TETT		SUM	
	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.
DAGENS VASSDRAG						
1 DALE						
2 HEREFLOSS	1.4	1.4			1.4	1.4
3 ULDAALSANA	2.0	2.0			2.0	2.0
4 UTLØP H.FJ.	0.7	4.1			0.7	4.1
5 FLAKSVATN	1.2	5.3	3.4	3.4	4.6	8.7
6 UTLØP T.FJ.	2.8	8.1	3.5	6.9	6.3	15.0
ALTERNATIV I : OVERFØRING TIL SKJEGGEDAL						
1 DALE						
2 HEREFLOSS	1.4	1.4			1.4	1.4
3 ULDAALSANA	1.2	1.2			1.2	1.2
4 UTLØP H.FJ.	0.7	3.3			0.7	3.3
5 FLAKSVATN	2.0	5.3	3.4	3.4	5.3	8.7
6 UTLØP T.FJ.	2.8	8.1	3.5	6.9	6.3	15.0
ALTERNATIV II : UTBYGGING I EGNE VASSDRAG						
1 DALE						
2 HEREFLOSS	1.4	1.4			1.4	1.4
3 ULDAALSANA	1.2	1.2			1.2	1.2
4 UTLØP H.FJ.	0.7	3.3			0.7	3.3
5 FLAKSVATN	2.0	5.3	3.4	3.4	5.4	8.7
6 UTLØP T.FJ.	2.8	8.1	3.4	3.4	6.3	15.0

TABELL XII BEREGNEDE TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF (BOF)
FRA BEFOLKNINGEN (TONN/ÅR)

	SPREDT		TETT		SUM	
	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.	LOK.	TOT.
DAGENS VASSDRAG						
1 DALE						
2 HEREFLOSS	9	9			9	9
3 ULDAALSANA	13	13			13	13
4 UTLØP H.FJ.	4	26			4	26
5 FLAKSVATN	7	33	9	9	17	42
6 UTLØP T.FJ.	17	51	22	31	40	82
ALTERNATIV I : OVERFØRING TIL SKJEGGEDAL						
1 DALE						
2 HEREFLOSS	9	9			9	9
3 ULDAALSANA	8	8			8	8
4 UTLØP H.FJ.	4	21			4	21
5 FLAKSVATN	12	33	9	9	22	42
6 UTLØP T.FJ.	17	51	22	31	40	82
ALTERNATIV II : UTBYGGING I EGNE VASSDRAG						
1 DALE						
2 HEREFLOSS	9	9			9	9
3 ULDAALSANA	8	8			8	8
4 UTLØP H.FJ.	4	21			4	21
5 FLAKSVATN	12	33	9	9	22	42
6 UTLØP T.FJ.	17	51	22	31	40	82