

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

O-75032

ALGEBEGROING I SURNAVASSDRAGET

Innvirkning av vassdragsreguleringen  
på algeutvikling og vannkvalitet

Oslo, 23. oktober 1980

Saksbehandler: Olav M. Skulberg

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: 0-75032
Undernummer:
Løpnummer: 1 2 4 4
Begrenset distribusjon:

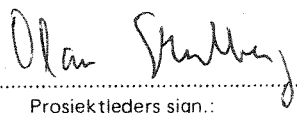
Rapportens tittel:  Algebegroing i Surnavassdraget, Møre og Romsdal  Innvirkning av vassdragsreguleringen på algeutvikling og vannkvalitet	Dato: 23. oktober 1980
	Prosjektnummer:
Forfatter(e):  Olav Skulberg	Faggruppe: Hydrobiologi
	Geografisk område: Møre og Romsdal
	Antall sider (inkl. bilag): 54

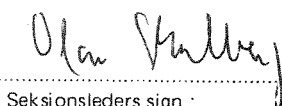
Oppdragsgiver: Nordmøre herredsrett	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

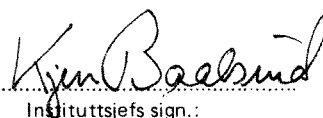
Ekstrakt:  
Problematisk algebegroing for utøvelse av laksefisket i Surnavassdraget, Møre og Romsdal, ble undersøkt ved en vassdragsundersøkelse 1975-1978. Vannkvalitet og biologiske forhold er påvirket av vassdragsreguleringen knyttet til Trollheim kraftstasjon. Masseforekomst av grønnalgen *Microspora amoena* er hovedsakelig betinget av reguleringsinngrepets stabiliserende virkning på miljøfaktorene nedstrøms utslipp fra kraftstasjonen.

4 emneord, norske:
1. Vassdragsregulering
2. Algebegroing
3. <i>Microspora amoena</i>
4. Vannkvalitet

4 emneord, engelske:
1. River regulation
2. Benthic algae
3. <i>Microspora amoena</i>
4. Water quality

  
Prosjektleders sign.:

  
Seksjonsleders sign.:

  
Instituttetsjefs sign.:

ISBN 82-577-0323-0

FORORD

Oppmerksomheten på forurensningssituasjonen og problemet med algebegroing i Surna kom tidlig frem, bl.a. gjennom undersøkelser til Landbruksselskapet i Møre og Romsdal. Laksefiskerne som fisket i Surna merket betydelig problemer med tiltakende algebegroing i elvas nedre løp i årene som fulgte etter at driften av Trollheimen kraftstasjon kom igang.

I 1975 ble det påbegynt en vassdragsundersøkelse av Surna. Det var Interkommunal nemnd for Surnavassdraget i fellesskap med Utbyggingsavdelingen - Fylkesmannen i Møre og Romsdal, som stod bak oppgaven som ble utført av Norsk institutt for vannforskning. Det har vært et nært samarbeid med Rindal kommune og Surnadal kommune i det praktiske opplegg av undersøkelsen.

I 1979 ble undertegnede oppnevnt som rettssakkyndig for Nordmøre herredsrett for saksområdet algebegroing og vannkvalitet i Trollheimskjønnene. Hovedinnholdet av denne rapport ble lagt frem som skriftlig erklæring fra sakkyndig til Nordmøre herredsrett på prosedyresesjon 30. juni 1980.

Ved Norsk institutt for vannforskning er det flere medarbeidere som har deltatt i undersøkelsen. Det rettes en hjertelig takk til alle for den gode faglige og praktiske støtte. Spesielt vil jeg nevne Jozsef Kotai, som har gjort en betydelig innsats både i felt og laboratorium i denne sammenheng.

Blindern, 23. oktober 1980

Olav Skulberg

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	2
SAMMENFATNING OG KONKLUSJON	6
1. PROBLEMSTILLING	11
2. GENERELT OM ALGEBEGROING	11
Algebegroing og praktiske problemer	11
Forhold i strømmende vann	13
Økologisk system	13
Temperatur	15
Lys	16
Næringsstoffkonsentrasjoner	16
Strømningsforhold	17
3. UNDERSØKELSER I SURNAVASSDRAGET - MATERIALE OG METODER	18
Tidssammenheng	18
Lokaliteter	18
Hydrokjemiske analyser	20
Observasjoner av algevegetasjon	20
Seston og algedrift	22
Vekstforsøk med testalger	22
4. KARAKTERISERING AV VASSDRAGET	23
Nedbørfelt	23
Geologiske forhold	24
Klima	24
Hydrologi	26
Menneskelig virksomhet	31
5. VANNKVALITET OG BIOLOGISKE FORHOLD	32
Hydrokjemi	32
Algevekstpotensial	38
Vegetasjon og begroingsforhold	40
6. VASSDRAGSREGULERINGENS INNFLYTELSE PÅ ALGEUTVIKLING	47
Lys	47
Temperatur	47
Strømningsforhold og kjemisk vannkvalitet	48
7. REFERANSER	51

TABELLFORTEGNELSE

	Side:
Tabell 1. Tidspunkt for prøvetaking i Surnavassdraget	18
Tabell 2. Stasjoner for innsamling av prøver	19
Tabell 3. Fysisk-kjemiske analysemetoder	21
Tabell 4. Skala for angivelse av mengdemessig forekomst av organismer.	22
Tabell 5. Geografiske forhold i nedbørfeltet	23
Tabell 6. Normal nedbørhøyde i mm. Surnadal og Rindal	25
Tabell 7. Observerte nedbørhøyder i mm ved Surnadal i perioden 1968-1979	25
Tabell 8. Aritmetiske måneds- og årsmiddel av vannføring i Surna ved Honnstad i perioden 1965-1978	27
Tabell 9. Nedbørfelt som inngår i Trollheimreguleringen	32
Tabell 10. Aritmetiske middelerverdier av fysisk- kjemiske analyseresultater i perioden 17.6.-4.10.1976.	35
Tabell 11. Aritmetiske middelerverdier av fysisk- kjemiske analyseresultater i perioden 25.2.-7.8.1977	36
Tabell 12. Algevekstpotensial i Surnavassdraget	39
Tabell 13. Dominerende arter av vannmoser i Surnavassdraget	40
Tabell 14. Algeforekomst i begroingsprøver - Surnavassdraget, øvre del	43
Tabell 15. Algeforekomst i begroingsprøver - Surnavassdraget, nedre del	44
Tabell 16. Vanlige algearter med stor forekomst i Surna	45

FIGURFORTEGNELSE

	Side:
Figur 1. Kartskisse av nedbørfeltet til Surnavassdraget.	11
Figur 2. Forhold mellom veksthastighet og konsentrasjon av begrensende næringsstoff. (Etter Kubitschek 1970)	17
Figur 3. Prøvetakingsstasjoner i Surnavassdraget	20
Figur 4. Lengdeprofil av vassdraget nedstrøms Trollheim kraftstasjon	28
Figur 5. Eksempler på vannføringsforhold før og etter vassdragsreguleringen	30
Figur 6. Spesifikk elektrolytisk ledningsevne og nitrat. Minimum, maksimum og aritmetiske middelerverdier i perioden 17. juni - 4. oktober 1976	37
Figur 7. Måling av algebegroing. Eksempler på begroingsmengde i vassdrag	41

## SAMMENFATNING OG KONKLUSJON

1. Oppgaven denne utredning behandler er presisert som en analyse av algebegroingsproblemet i Surnavassdraget på strekningen Trollheim kraftstasjon til innmunning i Surnadalsfjorden.
2. En vassdragsundersøkelse er foretatt av Norsk institutt for vannforskning. Hydrografiske og biologiske feltundersøkelser ble utført i 1976 og 1977. Ut over dette er det gjort enkelte prøvetakinger i vassdraget i 1975 og 1978.

Vassdragsundersøkelsen har omfattet fysiske, kjemiske og biologiske forhold i Surnavassdraget. Feltarbeidet besto i befaringer med observasjoner på utvalgte lokaliteter. Innsamling av vannprøver og begroingsmateriale ble gjort på åtte stasjoner fordelt på strekningen fra samløp Lomunda-Tiåa til innløp i Surnadalsfjorden.

3. Utbyggingen av Rinna-Bulu og Folla-Vindøla ble ferdig omkring 1970. Trollheim kraftstasjon ligger i Surnadal kommune omlag 25 km fra utløpet i fjorden. Hovedmagasinene er to oppdemninger i Folldalen-Gråsjøen og Follsjøen. Ved reguleringsinngrepet er  $579 \text{ km}^2$  av det omlag  $1200 \text{ km}^2$  store nedbørfelt (48%) fanget inn (NVE-Statskraftverkene, 10. mai 1979).
4. Etter gjennomført regulering fordeler vassdraget seg hovedsakelig på tre delområder (regnet fra utløpet):
  - Elvestrekningen fra Surnadalsfjorden til Trollheim kraftstasjon. En utjevning av vannføringen, og med større vannføring i perioden oktober til april, preger forholdene.
  - Elvestrekningen fra Trollheim kraftstasjon til samløp mellom Surna og Rinna. Reduksjon i vannføring preger forholdene.
  - Elvestrekningen som ikke er influert av vassdragsreguleringen, oppstrøms samløp med Rinna. Annen påvirkning og bruk av området antas ikke å ha endret naturlig vavføring nevneverdig.

Avhengig av klimatiske variasjoner og hvordan kraftstasjonen drives, vil det gjøre seg gjeldende store hydrologiske ulikheter fra år til annet.

5. De hydrokjemiske forhold i de tre vassdragsavsnittene er forskjellige.

Dette står i sammenheng med delnedbørfeltene geologiske egenskaper, forurensningsvirkninger og reguleringsinngrepet. Det plutselige sprang i vannkvalitet som gjør seg gjeldende, er knyttet til blandingen av vannmassene fra vassdragets grener ved utslippet fra kraftstasjonen.

Gjennomgående gjelder det som karakteristisk for vannmassene i Surna oppstrøms Trollheim kraftstasjon at det er relativt høye stoffkonsentrasjoner og store forskjeller i maksimums- og minimumsverdier. Tilsvarende nedstrøms Trollheim kraftstasjon er det relativt lave stoffkonsentrasjoner og små forskjeller i maksimums- og minimumsverdier.

6. Naturforhold og menneskelig påvirkning medfører at algevegetasjonen er frodig utviklet i Surnavassdraget. Mange arter inngår i begroings-samfunnene, og det er tildels stor mengde av enkelte arter.

Sammenfallende med Surnavassdragets hydrologiske tredeling etter reguleringsinngrepet (se punkt 4) gjør det seg gjeldende en ulik fordeling av algeforekomster i vassdraget:

- Elvestrekningen fra Surnadalsfjorden til Trollheim kraftstasjon. Det er dominerende forekomst i algebegroingen av den trådformige grønnalgen *Microspora amoena*. Til tider er det en stor algedrift i vannmassene av denne art.
- Elvestrekningen fra Trollheim kraftstasjon til samløp mellom Surna og Rinna. Algebegroing med betydelig innslag av blågrønnalger samt sopp, bakterier og protozoer (forurensningsindikatorer).
- Elvestrekningen som ikke er influert av vassdragsreguleringen. Artsrik algevegetasjon i tildels frodig forekomst.



Denne oversikt gjengir en hovedsakelig beskrivelse av forekomsten av begroingsalger i vassdraget. Den vil ikke gjelde for alle lokaliteter på de enkelte elvestrekninger, og algesamfunnet kan variere innenfor vide grenser med hensyn til artsriktighet og mengde på lokalitetene.

7. Enkelte år har det vært særlig stor begroing med grønnalgen *Microspora amoena* i Surnavassdraget nedstrøms Trollheim kraftstasjon. Det var tilfelle f.eks.:

1970	første halvdel av juni
1973	slutten av juli og begynnelsen av august
1974	juli
1975	slutten av juni, hele juli og begynnelsen av august
1977	slutten av juni
1978	slutten av juni og begynnelsen av juli

Underslike forhold blir utøvelsen av laksefisket sterkt vanskeliggjort. Den fastsittende algevegetasjon og løsvrevne algemasser som flyter i elven, fester seg til fiskeutstyret. Utstyret er tildels vanskelig å gjøre rent slik at det igjen effektivt kan benyttes til ny fangst.

8. Med bakgrunn i de utførte undersøkelser i Surnavassdraget, og den generelle kunnskap om algeutvikling i strømmende vann, kan det som sammenfattende konklusjon uttrykkes:

Faktorene som spiller størst rolle for algebegroingen i Surnavassdraget omfatter temperatur, næringstilgang og stabilitet i miljøet. Av disse faktorene er det den siste som reguleringsinngrepet i særlig grad har påvirket. Nedstrøms Trollheim kraftstasjon medførte vassdragsreguleringen at det ble etablert utpregede stabile miljøbetingelser.

- Strømningsforholdene er omtrent de samme gjennom tiden.
- Hele året slippes betydelige mengder vann.

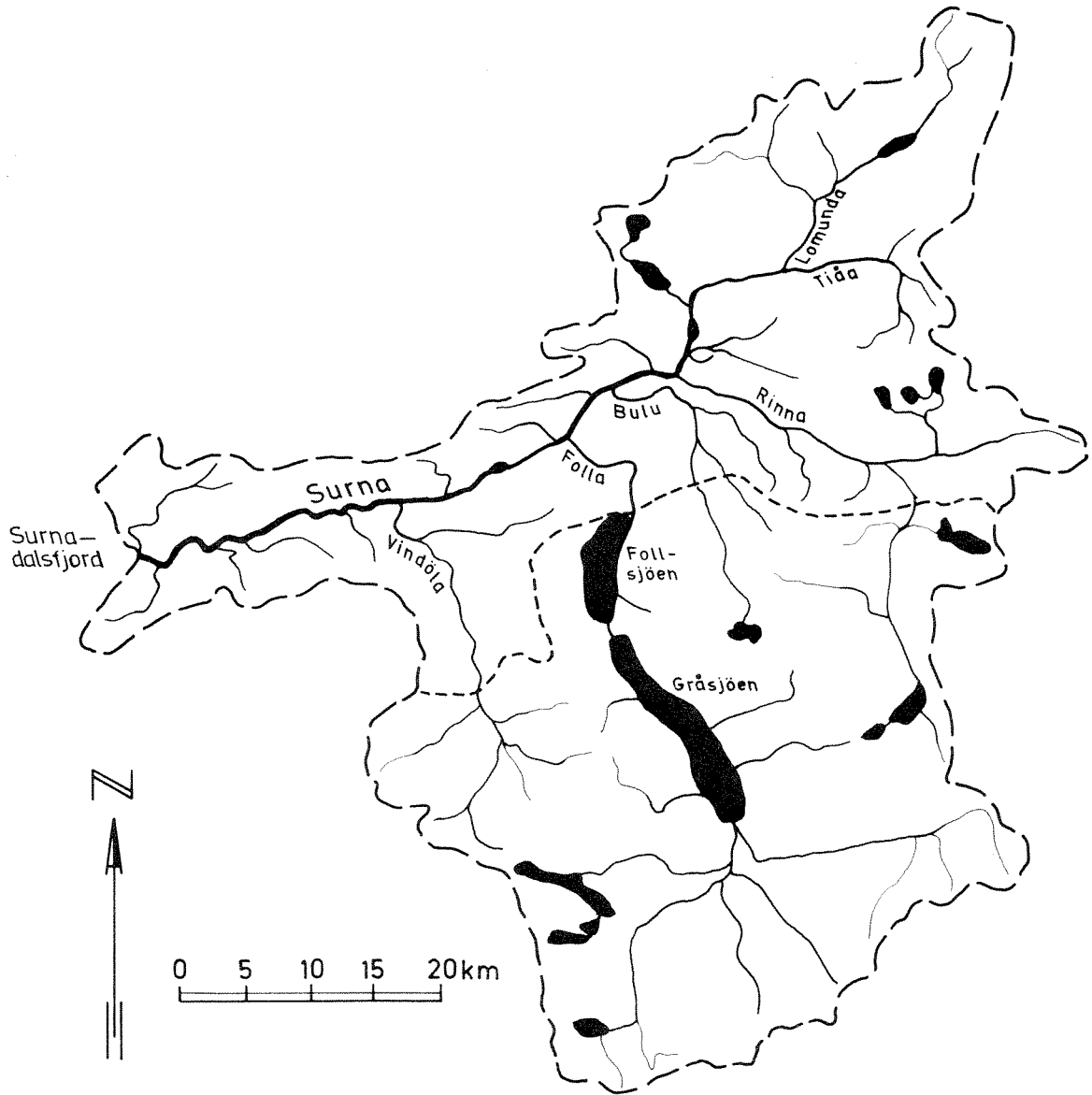
- Flomtoppene er redusert, og flommens opprenskende virkninger er avtatt.
- Vannmassene fra dypvannet i kraftverksmagasinet har forholdsvis jevn temperatur og utjevner temperaturen i nedre vassdrags-avsnitt.
- Konsentrasjonsvariasjonene i ellevannet fra øvre del av Surna er utjevnet med de store mengder vann som tilføres.

Vanntemperatur og næringstilgang vil være modifiserende faktorer. Lav temperatur om sommeren medfører nedsatt beiteaktivitet av dyr. Øket tilførsel med plantenæringsstoffer vil gi større algeproduksjon som igjen innebærer større algedrift i vannmassene.

De utjevne strømningsforhold i vassdraget nedstrøms Trollheim kraftstasjon har ført til at den art som konkurrerer best under de gitt forhold - grønnalgen *Microspora amoena* - kan danne masseforekomst. Jevnhet i det kjemiske miljø har ført til at begroingsalgen som er etablert, vil ha forhold som den trives med over lengre perioder sammenliknet med i naturlig vassdrag. Denne algen vil holde seg og vanskelig bli utkonkurrert av andre arter.

Når tilfellene med markerte problematisk algebegroing har funnet sted i spesielle år (se punkt 7), henger dette sammen med klimatiske forutsetninger. De år som algeproblemet ikke har gjort seg nevneverdig gjeldende har vært preget av avrenningsforhold som nærmer seg forholdene i uregulert vassdrag. Det har sannsynligvis av og til forekommet tilfeller med stor algevekst også før reguleringsinngrepet, da masseutvikling med trådformige grønnalger gjorde seg gjeldende. Reguleringsinngrepet har imidlertid medført at frekvensen av slike tilstander er blitt større, og at omfanget og grad av begroingsproblemet er vesentlig øket.

Fig. 1. Kartskisse av nedbørfeltet til Surnavassdraget.



## 1. PROBLEMSTILLING

Oppgaven denne utredning behandler er presisert som en analyse av algebegroingsproblemet i Surnavassdraget. Hensikten er å gi en vurdering av årsaker og virkninger som står i sammenheng med vassdragsreguleringen knyttet til Trollheim stasjon.

Oppmerksomheten på problemet med algebegroing i Surnavassdraget kom tidlig frem, bl.a. gjennom undersøkelser til Møre og Romsdal landbruks-selskap (1971, 1973).

Laksefiskere som fisker i Surna har merket betydelige problemer med til-takende algebegroing i elvas nedre løp i årene som fulgte etter at driften av Trollheim kraftstasjon kom i gang i 1968. Problemet har gjort seg ulike gjeldende de enkelte år. I 1975 var det f.eks. spesielt store problemer for utøvelsen av laksefisket. "Elva hadde et vegg til vegg teppe med begroingsalger". Vanskelighetene ble merket i en grad som gjorde at det oppsto engstelse for en direkte forringelse av vassdraget som lakseelv.

Det reiser seg mange spørsmål knyttet til et slikt algebegroings-problem. Hvilke alger dreier det seg om, hvor og når finner algeut-viklingen sted og hva er årsakene til algeforekomstene, trenger bl.a. belysning. Dette er noen aktuelle spørsmål som vi skal nærme oss i denne behandling av Surnavassdraget. Men før de konkrete forhold i Surnavassdraget blir drøftet kan det være formålstjenelig med en kort orientering om generelle sider ved algebegroing i vassdrag.

## 2. GENERELT OM ALGEBEGROING

### Algebegroing og praktiske problemer

Algebegroing gjør seg gjeldende i alle vassdrag, og algenes stoff-produksjon er en viktig andel av primærproduksjonen som utgjør natur-

grunnlaget for bl.a. fiskeavkastning. Forandringer i algebegroingens karakter og øket forekomst av alger har imidlertid konsekvenser for et vassdrags økologiske forhold og kan gi praktiske ulemper. Fiskeri- biologiske interesser kan bli influert på uheldig måte - bl.a. vanskeligheter for utøvelse av fisket. Vassdragsstrekninger kan få nedsatt anvendelighet i sammenheng med rekreasjonsmessige interesser. En algedrift i vassdraget kan gjøre seg gjeldende.

Det naturlige plante- og dyreliv er i seg selv en ressurs i vassdraget som det er nødvendig å verne om. Dette er grunnlaget for den biologiske produksjon som bl.a. fører fram til fisk. Algevegetasjonen er en positiv faktor i denne sammenheng. Samtidig gjennomfører organismesamfunnene ved sine livsprosesser et stoffskifte som er en viktig del av vassdragets selvrensningsevne. Organismesamfunnenes forekomst og mengdemessige utvikling har konsekvenser for vannkvalitet og vassdragets brukbarhet til ulike formål.

En økning av algebegroingen i et vassdrag vil medføre en større transport av organismer og organiske partikler med vannmassene. Dette gjør vannet mindre egnet til mange formål. Algevegetasjonen kan direkte redusere kvaliteten for drikkevannsformål. Indirekte kan algene medføre en påvirkning av vannets lukt og smak som er uheldig for vannets bruk til vannforsyning. Også fisk kan bli påvirket av slike luktstoffer som medfører nedsatt smakskvalitet.

Begroingen av grønske gir mange ulemper. Stor algevegetasjon gjør at vannet virker mindre tiltrekkende for ferie- og fritidssysler. Muligheter for å bruke badeplasser kan bli redusert eller ødelagt. Fisket blir influert på en uheldig måte. Det kan bli umulig å bruke garn og annen redskap på grunn av algemattene som fester seg til dem.

Løsrevne flak av begroingene flyter med vannmassene og fester seg i varegrinder og andre innretninger i vassdraget. Dette medfører økt arbeid med opprensning og tilsyn. Alle disse forhold er uønskede konsekvenser for de allsidige funksjoner et vassdrag har.

Sammenheng mellom algebegroing og innflytelse på gyteplasser for fisk er en viktig problemstilling. Det er regnet med at utvikling av vegetasjon som medfører at den opprinnelige stein- og grusbunnen blir tildekket, ødelegger lokalitetene som fullgode gyteplasser (Dannevig 1966, Andersen 1976). Imidlertid savnes direkte undersøkelser som belyser forholdet.

Det er en rekke miljøfaktorer som kontrollerer utviklingen av alger i et vassdrag (Hynes 1970). Til de viktigste hører temperatur, lys, strømforhold, substrat, vannkjemi og beiting av dyr. Algene har en vekslende utvikling gjennom årstidene og med meteorologiske betingelser. En vassdragsregulering har direkte og indirekte konsekvenser for så godt som alle de nevnte miljøfaktorer og deres innbyrdes sammenheng (Skulberg 1974).

#### Forhold i strømmende vann.

##### Økologisk system

Organismene i en elv kan med hensyn til den rolle de spiller i økosystemets stoffomsetning, deles inn i primærprodusenter, konsumenter og nedbrytere. De viktigste primærprodusenter er alger og høyere vannplanter. Disse er autotrofe organismer, dvs. de omformer uorganisk stoff til organisk materiale. Energien til denne prosess kommer fra sollyset som plantene absorberer i spesielle fargestoffer. Prosessen kalles fotosyntese. Ved fotosyntesen assimileres karbondioksyd som er karbonkilden for produksjon av organisk stoff. Ut over vann og karbondioksyd trenger plantene en rekke plantenæringsstoffer i større eller mindre mengde. De viktigste er nitrogen-, fosfor-, kalium- og magnesiumforbindelser. Oksygen blir avgitt ved fotosyntesen.

I likhet med andre organismer respirerer (ånder) også plantene. Herved frigjøres energi ved forbrenning av organisk stoff. Ved respirasjonen blir oksygen tatt opp og karbondioksyd avgitt.

Konsumentene lever enten direkte eller indirekte av hva plantene produserer. På denne måten dannes næringskjeder som begynner med en primærprodusent, og som kan omfatte mange ledd av konsumenter. Konsumentene er heterotrofe organismer, dvs. de utvinner energi og næring fra organisk materiale. Dette skjer ved respirasjon. Til konsumentene i elver hører f.eks. insektlarver, snegler, krepsdyr og fisk (Macan 1973).

Nedbryterne omvandler dødt organisk materiale til uorganiske forbindelser. De lever altså også heterotroft. De viktigste organismene i denne gruppen er bakterier, sopp og protozoer. Nedbryterne sørger for at plantenæringsstoffene resirkuleres til primærprodusentene.

De tre organismegruppene - primærprodusenter, konsumenter og nedbrytere - gjennomfører tilsammen økosystemets biologiske energi- og stoffomsetning. De er alle avhengige av hverandres aktivitet.

I elver, som er åpne systemer, blir eksport og import av organisk materiale viktige faktorer for stoffomsetningen. Den organiske stoffomsetningen i en elv eller del av en elv kan sammenfattes i en ligning:

$$I + P = E + R \quad (\text{Odum 1956}).$$

I = import, P = primærproduksjon, E = eksport og R = respirasjon.

I respirasjonen er innbefattet alle organismers andel (produsenter, konsumenter og nedbrytere). Av spesiell interesse er konsumentenes respirasjon, siden det er i konsumentleddet bl.a. fisken hører hjemme. En forutsetning for fiskeproduksjon er organisk stoff dannet ved primærproduksjon eller tilført lokaliteten ved import. Det er imidlertid ikke likegyldig hva slags stoffer det er. Kvaliteten av det organiske materialet er avgjørende for forholdet mellom konsumentene og nedbryternes respirasjon. Tilførsel av organisk stoff ved kloakkvann-

forurensning vil f.eks. til stor del bli omsatt av nedbrytere, og ikke komme konsumentleddet direkte til gode. Algene er et viktig næringsgrunnlag for en rekke dyrearter, og vurdert som mat har de verdifulle egenskaper (Schlichting 1971).

Algebegroingens kvalitative sammensetning er av betydning for stoff- og energikretsløpet. Forandringer av algevegetasjonen, og da særlig mot dominans av blågrønnalger, forstyrrer den normale næringskjede og resulterer i nye næringskjeder. Disse fører ofte fram til mindre verdifulle sluttprodukter økonomisk vurdert, og samtidig oppstår akkumulering av alger på grunn av manglende nedbeiting.

Akkumulering av algebegroing i elver medfører praktiske ulemper for fiske, friluftsliv og vannforsyning. Problemer med algebegroing oppstår som følge av forurensninger eller reguleringer (Skulberg 1974). Det er en rekke faktorer som virker sammen og bestemmer den aktuelle algevegetasjonen i et vassdrag. Det er en vanskelig oppgave å utrede samspillet mellom disse faktorer og vassdragets reaksjon på ytre påvirkninger med hensyn til begroingens sammensetning og mengde.

I elver er algene gjerne de viktigste primærprodusentene. Utvikling av alger vil være avhengig av en rekke faktorer som temperatur, lys, næringsstoffkonsentrasjoner, strømningsforhold, bunnareal og forekomst av dyr. Begroingsmengden er i sin tur avhengig av produksjon, beiting og løsrivning.

### Temperatur

Temperaturen virker regulerende på enzymatiske prosesser som inngår i fotosyntesen. Små temperaturøkninger vil derfor kunne øke primærproduksjonen. Større temperaturendringer vil forandre algebegroingens artssammensetning fordi ulike arter har optimal vekst ved ulike temp-



eraturer. Ved en reduksjon av vannføringen vil temperaturens variasjonsbredde økes. Spesielt høyere sommertemperatur kan ventes å få konsekvenser - kvalitative og kvantitative - for begroingen. Generelt gjelder det imidlertid at fotosyntesen er mer begrenset av lysforhold enn av temperatur.

### Lys

Siden fotosyntesen drives med lysenergi, er lysforholdene av avgjørende betydning for algenes produksjon. Det er ikke grunn til å regne med at nye vannføringsforhold vil få noen betydelig innvirkning på lysklimaet, unntatt om vinteren da islegging vil redusere lyset. I perioder når elven er islagt, kan man derfor regne med at den arealmessige primærproduksjonen blir lavere enn under uregulerte forhold.

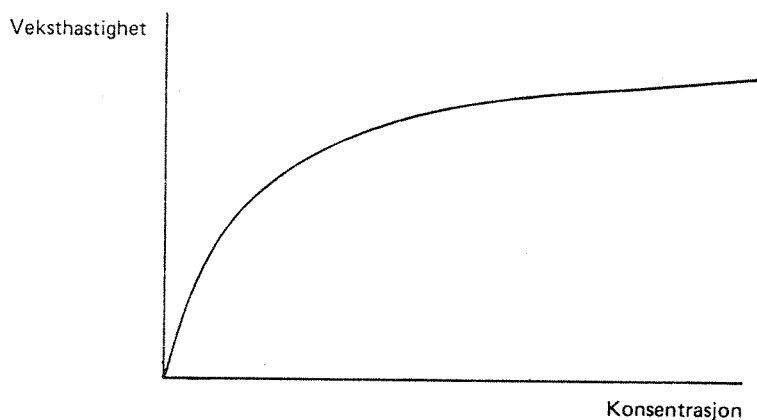
### Næringsstoffkonsentrasjoner

Når plantenæringsstoffene opptrer i lave konsentrasjoner, vil algenes veksthastighet bli begrenset. Forholdet mellom veksthastighet og næringsstoffkonsentrasjon har et forløp som er vist i følgende diagram (figur 2).

Det går fram av kurven at når konsentrasjonen av et begrensende næringsstoff er lav, vil små forandringer gi store utslag i algenes veksthastighet.

Husholdningskloakkvann inneholder store mengder suspenderte og oppløste organiske stoffer. Ved utslipp i en resipient vil heterotrofe mikroorganismer begynne å bryte ned det organiske materialet. Hvis tilførselene er store i forhold til resipienten, medfører denne ekstraordinære belastning en masseforekomst av slike organismer som danner slimete, gråhvite tepper (saprobiering). Ved nedbrytning forbrukes oksygen, noe som kan føre til oksygensvikt og utvikling av hydrogensulfid.

I tillegg til organisk stoff er kloakkvannet rikt på plantenæringsstoffer. Man regner med et bidrag på omlag 2,5 g fosfor og 12 g nitrogen pr. person og døgn til kloakkvannet. Kloakkvannsforurensning medfører derfor en gjødsling av resipienten. Et vesentlig bidrag med plantenæringsstoffer til vassdragene kommer fra jordbruksvirksomhet og husdyrhold. Det gjør



Figur 2. Forhold mellom veksthastighet og konsentrasjon av begrensende næringsstoff. (Etter Kubitschek 1970).

seg gjeldende en markert økning i anvendelse av handelsgjødsel. Intensivt husdyrbruk medfører en stor gjødselproduksjon. Gjødselpåvirkning stimulerer veksten av alger og planter i resipienten, og primærproduksjonen øker. Dette forløp kalles eutrofiering. Eutrofiering av elver gir seg utslag i form av økt biomasse av fastsittende alger (begroing), og en økt drift av alger i vannet (Skulberg 1974).

#### Strømningsforhold

I rennende vann er strømningshastigheten en viktig faktor for produksjonen av alger. Strømmen fornyer tilgangen på næringsstoffer og transporterer bort biprodukter fra metabolismen (Odum 1956, Hynes 1970). Derved forsterkes gradienten i næringskonsentrasjonen rundt algecellene og opptaket lettes (Whitford et al. 1961). Algeproduksjonen i en elv vil ofte variere med strømhastigheten.

Det strømmende vannets mekaniske effekt er også av stor betydning for utviklingen av algebegroing i elver. Store variasjoner i vannføring og strømningshastighet som kjennetegner uregulerte vassdrag, gir periodevis løsrivning av algevegetasjonen. I elver med små vannføringsvariasjoner begunstiges vegetasjonen av de stabile forholdene slik at masseforekomst blir muliggjort.

### 3. UNDERSØKELSER I SURNAVASSDRAGET - MATERIALE OG METODER

#### Tidssammenheng

Det har vært gjort enkelte befaringer og undersøkelser av Surnavassdraget som har gitt holdepunkter om hydrobiologiske forhold i vassdraget. I 1968 ble det gjort observasjoner av Norsk institutt for vannforskning i august i forbindelse med vurderinger av resipientproblemer. Sommeren 1975 ble det foretatt en befaring i august av vassdraget med innsamling av kjemiske og biologiske prøver. Undersøkelser av Surnavassdraget ble gjennomført i 1976 og 1977 (Norsk institutt for vannforskning 1977, 1978).

I tabell 1 er det gitt en oversikt over tidspunktene for feltarbeid og prøvetaking i Surnavassdraget.

Tabell 1. Tidspunkter for prøvetaking i Surnavassdraget.

ÅR	DATO				
1968	20/8				
1975	13/8				
1976	17/6	1/8	7/9	4/10	
1977	28/2	20/6	30/6	5/8	

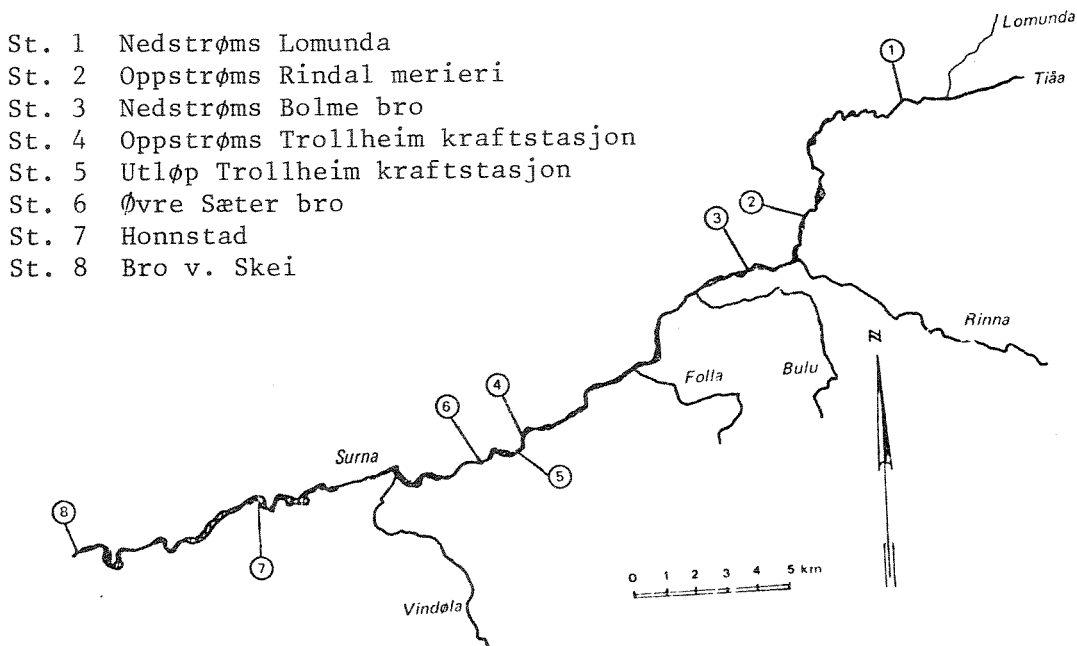
#### Lokaliteter

Undersøkelsen har omfattet fysiske, kjemiske og biologiske forhold i vassdraget. Feltarbeidet besto i befaringer med observasjoner på utvalgte lokaliteter, innsamling av vannprøver og begroingsmateriale på åtte stasjoner i Surnavassdraget. På kartskissen figur 3, er det gitt en oversikt over lokalitetenes geografiske beliggenhet. Kartreferanser for stasjonene er angitt i tabell 2.

Tabell 2. Stasjoner for innsamling av prøver.

Stasjon	Lokalitet	Kartreferanse			
1	Nedstrøms Lomunda	1521	III.	13 96	8 4.5
2	Oppstrøms Rindal	1421	II.	10 93	5 0
3	Nedstrøms Bolme bro	1421	II.	08 91	6 3
4	Oppstrøms Trollheim kraftstasjon	1421	II.	00 81	8.5 1
5	Utløp Trollheim kraftstasjon	1421	II.	00 85	8 9.5
6	Øvre Sæter bro	1420	I.	99 85	5 9.5
7	Honnstad	1420	I.	92 84	0 9.5
8	Bro ved Skei	1420	I.	85 83	8.5 5

Figur 3. Prøvetakingsstasjoner i Surnavassdraget.



### Hydrokjemiske analyser

De kjemiske analysene omfatter komponentene pH, el.ledn.evne (konduktivitet), farge, turbiditet, kjemisk oksygenforbruk, ortofosfat, total fosfor, nitrat, total nitrogen, klorid, jern, kalsium og magnesium. Analysene ble utført ved NIVA's kjemiske laboratorium i Oslo. De rutinemessige metoder som ble benyttet er angitt i tabell 3.

### Observasjoner av algevegetasjon

Ved prøvetakingen av begroingssamfunn med alger ble innsamlingene gjort fra utsnitt av lokaliteter hvor forholdene var så godt overensstemmende som mulig med hensyn til strøm og eksponerthet. Det var imidlertid vanskelig å finne slike steder på alle stasjoner, da elvestrekningenes topografi og utforming varierte på de ulike avsnitt. Innenfor rammen av opplegget begrenset feltarbeidet seg til å gjelde de kvantitativt viktigste organismsamfunn.

Hovedvekten av undersøkelsen ble lagt på beskrivelsen av algeforekomst. Under feltarbeidet ble det innsamlet prøver som representerte henholdsvis organismsamfunn på bunnen (benthos) og de frittstrømmende vannmassers innhold av organismer og partikulær substans (seston).

Tabell 3. Fysisk-kjemiske analysemetoder.

Analyseparameter	Enhet	Analyse- grense	Analyseprinsipp
Surhetsgrad	pH	0,1	Potensiometrisk måling, pH-meter og glasselektrode
Konduktivitet, 20°C Spesifikk elektrolytisk ledn.evne	Kond, µS/cm	2	Konduktometrisk måling, direktevisende instrument
Fargetall	mg Pt/l	5	Fotometrisk måling ved 430 nm, NS 4722
Turbiditet	FTU	0,1	Nefelometrisk måling, NS 4723 (Hach turbidimeter 2100 A)
Total fosfor	µg P/l	0,5	UV-belysning i ½ time ved nærvær av hydrogenperoksyd i surt miljø fulgt av bestemmelse som ortofosfat
Ortofosfat	µg P/l	0,5	Autoanalysator; molybdenblåttmetoden med ascorbinsyre som reduksjonsmiddel
Total nitrogen	µg N/l	20	UV-belysning i ½ time ved nærvær av hydrogenperoksyd i surt miljø, fulgt av reduksjon i sink-kolonne og bestemmelse som ammonium
Nitrat	µg N/l	10	Autoanalysator; reduksjon i kadmium/kobber-kolonne til nitritt og bestemmelse av dette som et azo-fargestoff
Jern	µg Fe/l	10	Atomabsorpsjonsanalyse, luft/acetylenflamme
Kalsium	mg Ca/l	0,02	Atomabsorpsjonsanalyse, luft/acetylenflamme
Magnesium	mg Mg/l	0,01	Atomabsorpsjonsanalyse, luft/acetylenflamme
Klorid	mg Cl/l	0,2	Autoanalysator; reaksjon med kvikksølv (II) tiocyanat og bestemmelse av frigjort mengde tiocyanat ved kompleksdannelse med jern (III)
Kjem.oks.forbruk (dikromatmetode)	mg O/l	5	Koking i 2 timer med kaliumdikromat og svovelsyre, tilsatt sølvsulfat som katalysator
Kjem.oks.forbruk (kaliumpermanganat metode)	mg O/l	0,5	Koking i 20 min. med kaliumpermanganat i surt miljø NS4732

Prøvene ble ved innsamlingen delvis undersøkt i levende tilstand og deretter konserverert i nøytralisert formalin. I laboratoriet ble prøvene bearbeidet videre etter de rutinemessige, kvalitative metoder med subjektiv vurdering av forekomst. Ved denne bedømmelse av forekomst ble mengdeangivelsene i tabell 4 benyttet. Metoder og arbeidsmåte ved de biologiske undersøkelser er tidligere beskrevet (Skulberg 1959).

Tabell 4. Skala for angivelse av mengdemessig forekomst av organismer.

Betegnelse for forekomst i prøven	Kvantitetsgruppe
Tilstede	+
Sjelden	1
Sparsom	2
Vanlig	3
Hyppig	4
Dominant	5

#### Seston og algedrift

Seston er en fagbetegnelse for vannets innhold av partikler som lar seg sile ut (Skulberg 1978). Det består av organiske og uorganiske partikler og organismer.

Det ble foretatt observasjoner av algedrift på enkelte vassdragsstrekninger i sammenheng med de biologiske befaringene ved hjelp av planktonhåv (maskevidde 25  $\mu\text{m}$  - åpningsdiameter 30 cm). På utvalgte observasjonssteder ble det gjort innsamling av 5 minutters varighet. Det innsamlede materialet ble undersøkt ved mikroskopisk analyse (Lindstrøm et al. 1976).

#### Vekstforsøk med testalger

Det ble utført enkle biotester for å bedømme vannmassenes vekstegenskaper for alger. I disse forsøkene er grønnalgen *Selenastrum capricornutum* NIVA-CHL 1 anvendt som testorganisme (Skulberg 1967, Källqvist 1973).

I korthet går metoden ut på at vannprøven blir filtrert og podet med en liten mengde encellede testalger i en glasskolbe. Kulturen blir plassert i et rom med konstant temperatur og belysning. Algeveksten blir bestemt ved daglige tellinger av celler med en elektronisk partikkelteller. Testen avsluttes når algene har sluttet å vokse. Celleutbyttet i kulturen er et mål på vannets vekstpotensial for alger.

Vekstbegrensende næringsstoffer kan identifiseres ved å tilsette forskjellige næringsstoffer til vannprøven og utføre algevekstforsøk. Det næringsstoff som gir en økning av celleutbyttet, er begrensende for vekst av testalgen i vannprøven (Kotai et al. 1978).

#### 4. KARAKTERISERING AV VASSDRAGET

##### Nedbørfelt

Surnavassdraget i Møre og Romsdal fylke drenerer et stort område av Trollheimens nordlige skråninger (figur 1). Vassdraget munner ut i Surnadalsfjorden. Elvene Lomunda og Tiåa nordøst i nedbørfeltet møter Rinna og Bulu i Rindal kommune. Etter samløp med Folla i Surnadal kommune dannes Surna som tar opp Vindøla. Noen hovedtrekk av de geografiske forhold i nedbørfeltet fremgår av tabell 5.

Tabell 5. Geografiske forhold i nedbørfeltet.

Areal	km <sup>2</sup>	Prosent av samlet areal
Fjell og skog	1093	91
Myr	50	4,2
Vann	30	2,5
Jordbruksområde	28	2,3
Tilsammen	1201	100



### Geologiske forhold.

Nedbørfeltet ligger i gneisregionen i den kaledonske fjellkjede med over-skjøvne fjellblokker i sterkt foldede lag fra kambrium til silur (Holte-dahl 1953). Langs Surnadalen strekker det seg en forlengelse av Trond-heim-feltets bergarter. Dette utgjør en fold som er presset ned i gneis-regionens eldre berggrunn. Kwartsskifre, grønnskifre og glimmerskifre er viktige bergarter i denne sammenheng. Grå kalkstein kan også forekomme som smale lag.

I avsmeltningstiden etter siste istid trengte havet inn over de laveste kystområdene. Den marine grense varierer fra omlag 50 m ute ved kysten til 150 m i de innerste deler av Surnadalen. Marine avsetninger med leire ligger i dette området under andre jordarter de fleste steder. Men langs Surna kan f.eks. grus og sandmasser være ført vekk slik at leire kommer fram i dagen enkelte steder. I hoveddalen er det betydelige mengder av sandjord og grusholdig sandjord.

I området ovenfor den marine grense er det forekomster av forvittrings-jord av kambro-siluriske bergarter. Men det er morenejord som har størst arealmessig betydning. Terrenget er stort sett bakkete, bare langs hoveddalen er det forholdsvis flate strekninger.

### Klima.

Store og ofte raske skiftninger i været gjør det vanskelig å karakterisere de rådende klimatiske forhold i nedbørfeltet. Samtidig er det beskjedent med observasjonsmateriale fra Surnadalen. Den utpregede forskjell fra kyst til innland danner store gradienter langs dalføret. Nedbørfeltet strekker seg i en sone fra innlandsklima i sørøst til kystklima i vest.

Nedbøren har særlig interesse for forståelsen av vassdragets forhold. I tabell 6 er det gjengitt normale nedbørhøyder i følge observasjoner til Norsk meteorologisk institutt. Stasjonene som er brukt er Surnadal (39 m.o.h.) og Rindal (231 m.o.h.). Dalføret viser et overgangsklima, men bærer tydelig preg av å ligge på nordvestsiden av fjellheimen.

Tabell 6. Normal nedbørhøyde i mm. Surnadal og Rindal.

Stasjon	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Desember	Sum
Surnadal	111	109	111	99	97	96	110	119	143	163	115	116	1359
Rindal	99	99	96	75	51	82	92	106	116	134	94	100	1143

Den fremherskende vindretning om vinteren er østlig. Dette medfører gjerne kaldt og stabilt vær. Nedbøren kommer hovedsakelig med vind fra vestlig retning. De nedbørrikeste månedene er august, september og oktober. Det er relativt lite nedbør på forsommeren og frem til august.

For vurderingen av de hydrologiske forhold knyttet til Surnavassdraget er det av interesse å kjenne variasjonene i årsnedbør. I tabell 7 er de observerte nedbørhøyder ved stasjonen Surnadal for perioden 1968-1979 stilt sammen.

Tabell 7. Observerte nedbørhøyder i mm ved Surnadal i perioden 1968-1979.

År	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Desember	Sum
1968	193	141	128	99	58	61	52	24	65	229	17	41	1111
1969	38	33	76	93	40	30	132	96	208	224	148	93	1211
1970	41	28	55	36	36	54	155	91	167	172	61	143	1009
1971	93	146	122	50	99	111	153	98	236	296	270	335	2012
1972	0	6	56	101	47	96	52	86	174	199	169	31	1020
1973	163	184	227	161	111	109	83	127	219	247	219	191	2074
1974	88	62	18	106	65	103	112	128	86	128	30	144	1059
1975	181	80	42	103	118	95	76	68	200	262	72	481	1787
1976	200	111	113	122	22	102	117	84	223	16	101	106	1317
1977	40	26	46	91	51	125	105	41	160	65	105	137	912
1978	135	79	53	77	18	83	128	170	249	223	275	57	1547
1979	33	94	81	32	64	77	162	125	251	92	90	94	1195

## Hydrologi

Hydrologiske data er fremskaffet gjennom observasjoner til Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE-Statskraftverkene 1979). Vannføringen ved Honnstad (VMNR 1524) som månedsmiddel for perioden 1965-1978 er stilt sammen i tabell 8. Det er store variasjoner i avrenningen gjennom året. Den største vannføring er gjerne i mai-juni, mens den minste vannføring er i januar-februar. Avrenningen gjennom året i nevnte observasjonsperioder varierte fra 43,10 til 74,55 m<sup>3</sup>/s.

Vassdragsreguleringen har hatt konsekvenser for de hydrologiske forhold, både regionalt i vassdraget og med hensyn til variasjonsmønster i vannføring gjennom året. Etter reguleringsinngrepet fordeler Surnavassdraget seg i hydrologisk sammenheng hovedsakelig på tre delområder:

- Elvestrekningen fra Surnadalsfjorden til Trollheim kraftstasjon. En utjevning av vannføringen, og med større vannføring i perioden oktober til april, preger forholdene.
- Elvestrekningen fra Trollheim kraftstasjon til samløp mellom Surna og Rinna. Reduksjon i vannføring preger forholdene.
- Elvestrekningen som ikke er influert av vassdragsreguleringen, oppstrøms samløp med Rinna. Tilnærmet naturlig vannføring preger forholdene.

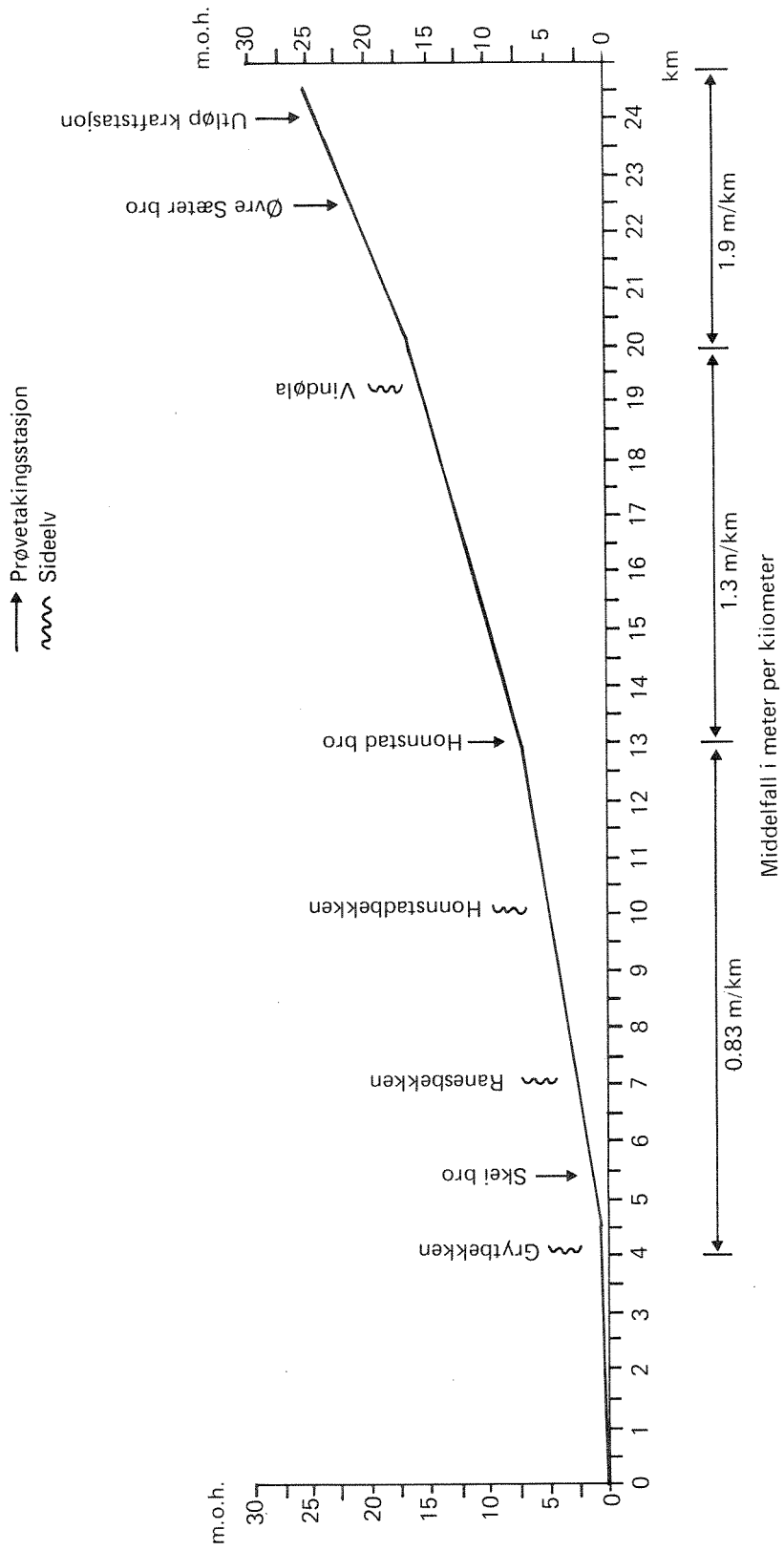
Surnavassdraget kan betegnes som et lavlandsvassdrag. Størstedelen av elvas løp gjennom hoveddalføret går i et landskap som ligger lavere enn 300 m.o.h. Ved Trollheim kraftstasjon har Surna f.eks. en høyde på 25 m.o.h. Middelfallet i meter pr. kilometer varierer på de nederste 25 kilometer av elveløpet mellom 0,83 og 1,9 (se figur 4). Men en stor del av nedbørfeltet består av fjellområder, beliggende tildels i over 1000 meters høyde. Blant de høyeste fjelltoppene er Blåhø, Snota og Trollhetta (henholdsvis 1672, 1668 og 1614 m.o.h.).

Tabell 8. Aritmetiske måneds- og årsmiddel av vannføring i Surna ved Honnstad i perioden 1965-1978.

Tallene angir m<sup>3</sup>/s.

ÅR	JAN	FEB	MARS	APRIL	MAI	JUNI	JULI	AUG	SEPT	OKT	NOV	DES	ÅRET
1965	-	-	-	-	-	-	90,98	44,36	39,14	78,76	21,65	1,28	-
1966	1,40	1,20	17,01	43,14	119,55	96,27	40,26	40,17	133,97	41,77	17,90	5,40	46,59
1967	6,00	10,91	57,61	71,88	160,87	152,22	98,23	36,49	13,62	27,34	12,03	12,42	55,25
1968	24,50	20,53	23,64	34,47	102,63	212,84	62,63	29,64	16,64	-	-	-	-
1969	-	-	-	-	69,83	37,14	40,34	8,68	41,16	61,09	33,32	-	-
1970	33,00	29,40	24,37	27,14	97,03	63,57	53,67	49,68	57,31	29,84	22,51	46,28	44,63
1971	53,90	63,16	45,82	56,34	96,29	61,12	65,11	44,68	76,23	122,91	78,07	89,03	71,15
1972	41,82	35,66	37,01	52,80	73,59	56,85	50,47	34,15	45,65	53,55	54,15	49,42	48,83
1973	76,82	47,73	69,28	54,18	111,35	94,22	100,80	53,10	98,54	67,96	69,25	49,40	74,55
1974	38,25	31,37	33,21	33,45	78,39	74,18	61,20	60,30	44,62	44,88	33,27	31,04	51,26
1975	37,33	34,55	31,83	39,80	107,02	80,82	43,79	47,02	62,85	83,84	52,10	90,59	59,50
1976	68,03	60,09	42,15	50,81	147,52	145,86	117,19	72,10	80,90	43,75	33,48	24,43	73,93
1977	27,68	27,90	27,67	31,83	89,22	69,11	39,92	31,17	53,11	40,75	37,23	40,80	43,10
1978	40,48	78,48	29,38	35,53	100,06	43,34	34,69	41,88	80,63	81,88	99,45	48,19	59,29

Figur 4. Lengdeprofil av vassdraget nedstrøms Trollheim kraftstasjon.



Utformingen av nedbørfeltet har virkninger for vannføringen. Snøsmeltingen i de lavereliggende deler av nedbørfeltet begynner forholdsvis tidlig (vanligvis i slutten av mars og april). Det er en årvisst vårflom, nesten alltid med kulminasjon i mai eller juni. I høyfjellsområdene fortsetter smeltesesongen langt utover sommeren. Dette er av spesiell betydning når det samtidig er nedbørfattige perioder med lite avløp fra resten av nedbørfeltet. Det opptrer vanligvis høstflommer - hyppigst i september og oktober -, men også unntaksvis i november og desember. I månedene januar til april opptrer flommer av noen størrelse meget sjelden.

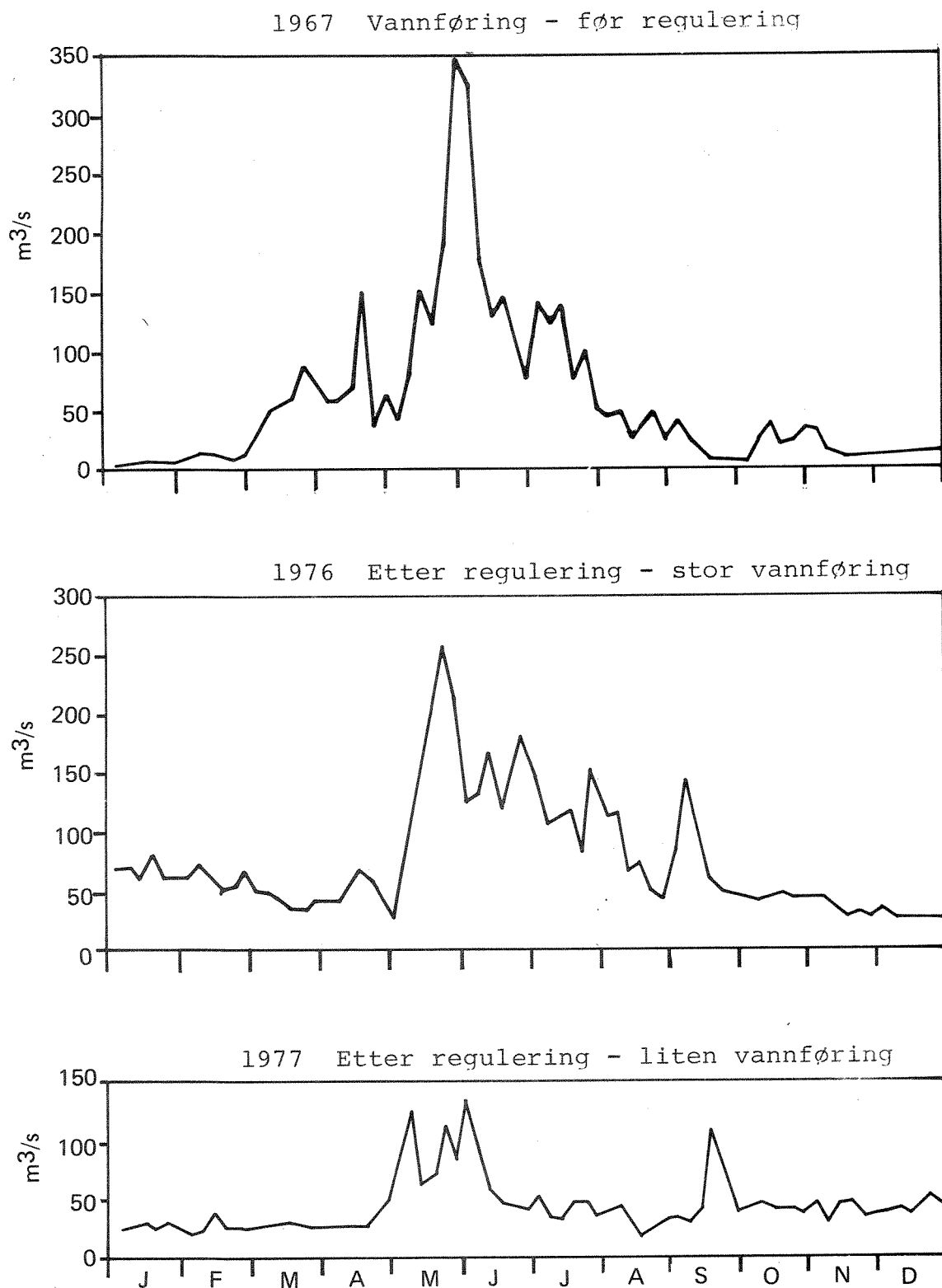
Trollheimutbyggingen bevirker reduksjon av vannføringen i sideelvene Rinna, Bulu, Folla og Vindøla. I hovedelva Surna reduseres midlere årsavløp fra samløp med Rinna helt ned til utløpet fra kraftstasjonen. Fra utløpet av kraftstasjonen til samløpet med Vindøla økes midlere årsavløp. Videre fra samløpet med Vindøla og til fjorden er årsavløpet uforandret, men fordelingen over året er vesentlig en annen enn før regulering. Reguleringsbestemmelsene og manøvreringsreglementet inneholder ikke pålegg om minstevannføring i Surna.

Noen hovedvirkninger av vassdragsreguleringen med særlig betydning for de biologiske forhold skal nevnes. Som følge av at vann magasineres over sommerhalvåret, blir det mindre vannføring i vassdraget i denne tiden. Vintervannføringen er derimot høy på grunn av vannslipping til kraftproduksjonen. En utjevnet vannføring er resultatet av inngrepet på vassdragsstrekningen nedstrøms Trollheim kraftstasjon. Flomfrekvensene er redusert.

Det vil gjøre seg forskjellige virkninger på vannføringsforholdene i Surna-vassdraget avhengig av klimatiske variasjoner. Dette kan belyses med situasjonen i sideelvene fra det regulerte området. Tre hovedtilfeller gjør seg gjeldende:

- Når sideelvene er tørrlagt. Dette finner sted i nedbørfattige perioder.
- Når det kommer mer eller mindre vannføring i dem. Under vanlige nedbørforhold gjør dette seg gjeldende.
- Når sideelvene har flomvannføring. Dette vil bare sjelden skje under ekstremt vannrike perioder.

Fig. 5. Eksempler på vannføringsforhold før og etter vassdragsreguleringen.



Tilsvarende situasjoner under regulerte forhold for hovedvassdraget nedstrøms Trollheim kraftstasjon er vist i figur 5. Året 1967 er brukt som eksempel på vannføringsforløp før vassdragsreguleringen. Årsavløpet var  $55 \text{ m}^3/\text{s}$ . I 1976 var det stor vannføring i Surna - årsavløp  $73 \text{ m}^3/\text{s}$ . Reguleringsinngrepet kunne bare i mindre grad prege vannføringsforløpet i vassdraget i perioden mai - september. Derimot i 1977 - med liten vannføring i Surna, årsavløp  $43 \text{ m}^3/\text{s}$  - gjorde reguleringsinngrepet seg markert gjeldende gjennom lange perioder.

#### Menneskelig virksomhet.

For en detaljert behandling vises til fremstillinger utarbeidet i sammenheng med kommunenes generalplaner. I det følgende vil enkelte hovedtrekk av interesse for vassdragets belastningsforhold bli omtalt.

Surnadalen er godt oppdyrket langs vassdraget. Bosettingsmønsteret er preget av dette, med tyngden av befolkning i grender og tettsteder nær vassdraget i hoveddalføret. Skei i Surnadal er regionsenter. Rindal sentrum ligger omlag en kilometer oppstrøms samløp mellom Lomunda og Rinna. Folkemengden i 1975 var 5954 i Surnadal, og 2290 i Rindal (Statistisk sentralbyrå 1975). Av denne befolkning er det omlag 5000 personer som har kloakkmessig tilknytning - direkte eller indirekte - til Surna-vassdraget. Til vassdraget nedstrøms Trollheim kraftstasjon sogner omlag 2700 personer. Praktiske tiltak for å redusere belastningen med forurensninger er foreløpig utført i begrenset utstrekning.

Kommunene Surnadal og Rindal er gode jordbruksbygder. Rindal har omlag  $24 \text{ km}^2$  jordbruksareal, og Surnadal har omlag  $21 \text{ km}^2$  jordbruksareal. Det er mye fulldyrka jord. Husdyrhold med melkeproduksjon, sau- og griseavl er viktige bruksformer. Beitearealene er store. Forproduksjon, med bl.a.

denne sammenheng inngår en omfattende gjødselhåndtering, både med husdyrgjødsel og kunstgjødsel.

Industrivirksomhet er utviklet i mindre grad. Av forurensningsmessig interesse er særlig Rindal meieri.

Utbyggingen av Folla-Vindøla ble ferdig omkring 1970 (NVE-Statskraftverkene 1979). Reguleringsbestemmelsene var fastsatt ved Kgl.res. i desember 1962.



Trollheim-utbyggingen omfatter to kraftstasjoner, Gråsjø og Trollheim, på 15 og 130 MW. Foruten hovedelva Surna, er sideelvene Rinna, Bulu, Folla og Vindøla berørt av utbyggingen ved at de øvre nedbørfelt utnyttes. Det overføres 107,7 km<sup>2</sup> av Rinnas nedbørfelt, 46,2 km<sup>2</sup> av Bulus felt til Follsjø og 76,0 km<sup>2</sup> av Vindølas felt til Gråsjø. Av Follas nedbørfelt utnyttes 349,1 km<sup>2</sup>. Det samlede regulerte nedbørfelt er på 579 km<sup>2</sup>.

Hovedmagasinene er to oppdemninger i Folldalen med Gråsjøen (reguleringshøyde mellom kote 483 og 430 m) og Follsjøen (reguleringshøyde mellom kote 420 og 375 m). Gråsjø kraftstasjon utnytter fallet mellom Gråsjø og Follsjø. Follsjø er så inntaksmagasin for Trollheim kraftstasjon som ligger nede i Surnadal ved Harang. Magasinprosentene for Gråsjø og Trollheim er henholdsvis 33% og 44%.

En oversikt over nedbørfelt som ble tatt bort ved reguleringen er vist i tabell 9.

Tabell 9. Nedbørfelt som inngår i Trollheimreguleringen.

LOKALITET	Før reguleringen km <sup>2</sup>	Overført km <sup>2</sup>	Etter reg. km <sup>2</sup>	% Rest felt
Oppstrøms Rinna	229	0	229	100
Rinna	201	108	93	46
Bulu	70	46	24	34
Folla	363	349	14	4
Vindøla	162	76	86	53
Utløp Surna	1200	579	621	52

## 5. VANNKVALITET OG BIOLOGISKE FORHOLD

### Hydrokjemi

De kjemiske undersøkelserne som ble utført gir en beskrivelse av den fremherskende vannkvalitet i vassdraget. For å kunne vurdere de biologiske forhold og organismeutviklingen er det nødvendig å ha et godt kjennskap til de kjemiske miljøfaktorer. Det bør imidlertid ikke trekkes for detaljerte konklusjoner ut fra de hydrokjemiske målingene som ble utført. Et vesentlig større antall analyseserier ville vært nødvendig om et mer full-

stendig bilde av Surnavassdragets hydrokjemiske forhold skulle fremstilles.

Aritmetiske middelveier på de enkelte prøvetakingsstasjoner fra undersøkelserne i 1976 og 1977 er stilt sammen i tabell 10 og 11. Disse data gir en hovedsakelig beskrivelse av vanntypene på de enkelte vassdrags-avsnitt i Surnavassdraget.

Det er tydelig at vannmassenes ionesammensetning er svært ulik i de forskjellige deler av nedbørfeltet. Verdiene for den spesifikke elektrolytiske ledningsevne er interessante. På vassdragsstrekningene oppstrøms Trollheim kraftstasjon lå verdiene for denne parameter i området 30-50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Tilsvarende var den spesifikke elektrolytiske ledningsevne på vassdragsstrekningen nedstrøms Trollheim kraftstasjon i området 14-22  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Dette er i god overensstemmelse med de geologiske forhold i nedbørfeltet. De løse jordlagenes beskaffenhet og berggrunnens egenskaper er bestemmende for hvordan salter tilføres vannet fra kjemiske erosjonsprosesser. De sørlige deler av nedbørfeltet - stort sett innenfor reguleringsområdet - er dominert av harde bergarter og gir et elektrolyttfattig avrenningsvann. Dette fremgår av måleresultatene i tilløpselver til Surnavassdraget.

Saltinnholdet og særlig kalkinnholdet er viktig for vannets bufferevne. Surhetsgraden reguleres i det vesentlige av buffersystemet karbondioksyd - bikarbonat - karbonat. Mens vannmassene i Surnavassdraget med relativt høyt saltinnhold hadde pH-verdier mellom 7,0-7,8 hadde de relativt elektrolyttfattige vannmasser fra nedbørfeltets søndre deler pH-verdier mellom 5,8-6,9.

Kjennskapet til de hydrokjemiske forhold med hensyn til konsentrasjoner og konsentrasjonsendringer av fosfor- og nitrogenforbindelser er en viktig forutsetning for biologiske vurderinger. Disse plantenæringsstoffene spiller en avgjørende rolle for vassdragets biologiske produksjonsforhold. Økning i næringssalttilførselen kan gi gjødslingseffekter som påvirker vannkvaliteten - i vid betydning - på uheldig måte vurdert i praktisk sammenheng. Tiltakende begroing og masseforekomst av enkelte organismer kan f.eks. gjøre seg gjeldende.

Gjennomgående var konsentrasjonene av fosfor- og nitrogenforbindelser som ble målt i Surnavassdraget de vanlige for landsdelen. De aritmetiske middelveier for fosforkomponenter (total fosfor) varierte i området

4-25  $\mu\text{g P/l}$ . Verdiene for ortofosfat var tilsvarende i området 2-9  $\mu\text{g P/l}$ . Enkelte sideelver (f.eks. Bulu, Folla) hadde svært lavt innhold av fosfor-komponenter, tildels ned i området 3-4  $\mu\text{g P/l}$ . Med hensyn til vannmassenes nitrogeninnhold varierte de aritmetiske middelverider for nitrogenkomponenter (total nitrogen) i området 83-520  $\mu\text{g N/l}$ . En relativt stor andel av disse stoffene forelå som nitrat.

Analyseresultatene for fosfor- og nitrogenforbindelser gir anledning til en karakterisering av de aktuelle vannmassenes trofigrad (Wetzel 1975). Surnavassdragets vannmasser kan da klassifiseres som ultra-oligotrofe og oligo-mesotrofe. Bare i lokale områder er det vannmasser av mesoeutrof type.

Vannmassenes farge og turbiditet må sees i sammenheng. Overflatevann inneholder alltid større eller mindre mengder fargede substanser. Disse tilføres til dels fra nedbørfeltet, dels er de et resultat av nedbrytning av planter og dyr som produseres i vannforekomstene. Spesielt humusstoffene, som i form av sure kolloider av organisk natur blir tilført innsjøene og vassdragene fra skog- og myrområder, brunfarger vannet i høy grad. De er derfor viktige faktorer når det gjelder vannets farge. Innholdet av fargede komponenter sammen med innholdet av organisk materiale (målt som kjemisk oksygenforbruk) karakteriserer vanntypene i Surnavassdraget som mesohumøse (Naumann 1932).

Mange organiske baser danner oppløselige forbindelser med jern (Gjessing 1964). En anrikning av jern er vanlig i overflatevann med innhold av organisk stoff. Vannmassenes konsentrasjon av jern kan betegnes som vanlige for landsdelen med aritmetiske middelverdier i området 30-260  $\mu\text{g Fe/l}$ .

Det geografiske området som reguleringen av Surnavassdraget berører, er ikke ensartet med hensyn til naturforhold og menneskelig utnyttelse (se kapittel 4). Dette innebærer at avrenningsvann til vassdraget er forskjellig med hensyn til kjemisk sammensetning i de ulike deler av nedbørfeltet. Vannføringen - mengder og tidsmønster - er endret på de enkelte vassdragsstrekninger, og dette har konsekvenser for vannkvalitet.

Vassdragsavsnittet nedstrøms Rinna er særlig influert av reguleringsinngrepet når det gjelder resipientforhold. Såvel punktutslipp som avrenningsvann fra jordbruksområder er årsak til belastninger som gjenspeiles i

Tabell 10. Aritmetiske middelværdier av fysisk-kjemiske analyseresultater i perioden 17.6.-4.10.1976.

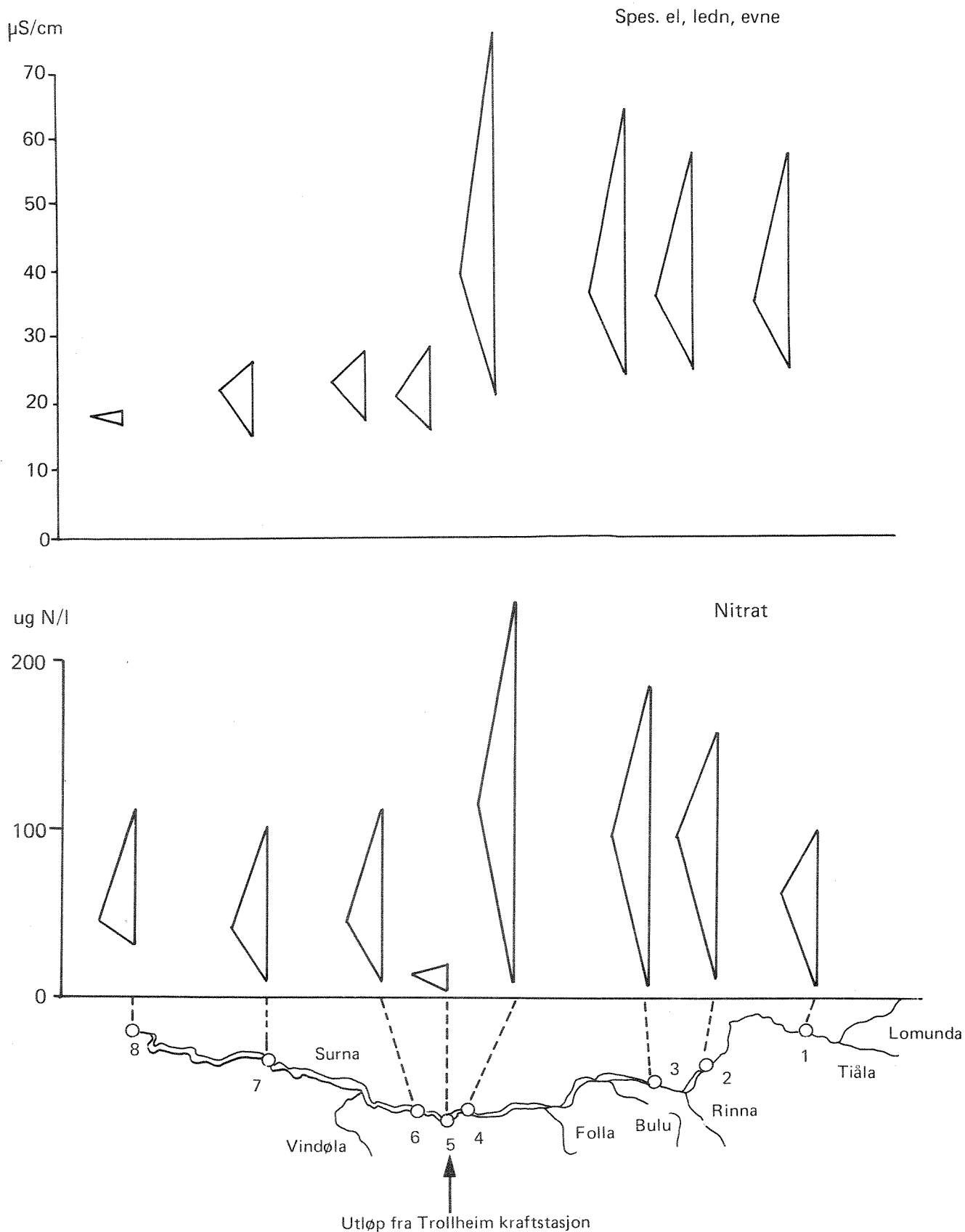
Faktor	Surhetsgrad	Spes. el. ledn. evne v. 20°C	Farge	Turbiditet	Fosforkomponenter	Ortofosfat	Nitrogenkomponenter	Nitrat	Jern	Kjem. oks. forbruk	Bikromat	Kjem. oks. forbruk	Permanganat
	pH	µS/cm	mg Pt/l	FTU	µg P/l	µg P/l	µg N/l	µg N/l	µg Fe/l	mg O/l	mg O/l	mg O/l	mg O/l
Lokalitet													
Nedstrøms Lomunda	7.0	34	60	0.9	12	4	274	61	130	14	14	5	5
Oppstrøms Rindal	7.8	35	56	1.0	10	5	290	98	120	12	12	5	5
Nedstrøms Bolme bro	7.0	35	55	0.9	13	4	264	101	98	11	11	4	4
Oppstrøms Trollheim kraftst.	7.0	38	49	1.0	9	3	291	115	90	11	11	3	3
Utløp Trollheim kraftst.	6.3	21	17	0.5	6	2	126	14	35	<5	<5	2	2
Øvre Sæter bro	6.6	22	46	0.9	9	3	215	43	77	6	6	3	3
Honnstad	6.7	22	49	1.2	16	3	204	40	113	6	6	3	3
Bro ved Skei	6.7	18	67	1.7	16	3	303	57	115	8	8	-	-

Tabell 11. Aritmetiske middelværdier av fysisk-kjemiske analyseresultater i perioden 28.2.-7.8.1977.

Lokalitet	Faktor										Kjemisk oks. forbruk Dikromat
	Spes. el. ledn. evne v. 20°C	Surhetsgrad	Farge	Turbiditet	Fosfor-komponenter	Ortofosfat	Nitrogen-komponenter	Nitrat	Jern	µg F <sub>2</sub> /l mg C/l	
Lomunda	pH 7.0	31	33	1.4	19	7	150	20	260	7	7
Tiåa	7.2	48	42	0.6	17	2	375	120	48	-	-
Nedstrøms Lomunda	7.2	43	30	0.5	8	2	150	173	55	8	8
Oppstrøms Rindal meieri	7.2	43	26	0.6	9	3	280	218	35	9	9
Nedstrøms Rindal meieri	7.0	43	57	0.8	25	4	520	50	30	-	-
Nedstrøms Bolme bro	7.1	44	83	1.2	25	9	31?	218	126	14	14
Oppstrøms Trollheim kraftst.	7.1	50	37	0.5	9	3	292	220	55	14	14
Utløp Trollheim kraftst.	6.5	14	33	0.7	4	<2	83	35	60	8	8
Øvre Sæter bro	6.6	18	37	0.7	4	<2	120	53	57	4	4
Honnstad	6.8	20	67	1.4	12	3	176	62	97	12	12
Bro ved Skei	6.9	22	55	1.0	9	?	157	73	72	7	7
Rinra	6.9	31	49	0.9	8	<2	140	70	80	-	-
Bulu	6.9	25	120	1.0	4	<2	160	30	160	-	-
Folla	6.8	18	64	0.5	3	<2	90	<10	70	-	-
Follisjø	6.5	17	55	0.4	3	<2	80	<10	70	-	-
Gråsjø	5.8	12	33	0.8	3	<2	60	40	35	-	-

Figur 6. Spesifikk elektrolytisk ledningsevne og nitrat.

Minimum, maksimum og aritmetiske middelværdier i perioden  
17. juni - 4. oktober 1976.



analyseresultatene. Med tiltakende forurensningsbelastning av vassdraget blir det konsentrasjonsøkninger i vannmassene for en rekke innholdsstoffers vedkommende. Hvis belastningen opprettholdes, mens fortynningsmulighetene (mindre vannføring) blir dårligere, vil konsentrasjonsøkninger finne sted. Sammenliknet med det uregulerte vassdrag vil i slike tilfeller maksimalverdien for kjemiske innholdsstoffer øke, og konsentrasjonsområdet forbindelsene varierer innenfor bli større.

I det foreliggende kjemiske analyse materialet kan spesifikk elektrolytisk ledningsevne og nitrat hensiktsmessig brukes til å belyse disse forhold. I figur 6 er minimum, maksimum og aritmetiske middeler verdier for observasjonsperioden 17. juni - 4. oktober 1976 fremstilt grafisk.

Selv om det har funnet sted en samtidig, viss økning i forurensningsbelastning etter gjennomføringen av vassdragsreguleringen (1970), er det tydelig reduksjonen i vannføring som er den vesentlige faktor som direkte og indirekte har resultert i den nye hydro-kjemiske situasjon på den aktuelle vassdragsstrekning.

#### Algevekstpotensial

Vannprøver fra Surnavassdraget er testet som vekstmedium for alger under standardiserte betingelser og med grønnalgen *Selenastrum capricornutum* NIVA-CHL 1 som testalge. Ved testene undersøkes vannprøvenes evne til å underholde algevekst. Forsøkene utføres i kolbekulturer. Vannprøven filtreres gjennom et glassfiberfilter for å fjerne prøvens opprinnelige innhold av alger og annet partikulært materiale, og podes siden opp med en kjent mengde av testalgen. Ved gjentatte registreringer av veksten, bestemmes maksimalt vekstutbytte, og dette kalles da vannets vekstpotensial (AGP). Vekstpotensialet oppgis i millioner celler pr. liter.

De mengder algebiomasse som produseres i slike kulturer kan ikke direkte sammenliknes med de mengder man kan finne av fastsittende alger i et vassdrag. I en kolbekultur har algene bare tilgjengelig de næringsstoffer som finnes innenfor det volumet kolben inneholder, mens de fastsittende algene i en elv har tilgjengelig et "uendelig" volum vann med den aktuelle næringskonsentrasjon. I et system med rennende vann vil det kunne utvikles store mengder fastsittende alger selv med forholdsvis lave konsentrasjoner av næringsalter, noe som står i motsetning til det man kan oppnå i kolbekulturer med avgrenset volum. Algevekstforsøkene kan derfor bare gi informasjon om hvor mye næringsstoffer som er tilgjengelig for algevekst i

hver enkelt prøve, og dermed gi holdepunkter om hvordan de kjemiske miljøfaktorer virker sammen og bestemmer vannets vekstegenskaper for alger. Det vil si at prøver som gir et høyt vekstutbytte i tester er bedre egnet som vekstmedium for alger sammenliknet med en prøve som gir lavt utbytte.

Resultater fra algevekstforsøkene som ble utført i 1976 er stilt sammen i tabell 12.

Tabell 12. Algevekstpotensial i Surnavassdraget.

Utbytte i millioner celler per liter (AGP).

DATO 1976	17/6	1/8	7/9	4/10
Nedstrøms Lomunda	3.3	7.6	-	6.1
Oppstrøms Rindal meieri	8.0	9.1	18.0	3.2
Nedstrøms Bolme bro	17.7	7.9	7.5	9.2
Oppstrøms Trollheim kraftst.	5.1	6.1	12.1	4.1
Utløp Trollheim kraftst.	15.1	10.8	2.6	3.0
Øvre Sæter bro	16.4	7.6	12.5	3.1
Honnstad camping	7.7	6.6	4.1	2.5
Bro ved Skei	-	7.1	7.4	2.5

Resultatene viste ingen regelmessig variasjon i forholdene oppstrøms og nedstrøms utløpsstedet for vannet fra Trollheim kraftstasjon. Ved noen prøvetakinger ga utløpsvannet et høyere celleutbytte i vekstforsøkene enn elvevannet ovenfor utslippet, mens det andre ganger var motsatt. Ved alle prøvetakinger i 1976 var vekstpotensialet generelt sett lavt.

I tillegg til vekstpotensialmålingene ble det ved tre av prøvetakingene utført forsøk for å bestemme hvilket næringsstoff som virket begrensende for algevekst. Ved toktet i juni 1976 var fosfor begrensende næringsstoff på alle stasjoner. I september var fosfor begrensende på hele strekningen fra Rindal og ut til fjorden. Like oppstrøms Rindal var resultatene usikre, men på stasjonen nedstrøms Lomunda var nitrogen begrensende faktor. Ved prøveinnsamlingen i oktober var det igjen fosfor som begrenset veksten i algetestene fra alle stasjoner.

Bestemmelsen av vekstbegrensende plantenæringsstoffer ga som resultat at fosfortilsetning stimulerte algeveksten så godt som i alle undersøkte vannprøver. Men utslagene var noe forskjellige på de enkelte lokaliteter. En kombinasjon av nitrogen og fosfortilsetning, eller komplett nærings-



løsning, ga i alle tilfelle høyere celleutbytte enn når den samme konsentrasjon av fosfor ble satt til alene. Vekstforsøkene med alger viste at fosfor var det primært begrensende næringsstoff. Bare i spesielle tilfeller ble det påvist at nitrogen primært var begrensende næringsstoff. Resultatene gjelder med de reservasjoner som er nevnt i innledning til dette kapittel.

### Vegetasjon og begroingsforhold

Undersøkelser av vannforurensning i Surna har gitt enkelte holdepunkter om utviklingen av algebegroing som har funnet sted etter gjennomføring av vassdragsreguleringen (Møre og Romsdal Landbruksselskap 1971, 1973). En orienterende undersøkelse av algevegetasjonen ble utført med utgangspunkt i en befaring og innsamling av prøver med makroalger (Reinertsen 1975). Ut over dette synes det ikke å foreligge tidligere undersøkelser eller opplysninger om algevegetasjonen i Surnavassdraget.

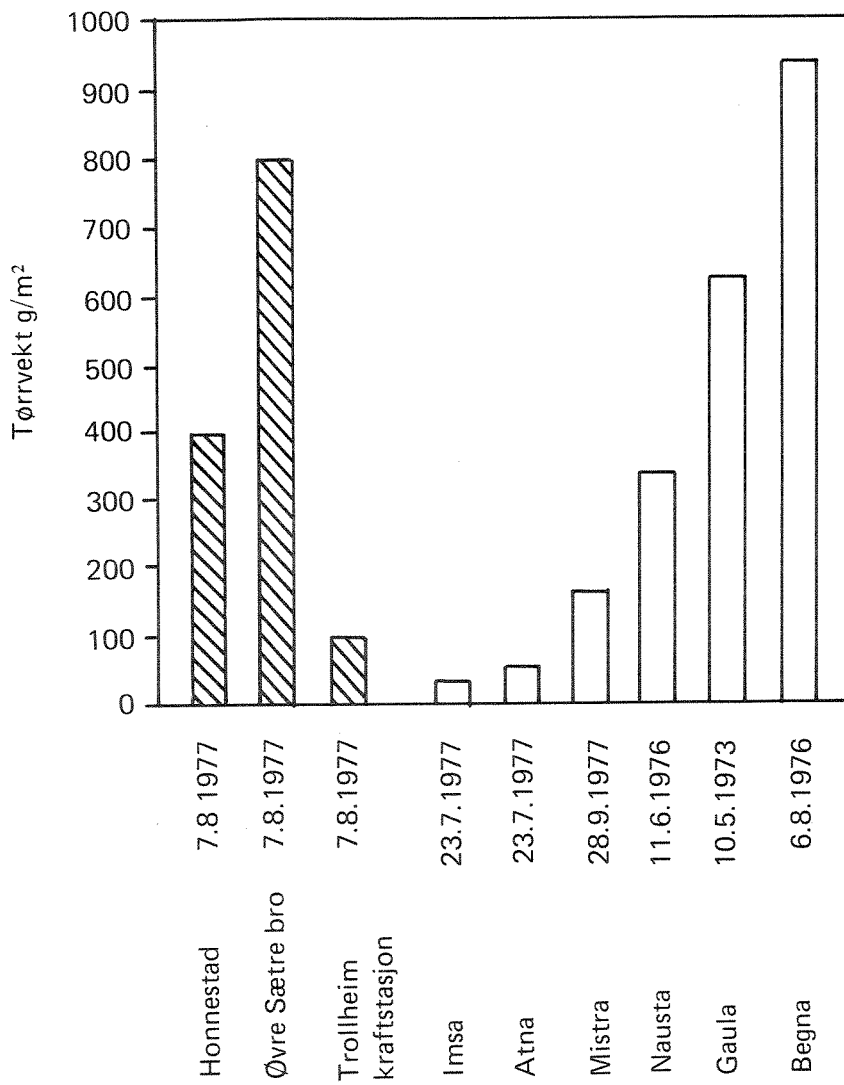
Høyere planter utgjør stort sett et beskjedent innslag i vassdragets vegetasjon. Det tenkes i denne sammenheng på egentlige vannplanter (hydrofytter), og strandplanter (helofytter) er ikke tatt med i bedømmelsen. Mosevegetasjonen kan på enkelte lokaliteter være frodig og ha stor arealmessig dekning. De vanligste og mengdemessig mest betydningsfulle arter av vannmoser er angitt i tabell 13. Det er karakteristisk at elven på de strekninger hvor moser forekommer i større mengde gjerne virker mørk (svartaktig) av utseende.

Tabell 13. Dominerende arter av vannmoser i Surnavassdraget.

Blindia acuta (Hedw.) B.S.G.
Fontinalis antipyretica (L.) Hedw.
Fontinalis dalecarlica Schpr.
Hygrohypnum ochraceum (Turn.) Loeske
Marsupella emarginata (Ehrb.) Dum.
Schistidium cf. alpicola Limpr.

Det er algevegetasjonen som er det viktigste plantelivet i Surnavassdraget, både vurdert ut fra artsrikdom og biomasse. Det er vanskelig å gjøre målinger av mengdemessig forekomst av alger i et vassdrag. Metodiske problemer er betydelig. Det forutsetter dessuten at et omfattende feltarbeid i tid og sted kan gjennomføres. I den aktuelle sammenheng var det ikke anledning til å utføre slike målinger. For likevel å kunne angi

Fig. 7. Måling av algebegroing.  
Eksempler på begroingsmengde i vassdraget.



eksempler på størrelsesorden av begroingsmengder ble det utført noen enkle vektbestemmelser. Dette foregikk på den måten at på utvalgte lokaliteter ble steiner med mye fastsittende alger samlet inn. De fastsittende alger ble skrapet av, og prøven ble så anvendt til vektbestemmelse av algeforekomst knyttet til steinoverflaten. I figur 7 er det gjort en grafisk fremstilling av resultatene, og det er gjort en sammenlikning med tilsvarende observasjoner fra enkelte andre vassdrag. Det må understrekes at resultatene ikke kan ansees som representative for hvor stor algemengde som var tilstede på de aktuelle vassdragslokaliteter ved prøvetakingen. Verdiene for begroingsmengde kan bare betraktes som eksempler på hvor stor algemengde som kan være tilstede på steinoverflater i vassdraget. Avhengig av forholdene (strømhastighet, underlag osv.) kan det være like store forskjeller i algevegetasjon på vokseplasser innenfor samme lokalitet som mellom lokaliteter i ulike områder av vassdraget. Basert på observasjonene som ble utført i Surna kan det fastslåes at algevegetasjonen i dette vassdraget er særlig frodig, noe som bl.a. kommer til uttrykk i den ekstraordinære store algeutvikling med hensyn til biomasse. Den arealmessige dekning er også stor, såvel i elvetverrsnittet som i elvens lengderetning.

Under feltarbeidet for undersøkelsen av algevegetasjonen ble det innsamlet prøver som representerte de kvantitativt viktigste begroingssamfunn (Skulberg 1974). Resultatene av den biologiske analyse av begroingsprøvene er stilt sammen i tabell 14 og 15. Omlag 50 arter alger er systematisk behandlet, men dette artstall ville økt vesentlig ved et grundigere identifiseringsarbeid. Det er nødvendig å understreke vanskelighetene med systematisk klarlegging av begroingsalger, og det er derfor en rekke forbehold knyttet til bestemmelser som er gjort av algematerialet.

Noen hovedtrekk angående begroingsforholdene vil bli sammenfattet i det følgende. Det var særlig algeklassene grønnalger (*Chlorophyceae*) og diatomeer (*Bacillariophyceae*) som inngikk med stort artsantall i begroingssamfunnene. Stor mengdemessig betydning i Surna hadde imidlertid et mindre utvalg arter. Disse er sammenstilt i tabell 16.

Tabell 14. Algeforekomst i begroingsprøver - Surnavassdraget, øvre del.

Kvantitetsangivelse se tabell 4.

Gruppe - art	Stasjon - dato		Nedstrøms Lomunda					Oppstrøms Rindal					Nedstrøms Bolme bro					Oppstrøms Trollheim kraftstasjon								
	1975 13/8	1976 17/6	1976 1/8	1977 30/6	1977 5/8	1978 28/4	1975 13/8	1976 17/6	1976 1/8	1977 30/6	1977 5/8	1978 28/4	1975 13/8	1976 17/6	1976 1/8	1977 30/6	1977 5/8	1978 28/4	1975 13/8	1976 17/6	1976 1/8	1977 30/6	1977 5/8	1978 28/4		
<b>CYANOPHYCEAE</b>																										
Chamaesiphon A. Braun sp.		1				1	1	1		1	1		1													
Lyngbya Agardh sp.					1		1					1					3						3			
Oscillatoria Vaucher sp.	2				1								3		4	3	3	4	3	2	4	1	3	1		
Oscillatoria cf. bornetii Zukal			1						1	1							2						2			
Phormidium autumnale (Ag.) Gom.							2						4	4	3	4	2	3	3	2	4	3	3	2		
Pseudanabaena Lauterborn sp.													3	3	2	1	2	1	2	3	1	1	2	1		
Scytonema Ag. sp.	1					2		1	1								2									
Stigonema mamillosum (Lyngb.) Ag.		2	3		2	2	2	2	1	1	2	3	1	1			1		2	1	1		1			
Tolypothrix distorta Kütz.	1			1	1	2	1	1		1			1			1		1		1	1					
<b>CHLOROPHYCEAE</b>																										
Bulbochaete Agardh sp.	2	1	2		1	3	1	1		1					1						2	1				
Chlamydomonas Ehrenberg sp.		1											2													
Closterium Nitzsch spp.	1		1				1	1		1			3	1	1	3	1	1	2	3	1	1	2	1		
Cosmarium Corda sp.						1	1	1	1	1																
Cosmarium undulatum Corda	1					1																				
Crucigenia quadrata Morren		1	1			1				1	1															
Draparnaldia glomerata (Vauch.) Ag.					1		1	1								1						1	1			
Hormidium rivulare Kütz.		1	2		3		1						1	2	3						1					
Hormidium nitens Menegh.					1	2				1	2	1			1						1	1				
Microspora Thuret sp.					1									1												
Microspora amoena (Kütz.) Rab.	2	1	2	1	1	1	2	1	1	3	1	3	1	1	1	2	3	1	2	1	1	1	2	1		
Mougeotia Agardh spp.	2	2	1				1							1	1	1				1						
Oedogonium Link sp.	1		1	1	1	1	1		1					1	1	1	2		1	1	1	1	1	1		
Scenedesmus Meyen spp.													1	2	1	1	3	1	1	1	1	2	1	1		
Scenedesmus obliquus (Turp.) Kütz.													1	1	2	1	3	1	1	2	1	1	2	1		
Spirogyra Link spp.	2	1			2	2	2	1	1	1	2	1		1		1	1						2			
Staurastrum Meyen spp.						1						1									1					
Staurastrum apiculatum Breb.			1																							
Stigeoclonium tenue Kütz.													3	1	4		2	4								
Ulothrix Kützling spp.	1	4	2		3	1	4	3	4	1	1	1	4	2	4	1	1	2	4	1	4	1	1	1	4	
Ulothrix zonata Kützling	3	2	2			2		1	2					1			2			1	1	1				
Zygnema Agardh sp.																										
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>																										
Achnanthes Bory spp.	1	1	1	1	1	1	1		1						1	1			1	1	1	1	1	1		
Amphora ovalis Kütz.									1							1										
Ceratoneis arcus Kütz.		1	1			4	1	3		1	1	3	1	4	1	2		4	2	3	1	1	1	3		
Cymbella Agardh spp.	1					1							4	1	1	2			3	1	2					
Diatoma elongatum Agardh		1	1	1			1		2	1	1	1		1		2	2			1	3	1	2			
Didymosphenia geminata (Lyngb.) M. Schmidt	1	1	1			1		1		1			1		1		3		1				2			
Eunotia arcus Ehrenb.				1	1	1	1		1	1	1				1	1	1			1			1			
Eunotia cf. valida Hustedt					1														1	1		1				
Fragilaria cf. capucina	1			1	1	2						1	1	1	1											
Desmazieres									1	1										2		1	1			
Gomphonema Agardh spp.	1				1	2										1			1						1	
Gomphonema olivaceum (Lyngb.) Kütz.		2	2	3				1	2	2	2		1	2	2	1				1	1	2	1			
Meridion circulare Ag.		3				3		3				3		2				3		1		1	2			
Navicula Bory spp.	1			1		1	1	1	1		1								1			1	1			
Nitzschia Hassal sp.													1	3	1	1	1			1	2	3	1	1		
Nitzschia palea (Kütz.) Smith													3	1	3	3	4			2	4	1	1	1		
Pinnularia Ehrenberg spp.	1		1						1						1	1				1						
Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenb.					1									1	1		1		1			1				
Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenb.					1	1			1	1			2	1	1	1	2	1		1	1		2	1		
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1		1	1			1	1	1					
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	1	1	2	4	1	3	1	3	2	2	1	1	3	1	2	2	1	1	2	1	3	2	1	1		
<b>CHRYSTOPHYCEAE</b>																										
Dinobryon Ehrenb. sp.				1							1															
Hydrurus foetidus (Vill.) Trev.		5				5		4				4		5				5		3-4					4	
<b>RHODOPHYCEAE</b>																										
Chantransia chalybea Fries		1		1	1				1		1		1					1			1		2	1		
Lemanea fluviatilis (L.) Ag.	3-4	3	3		3	4	5	2	4	3	4	2	1		1	1	1	1	2		1	1	2			
<b>XANTHOPHYCEAE</b>																										
Chlorobotrys regularis (West) Bohlin											1			1		1										
Tribonema cf. cylindricum Heering				1											1	2										
Vaucheria De Candole sp.													3	3	2		1	4	2	1		1				

Tabell 15. Algeforekomst i begroingsprøver - Surnavassdraget, nedre del.  
Kvantitetsangivelse se tabell 4.

Gruppe - art	Stasjon - dato						Øvre Sæter bro						Honnstad						Bro ved Skei					
	1975 13/8	1976 17/6	1976 1/8	1977 30/6	1977 5/8	1978 28/4	1975 13/8	1976 17/6	1976 1/8	1977 30/6	1977 5/8	1978 28/4	1975 13/8	1976 17/6	1976 1/8	1977 30/6	1977 5/8	1978 28/4						
<b>CYANOPHYCEAE</b>																								
Chamaesiphon A. Braun sp.						1																		
Lyngbya Agardh sp.		1	1																					
Oscillatoria Vaucher sp.			1																					
Oscillatoria cf. bornetii Zukal	2		1	1	1		2	1	3	2	3		3	2	3	3	2							
Phormidium autumnale (Ag.) Gom.															3	1	4							
Pseudanabaena Lauterborn sp.	1									1					1									
Scytonema Ag. sp.																								
Stigonema mamillosum (Lyngb.) Ag.		1	1	1									1	1	1									
Tolythrix distorta Kütz.	1-2		1	1	1				1		1				1									
<b>CHLOROPHYCEAE</b>																								
Bulbochaete Agardh sp.			1		2				1	1			1			1	2							
Chlamydomonas Ehrenberg sp.	1									1	1				1									
Closterium Nitzsch spp.			1				1							1	2	1								
Cosmarium Corda sp.	1				1					1					1		1							
Cosmarium undulatum Corada														1										
Crucigenia quadrata Morren		1		1					1						1	1								
Draparnaldia glomerata (Vauch.) Ag.	1		1		1				2	1	2		1	2		1								
Hormidium rivulare Kütz.																								
Hormidium nitens Menegh.																								
Microspora Thuret sp.				1						1				1	1									
Microspora amoena (Kütz.) Rab.	5	3	4	5	4	3	5	2	4	5	4	2	4	1	4	4	3	2						
Mougeotia Agardh. spp.		1						1		1	1			1										
Oedogonium Link sp.				1					1	1														
Scenedesmus Meyen spp.																	1							
Scenedesmus obliquus (Turp.) Kütz.																	1							
Spirogyra Link spp.	1	3					3			1				1	1		1							
Staurastrum Meyen spp.			1	1										1										
Staurastrum apiculatum Breb.					1					1														
Stigeoclonium tenue Kütz.									1															
Ulothrix Kützing spp.			1	1					1	1						2								
Ulothrix zonata Kützing	2	4					5						1											
Zygnema Agardh sp.		1				1	1				1		5											
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>																								
Achnanthes Bory spp.		1	1		1			1					1	1		1	1							
Amphora ovalis Kütz.																								
Ceratoneis arcus Kütz.	1	3	1	1	1	3	1	3	1	1	1	3	2	3	1	2	1	4						
Cymbella Agardh spp.		1	1	1			1	1			2		1	1		1								
Diatoma elongatum Agardh				1					1	1					1	1	1							
Didymosphenia geminata (Lyngb.) M. Schmidt			1	1			1			1			1		1									
Eunotia arcus Ehrenb.			1	1				1	1				1	1										
Eunotia cf. valida Hustedt										1														
Fragilaria cf. capucina Desmazieres				1	1				1				1	1		1								
Gomphonema Agardh spp.	1	1					1	1		1			1			1								
Gomphonema olivaceum (Lyngb.) Kütz.	2		1				1	2	1				1			1								
Meridion circulare Ag.		3				3	2					2	2					2						
Navicula Bory spp.				1					1					1										
Nitzschia Hassal spp.								1		1			1			1								
Nitzschia palea (Kütz.) Smith					1				1				1			1								
Pinnularia Ehrenberg spp.								1		1			1											
Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenb.			1								1		1		1									
Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenb.		1		1						1	1		1	1	1	2	1							
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.					1					1			1		1			1						
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2	3	2	2	2	1	1	2	1						
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>																								
Dinobryon Ehrenb. sp.											1													
Hydrurus foetidus (Vill.) Trev.		3				3	4					3	4					4						
<b>RHODOPHYCEAE</b>																								
Chantransia chalybea Fries											2													
Lemanea fluviatilis (L.) Ag.	2				1				1					1			1							
<b>XANTHOPHYCEAE</b>																								
Chlorobotrys regularis (West) Bohlin							1																	
Tribonema cf. cylindricum Heering																1	1							
Vaucheria De Candolle sp.																								

Tabell 16. Vanlige algearter med stor forekomst i Surna.

Blågrønnalger
Oscillatoria cf. bornetii
Stigonema mamillosum
Grønnalger
Microspora amoena
Ulothrix zonata
Diatomeer
Ceratoneis arcus
Gomphonema olivaceum
Meridion circulare
Tabellaria flocculosa
Gulalger
Hydrurus foetidus
Rødalger
Lemanea fluviatilis

Av de trådformige begroingsalgene er det særlig grønnalgen *Microspora amoena* som tiltrekker seg oppmerksomhet i Surnavassdraget. Denne algen danner regelmessig masseforekomst på vassdragsstrekningen nedstrøms Trollheim kraftstasjon. Enkelte år har det vært særlig stor begroing med denne algen. Det var tilfelle f.eks.

1970	første halvdel av juni
1972	slutten av juli og begynnelsen av august
1974	juli
1975	slutten av juni, hele juli og begynnelsen av august
1977	slutten av juni
1978	slutten av juni og begynnelsen av juli

Slekten *Microspora* står alene innenfor familien *Microsporaceae* med omlag 20 arter (Ramanathan 1964). Mange av artene er ufullstendig kjent. *Microspora amoena* (Kützing) Rabenhorst regnes som den best kjente og vanligste av alle artene. Den har en kosmopolitisk utbredelse. I Norge er den vanlig i flere av våre store vassdrag. *Microspora amoena* vokser som lange tråder - omlag 25 mikrometer breie - i strømmende vann. I Surna kan disse algetrådene bli opptil 4 - 5 m lange, og de filtrer seg inn i hverandre og danner store flak. Ved mekanisk påkjønning brytes algetrådene som blir flytende i vannmassene. Under tidsperioder med rask vekst blir det en betydelig transport med *Microspora amoena* i Surna. Løsrivning av algeflak gjør seg gjeldende når det er raske vannføringsvekslinger, og stor algedrift finner sted. Formeringen av *Microspora amoena* er vesentlig av vegetativ type. Fragmentering av algetrådene er viktig i denne sammenheng. Det dannes dessuten zoosporer (2 flageller), aplanosporer og akineter. Seksuell formering er ikke observert.

Foruten *Microspora amoena* er det andre arter av slekten tilstede i Surnavassdraget. Den systematiske stilling til disse er usikker. I mengdemessig sammenheng har disse artene en mindre betydning og har en tilbaketrukket plass i organismsamfunnene.

Mens den dominerende forekomst av *Microspora amoena* preget forholdene på vassdragsstrekningen nedstrøms Trollheim kraftstasjon, var et innslag med blågrønnalger karakteristisk for vassdragsstrekningen opp til samløp mellom Surna og Rinna. Utvikling av organismer som regnes som forurensningsindikatorer var betydelig i denne del av vassdraget. Som eksempel kan forholdene på lokaliteten nedstrøms Bolme bro (stasjon 3) omtales. En tydelig vekst med bakterier, sopp og protozoer - heterotrofe begroingsorganismer - gjorde seg gjeldende. Stor forekomst av *Sphaerotilus natans* Kütz., *Cladothrix dichotoma* Cohn, *Leptomitus lacteus* (Roth) Ag. samt holo-triche og peritriche ciliater ble observert til enkelte tidspunkter. Blågrønnalgene som inngikk i dette organismsamfunn var særlig *Phormidium autumnale* (Ag.) Gom., *Pseudanabaena* Lauterborn sp. og *Oscillatoria* Vaucher sp. Det er av interesse å understreke at *Vaucheria* De Candolle sp. var tilstede i begroingene i denne del av vassdraget.

På vassdragsavsnittet oppstrøms Rindal var det en artsrik algevegetasjon i tildels frodig forekomst. Grønnalger og diatomeer dominerte begroingssamfunnet. Det var dessuten stor utvikling av rødalgen *Lemanea fluviatilis* (L.) Ag. på enkelte lokaliteter.

De fleste observasjonene i Surnavassdraget er gjort under sommersituasjon. Det er derfor ikke grunnlag til å behandle algenes periodisitet i begroings-samfunnene. Imidlertid ble det gjort innsamling av algemateriale fra Surna under vårforhold (28. april 1978) og forsommerforhold (17. juni 1976). Dette viser at begroingsalgen *Hydrurus foetidus* (Vill.) Trev. hadde masseforekomst på en rekke lokaliteter. Grønnalgen *Ulothrix zonata* Kützing og diatomeene *Ceratoneis arcus* Kütz. samt *Meridion circulare* Ag. var karakteristiske arter i disse tidlige oppblomstringer.

I en helhetsmessig vurdering er algevegetasjonen i Surnavassdraget av *Zygnema*-type (Israelson 1949) i overensstemmelse med vassdragets overveiende oligotrofe natur. Imidlertid betinger menneskelig påvirkning av Surnavassdraget (forurensning, reguleringsinngrep) at en overgang mot algevegetasjon av *Vaucheria*-type tildels gjør seg gjeldende. Dette er tilfelle på de mer eutrofe deler av vassdraget, særlig strekningen fra Rindal og ned til utløpet fra Trollheim kraftstasjon.

#### 6. VASSDRAGSREGULERINGENS INNFLYTELSE PÅ ALGEUTVIKLING

De største problemene med forandringene av algebegroingen i Surnavassdraget etter gjennomføring av vassdragsreguleringen har gjort seg gjeldende på elvestrekningen nedstrøms Trollheim kraftstasjon. Det vil i det følgende bli gjort en drøftelse av hvordan reguleringen har påvirket det fysiske og kjemiske miljøet på den aktuelle elvestrekning og medført disse biologiske virkninger.

Lys. Lysklimaet i elven er i bare liten grad blitt forandret. Men på grunn av mindre islegging under regulerte forhold, vil det være en viss øket lystilførsel om vinteren. Algeproduksjonen er liten om vinteren, men mulighetene for overvintring av *Microspora*-populasjonen er begunstiget.

Temperatur. Temperaturen i elvevannet er påvirket av temperaturen i utslippsvannet så godt som hele året. Så lenge utslippsvannet hentes fra dypvannet i reguleringsmagasinet vil temperaturen være forholdsvis stabil gjennom året. Dette medfører at det om vinteren blir en heving av vanntemperaturen i elven, mens det om sommeren blir en senkning av temperaturen.

Hevningen av vintertemperaturen fører til mindre gjenising i vassdraget, noe som igjen fører til en mindre isskuring og fjerning av begroingsalger gjennom mekanisk påvirkning.



En senking av vanntemperaturen om sommeren fører med seg at algesamfunnet blir dominert av alger som konkurrerer bedre ved den lavere temperatur (Lowe 1979). Det blir en forskjell i artssammensetning i områdene ovenfor og nedenfor utslippet fra Trollheim kraftstasjon.

Beiteaktiviteten blir mindre på grunn av temperaturnedgangen, noe som igjen fører til at begroingen øker. Det er sannsynlig at de beitedyrene som naturlig hører hjemme i vassdraget er påvirket av det nye miljøet slik at deres aktivitet blir redusert. Det er mulig at utvikling av algearter som ikke beites ned så lett, vil finne sted.

På grunn av at temperaturen utjevnes mer over året, vil det gi mulighet for de samme algeartene til å være dominerende gjennom hele året. De naturlige suksesjoner, som er forårsaket av forskjellige temperaturoptima for konkurranseevne, vil i stor grad falle bort. Det vil si at begroing av *Microspora amoena* som starter opp tidlig på sommeren kan klare å utvikle seg hele vekstsesongen. Algen vil på denne måte ha muligheter til å utvikle større biomasse enn om det måtte bygges opp en helt ny bestand av en konkurrerende art som følge av temperaturforandringer i ellevannet.

Strømningsforhold og kjemisk vannkvalitet. Det er nødvendig å vurdere forholdene på elvestrekningene henholdsvis oppstrøms og nedstrøms utslippet av vannet fra Trollheim kraftstasjon.

Den reduserte vannføringen vil medføre at konsentrasjon av plantenæringsstoffer og organiske stoffer i ellevannet vil øke. Det skyldes at tilsigene med forurensninger fra områdene rundt elven fremdeles vil være like store, mens mengder av det renere ellevannet vil være redusert. Dette resulterer i en mindre fortykning av forurensningene, noe som gir høyere konsentrasjon i vassdraget på den aktuelle strekningen av vassdraget.

Med liten vannføring blir det også den effekt at en forholdsvis liten forandring i tilsig, utslipp eller i vannføring, gir en meget større konsentrasjonsforandring i vannmassene sammenliknet med i tilfeller med stor vannføring. Det vil med andre ord være lettere å utsette et begroings-samfunn for stress på grunn av miljøforandring på den elvestrekningen som har redusert vannføring.

Det kan også fremheves at på grunn av den reduserte vannføring er selvrensning-kapasiteten blitt endret. Forandringen innebærer at en relativt større

andel av forurensninger føres til nedenforliggende vassdragsstrekninger og omsettes der. Resultatet blir bl.a. en større algeutvikling på områder lenger nede i vassdraget, - et overskudd av plantenæringsstoffer blir f.eks. transportert nedover vassdraget.

Nedstrøms utslippet fra Trollheim kraftstasjon vil strømningsforholdene være forholdsvis konstante gjennom året. Flomtoppene er redusert, og hele året blir det sluppet ut betydelige mengder vann. Konsentrasjonsvariasjonene i ellevannet oppstrøms utslippet vil utjevnes nedstrøms av de store mengder med vann som tilføres. Dette vannet vil, fordi det blir tatt fra dypvannet i reguleringsmagasinet, ha en forholdsvis konstant kvalitet. Ellevannet nedstrøms utslippet vil derfor også få en forholdsvis jevn kvalitet. De minskede forandringer i vannføring vil altså innebære at både strømningsforholdene og det kjemiske miljøet blir stabilt og utjevnet over tiden.

Jevne strømningsforhold forårsaker at algearter som trives best ved disse betingelser, vil ha fordel i konkurransen med andre arter. Jevnhet i det kjemiske miljøet vil dessuten føre til at en art som slik allerede er etablert, vil vedvarende ha forhold som den er tjent med. Algepopulasjonen vil utvikle seg der den har etablert seg, og vanskeligere bli utkonkurrert av andre.

Konklusjonen er at det under forhold med stabile miljøbetingelser - selv uten en økning av næringsinnholdet i vannmassene - kan bli en kraftig økning i begroingen (i forhold til før de stabile miljøbetingelsene ble etablert).

I Surnavassdraget viste det seg f.eks. at det i 1975 var store algebegroinger med *Microspora amoena* i vassdraget nedenfor utslippet for Trollheim kraftstasjon. Dette året var sommer- og høstvannføringen i elven liten i forhold til utslippet fra kraftstasjonen. Vårflommen var også betydelig redusert. Vassdraget var altså svært preget av virkningene av reguleringen.

I 1976 var forholdene helt annerledes. Vårflommen var betydelig sterkere, og bortsett fra en kort periode i slutten av august, var vannføringen i elven ovenfor utslippet større enn utslippet fra kraftstasjonen. Forholdene i vassdraget kunne derfor sammenliknes med forholdene i det uregulerte vassdrag. Det ble heller ikke noen masseutvikling av *Microspora amoena* sommeren 1976.

Vassdragsreguleringen i Surna har medført en rekke spesielle forhold som har betydning for utviklingen av begroingsamfunn med alger. To hovedmomenter peker seg ut som viktige for forståelsen av hvordan masseutvikling av *Microspora amoena* kommer i stand. Vassdragsreguleringen innebærer for det første etablering av utpregede stabile miljøbetingelser:

- Strømningsforholdene er omtrent de samme gjennom tiden.
- Hele året slippes betydelige mengder vann.
- Flomtoppene er redusert, og flommens opprenskende virkninger er avtatt.
- Vannmassene fra dypvannet i kraftverksmagasinet har forholdsvis jevn temperatur og utjevner temperaturen i nedre vassdragsavsnitt.
- Konsentrasjonsvariasjonene i ellevannet fra øvre del av Surna er utjevnet med de store mengder vann som tilføres.

For det andre er selvrensningsskapasiteten på vassdragsstrekningen oppstrøms Trollheim kraftstasjon redusert. Et relativt større overskudd av plantenæringsstoffer føres nedover med vannmassene sammenliknet med forholdene i vassdraget under uregulert tilstand. Den høyere konsentrasjon med plantenæringsstoffer vil øke algenes veksthastighet, og gi en større algedrift i vannmassene.

Vanntemperatur og næringstilgang vil være modifierende faktorer. Lav temperatur medfører f.eks. nedsatt beiteaktivitet av dyr.

De utjevnedde strømningsforhold i vassdraget nedstrøms Trollheim kraftstasjon har ført til at den art som konkurrerer best under de gitte forhold - grønnalgen *Microspora amoena* - kan danne masseforekomst. Jevnhet i det kjemiske miljø har ført til at begroingsalgen som er etablert, vil ha forhold som den trives med over lengre perioder. Denne algen vil holde seg og vanskelig bli utkonkurrert av andre arter.

Når tilfellene med markert problematisk algebegroing har funnet sted i spesielle år henger dette sammen med klimatiske forutsetninger. De år som algeproblemet ikke har gjort seg nevneverdig gjeldende, har vært

preget av hydrologiske situasjoner som nærmer seg forholdene i uregulert vassdrag. Det har sannsynligvis av og til forekommet tilfeller også før reguleringsinngrepet, da masseutvikling med trådformige grønnalger gjorde seg gjeldende. Reguleringsinngrepet har imidlertid medført at frekvensen av slike tilstander er blitt større, og omfanget og grad av begroingsproblemet er vesentlig øket.

## 7. REFERANSER

ANDERSEN, C., 1976: Regulerings innvirkning på dyreliv i vann og vassdrag. Ottar, Nr. 92-93.

DANNEVIG, G., 1966: Auren og det sure vann på Sørlandet. Jeger og fisker, 388-393.

GJESSING, E.T., 1964: Ferrous iron in water. Limnol. and Oceanogr. 9, 272-274.

HOLTEDAHL, O., 1953: Norges geologi. Norges Geologiske Undersøkelser Nr. 164, Bind I og II., Oslo.

HYNES, H.B.N., 1970: The ecology of running water. Liverpool.

ISRAELSON, G., 1949: On some attached *Zygnemales* and their significance in classifying streams. Botaniska Notiser, Häfte 4, 313-358.

KOTAI, J., KROGH, T. and SKULBERG, O., 1973: The fertility of some Norwegian inland waters assayed by algal cultures. Mitt. Internat. Verein. Limnol., 21, 413-436.

KUBITSCHK, H.E., 1970: Introduction to research with continuous cultures. Prentice-Hall, London.

KÄLLQVIST, T., 1973: Algal assay procedure (bottle test) at The Norwegian Institute for Water Research. Nordic symposium on algal assays in water pollution research, Oslo 1972. Proceedings. Helsinki, NORDFORSK, 5-17.

- LINDSTRØM, E-A. og SKULBERG, O.M., 1976: Sestonobservasjoner i sammenheng med praktiske vannundersøkelser. Metoder, fremgangsmåter og eksempler på resultater. Norsk institutt for vannforsknings årbok 1975, 35-47, Oslo.
- LOWE, R.L., 1979: Phytobenthic ecology and regulated streams. The Ecology of Regulated Streams, ed. by Ward, J.V. and Stanford, J.A., New York.
- MACAN, T.T., 1973: Freshwater ecology, London.
- MØRE OG ROMSDAL LANDBRUKSSELSKAP, 1971: En kartlegging av vannforurensninger i Møre og Romsdal 1971. Ved cand.real. Asbjørn Ørjavik. Rapport. Molde, november 1971.
- MØRE OG ROMSDAL LANDBRUKSSELSKAP, 1973: Undersøkelser av vannforurensninger 1972. Vassdrag i Fræna, Averøy, Rindal og Surnadal. Ved cand.real. Asbjørn Ørjavik. Rapport. Molde, april 1973.
- NAUMANN, E., 1932: Grundzüge der regionalen Limnologie. Stuttgart.
- NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING, 1968: Vurdering av Surna som kloakk-resipient etter gjennomført regulering ved Trollheim Kraftverk. Rapport O-27/66. Blindern, 29. august 1968.
- NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING, 1976: Begroingsproblemet i Surna-vassdraget. Notat O-32/75. Blindern, 30. mars 1976.
- NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING, 1977: Resipientundersøkelser av Surna-vassdraget med hovedvekt på begroingsproblemet. Noen resultater fra undersøkelser i 1976. Notat O-32/75. Blindern, 14. februar 1977.
- NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING, 1978: Resipientundersøkelse av Surna-vassdraget med hovedvekt på begroingsproblemet. Noen resultater fra undersøkelser i 1977. Notat O-32/75. Blindern, 25. april 1978.

- NVE-STATSKRAFTVERKENE, 1979: Trollheimutbyggingen.  
Hydrologisk oversikt.  
Oslo, 10. mai 1979.
- ODUM, H.T., 1956: Primary production in flowing waters. *Limnology and Oceanography* 1, 102-117.
- OFSTAD, K., 1970: Fisket i Surna i relasjon til reguleringer i forbindelse med Trollheimen Kraftverk.  
Fiskerisakkyndiges uttalelse.  
Zoologisk institutt, Norges lærerhøgskole.  
Trondheim, juni 1970.
- RAMANATHAN, K.R., 1964: Ulotrichales.  
Indian Council of Agricultural Research, New Delhi.
- REINERTSEN, H.R., 1975: Rapport fra undersøkelse av algevekst i Surna.  
Botanisk institutt, Norges lærerhøgskole.  
Trondheim, 22. oktober 1975.
- SCHLICHTING, H.E., 1971: Protein quality of some freshwater algae.  
*Economic Botany*, Vol. 25, No. 3.
- SKULBERG, O.M., 1959: Biologiske metoder for forurensningsundersøkelser.  
Norsk institutt for vannforskning, Blindern.
- SKULBERG, O.M., 1967: Algal cultures as a means to assess the fertilizing influence of pollution. *Int. Conf. Wat. Pollut. Res.*, 3. Munich 1966.  
Vol. 1. Wash., Water Pollution Control Federation, 113-127.
- SKULBERG, O.M., 1974: Begroing i norske vassdrag, virkninger av regulering. Norsk institutt for vannforskning årsbok 1973, 27-37, Oslo.
- SKULBERG, O.M., 1978: Sestonobservasjoner ved vassdragsundersøkelser.  
*Fauna* 31, 31-48, Oslo.
- STATISTISK SENTRALBYRÅ, 1975: Statistisk årsbok 1975,  
Norges offisielle statistikk XII, 281, Oslo.

SIVILINGENIØR ELLIOT STRØMME A/S, 1968: Utbygning av Trollheim kraftverk.  
Surnas muligheter som kloakk-resipient mellom utløpet av Rinna og  
munningen av kraftverkets avløpstunnel.  
Rapport 451. Oslo, 28. oktober 1968.

VOGT, F. og SOLEM, A., 1966: Norske Kraftverker. Bind II. Oslo.

WHITFORD, L.A. and G.J. SCHUMACHER, 1961: Effect of current on mineral  
uptake and respiration by freshwater algae. Limnology and Oceano-  
graphy 6, 423-425.

WHITTON, B.A., 1975: River ecology, Oxford.

WETZEL, R.G., 1975: Limnology. Philadelphia.