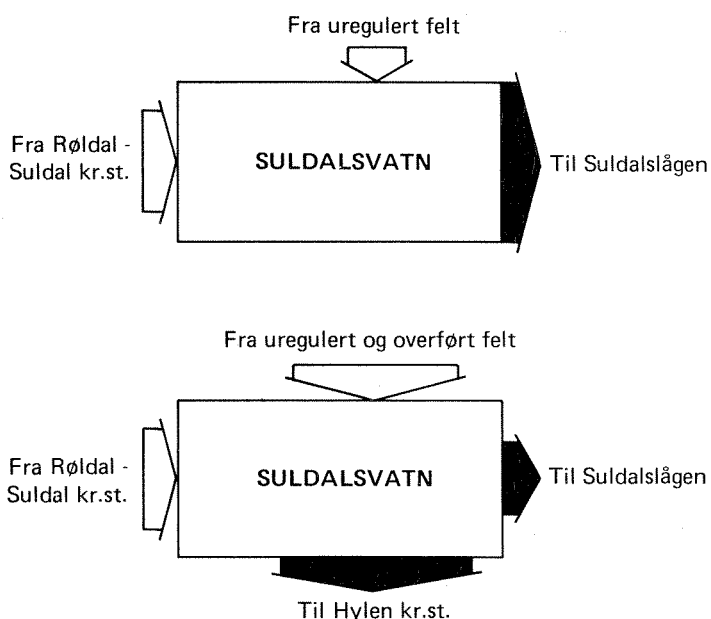


Ryfylke herredsrett

Ulla-Førre reguleringssskjønn

Sakkyndig uttalelse om begroingsforhold og vannkvalitet i Suldalslågen



O-80114
14. januar 1986



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

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

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065)76 752

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

Prosjektnr.:	0-80114
Undernummer:	
Løpenummer:	1852
Begrenset distribusjon:	Rettens avgjørelse

Rapportens tittel: ULLA-FØRRE REGULERINGSSKJØNN Sakkyndig uttalelse om begroingsforhold og vannkvalitet i Suldalslågen	Dato: 14. januar 1986
	Prosjektnummer: 0-80114
Forfatter (e): Olav Skulberg	Faggruppe: Hydrobiologi
	Geografisk område: Rogaland
	Antall sider (inkl. bilag): 59

Oppdragsgiver: Ryfylke herredsrett	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Observasjoner i Suldalslågen 1981-1985 ble utført for å belyse endringer i vegetasjonsforhold forårsaket av Ulla-Førre-reguleringen. Vannkvaliteten i Suldalsvatnet ble påvirket av partikkelforurensning. Øket begroing med alger er påvist i Suldalslågen. I et samspill mellom algenes filtreringsevne og partikkelforurensningen finner det sted en tilslammingsprosess i Suldalslågen.
--

4 emneord, norske:
1. Vassdragsregulering
2. Begroing
3. Partikkelforurensning
4. Tilslamming

4 emneord, engelske:
1. Water-course regulation
2. Benthic algae
3. Turbidity
4. Silting

Prosjektleder:

Olav Skulberg

Olav Skulberg

For administrasjonen:

R. F. Wright

Richard F. Wright

ISBN 82-577-1062-8

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Oslo

ULLA-FØRRE REGULERINGSSKJØNN

Sakkyndig uttalelse om begroingsforhold og vannkvalitet
i Suldalslågen

Utredning for Ryfylke Herredsrett
ajourført til årsskiftet 1985/1986.
O-80114.

Oslo, 14. januar 1986
Olav Skulberg

FORORD

RYFYLKE HERREDSRETT oppnevnte 3. september 1980 Olav Skulberg som sakkyndig i ULLA-FØRRE regulerings skjønn for saksområdet begroingsforhold i Suldalslågen.

Undersøkelsen i Suldalsvassdraget har vist stadige forandringer i vannkvalitet og organismeutvikling. En omfattende partikkeldrift og tilslamming i Suldalsvatnet og Suldalslågen har gjort seg gjeldende. I 1982 og 1983 var bl.a. vassdragsforholdene i stor grad influert av dette. Ettersommeren 1985 ble en ny økning av partikkelforurensningen registrert. Disse betingelser og skiftende forhold i perioden for observasjoner, har medført vanskeligheter for de aktuelle hydrobiologiske vurderinger.

Ved Norsk institutt for vannforskning har flere medarbeidere hjulpet til med dette arbeidet. Spesielt skal nevnes Jozsef Kotai som har utført en stor del av de aktuelle undersøkelsene og hidratt til bearbeidingen av resultatene. Det rettes en hjertelig takk til alle som har hjulpet utredningen frem, og for den gode faglige og praktiske støtte.

Med dette fremlegges den skriftlige utredning for saksområdet, ajourført til årskiftet 1985/1986.

Oslo, 14. januar 1986

Olav Skulberg

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side
FORORD	
SAMMENFATNING	6
OPPGAVE FOR UTREDNINGEN	11
UTFØRTE UNDERSØKELSER	11
- Prøvetakingssteder	11
- Feltarbeidet	11
- Laboratoriarbeidet	11
SULDALSVASSDRAGET	16
METEOROLOGISKE FORHOLD	18
VASSDRAGETS HYDROLOGI	18
PÅVIRKNING AV VANNKVALITET OG BEGROINGSFORHOLD	26
- Forholdene i Suldalsvatnet	26
Bakgrunn	26
Partikkelforurensning	27
Lysklime	32
Hylene-virkning	34
- Forholdene i Suldalslågen	36
Utgangspunkt	36
Vannkvalitet	36
Begroing og tilslamming	38
Begroingssamfunn og arter	45
HENVISNINGER	46
APPENDIKS 1	49
- Fremgangsmåte ved prøvetaking og vektbestemmelse av begroingsmateriale	
- Vektbestemmelser av begroingsmateriale på steinoverflater 1982-1985	
- Observasjoner av forekomst av alger i Suldalsvassdraget 1984 og 1985	
APPENDIKS 2	55
- Notat 29.5.1984. SANDSAVATNET - STATUS FØR VEGETASJONS- PERIODEN 1984	

FIGUROVERSIKT

	Side:
1. Prøvetakingssteder i Suldalslågen og Suldalsvatnet	12
2. Suldalsvassdraget. Forandringer i nedbørfelt knyttet til vannkraftutbygging	17
3. Meteorologiske forhold i perioden 1981-1985.....	19
4. Skjematisk fremstilling av vannsystemet etter utbyggingen av Ulla-Førre	21
5. Avrenningsforhold før og etter Ulla-Førre-utbyggingen skjematisk fremstilt	22
6. Konsekvenser av inngrepene for hydrologiske forhold ..	24
7. Vannføringen i Suldalslågen i undersøkelsesperioden 1981-1985	25
8. Størrelsesforhold til Suldalsvatnet, Sandsavatnet og Blåsjø	28
9. Variasjoner i turbiditet og siktedyp i Suldalsvatnet i perioden 1981-1985	28
10. Vertikal fordeling av partikkelkforurensning i Suldalsvatnet	30
11. Variasjoner i vannmassenes innhold av fosforkomponenter, turbiditet og farge	31
12. Skjematisk fremstilling av utviklingsforløpet med begroing og tilslamming i Suldalslågen	41
13. Middelerverdier for organisk- og uorganisk materiale i begroingsprøver 1981-1985	44

TABELLOVERSIKT

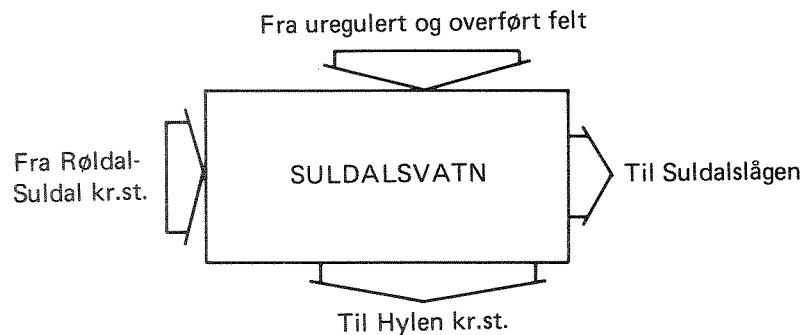
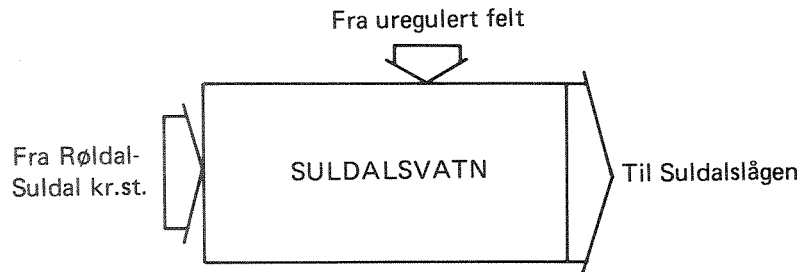
	Side:
1. Lokalteter ved feltarbeidet	13
2. Oversikt over feltarbeid og prøvetyper	14
3. Fysiske og kjemiske analysemetoder	15
4. Nedbørfelt og omfang av inngrep ved vannkraft- utbygging	16
5. Nedbørsummer i perioden 1981-1985	20
6. Middeltemperatur i perioden 1981-1985	20
7. Arlige middelvannføringer i Suldalslågen	23
8. Beregnede produksjonsvolum i Suldalsvatnet basert på siktedympmålinger	34
9. Kjemiske forhold i Suldalsvatnet (ved Solheimsvik). Middelverdier for perioden 1982-1985	35
10. Kjemiske forhold i Suldalslågen. Middelerdier for perioden 1982-1985 fra utløp Suldalsvatnet til Tjelmane bru	37
11. Forandringer i begroingsforekomst i Suldalslågen. Vektbestemmelser av begroingsprøver fra Suldalslågen innsamlet 1982-1985.	39
12. Fordeling av begroingsmengde på vassdragsavsnitt i Suldalslågen.	40
13. Oversikt over kvalitativ sammensetning av algevegetasjon i Suldalslågen	42
14. Identifiserte moser i Suldalslågen	42
15. Karakteristiske arter i begroingssamfunn	43

S A M M E N F A T N I N G

- OPPGAVE** Ryfylke herredsrett formulerte to hovedformål for saksområdet:
- vurdering av mulige endringer i bunnvegetasjonsforholdene i Suldalslågen forårsaket av reguleringen.
 - å få foretatt løpende observasjoner til bedømmelse av spørsmålet om årsakssammenheng mellom eventuelle endringer og Ulla-Førre-reguleringen.
- UNDERSØKELSER** I perioden 1981 - 1985 ble det foretatt observasjoner med prøvetaking i Suldalsvassdraget for å belyse de hydrobiologiske forhold knyttet til problemstillingen. Materialet er bearbeidet med kjemiske og biologiske analysemetoder.
- INNGREPENES OMFANG** Før vannkraftutbyggingen tok til, hadde Suldalslågen (ved Lavika) et uregulert nedbørfelt med størrelse 1466 km². Etter gjennomføringen av Røldal-Suldal-utbyggingen var ca. 44% av nedbørfeltet uregulert. Etter gjennomføring av Ulla-Førre-utbyggingen vil ca. 9% av nedbørfeltet være uregulert. Ved overføringen er samtidig nye felter fanget inn. Dette innebærer at det regulerte felt omfatter 1993 km².
- METEOROLOGI** Observasjoner fra fem målestasjoner for meteorologi har interesse for behandlingen av de hydrobiologiske forhold i hovedvassdraget. Temperaturmålingene i undersøkelsesperioden 1981 - 1985 viser forholdsvis små avvik fra normalverdiene. Derimot har nedbørforholdene vekslet mye. Årene 1981, 1982 og 1983 var f.eks. preget av nedbørsrikdom.

HYDROLOGI

Vannkraftutbyggingen med Ulla-Førre-reguleringen innebærer at Suldalsvassdraget blir omdannet til et tilnærmet teknisk operert vannsystem.



Mens hele nedbørfeltets årsavløp tidligere gjennomstrømmet Suldalslågen, er avrenningen til Suldalslågen nå blitt redusert til det halve (årlig middelvannføring ved Lavika var i uregulert tilstand $101,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, etter Ulla-Førre-utbyggingen er middelvannføringen $55 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Følgende hydrologiske konsekvenser har særlig betydning for de hydrobiologiske vurderinger. Det kan skilles mellom tre hovedsituasjoner i Suldalsvassdraget.

Før reguleringer: Hele årsavløpet gjennomstrømmer Suldalslågen. Stor vannføring i perioden mai - oktober. Flomtopp i juni - juli.

Etter Røldal-Suldal: Hele årsavløpet gjennomstrømmer Suldalslågen. Utjevnet vannføring. Reduserte flomtopper.

Etter Ulla-Førre: Omlag 29 % av årsavløpet gjennomstrømmer Suldalslågen, hovedmengden av vann føres til Hylsfjorden. Vannføringen i Suldalslågen er liten (omlag halvert). Reduserte flomtopper. Vannføringen i Suldalslågen er bestemt av et beskjedent nedbørfelt og slipp av minstevannføring.

VANNKVALITET

På grunn av innsjøens størrelse og beliggenhet i vassdraget har Suldalsvatnet en avgjørende rolle for kjemiske og biologiske forhold i Suldalslågen. De nye hydrologiske forutsetninger gir vannmassene i Suldalsvatnet kortere oppholdstid (før Ulla-Førre-utbyggingen ca. 1,5 år, etter utbyggingen 0,9 år). Samtidig vil inntil 80 % av vannmengden etter inngrepet komme fra overføringer i nedbørfeltet. Dette vil være utslagsgivende for vannkvalitetsforholdene i Suldalsvatnet.

PARTIKKEL- FORURENSNING

Partikkelforurensing fra Sandsavatnet påvirket i 1982 og 1983 hele Suldalsvatnet. Siktedypet ble redusert fra omlag 12 m til under 1,3 m. Det var finfordelte partikler (størrelse $1\mu\text{m}$ - $0,1\mu\text{m}$) som bidro sterkt til turbiditeten i vannmassene. Etter forbigående bedring i partikkelforurensingen fra Sandsavatnet i 1984, ble det ettersommeren 1985 påvist en ny økning i turbiditet og redusert siktedyp i Suldalsvatnet.

ADSORPSJONS- KAPASITET

Partiklene hadde stor adsorpsjonskapasitet. Fosfat- ioner ble bl.a. effektivt adsorbent. Fosfor- forbindelser fulgte derfor partikkelfraksjonen i vannmassene. Dette fosforinnhold er ved eksperi- mentelle undersøkelser vist å være tilgjengelig for algevekst. Fosfor er begrensende stoff for algeutvikling i Suldalslågen.

PÅVIRKNING AV
LYSKLIMA

Partikkelforurensingen påvirket lysklimaet i Suldalsvatnet. Forandringene i vannmassenes siktedyp har bl.a. hatt konsekvenser for produksjonsvolumet i innsjøen (eufotisk sone). Hvis produksjonsvolumet i 1981 blir satt til 100 %, har variasjonene vært i området 20-72 %. Høsten 1985 ble det målt siktedyp i Suldalsvatnet på ca. 4,6 m, tilsvarende et produksjonsvolum på 58 %. Det er imidlertid usikkerheter knyttet til disse beregninger. Direkte målinger for å kvantifisere virkningene på primærproduksjonen er nødvendige.

ØKET BEGROING

I undersøkelsesperioden har det vært en tydelig tendens til økende forekomst av begroing i vassdraget. Spesielt har algeutviklingen vært markert i Suldalslågens øvre løp (utløp Suldalsvatn - Førland bru), men etterhvert også på andre elvestrekninger. Organisk materiale i begroingsprøver har, f.eks. som årsgjennomsnitt øket fra $10 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ i 1982 til $46 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ i 1985. Moser har tiltakende forekomst i Suldalslågen.

TILSLAMMING

Tilslammingen av Suldalslågen kommer til uttrykk i begroingsprøvene. Sedimenterings- og filtreringsprosesser i algevegetasjonen medførte at det ble dannet et slambelegg med partikler på alle overflater på hele elvestrekningen nedstrøms Suldalsvatnet. Det uorganiske materiale i begroingsprøvene økte f.eks. fra $40 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ i 1982 til $221 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ i 1985, beregnet som årsgjennomsnitt.

SAMSPILL MELLOM
FAKTORER

Prosessen som foregår i Suldalslågen kan etter dette i grove trekk oppsummeres og uttrykkes som et samspill mellom flere faktorer:

- nedsatte fortynningsmuligheter (samme forureningsbelastning, vannmengden redusert til omlag halvparten gir algene gunstigere voksebetingelser
- øket veksthastighet,

- flommenes opprenskende virkninger er betydelig redusert,
- partikkelforurensningen og algenes filtreringsevne fører til dannelse av et slamteppe over elvebunnen,
- slammet bidrar med sitt innhold av fosforforbindelser til å fremme ny algevekst,
- større begroing gir større filtreringskapasitet og dermed tendens til øket nedslamming i Suldalslågen.

KONSEKVENNS

Resultatene som er fremkommet gir uttrykk for en omfattende påvirkning av økosystemet i Suldalslågen. Foruten de direkte virkninger for vannkvalitet og biologiske forhold som er behandlet ovenfor, kommer indirekte følger for bruken av vassdraget i praktisk sammenheng.

OPPGAVE FOR UTREDNINGEN

RYFYLKE HERREDSRETT formulerte oppgaven med saksområdet i oppnevningssbrev datert 3. september 1980. To hovedformål ble påpekt:

- vurdering av mulige endringer i bunnvegetasjonsforholdene i Suldalslågen forårsaket av reguleringen,
- å få foretatt løpende observasjoner til bedømmelse av spørsmålet om årsakssammenheng mellom eventuelle endringer og Ulla-Førre-reguleringen.

Opplegget for den aktuelle undersøkelsen i Suldalslågen ble behandlet på møte i skjønnsretten 8. januar 1982. I brev fra RYFYLKE HERREDSRETT (8. februar 1982) ble det bekreftet at arbeidet skulle komme til utførelse.

UTFØRTE UNDERSØKELSER

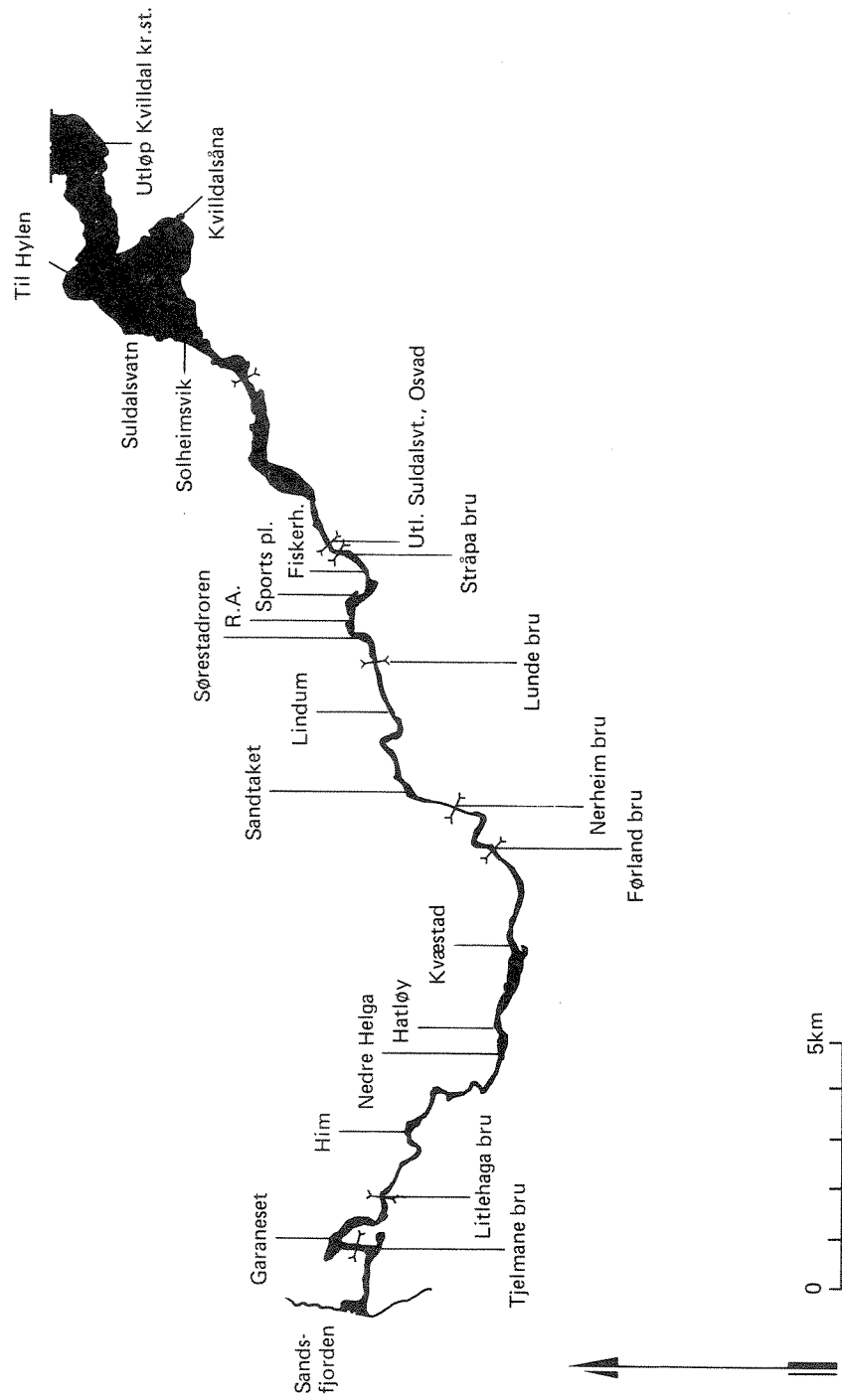
Det vil bli gitt en kortfattet oversikt over gjennomføringen av undersøkelsene og metodene som ble benyttet. Hovedsakelig var fremgangsmåtene de rutinemessige i bruk ved Norsk institutt for vannforskning.

Prøvetakingsstedene er angitt i tabell 1. De omfattet lokaliteter i Suldalslågen, i Suldalsvatnet og enkelte andre lokaliteter i nedbørfeltet. På kartskissen i figur 1 er prøvetakingssteder i Suldalslågen og Suldalsvatnet tegnet inn.

Feltarbeidet med prøvetaking av vann og innsamling av biologisk materiale ble gjort under befaringer til vassdraget (NIVA 1982 II). Tidspunkter for observasjoner, innsamlingsmetoder og prøvetyper fremgår av tabell 2, se også Appendiks 1.

Laboratoriearbeidet ble utført ved Norsk institutt for vannforskning i Oslo. Metodene for analyse av de aktuelle komponenter er angitt i tabell 3. Følgende faktorer ble bestemt:

Surhetsgrad	Total fosfor	Total organisk karbon
Konduktivitet	Ortofosfat	Suspendert tørrstoff
Fargetall	Total nitrogen	
Turbiditet	Nitrat	
Klorid	Kalsium	



Figur 1. Prøvetakingssteder i Suldalslågen og Suldalsvatnet.

Tabell 1. Lokaliteter ved feltarbeidet

SULDALSLAGEN	Avst. fra Suldalsv. km	Høyde m o.h.	Kartreferanse M711		
Utløp Suldalsvatn, Osvad	0	68	1313 IV	59 5	97 6
Stråpa bru	0.2	67	"	59 5	97 5
Fiskerhytta	1.0	64.5	"	59 0	97 0
Sportsplassen	2.0	62	"	58 6	97 3
Renseanlegg (R.A.)	2.4	61.8	"	58 1	97 3
Sørestadroren	2.6	61.0	"	57 7	97 0
Lunde bru	3.4	60.5	"	57 2	96 8
Lindum	4.6	60.0	"	56 1	96 4
Sandtaket/Ritlandsnaustet	6.8	57.3	"	54 6	96 1
Nerheim bru	6.6	55.8	"	54 2	95 1
Førland bru	9.1	52.2	"	53 4	94 4
Kvæstad	11.0	48.9	"	51 4	94 0
Hatløy	13.0	46.0	"	49 7	94 3
Nedre Helga	13.5	45.0	"	49 2	94 3
Him	16.7	15.0	"	47 7	96 2
Litlehaga bru	18.7	9.1	"	46 5	96 8
Garaneset	20.2	6.2	"	45 6	97 6
Tjelmane bru	20.9	6.1	"	45 4	97 0
Mosåi v. bru	8.2	54.7	"	54 1	94 4
SULDALSVATN	Høyde - m o.h.		Kartreferanse M711		
Solheimsvik	68		1314 II	64 0	00 7
Innl. Hylen kr.st.	68		"	65 1	02 7
Utl. Kvilldal kr.st.	68		"	67 6	01 8
Dypeste sted	68		"	70 0	60 5
Nesflaten	68		"	77 0	14 5
Kvilldalsåna	69		"	66 3	00 1
ANDRE LOKALITETER	Høyde - m o.h.		Kartreferanse M711		
Mosvatn	517		1313 IV	55 0	90 5
Sandsaosen	600		"	60 7	81 1
Ulla v. Ulladalen	200		"	60 1	85 3
Ulla v. Vadle	10		"	55 0	79 8
Sandsa v. Kvilldal kr.st.	600		1313 I	64 9	89 2

Tabell 2. Oversikt over feltarbeid og prøvetyper

Tidspunkter for observasjoner

<u>1981</u> 2.-9. juli	<u>1983</u> 18.-25. april 22. mai	<u>1984</u> 25.april - 5. mai 3.-4. juli
<u>1982</u> 15.-19. april 23. april 5.-13. juli 13.-17. sept.	13. juli 22. juli 14.-20. sept.	<u>1985</u> 8.-12. juli 25.-27. sept.

Prøvetyper

Vannprøver	Sestonprøver	Begroingsprøver
Innsamlet med: - vannhenter	Innsamlet med: - membranfiltre - glassfiberfiltre - planktonhåv	- kvalitative (levende og konserverte materiale). - kvantitative (til vektbestemmelser)

Sestonprøvene ble bearbeidet etter to fremgangsmåter:

- Partikkelundersøkelse med lysmikroskopi
- Vektbestemmelse av seston.

Metoder og utstyr som ble benyttet er tidligere beskrevet, og det vises til foreliggende litteratur (Skulberg 1978).

Innhold av organismer og partikulær substans i håvtrekk- og begroingsprøver ble til dels undersøkt i levende tilstand. Alle prøver ble konserverte i nøytralisert formalin. I laboratoriet ble det biologiske materialet undersøkt med kvalitative metoder og en kvantitativ vurdering av forekomst. Fremgangsmåten for mikroskopisk analyse av biologiske prøver er tidligere beskrevet (Skulberg 1984).

Tabell 3. Fysiske og kjemiske analysemetoder

Analyse-para- meter	Enhet	Grense- verdi	Metode
Surhetsgrad	pH	0,1	NS 4720. Orion pH-meter 801A
Konduktivitet	$\mu\text{S}/\text{cm}$, 20°C	0,1	NS 4721. PHILIPS PW9509
Fargetall	mg Pt/l	5 mg Pt/l	NS 4722. EEL-absorptiometer
Turbiditet	FTU	0,1 FTU	NS 4723. HACH 2100A
Total fosfor	$\mu\text{g P/l}$	0,5 $\mu\text{g P/l}$	Oksydasjon til orto P med H_2O_2 og UV-belysning
Ortofosfat	$\mu\text{g P/l}$	0,5 $\mu\text{g P/l}$	Filtrering gjennom membran- filter før konservering og analyse v.h.a. autoanalyser
Total nitrogen	$\mu\text{g N/l}$	10 $\mu\text{g N/l}$	UV-belysning. Bestemmes som NH_4 i autoanalyser
Nitrat	$\mu\text{g N/l}$	10 $\mu\text{g N/l}$	Autoanalyser
Klorid	mg Cl/l	0,2 mg/l	Autoanalyser
Kalsium	mg Ca/l	0,01 mg/l	Atomabs. Perkin-Elmer 2380
Tot.org.karbon	mg C/l	0,02 mg/l	Oksydasjon til CO_2 med per- sulfat. IR-metode
Susp.tørrstoff	mg/l	0,1 mg/l	Gravimetrisk bestemmelse

SULDALSVASSDRAGET

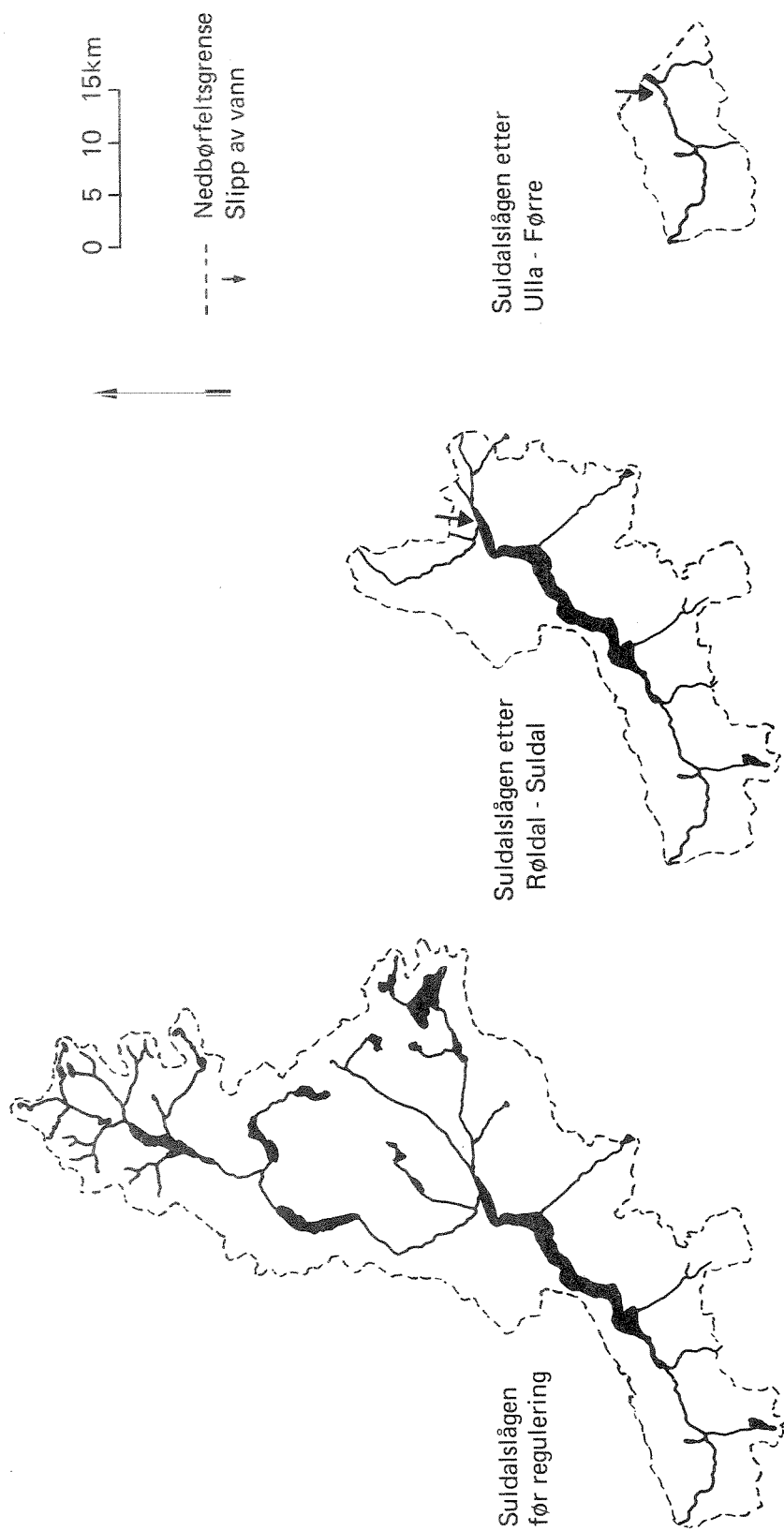
Suldalsvassdraget er det største vassdrag i Rogaland fylke. Det har en lengde på omlag 100 km, og er dermed det lengste vassdrag på Vestlandet. Suldalslågen - elven fra Suldalsvatnet til Sandsfjorden - utgjør omlag 22 km. Vannføringen i naturtilstand var i middel ca. $90,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (1921-1962).

De geografiske forhold med Suldalsvassdraget er beskrevet i flere forbindelser (Strøm 1888, Lillehammer 1964, Aadnøy 1979, Lillehammer 1984). Noen spesiell behandling blir derfor ikke gitt her, men enkelte hovedtrekk ved utviklingen knyttet til inngrepene med vannkraftutbygging skal kort nevnes.

På kartskissene i figur 2 er Suldalsvassdraget tegnet inn med sitt nedbørfelt. De suksessive trinn i utbyggingen av vannkraft, og delene av nedbørfelt som inngår, er vist på tegningene. I tabell 4 er det angitt omfanget inngrepene har hatt.

Tabell 4. Nedbørfelt og omfang av inngrep ved vannkraftutbygging

Felt	Periode	Størrelse, km^2		Prosent uregulert
		Regulert	Uregulert	
Suldalslågen ved Lavika	Før regulering	0	1466	100
"	Etter Røldal-Suldal	814	652	44
"	Etter Ulla-Førre	1993	136	9



Figur 2. Suldalsvassdraget. Forandringer i nedbørfelt knyttet til vannkraftutbygging.

METEOROLOGISKE FORHOLD

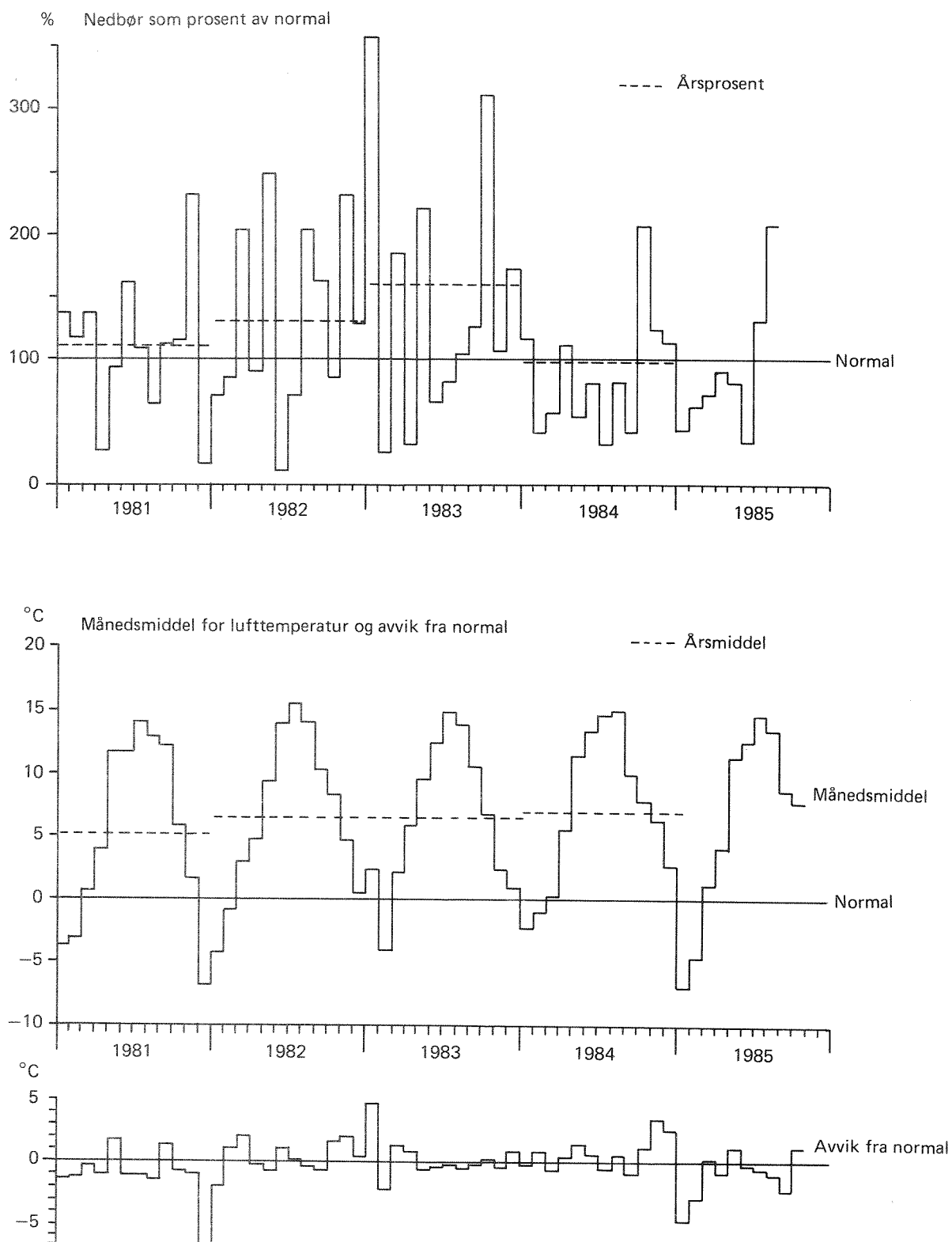
Klimatiske faktorer har avgjørende betydning for såvel hydrologiske som biologiske utviklingsforløp. Det er derfor viktig å fastholde hvordan de meteorologiske forhold artet seg i undersøkelsesperioden (1981-1985).

Meteorologiske observasjoner er innhentet fra fem målestasjoner i nedbørfeltet med særlig interesse for de hydrobiologiske forhold i hovedvassdraget. Disse er: Sand (25 m o.h.), Suldal-Mo (58 m o.h.), Suldalsvatn (68 m o.h.), Nesflaten (72 m o.h.) og Røldal (393 m o.h.). I tabell 5 er nedbørsummer, og i tabell 6 er middeltemperatur for Suldal - Mo stilt sammen. I figur 3 er det gitt en grafisk fremstilling av de meteorologiske forhold. Observasjonene fra Suldal-Mo er lagt til grunn for behandlingen.

Temperaturmålingene viser gjennomgående små avvik fra normalverdiene (figur 3). Unntak danner 1985 som var det kaldeste år i undersøkelsesperioden. Også 1981 var et forholdsvis kaldt år. Med hensyn til nedbørmengdene har det tildels vært betydelige forskjeller mellom de enkelte år. Bare i 1984 og i 1985 har nedbørmengdene vært tilnærmet normale vurdert på årsbasis. Årene 1981, 1982 og 1983 var på den annen side preget av nedbørrikdom (henholdsvis 114%, 122% og 160% i forhold til normalen, ved Sand).

VASSDRAGETS HYDROLOGI

Suldalsvassdragets hydrologi er utførlig behandlet i flere skrifter (Nakling 1980; Hetager 1983, 1985). Noen opplysninger med betydning for de hydrobiologiske vurderinger vil imidlertid bli gjengitt i det følgende.



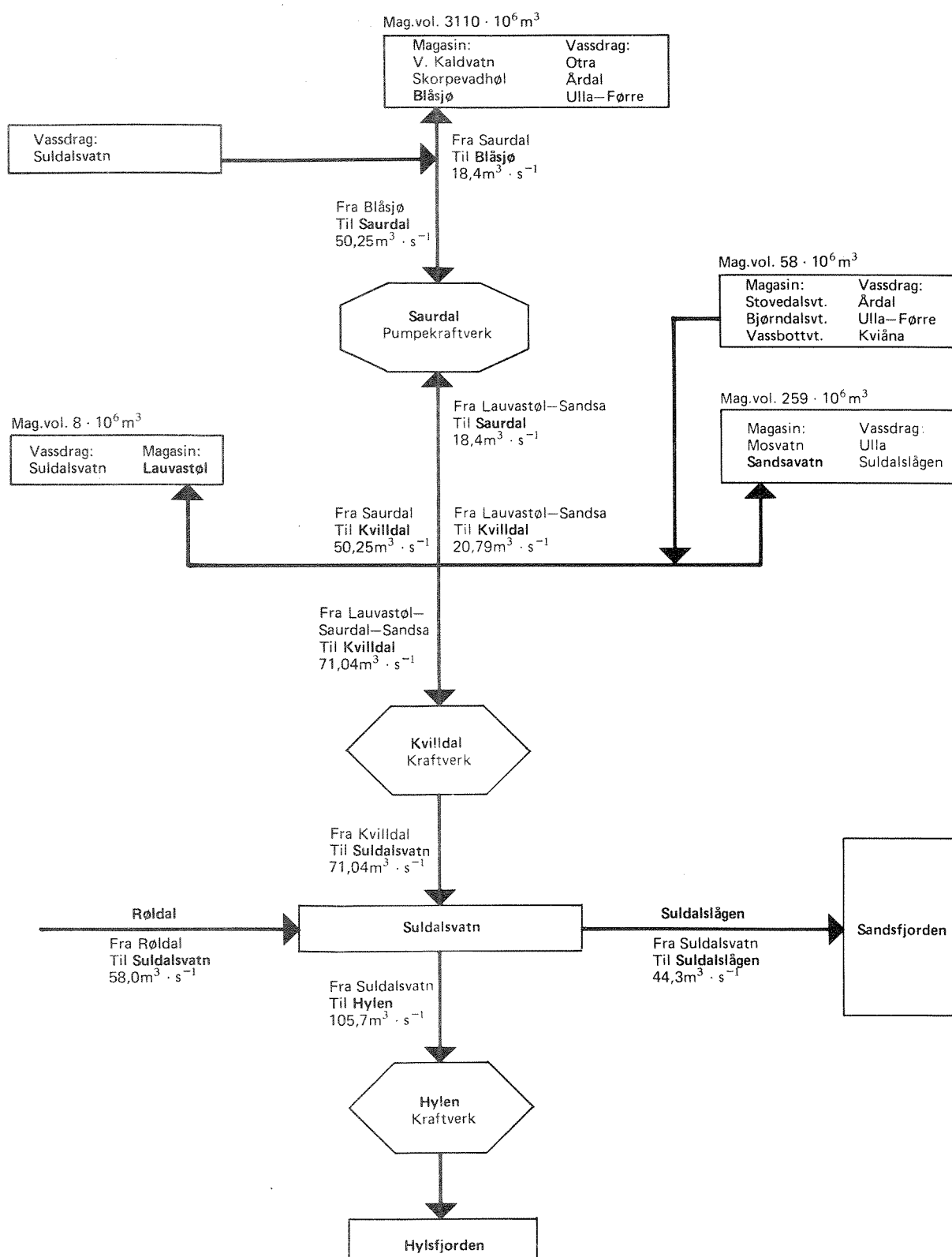
Figur 3. Meteorologiske forhold i perioden 1981-1985.
 Observasjoner på Suldal-Mo (58 m o.h.)

Tabell 5. Nedbørsummer i perioden 1981-1985

LOKALITET	År	Nedbørsummer i millimeter												Året
		Jan.	Febr.	Mars	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.	
4615 SAND 25 m o.h.	1981	311	207	187	42	70	179	137	121	249	262	479	33	2270
	1982	143	140	242	102	200	12	53	324	328	172	388	328	2432
	1983	611	39	241	50	175	104	136	202	287	734	228	402	3209
	1984	222	81	61	135	38	116	48	165	108	434	222	263	1893
	1985	71	118	112	96	77	43	179	318	220	268	87	373	1962
	Normal	190	155	109	133	82	131	128	162	221	241	217	231	2000
4620 SULDAL-MO 58 m o.h.	1981	236	161	128	31	167	182	114	85	210	247	438	36	1935
	1982	122	117	191	104	179	12	76	278	307	183	439	267	2275
	1983	620	36	174	37	159	73	88	142	237	669	201	359	2795
	1984	201	57	54	128	39	92	35	111	77	446	235	236	1711
	1985	75	86	68	103	58	39	139	283	216	226	55	331	1679
	Normal	173	138	94	115	72	113	107	136	190	215	189	208	1750
4630 SULDALSVATN 68 m o.h.	1981	257	174	134	39	53	195	125	93	172	180	377	23	1822
	1982	124	115	122	82	123	7	35	255	320	135	376	234	1928
	1983	607	49	178	44	137	83	85	156	262	610	196	297	2704
	1984	216	78	48	89	15	113	38	134	67	399	186	226	1609
	1985	76	100	67	62	51	56	116	219	201	231	60	297	1536
	Normal	163	131	89	104	69	108	99	128	183	210	174	188	1646
4640 NESFLATEN 72 m o.h.	1981	263	159	97	27	48	208	113	64	147	171	361	14	1672
	1982	85	99	108	62	128	6	28	224	288	137	357	251	1773
	1983	621	21	153	36	123	79	74	154	240	621	231	341	2694
	1984	199	62	47	105	19	83	38	120	58	399	171	212	1513
	1985	46	92	58	40	54	59	116	217	207	201	52	324	1466
	Normal	148	116	78	91	59	92	89	115	165	185	153	169	1460
4645 RØLDAL 393 m o.h.	1981	176	137	121	31	45	183	98	60	196	180	294	19	1540
	1982	106	116	120	47	106	15	40	221	313	153	369	260	1866
	1983	472	31	170	45	120	58	46	122	218	450	137	275	2144
	1984	207	62	35	77	11	52	50	116	53	405	171	200	1439
	1985	70	124	50	68	68	44	110	205	199	241	54	293	1526
	Normal	147	114	76	89	56	87	90	115	166	183	150	171	1444

Tabell 6. Middeltemperatur i perioden 1981-1985

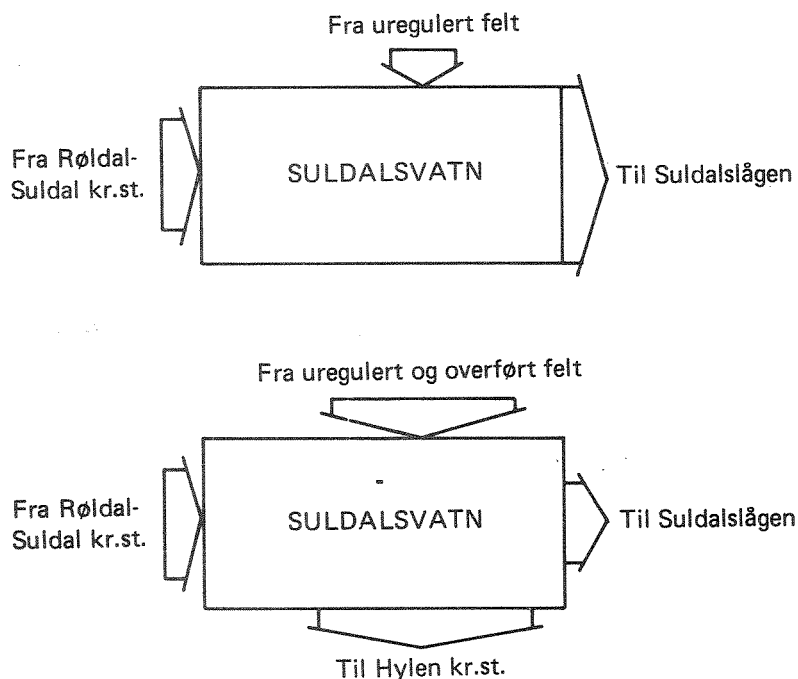
LOKALITET	År	Middeltemperatur i °C												Året
		Jan.	Febr.	Mars	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.	
4620 SULDAL-MO 58 m o.h.	1981	-3,6	-3,1	0,6	4,0	11,8	11,8	14,1	13,0	12,3	5,9	1,8	-6,8	5,2
	1982	-4,1	-0,8	3,0	4,8	9,3	14,0	15,5	14,1	10,3	8,3	4,7	0,5	6,6
	1983	2,4	-4,1	2,1	5,8	9,4	12,5	14,9	13,9	10,6	6,7	2,3	0,9	6,5
	1984	-2,4	-1,1	0,2	5,4	11,4	13,4	14,6	14,9	9,9	7,7	6,2	2,6	6,9
	1985	-7,0	-4,9	1,0	4,1	11,1	12,5	14,5	13,3	8,5	7,7	-1,5	-2,1	4,8
	Normal	-2,2	-1,9	0,9	5,0	10,0	12,9	15,2	14,4	10,9	6,6	2,7	0,1	6,2



Figur 4. Skjematisk fremstilling av vannsystemet etter utbyggingen av Ulla-Førre.

Kraftutbyggingen i Suldalsvassdraget har medført en gjennomgripende endring av avrenningsbetingelser og vannføringer. Den skjematiske fremstilling i figur 4 gir en oversikt over inngrepene og styringen av avrenningen. Det fremgår hvordan et nytt, tilnærmet teknisk operert vannsystem er blitt etablert.

Suldalsvassdraget var et vassdrag som fulgte dalførets hovedretning. Nedbørfeltets hele årsavløp gjennomstrømmet Suldalslågen. Etter de utførte inngrep fremstår et vannsystem hvor en vesentlig komponent i vannbevegelse går på tvers av dalføret til Hysten, og hvor avrenningen til Suldalslågen er redusert til under halvparten av hva den var før utbyggingen av Ulla-Førre (Nakling 1980). Samtidig er nye områder av nedbørfelt fanget inn, og store forandringer i opprinnelig nedbørfelt gjennomført. Dette har konsekvenser for avrenningsforhold - figur 5. I tabell 7 er det vist hvordan endringer i årlig middelvannføring kommer til uttrykk i Suldalslågen.



Figur 5. Avrenningsforhold før og etter Ulla-Førreutbyggingen skjematiske fremstilt.

Tabell 7. Arlige middelvannføringer i Suldalslågen

Lokalitet	Uregulert $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Etter Røldal-Suldal $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Etter Ulla-Førre $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Stråpa	90,7	89,8	43,2
Lavika	101,6	102,1	55,0

For å fremheve forandringene som kraftutbyggingen har medført, er det i den grafiske fremstilling, figur 6, laget en oversikt over de tre hovedtilstander i Suldalsvassdraget:

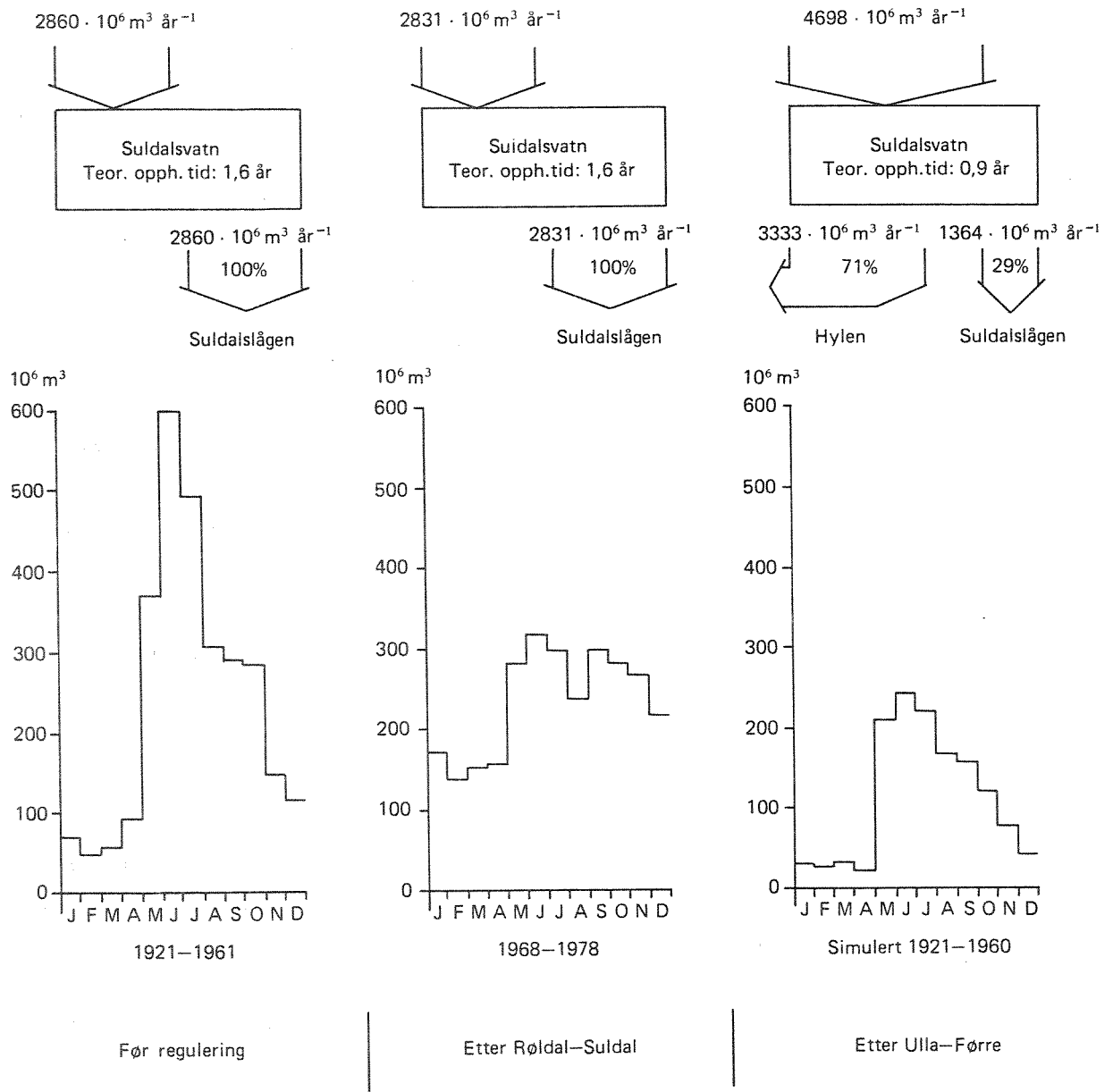
- Før reguleringer. Hele årsavløpet gjennomstrømmer Suldalslågen.
Stor vannføring i perioden mai-oktober.
Flomtopp i juni-juli.
- Etter Røldal-Suldal. Hele årsavløpet gjennomstrømmer Suldalslågen.
Utjevnet vannføring.
Reduserte flomtopper.
- Etter Ulla-Førre. Omlag 29% av årsavløpet gjennomstrømmer Suldalslågen, hovedmengden av vann føres til Hylsfjorden.

Vannføringen i Suldalslågen er liten.

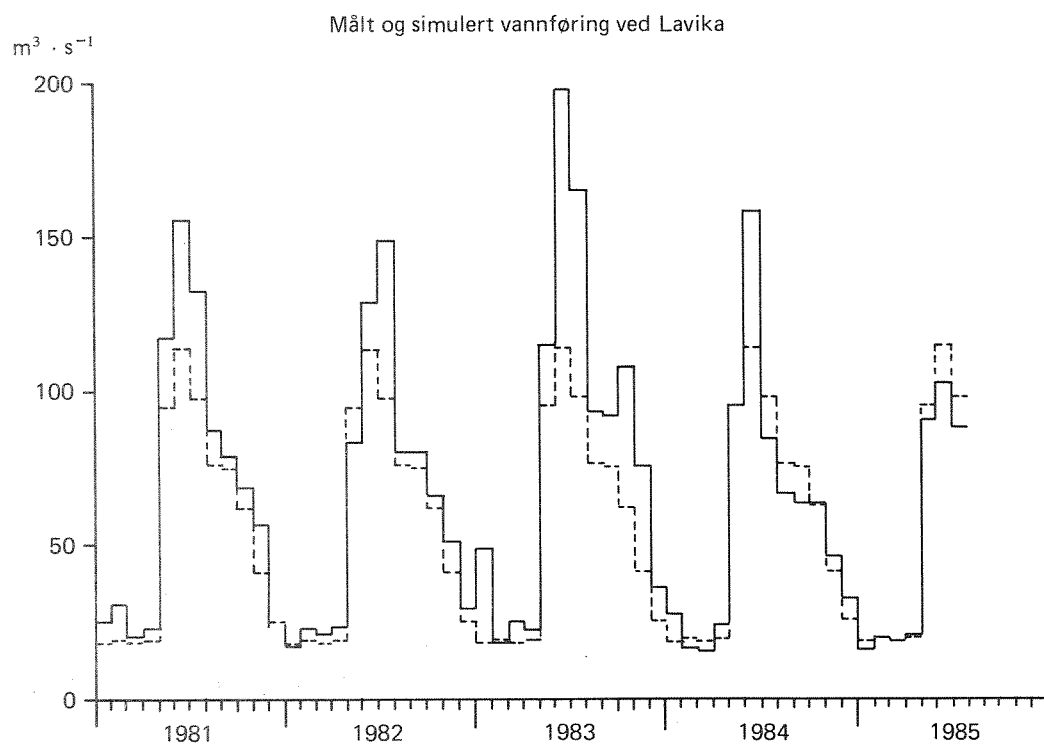
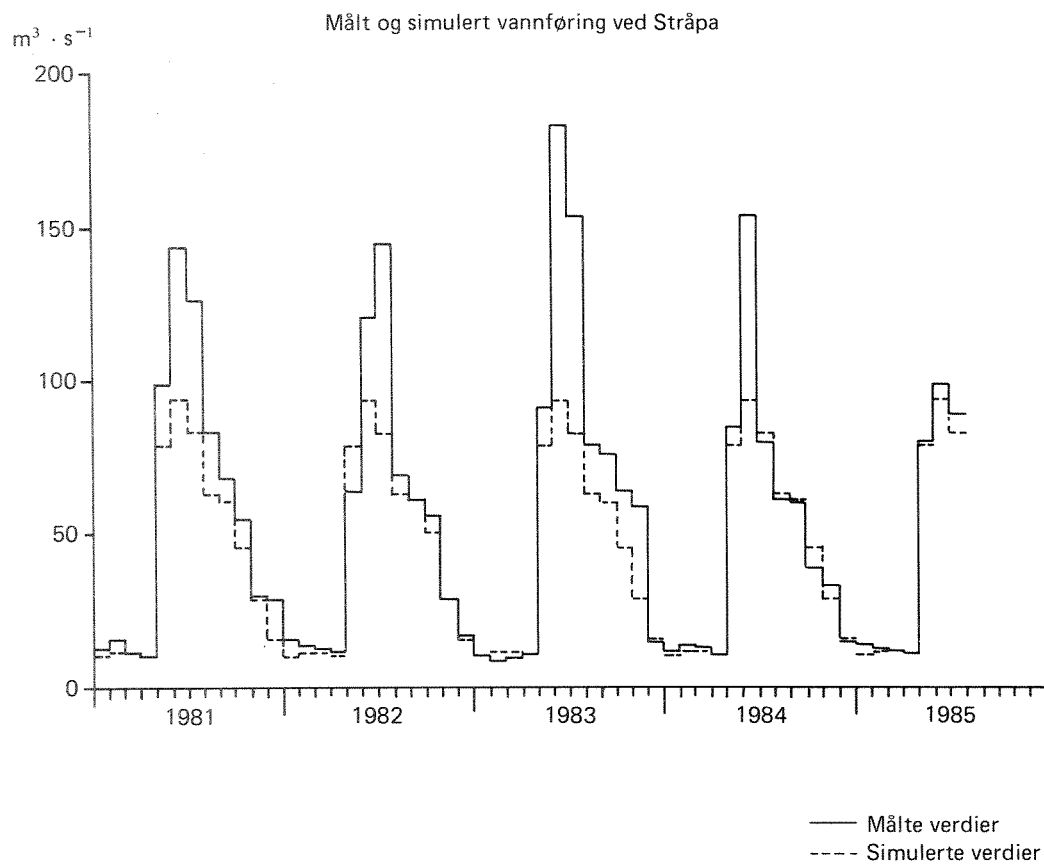
Reduserte flomtopper.

Vannføringen i Suldalslågen er bestemt av minstevannføring og et beskjedent restnedbørfelt.

Årlige middelavløp til Suldalsvatn og Suldalslågen ved Oset



Figur 6 Konsekvenser av inngrepene for hydrologiske forhold.



Figur 7 Vannføringen i Suldalslågen i undersøkelsesperioden 1981-1985.

Middelvannføringen i Suldalslågen i undersøkelsesperioden 1981-1985 er vist i figur 7. Målte verdier ved Stråpa og Lavika er fremstilt grafisk sammen med beregnede vannføringer (simulerte verdier). De observerte verdier er gjennomgående høyere sammenliknet med de beregnede verdier. Dette gjelder særlig for månedene juni og juli. De simulerte verdier er imidlertid beregnet for et gjennomsnittsåar etter Ulla-Førre-utbyggingen, og de spesielle meteorologiske forhold i undersøkelsesperioden (se avsnitt Meteorologiske forhold) forklarer delvis forskjellene som er fremkommet. Alt tatt i betaktning, er det grunn til å regne med at de simulerte verdier for vannføring gir et godt bilde av den fremtidige situasjon i Suldalslågen.

PÅVIRKNING AV VANNKVALITET OG BEGROINGSFORHOLD

Suldalsvatnet og Suldalslågen var fra gammelt karakterisert av klart, svakt surt og rent vann. Dette hang sammen med hydrografiske forutsetninger (stor vannføring), naturforholdene i nedbørfeltet, og at menneskelig virksomhet i liten utstrekning påvirket vassdraget. Det store innsjøbassenget til Suldalsvatnet ($4500 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) ga vannmassene en betydelig oppholdstid (teoretisk 1,5 år). Fysiske, kjemiske og biologiske faktorer i Suldalsvatnet medførte at omfattende selvrensningsprosesser fant sted. Klart vann med svært lite partikkelinnhold rant ut ved Suldalsosen. Suldalslågens vannmasser var derfor naturlig, rent vann. (Lillehammer 1964; 1984). De store vannmengdene var vassdragets viktigste bufferevne mot påvirkninger.

Forholdene i Suldalsvatnet

Bakgrunn

Den avgjørende rolle Suldalsvatnet har for Suldalslågen henger bl.a. sammen med innsjøens størrelse og beliggenhet i vassdragssystemet. Selv etter at Blåsjø er bygget, vil Suldalsvatnet være den største

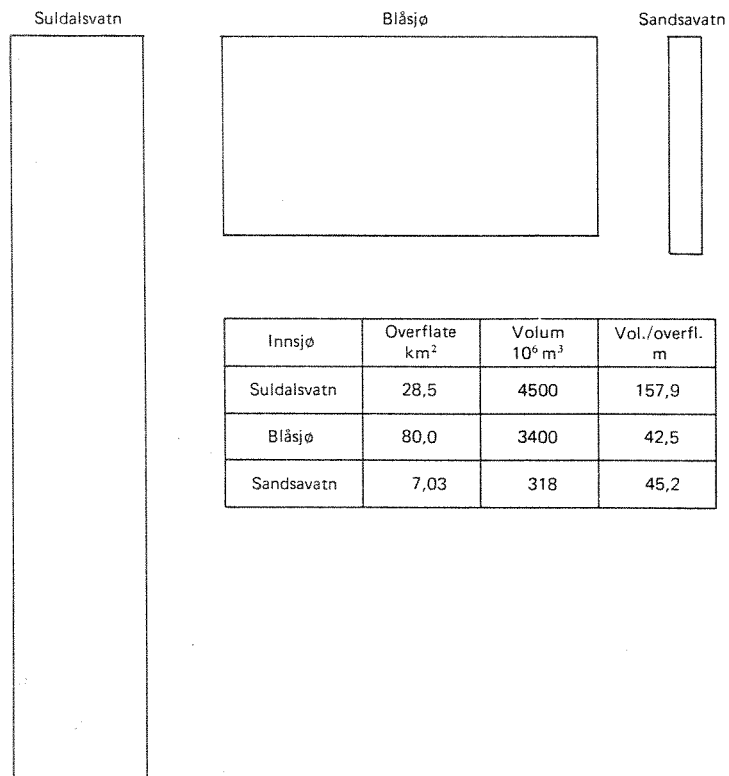
vannsamling i vassdraget (figur 8). Vannkvalitet og biologiske egenskaper til vannet i Suldalsvatnet er bestemmende for hvordan vannmassene i Suldalslågen får sitt preg (NIVA 1983). Kjennskapet til innvirkningen av Ulla-Førre-utbyggingen på Suldalsvatnet, er derfor også en forutsetning til forståelsen av hvordan Suldalslågen er påvirket av utbyggingen.

Ulla-Førre-utbyggingen medfører flere konsekvenser for Suldalsvatnet, med betydning for vannkvalitet og biologiske forhold. De nye hydrologiske forutsetninger gir vannmassene en kortere oppholdstid i Suldalsvatnet. Den teoretiske oppholdstid var før Ulla-Førre-utbyggingen ca. 1,5 år. Etter utbyggingen vil den årlige middelavrenning til Suldalsvatnet bli ca. $4730 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, og dette gir en teoretisk oppholdstid på ca. 0,9 år. Det regulerte nedbørfelt vil samtidig bli av vesentlig betydning for vannkvaliteten i Suldalsvatnet. Avhengig av den aktuelle manøvrering av magasinene, kan forskjellige deler av nedbørfeltet gjøre seg gjeldende. Det vil være rimelig å regne med at en vesentlig del av vannmengden i Suldalsvatnet kommer fra overføringer i det regulerte nedbørfelt. Slipp fra Kvilldal kraftstasjon vil dermed i betydelig utstrekning være utslagsgivende for vannkvalitetsforholdene i Suldalsvatnet.

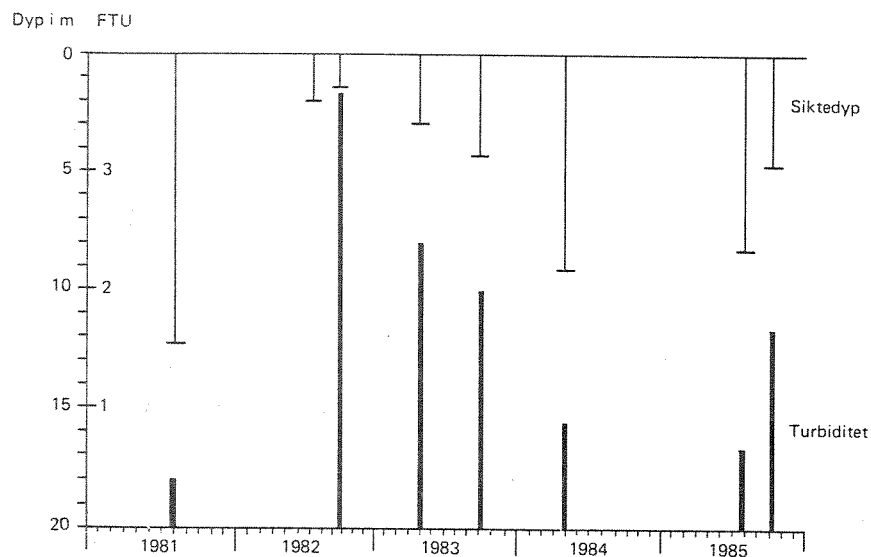
Partikkelforurensning

Frem til årsskiftet 1985-1986 var det i stor grad påvirkninger fra Sandsavatnet som har satt preg på vannkvaliteten i Suldalsvatnet. Dette forhold er rapportert tidligere (NIVA 1984). Det vil her bare bli gitt noen utfyllende opplysninger.

Utviklingen i Suldalsvatnet når det gjelder turbiditet og siktedyp er vist i figur 9. Partikkelforurensninger fra Sandsavatnet påvirket i 1982 hele Suldalsvatnet. Siktedypet ble redusert fra omlag 12 m til under 1,3 m. Turbiditeten i Suldalsvatnet varierte under tilgrumsningsperioden i området 1,7-3,8 FTU. Det var finfordelte partikler (størrelse $1 \mu\text{m}$ - $0,1 \mu\text{m}$) som bidro sterkest til turbiditeten i vannmassene, og som særlig påvirket vannets egenskaper.



Figur 8. Størrelsesforhold til Suldalsvatnet, Sandsavatnet og Blåsjø.



Figur 9. Variasjoner i turbiditet og siktedyb i Suldalsvatnet i perioden 1981-1985.

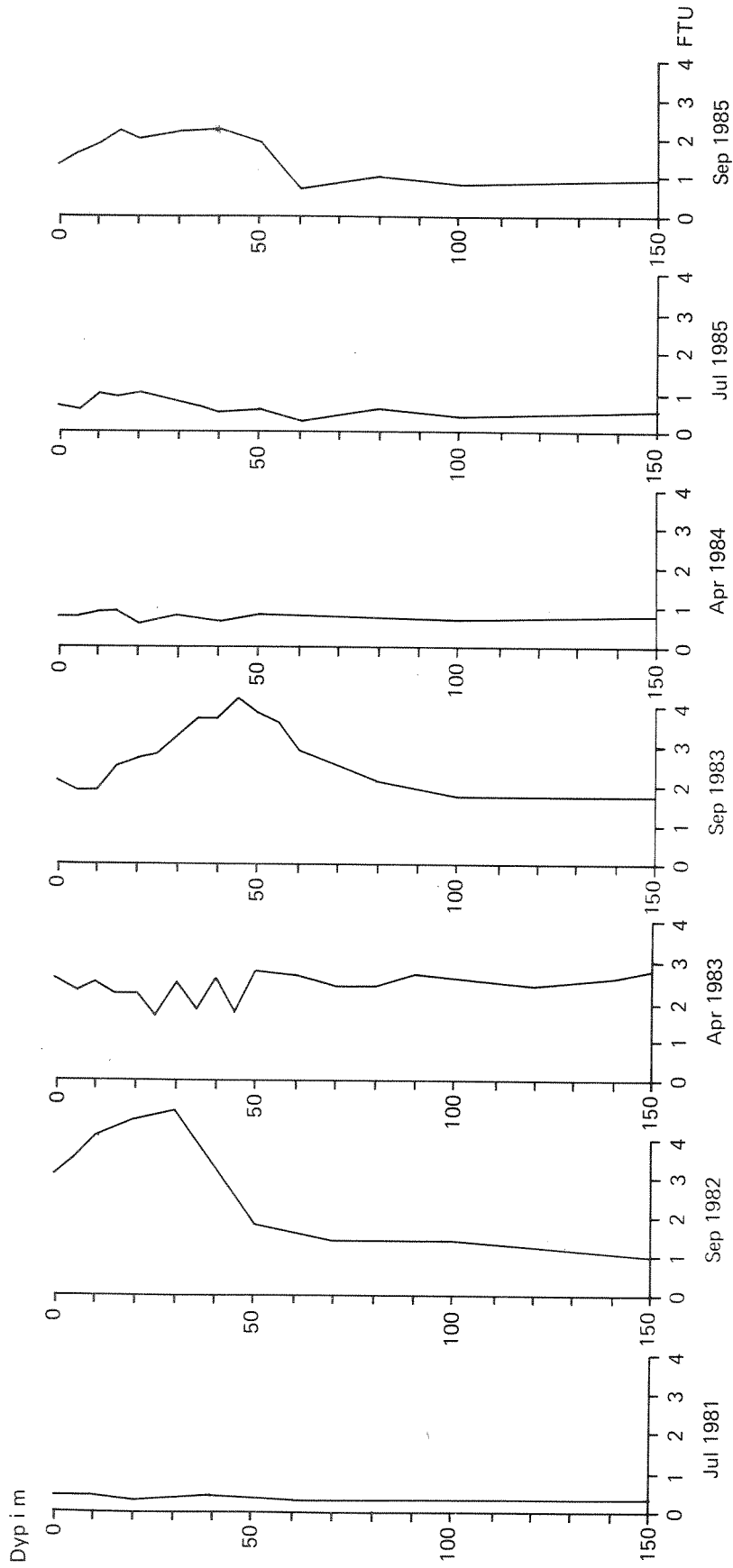
Disse bestanddeler holder seg lenge svevende i vannmassene, og de sedimenterer ganske langsomt (figur 10). Etter en forbigående minskning i partikkelforurensningen fra Sandsavatnet i 1984, ble det ettersommeren 1985 påvist en ny økning i turbiditet, og redusert siktedyp i Suldalsvatnet.

Partikkelforurensningen i Suldalsvatnet medfører konsekvenser for organismeliv og produksjonsforhold. Dette henger sammen med hvordan partiklene bl.a. innvirker på vannkvalitet og lysklima i innsjøen. Forholdene vil bli omtalt noe nærmere.

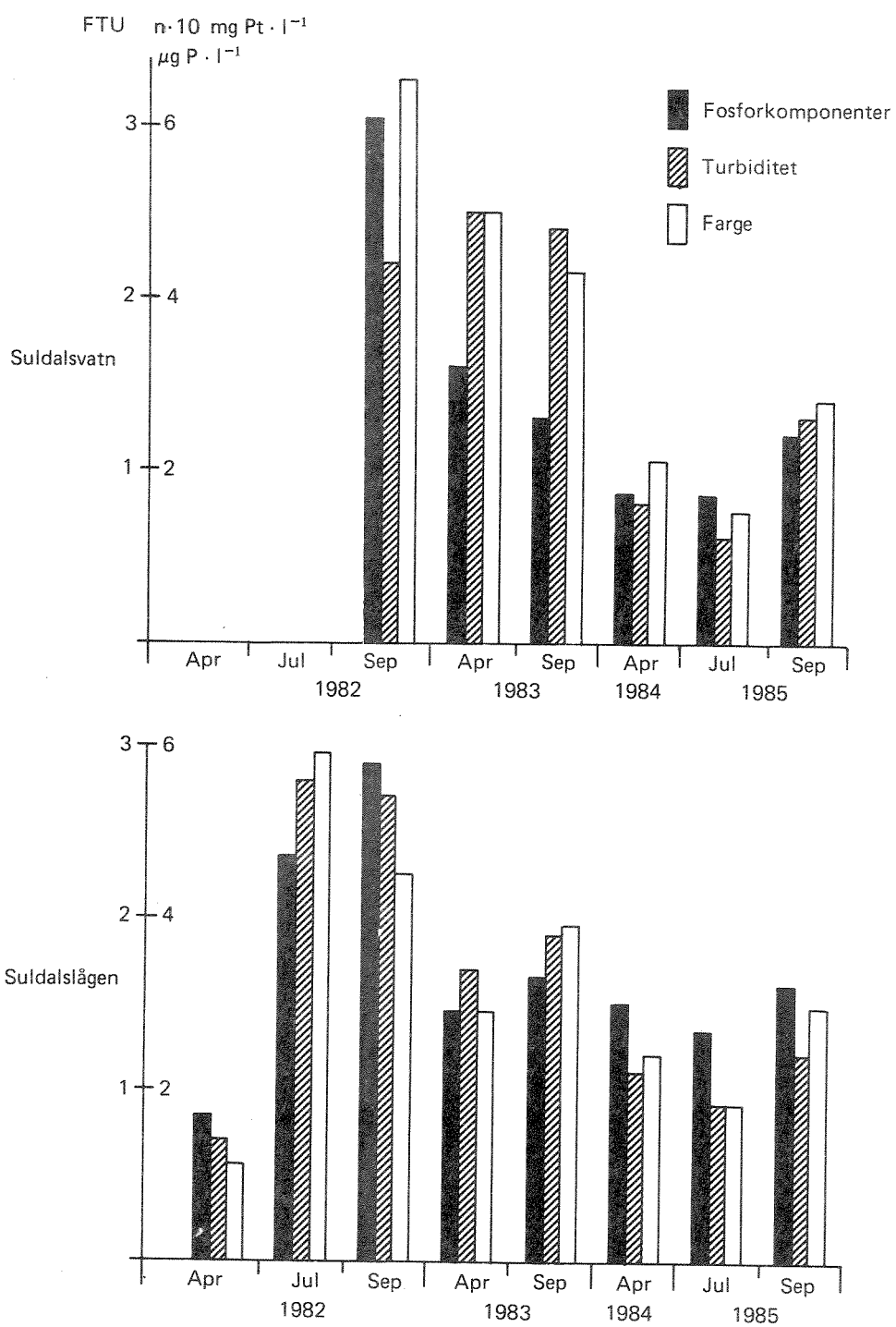
Den aktuelle partikkelforurensnings natur og egenskaper er undersøkt (NIVA 1982 I, 1984). Etter hvor finfordelt partiklene er, oppstår forskjellige faser av tilstandsformer. Det dispergerte stoff (partiklene) er karakterisert av meget store overflatearealer, og har stor adsorpsjonskapasitet. Adsorpsjonsegenskapene innebærer bl.a. at ioner av oppløste stoffer konsentreres på grenseflatene mellom partiklene og vannfasen. Dette gjelder f.eks. fosfationer som effektivt blir adsorbent til partiklene. Fosfor-forbindelser følger derfor partikkelfraksjonen i vannmassene i stor grad. I figur 11 er det - med utgangspunkt i analyseresultatene fra undersøkelsesperioden 1982-1985 - vist hvordan faktorene farge, turbiditet og fosfor-forbindelser varierer i et samsvarende forhold i vannmassene. Dette gjelder både for Suldalsvatnet og Suldalslågen.

Det kan nevnes at adsorbent fosfor i partikkelfraksjonen er tilgjengelig for alger som fosforkilde til vekst (NIVA 1982 I).

Turbiditet 1981—1985



Figur 10 Vertikal fordeling av partikkelforurensning i Suldalsvatnet.



Figur 11 Variasjoner i vannmassenes innhold av fosforkomponenter, turbiditet og farge.

Lysklima

Hvordan sollyset når fram til plantene i vannmassene, er avgjørende for hele det akvatiske økosystem. Praktisk talt all energi som de biokjemiske prosessene i organismelivet er avhengige av, kommer fra sollyset. Før sollyset blir tilgjengelig for organismene som har klorofyll (primærprodusentene), blir det påvirket og modifisert gjennom refleksjon, brytning, absorpsjon og spredning. Sammensetning og styrke av lyset som trenger ned i vannet er helt avgjørende for bl.a. fotosynteseaktiviteten. Turbiditetens store betydning for lysklimaet i vannmassene følger av dette, og dermed den regulerende virkning på biologiske prosesser i vannforekomsten (Steine 1986).

Partikler av den aktuelle type i Suldalsvatnet medfører at innfallende lys blir spredt. Dette kommer f.eks. til syne gjennom den såkalte Tyndall-effekt. Lysstråler som sendes inn i vannet, kan bli sett vertikalt på stråleretningen, forårsaket av brytning og avbøying av det innfallende lyset. På grunn av partiklenes små dimensjoner er det vanskelig direkte å se dem. Men et diffust lys gjør seg gjeldende fra strålebunten. Vannet viser en blakning. Det er mange forhold som innvirker på lysspredningen. Den er f.eks. avhengig av partiklenes stofflige sammensetning, deres størrelse, farge og mengde. Når partikkelstørrelsen øker, vil langbølget lys (rødt) bli spredt mer enn kortbølget lys (blått). En forskyvning av spredningsfordelingen mellom blått og rødt lys kan også skje når partikkelmengden øker.

Spredningsfenomenet innebærer at lyset tilbakelegger en lengre strekning i vannet før det kommer frem til et gitt punkt, sammenliknet med hva det ville ha gjort uten at spredning fant sted. Den lengre distanse og energitapet som følger av brytning og refleksjon fra partiklene, medfører at de bølgelengder som påvirkes mest, samtidig blir raskest svekket i vannet.

Stoffproduksjon gjennom fotosyntese finner sted i Suldalsvatnets øverste vannlag (eufotisk sone) hvor det er tilstrekkelig lystilgang. Etterhvert som lysintensiteten avtar nedover i vannmassene, oppstår det en grense hvor det ikke lenger finner sted positiv stoffproduksjon. Dette dypet betegnes kompensasjonsnivået. Omlag 1% av overflatelystet finnes tilbake her.

Siktedypnivået (målt med Secchi-skive) gir en viss opplysning om kompensasjonsnivået - hvor plantenes fotosyntese er blitt så liten at den balanseres av plantenes ånding (respirasjon). Ved å måle siktedypet fremkommer et tilnærmet mål for utstrekningen av innsjøens eufotiske sone (Hutchinson 1957, Felföldy 1981). På grunnlag av observasjonene av siktedyp i Suldalsvatnet er det derfor mulig å gjøre teoretiske beregninger av endringer i innsjøens produksjonsvolum som følge av partikkelforurensningen i vannmassene. I tabell 8 er det sammenstilt resultater av slike beregninger.

Det er flere usikkerheter knyttet til beregninger utført på denne måten. Først og fremst gjelder det hvordan siktedyp og eufotiske soner er i samsvar med hverandre. I innsjøer med blankt vann er f.eks. den eufotiske sonen omlag 1,5 ganger siktedypet. Under forhold med klart vann kan den eufotiske sone være inntil tre ganger så stor i vertikal utstrekning som siktedypet. Usikkerhetene til tross, resultatene fra Suldalsvatnet forteller tydelig om store variasjoner i innsjøens produktive lag som følge av partikkelforurensningen. Det er behov for direkte målinger for å kunne kvantifisere virkningene på primærproduksjonen i Suldalsvatnet (NIVA 1984).

Tabell 8. Beregnete produksjonsvolum i Suldalsvatnet basert på siktedypmålinger

Observasjons- dato	Siktedyp m	Produksjonsvolum $10^6 \cdot m^3$	Produksjonsvolum %
05.07 1981	12,1	654	100
08.07 1982	2,0	188	29
14.09 1982	1,3	125	19
20.04 1983	2,9	280	43
14.09 1983	4,1	326	50
26.04 1984	9,0	494	76
10.07 1985	8,2	436	67
24.09 1985	4,6	370	57

Hylen-virkning

På innsjødelen mellom Suldalsporten og Suldalsosen er det påvist vannkvalitetsendringer etter overføring av vannmasser til Hylen kraftverk. Det er de nye strømningsforhold i Suldalsvatnet som sannsynlig har gitt årsak til dette. En stagnerende tendens i den aktuelle del av Suldalsvatnet gjør seg gjeldende, spesielt i tidsrommet november til mai. Det registreres under slike forhold f.eks. høyere stoffkonsentrasjoner i Suldalslågen ved Osvad enn det som preger vannmassene i Suldalsvatnets hovedbasseng (tabell 9 og 10). De hydrobiologiske konsekvenser av forholdet er ennå ikke studert.

Tabell 9. Kjemiske forhold i Suldalsvatnet (ved Solheimsvik).

Middelverdier for perioden 1982-1985.

Komponenter	Dyp m	1982 Sept.	1983		1984 Apr.	1985	
			Apr.	Sept.		Juli	Sept.
Surhetsgrad pH	0- 50	6,4	6,3	6,4	6,4	6,4	6,4
	0-200	6,3	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
Konduktivitet $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, 20 ⁰ C	0- 50	13,3	15,2	13,5	14,5	13,6	13,4
	0-200	14,2	15,4	14,5	14,5	14,0	14,4
Fargetall $\text{mg Pt}\cdot\text{l}^{-1}$	0- 50	85,4	43,0	56,9	19,3	20,0	44,3
	0-200	65,6	50,0	42,8	20,3	15,0	28,0
Turbiditet FTU	0- 50	4,0	2,2	2,9	0,8	0,8	2,0
	0-200	2,2	2,5	2,4	0,8	0,6	1,3
Fosforkomp. $\mu\text{g P}\cdot\text{l}^{-1}$	0- 50	11,1	3,0	3,5	1,7	2,3	2,5
	0-200	6,1	3,2	2,6	1,7	1,7	2,4
Nitrogenkomp. $\mu\text{g N}\cdot\text{l}^{-1}$	0- 50	484	253	213	285	205	208
	0-200	429	247	223	273	204	219

Forholdene i Suldalslågen

Utgangspunkt

Hydrobiologiske endringer på elvestrekningene mellom Suldalsosen og Sandsfjorden forårsaket av reguleringen, kan føres tilbake til fire hovedfaktorer:

- vannmengden i Suldalslågen er omlag halvert,
- dermed blir tilsig fra nærområdet mer fremtredende,
- samtidig er opprenskningseffekt av flommer sterkt nedsatt,
- og partikkelforurensning finner sted.

I det følgende vil resultatene av undersøkelsene i perioden 1982-1985 bli brukt til å belyse utviklingen som gjør seg gjeldende.

Vannkvalitet

Middelverdier for utvalgte kjemiske komponenter i Suldalslågens vannmasser er stilt sammen i tabell 10. De viser i store trekk hvor utslagsgivende Suldalsvatnet er til å prege vannkvaliteten i vassdraget. Kvalitetsforandringene i Suldalslågens vannmasser er derfor nær sammenfallende med de som er omtalt for Suldalsvatnet. Variasjonen i fosforkomponenter, turbiditet og farge kan illustrere forholdet (figur 11). Det samme utviklingsmønster går igjen for vannmassene i Suldalsvatnet og i Suldalslågen. Partikkelforurensningen er et fremtredende trekk også for Suldalslågen.

I perioder med liten vannføring i Suldalslågen (november-mai) er det etter Ulla-Førre-utbyggingen en tydelig innvirkning av nærnedbørfeltets avrenningsvann på vannkvaliteten. Det gjør seg f.eks. gjeldende en økning av stoffkonsentrasjonen (målt som konduktivitet - tabell 10), på strekningen mellom Osvad og Tjelmane bru. Dette henger

Tabell 10. Kjemiske forhold i Suldalslågen.

Middelverdier for perioden 1982-1985 for strekningen Suldalsvatnet til Sandsfjorden

Komponenter	1982			1983		1984	1985	
	Apr.	Juli	Sept.	Apr.	Sept.	Apr.	Juli	Sept.
Surhetsgrad pH	6,3	6,4	6,2	6,3	6,4	6,1	6,4	6,4
Konduktivitet $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}, 20^{\circ}\text{C}$	16,5	13,3	15,0	19,3	13,5	18,4	13,2	13,3
Fargetall $\text{mg Pt}\cdot\text{l}^{-1}$	11,4	59,2	44,9	29,1	39,0	23,8	17,7	29,5
Turbiditet FTU	0,7	2,8	2,7	1,7	1,9	1,1	0,9	1,2
Fosforkomp. $\mu\text{g P}\cdot\text{l}^{-1}$	1,7	4,9	5,8	2,9	3,3	3,0	2,7	3,2
Nitrogenkomp. $\mu\text{g N}\cdot\text{l}^{-1}$	241	295	481	261	232	251	223	206

Middelverdier for perioden 1982-1985 for de enkelte stasjoner.

Komponenter	Utl.Suldals- vatn, Osvad	Lunde bru	Nerheim bru	Førland bru	Litlehaga bru	Tjelmane bru
Surhetsgrad pH	6,3	6,3	6,4	6,3	6,2	6,3
Konduktivitet $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}, 20^{\circ}\text{C}$	14,3	14,6	15,3	15,2	16,7	16,4
Fargetall $\text{mg Pt}\cdot\text{l}^{-1}$	33,8	28,7	27,4	26,9		26,6
Turbiditet FTU	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,5
Fosforkomp. $\mu\text{g P}\cdot\text{l}^{-1}$	3,5	3,1	3,1	3,1	3,2	4,0
Nitrogenkomp. $\mu\text{g N}\cdot\text{l}^{-1}$	275	268	233	287	276	270

bl.a. sammen med at mengden fortynningsvann med lavt elektrolyttinnhold har avtatt i Suldalslågen etter Ulla-Førre-utbyggingen.

Begroing og tilslamming

Det er lite med opplysninger om vegetasjonen i Suldalslågen fra gammelt av. Undersøkelser av begroingsforhold i vassdraget har ikke blitt utført før Ulla-Førre-utbyggingen tok til. I forbindelse med fiskeribiologiske undersøkelser har det vært gjort enkelte, spredte observasjoner av algeforekomst i vassdraget (Lillehammer 1964, 1966). Med utgangspunkt i de få holdepunkter som foreligger, og den generelle kunnskap om algeutvikling i vestnorske elver, er det imidlertid mulig å danne seg et bilde av den opprinnelige begroing i Suldalslågen og den videre utvikling.

Før vassdragsreguleringene har det gjennomgående vært en sparsom forekomst av begroing i vassdraget. I områder med stryk, og hvor bunnen var dannet av store steiner (vannhastighet omlag $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), kunne det være frodig forekomst av trådformige alger. Det fremherskende preg har imidlertid vært en elvebunn med stein, grus og sand uten synlig begroing av alger. Også mosevegetasjon har hatt en beskjedne utvikling i vassdraget. Av annen høyere vegetasjon har enkelte undervannsarter og noen strandplanter - ca. 36 arter, Rørslett et al. 1975 - hatt utbredelse på lokale områder med sediment av finkornet materiale (vannhastighet omlag $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Det kan i denne sammenheng også vises til eldre botaniske optegnelser fra Rogaland fylke (Strøm 1888).

Etter Røldal-Suldal-utbyggingen ble vannføringen i Suldalslågen jevnet ut. Flommer med opprenskende virkninger ble sjeldnere. Algebegroingen ble bl.a. begunstiget av dette (miljøstabilisering - Skulberg 1985).

Da Hylen kraftverk kom i drift, ble vannføringen i Suldalslågen redusert til under halvparten av tidligere. Med dette ble fortynnings-effekten endret, og uten opprenskningsflommer ga forholdene anledning til øket forekomst av begroingsorganismer. Markerte endringer i

utvikling av algevegetasjon ble observert i løpet av undersøkelsesperioden 1981-1985. I hele perioden har det vært en tendens til økende forekomst av begroingsalger (NIVA 1981, NIVA 1984). Dette har særlig vært tydelig i Suldalslågens øverste del (Osvad - Førland bru). Men etter hvert har forholdet gjort seg gjeldende også videre nedover i Suldalslågen. Noen sammenfattende resultater kan illustrere utviklingen.

I tabell 11 og 12 er det vist hvordan den mengdemessige forekomst av begroing har endret seg på vassdragsstrekningen Suldalsvatnet - Sandsfjorden. Hele materialet av vektbestemmelser av begroingsprøver er benyttet (se avsnitt Utførte undersøkelser og Appendiks 1). Hvordan begroingsmengden varierer på de enkelte avsnitt av Suldalslågen er vist i tabell 12. Også dette er en sammenfatning av hele observasjonsmaterialet for undersøkelsesperioden.

Tabell 11. Forandringer i begroingsforekomst i Suldalslågen

Vektbestemmelser av begroingsprøver fra Suldalslågen innsamlet 1982-1985.

Alle observasjoner som årsgjennomsnitt.

Komponenter	Periode			
	1982	1983	1984	1985
Organisk materiale, mg · cm ⁻²	10	10	15	46
Uorganisk materiale, mg · cm ⁻²	15	105	120	221
Organisk materiale %	40	9	11	17
Uorganisk materiale %	60	91	89	83
Prøveantall	36	50	30	12

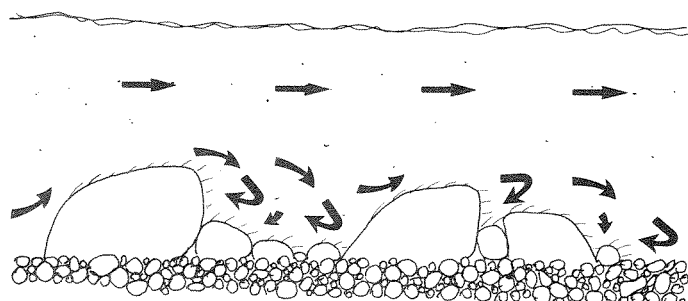
Tabell 12. Fordeling av begroingsmengde på vassdragsavsnitt i Suldalslågen.

Middelverdier for alle observasjoner i undersøkelsesperioden 1982-1985.

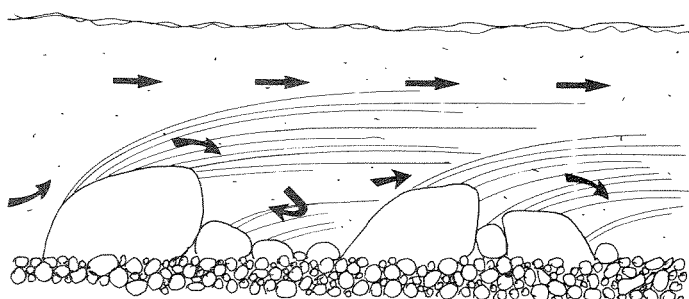
Vassdragsavsnitt	mg · cm ⁻²		%	
	org.	uorg.	org.	uorg.
Utl. Suldalsvatn - Lunde bru	13	63	17	83
Lunde bru - Førland bru	35	159	18	82
Førland bru - Tjelmane bru	18	65	22	78

Den omfattende tilslamming av Suldalslågen gjennom påvirkningen fra Sandsavatnet (1982, 1983) er tidligere behandlet (NIVA 1984). Sedi-
menterings- og filtreringsprosessen i algevegetasjonen medførte at det ble dannet et slambelegg av partikler. Algebegroingen og fremvekst av moser har vært av avgjørende betydning for forløpet av denne utvikling. Selv om detaljer ikke er forstått når det gjelder de aktuelle virkningsmekanismer, er det likevel mulig å gi en hovedbeskrivelse av hendelsesforløpet gjennom flere stadier.

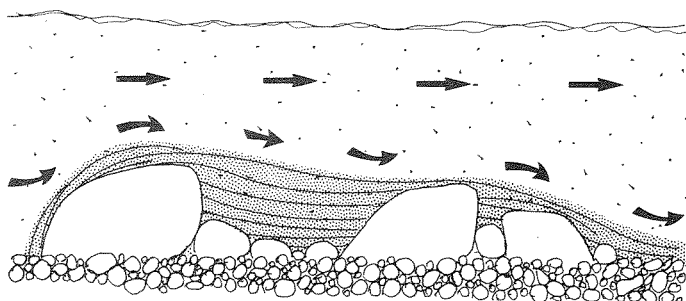
Algebegroingen startet øverst i Suldalslågen og spredte seg videre nedover (omlag til området ved Førland bru). Med overføringen av Sandsavatnet oppsto en betydelig partikkelforurensning av Suldalsvatnet (NIVA 1984). De findisperse partiklene sedimenterte langsomt i Suldalsvatnet og ble transportert ut i Suldalslågen. Her virket algebegroingen nærmest som et filter. Finslammet ble filtrert fra vannmassene. Et tildels tykt slamteppe ble etter hvert dannet over elvebunnen. På denne måten ble en ny type bunnssubstrat utviklet i store områder av Suldalslågen (se den skjematiske fremstilling, figur 12).



Stadium 1.
Elvbunn med steiner.
Liten algebegroing.
Vann med lite partikkelinnhold.
» Fjelleffekt »



Stadium 2.
Steiner på elvbunn
med frodig begroing av
trådformete grønnalger.
Vann med lite partikkel-
innhold.
» Skogeffekt »



Stadium 3.
Vann med høyt partikkel-
innhold. Algebegroingen
gir en god filteringsvirkning.
Det dannes et slamlag
over elvbunnen.
» Ørkeneffekt »

Figur 12. Skjematisk fremstilling av utviklingsforløpet med begroing og tilslamming i Suldalslågen.

Tabell 13. Oversikt over kvalitativ sammensetning av algevegetasjon i Suldalslågen

Antall identifiserte arter i prøver av plankton og benthos.

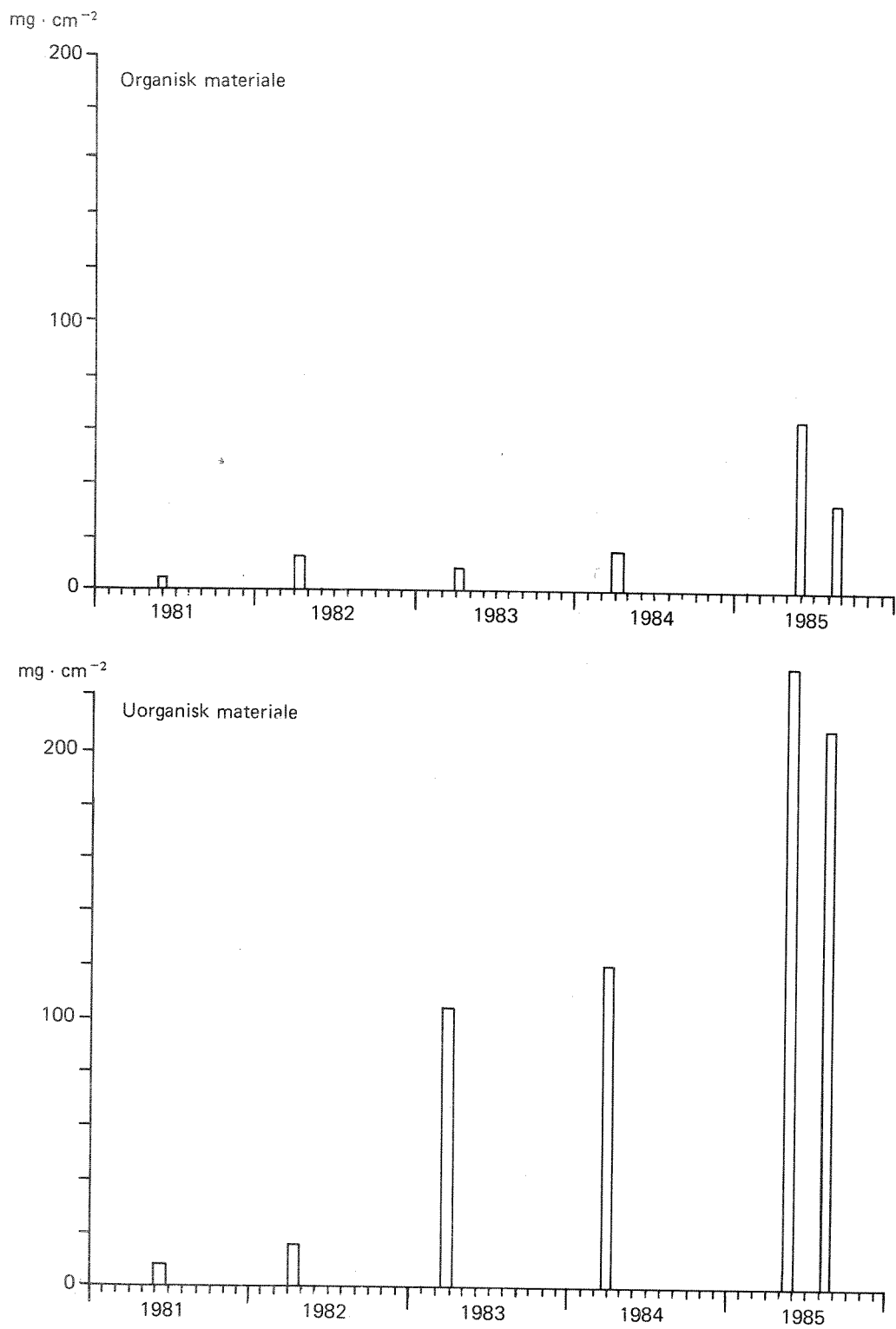
Systematisk klasse	Norsk navn	Artsantall
CYANOPHYCEAE	Blågrønnalger	16
CHLOROPHYCEAE	Grønnalger	45
BACILLARIOPHYCEAE	Kiselalger	21
DINOPHYCEAE	Fureflagellater	3
RHODOPHYCEAE	Rødalger	4

Tabell 14. Identifiserte moser i Suldalslågen

Fontinalis antipyretica Hedw.
F. dalecarlica B.S.G.
F. squamosa Hedw.
Hygrohypnum ochraceum (Wils.) Loeske
Marsupella emarginata (Ehrh.) Dum.
Meesia triquetra (L.) Aongstr.
Nardia compressa (Hook.) Gray
Racomitrium aciculare (Hedw.) Brid.
Scapania cf. dentata Dum.
Scapania undulata (L.) Dum.

Tabell 15. Karakteristiske arter i begroingsamfunn

CHLOROPHYCEAE (Grønnalger)	BACILLARIOPHYCEAE (Kiselalger)	CYANOPHYCEAE (Blågrønnalger)
Binuclearia tectorum	Ceratoneis arcus	Chamaesiphon confervicolus
Bulbochaete sp.	Cymbella turgida	Chamaesiphon curvatus
Closterium spp.	Diatoma hiemale var. mesolepta	Clastidium setigerum
Cosmarium spp.	Eunotia exigua	Lyngbya sp. (2 µm)
Draparnaldia sp.	Eunotia lunaris	Lyngbya sp. (4,5 µm)
Hormidium rivulare	Fragilaria cf. intermedia	Lyngbya sp. (14 µm)
Microspora amoena	Frustulia rhomboides	Oscillatoria bornetii
Microspora cf. floccosa	Gomphonema acuminatus var. coronata	Oscillatoria sp. (6 µm)
Microspora cf. palustris var. minor	Surirella spp.	Oscillatoria sp. (8 µm)
Mougeotia sp. (5-8 µm)	Tabellaria flocculosa	Phormidium sp. (7 µm)
Mougeotia sp. (10-14 µm)		Stigonema mamillosum
Mougeotia sp. (14-15 µm)		Tolypothrix distorta
Mougeotia sp. (17-20 µm)		
Mougeotiopsis calospora	CHRYSTOPHYCEAE (Gullalger)	RHODOPHYCEAE (Rødalger)
Oedogonium sp. (5-8 µm)	Hydrurus foetidus	Batrachospermum sp.
Oedogonium sp. (28-32 µm)		Lemanea condensata
Spirogyra sp. (26-30 µm)		Lemanea fluviatilis
Stigeoclonium sp.		
Zygnema sp. (20-23 µm)		
Zygnema sp. (26-30 µm)		



Figur 13. Middelværdier for organisk- og uorganisk materiale i be-
groingsprøver 1981-1985.

Denne tilslammingsprosessen kommer også tydelig til syne i resultatene fra vektbestemmelsene av begroingsprøvene (figur 13). Markerte forskjeller i andel av uorganisk materiale i prøvene gjør seg gjeldende, med raskt økende mengde frem til 1985.

Resultatene som foreligger (høsten 1985) gir holdepunkter for at utviklingsprosessen fortsatt gjør seg gjeldende i Suldalslågen. De store mektigheter med løsavsetninger i Sandsavatnet og nærområdet til innsjøen (se Appendiks 2) tilsier en langvarig påvirkning av vassdragssystemet.

Begroingssamfunn og arter

Algesamfunnet som danner begroing i Suldalslågen - tabell 13 og 15 - er hovedsakelig preget av grønnalger, kiselalger og gullalger (Zygnema-type, Israelson 1949). Viktige arter som inngår i begroingene er omtalt i rapporten om sestonundersøkelsene (NIVA 1984). Algevegetasjonens karakter er ikke nevneverdig forandret fra da, vurdert ut fra feltundersøkelsene utført i 1985 (se Appendiks 1). I vegetasjonen av moser inngikk ti arter - tabell 14. Det finner sted en mengdemessig økende forekomst av moser i Suldalslågen. Forholdet innebærer en mer langsiktig forandring av vegetasjonsutvikling i vassdraget.

HENVISNINGER

- Aadnøy, A. (1979): Rogaland. Bygd og by i Norge. Oslo.
- Felföldy, L. (1981): A vizek környezetana. Altalanos hidrobiológia. Mizógazdasági Kiadó. Budapest.
- Hetager, S.E. (1983): Fallskjønn Ulla-Førre. Ytelsesberegning. Notat. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Oslo. 28. november 1983.
- Hetager, S.E. (1985): En sammenfatning av de hydrologiske forholdene i Suldalslågen og Suldalsvatnet. Ulla-Førreutbyggingen. Skjønn-sesjon VIII. Oslo. Mai 1985.
- Hutchinson, G.E. (1957): A treatise on limnology. Volume 1. Geography, physics and chemistry. John Wiley & Sons, New York.
- Johansen, D.A. (1940): Plant Microtechnique. McGraw-Hill Book Company, New York, 523 pp.
- Lillehammer, A. (1964): Bunn- og drivfaunaen, deres betydning som føde for yngel av laks og ørret i Suldalslågen og Storelva. Hovedfagsoppgave i zoologi. Universitetet i Oslo.
- Lillehammer, A. (1966): Bottom fauna investigations in a Norwegian River. The influence of ecological factors. Nytt Magasin for Zoologi, Vol. 13, pp. 10 - 29.
- Lillehammer, A. (1984): Ecology of the Suldalslågen river in western Norway before its regulation. Fauna norv. Ser. A, 5, pp. 22-30.
- Nakling, H. (1980): De hydrologiske forhold i Suldalslågen før og etter Ulla-Førre-reguleringen. Ulla-Førre. Skjønn sesjon IV - Suldalslågen. Asker, 20. oktober 1980.

- Norsk institutt for vannforskning (1981): Foreløpige observasjoner av begroingsforhold i Suldalslågen 1981. O-8114, Blindern, 3. august 1981, pp. 1 - 16.
- Norsk institutt for vannforskning (1982 I): Vannkvalitet og begroingsforhold. Notat utarbeidet til møte i Sand, 23.11.1982. O-80114, Blindern, 18. november 1982, pp. 1 - 10.
- Norsk institutt for vannforskning (1982 II): Fremføring av vassdragsundersøkelser i Suldalslågen. Virksomhet i 1982 og planer for 1983. Brekke, 30. november 1982, pp. 1 - 17.
- Norsk institutt for vannforskning (1983): Arsakssammenheng mellom eventuelle endringer av bunnvegetasjonsforholdene i Suldalslågen og Ulla-Førre-reguleringen. O-80114, Oslo, 28. juli 1983, pp. 1 - 10.
- Norsk institutt for vannforskning (1984): Undersøkelse av partikkelforurensning i Suldalslågen 1981-1983. O-82070, Oslo, 6. mars 1984, pp. 1 - 75.
- Rørslett, B. & Johansen, S. (1984): Makrovegetasjon. I: Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi. Red. K. Vennerød, Norsk limnologforening, Universitetsforlaget, Oslo, pp. 155-166.
- Rørslett, B. & Skulberg, O. (1975): Høyere vegetasjon og vassdragsregulering i Suldalslågen. Norsk institutt for vannforskning. Rapport O-181/71. 17 pp.
- Skulberg, O.M. (1984): Begroing. I: Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi. Red. K. Vennerød, Norsk limnologforening, Universitetsforlaget, Oslo, pp. 167-179.

- Skulberg, O.M. (1985): Effects of stream regulation on algal vegetation. I: Regulated Rivers. Red. A. Lillehammer & S.J. Saltveit, Universitetsforlaget A/S, Oslo, pp. 107-124.
- Steine, I. (1986): Førebels fråsegn om innlandsfisket - Suldalsvatn. Skjønn Ulla-Førre anlegga - sesjon VIII 1985. Bergen, januar 1986.
- Strøm, B. (1888): Topografisk-statistisk beskrivelse over Stavanger amt. Norges Land og Folk. XI Stavanger Amt. H. Aschehoug & Co, Kristiania.
- Sylte, T. (1981): Laksen og Lågen. Suldalslågen gjennom 1000 år. Dreyer Bok, Stavanger, 120 pp.

APPENDIKS 1

- Fremgangsmåte ved prøvetaking og vektbestemmelse av begroingsmateriale
- Vektbestemmelser av begroingsmateriale på steinoverflater 1982 - 1985
- Observasjoner av forekomst av alger i Suldalsvassdraget 1984 og 1985

FREMGANGSMÅTE VED PRØVETAKING OG VEKTBESTEMMELSE AV BEGROINGSMATERIALE

Valg av prøvetakingsted

Området for observasjon omfattet vassdragsstrekningen Osvad (utløp Suldalsvatnet) til Tjelmane bru (innløp Sandsfjorden). Avsnitt av elven med jevn strøm og steindekket bunn er egnet til prøvetaking av begroing (Skulberg 1984). Små stryk hvor elvebunnen består av tettpakket stein av noenlunde samme størrelse gir gode betingelser. På de utvalgte steder blir det foretatt prøvetaking i et tverrsnitt av elven, med unntak i dypålen som er vanskelig tilgjengelig.

Uttak av prøver

Prøvene blir tatt fra ca. 15 - 60 cm dyp i elveprofilen. Det velges ut steiner med ca. 30 - 300 cm² begrodd overflate. Aktuelle steiner er omlag av størrelse 200 - 3000 g (noen ganger må også større steiner benyttes). Utvelgelsen av steiner blir gjort skjønnsmessig med bruk av vannkikkert. Steinene blir samlet inn med hånd, eventuelt ved hjelp av rive. De blir lagt i en plastpose for transport. Fra samme lokalitet blir det samlet inn 3 - 6 steiner. I tilfeller hvor det må benyttes stor stein, blir begroingsorganismene skrapet av, og bare materialet blir lagt i plastposen.

Behandling

De innsamlede steiner blir prøvetakingsdagen skrapet rene for begroing. Materialet grovsorteres i en mose- og alge-fraksjon. Prøven konserveres med alkohol (Johansen 1940) og oppbevares i vidhalset glassflaske. Bestemmelse av tørrvekt blir gjort gravimetrisk på materiale tørket ved 105⁰C i 12 - 24 timer (Rørslett et al. 1984). Glødetap blir bestemt på materiale etter gløding i 2 timer ved 480⁰C.

Mengdeangivelse

Resultatene av bestemmelsene angis som mg tørrvekt organisk eller uorganisk stoff pr. cm² overflate.

VEKTBESTEMMELSER AV BEGROINGSMATERIALE PÅ STEINOVERFLATER 1982-1985.

Strekningen	Lengde (km)	Organisk materiale ($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$)				
		1982	1983	1984	1985	1982-1985
Suldalsosen - Lunde bru	3,4	17,2	3,5	12,0	20,5	14,4
Lunde bru - Førland bru	5,7	7,0	7,5	15,0	80,1	34,8
Førland bru - Tjelmåne bru	11,8	8,0	6,3	18,0	40,4	17,5
Suldalsosen - Tjelmåne bru	20,9	13,6	5,3	15,0	43,7	21,5

Strekningen	Lengde (km)	Uorganisk materiale ($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$)				
		1982	1983	1984	1985	1982-1985
Suldalsosen - Lunde bru	3,4	17,4	119,8	130,0	143,6	77,2
Lunde bru - Førland bru	5,7	4,5	138,0	110,0	393,0	196,8
Førland bru - Tjelmåne bru	11,8	12,0	42,0	120,0	154,3	78,3
Suldalsosen - Tjelmåne bru	20,9	13,4	104,9	120,0	221,6	105,6

ARTER	Solheimsvika		Ut-løp		Lunde bru		Nerheim bru		Førland bru		Litlehauga bru		Tjelmåne bru			Suldalsosen		
	1984 2604	1985 1007 2409	1985 1007	1985 2509	1984 0105	1985 1107 2509	1984 0105	1985 1107 2509	1984 0105	1985 1107 2509	1984 0105	1985 1107 2509	1984 0105	1985 1107 2509	1985 2609	1984 0105	1985 1107 2509	1985 2609
Microspora spp.	1																	
Mougeotia sp. (5-8 µm)			1															
Mougeotia sp. (10-14 µm)																		
Mougeotia sp. (14-15 µm)	1																	
Mougeotia sp. (17-20 µm)																		
Mougeotia spp.																		
Oedogonium sp. (5-8 µm)																		
Oedogonium sp. (28-32 µm)																		
Oedogonium spp.																		
Oocystis lacustris	1																	
Pandorina morum																		
Penium polymorphum																		
Penium sp.																		
Pleurotaenium sp.																		
Sphaerocystis schroeteri																		
Spirogyra sp. (26-30 µm)																		
Spirogyra sp.																		
Staurastrum spp.																		
Staurodesmus sp.																		
Stigeoclonium sp.																		
Teilingia granulata																		
Zygnema sp. (20-23 µm)																		
Zygnema sp. (26-30 µm)																		
Zygnema sp.																		
BACILLARIOPHYCEAE																		
Achnanthes sp.																		
Cymbella turgida																		
Cymbella sp.																		

ARTER	Suldalsvatnet				Suldalslågen																			
	Solheimsvika		Ut- løp	Lunde bru				Nerheim bru				Førland bru		Litleha- ga bru		Tjelmane bru				Suldalsosen				
	1984 2604	1985 1007	1985 1007	1984 2504	1985 1107	1985 2509	1985 2609	1984 0105	1985 1107	1985 2509	1985 2609	1984 0907	1985 1107	1985 2509	1985 2609	1984 0105	1985 1107	1985 2509	1985 2609	1984 0105	1985 1107	1985 2509	1985 2609	
<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesolepta</i>				1				1																
<i>Eunotia exigua</i>				+				+																
<i>Eunotia lunaris</i>				+	1	2		1	1	1	2													
<i>Eunotia</i> spp.	+			1	1			1	+	+	+													
<i>Fragilaria</i> sp.	1			2	2	+		2	+	+	+													
<i>Frustulia rhomboides</i>				+	+	+		+	+	+	+													
<i>Meridion circulare</i>																								
<i>Stenopterothia intermedia</i>																								
<i>Surirella</i> spp.				+	1	1		1	1															
<i>Synedra</i> sp.																								
<i>Tabellaria fenestrata</i>	+																							
<i>Tabellaria flocculosa</i>	1	1	2	1	2	1	1	2	2	1	2	+	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
CHRYSOPHYCEAE																								
<i>Dinobryon</i> spp.	1	3	3	3	2	4	1	2	3	1	1	4	4	1	2	1	4	3	1	1	2	4	2	2
<i>Hyalobryon ramosum</i>				1	1			1																
<i>Hydrurus foetidus</i>						2	2	2	2	2	2			1										
<i>Synura uvella</i>	1				1			1																
DINOPHYCEAE																								
<i>Ceratium hirundinella</i>																								
<i>Peridinium inconspicuum</i>	1	1	3	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	2	3	3
<i>Peridinium willei</i>				+	+																			
RHODOPHYCEAE																								
<i>Lemanea</i> sp.																								

Vurderingsskala: + Observert 3 Mye
 1 Lite 4 Dominant
 2 Vanlig

APPENDIKS 2

- Notat 29.5.1984.

SANSAVATNET - STATUS FØR VEGETASJONSPERIODEN 1984

NOTAT
ved
Olav Skulberg

Oslo, 29.5.1984

SANSAVATNET - STATUS FØR VEGETASJONSPERIODEN 1984

I det følgende kommenteres forholdene i Sandsavatn-magasinet i overgangen april - mai 1984.

Fotografiene 1-6 beskriver situasjonen i de blottlagte områder av strendene. En omfattende og intensiv erosjonsaktivitet ble observert. Sidebekker og vannstrømmer i skråningene ned mot magasinet transporterte store slammengder.

Karakteristiske verdier for sestoninnhold i Sandsavatnet i 1982 - 83 har vært i området $19 - 55 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (tørrvekt). Det ble tilsvarende under prøvetaking 27.4.1984 målt konsentrasjoner rundt $763 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ i vann som strømmet ut i Sandsavatn-magasinet. Sterk blakking av vannmassene gjorde seg gjeldende.

Noen beskrivende data for vannkvalitet i tilrenningsvann kan nevnes. Verdiene gjelder for ufiltrerte prøver:

pH	Konduktivitet 20 °C $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	Turbiditet FTU	Ortofosfat $\mu\text{g P} \cdot \text{l}^{-1}$	Ca $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
6.5	40	36	640	5.1

De observerte tilstander viser at det i tiden fremover blir en fortsatt partikkelforurensning av vassdraget. Situasjonen tilsier at oppfølgingsprogrammet som tidligere er drøftet med STATSKRAFTVERKENE raskt bør komme til operativ utførelse.



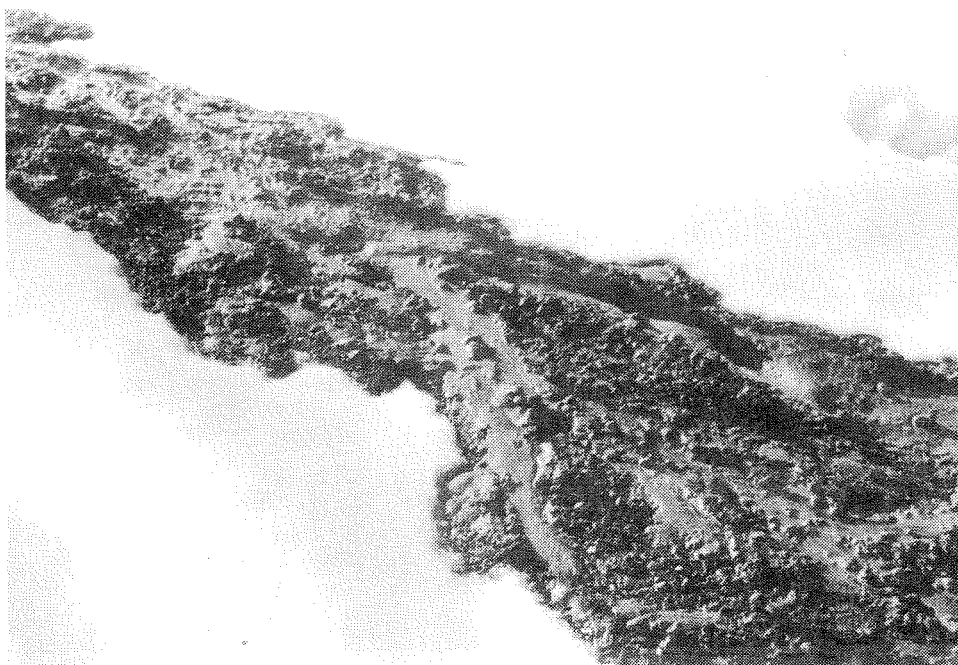
Fotografi 1. Sandsavatn-magasinet var sterkt nedtappet ved prøvetaking 25. april - 2. mai 1984.



Fotografi 2. Finkornige løsmasser i deltaavsetninger og som bunnsedimenter var blottlagt rundt hele strandpartiet.



Fotografi 3. Kombinasjon av smeltevann og nedbørvann laget transport av slampartikler utover is- og snøflatene.



Fotografi 4. Materialet av finkornige sedimenter fløt i strømmen ned mot magasinet.



Fotografi 5. Det var ennå ikke dannet noen erosjonshud, og store løsmassemektigheter lå ubeskyttet.



Fotografi 6. Dype raviner oppsto i løsmasseskråninger ned mot magasinet som dannet erosjonsbasis.