

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

0-1/76

TINNELVA

Vassdragsundersøkelse 1975/1976 i forbindelse med planlagt kraftutbygging

Blindern, 20. januar 1978

Saksbehandler: Torsten Källqvist

Medarbeider: Olav Skulberg

Instituttetsjef: Kjell Baalsrud

ISBN 82-577-0028-2

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
1. SAMMENFATNING, VURDERINGER OG TILRÅDNINGER	6
2. INNLEDNING	9
3. BESKRIVELSE AV NEDBØRFELTET	10
4. KLIMATISKE FORHOLD	16
5. FYSISK - KJEMISKE FORHOLD	18
5.1 Prøvetaking	18
5.2 Metoder	18
5.3 Resultater og kommentarer	18
5.3.1 Temperatur	20
5.3.2 pH-verdi	20
5.3.3 Elektrolyttisk ledningsevne	20
5.3.4 Farge	22
5.3.5 Turbiditet	22
5.3.6 Dikromattall	22
5.3.7 Kalsium	23
5.3.8 Klorid	23
5.3.9 Total fosfor	23
5.3.10 Fosfat	23
5.3.11 Total nitrogen	24
5.3.12 Nitrat	24
5.3.13 Sulfat	24
6. EKSPERIMENTELLE UNDERSØKELSER, ALGETESTER	28
6.1 Metoder	28
6.2 Resultater og kommentarer	28
7. VANNETS SESTONINNHOLD	30
7.1 Metode	30
7.2 Resultater og kommentarer	30
8. BIOLOGISKE FORHOLD	33
8.1 Begroing og algedrift	33
8.1.1 Metoder	33
8.1.2 Resultater	33
8.2 Bunnfauna	39
9. BESKRIVELSE AV UTBYGGINGSPLAN	40

10. INNVIKNING AV EN REDUSERT VANNFØRING PÅ DE ØKOLOGISKE FORHOLD I TINNELVA	42
10.1 Grunnleggende økologiske forhold i elver	42
10.2 Produksjonsforhold og begroing	43
10.2.1 Temperatur	44
10.2.2 Lys	44
10.2.3 Næringsstoffkonsentrasjoner	44
10.2.4 Strømningsforhold	45
10.2.5 Bunnareal	46
10.3 Andre økologiske konsekvenser	46
11. INNVIKNING AV REDUSERT VANNFØRING PÅ VANNKVALITET OG RESIPIENTFORHOLD	48
11.1 Forurensningsvirkninger av kloakkvann	48
11.2 Konsekvenser av vannføringsendringene for fosfor- konsentrasjoner - minstevannføring	49
11.3 Andre forurensningsvirkninger	54
12. INNVIKNING AV KRAFTUTBYGGING PÅ FORHOLD NEDSTRØMS ÅRLIFOSS	55
12.1 Virkninger på kjemiske og biologiske forhold	55
12.2 Konsekvenser for vannforsyningen til Notodden	55
11. LITTERATURLISTE	57

FIGURFORTEGNELSE

	Side:
1. Kartskisse over Tinnelv-vassdraget	11
2. Middelvannføring ved Kirkvoll bro, Gransherad 1970-1976 og beregnet middelvannføring etter inngrep.	12
3. Beregnede karakteristiske vannføringer for avrenning fra lokalt nedbørfelt Tinnoset-Årlifoss	14
4. Månedsgjennomsnitt av nedbør og temperatur for perioden 1931-1960 og for 1976 og 1977, Gvarv.	17
5. Vanntemperaturer i Tinnelva ved Tinnoset. Månedsmiddelverdier for perioden 1970-1976 og for 1976 og 1977	21
6. Resultater av algetester 23.3.1977 og 1.9.1977	29
7. Sestonverdier ved Årlifoss og Kloumannsjøen (Notodden Vannverk) 1976-1977	32
8. Utbyggingsplan for øvre Tinnelva	41
9. Forhold mellom veksthastighet og konsentrasjon av begrensede næringsstoff	44
10. Prinsipiell fremstilling av biologisk respons ved økende belastning av avløpsvann i strømmende vann	49
11. Beregnet fosforkonsentrasjon i Tinnelva nedstrøms Gransherad som funksjon av vannføring. Fosforbelastning fra Gransherad 1250 g/døgn	51
12. Beregnet fosforkonsentrasjon i Tinnelva nedstrøms Gransherad som funksjon av vannføring. Fosforbelastning fra Gransherad 250 g/døgn	52

TABELLFORTEGNELSE

Side:

1. Arealfordeling i lokalt nedbørfelt Tinnoset-Årlifoss	15
2. Husdyrbesetning på jordbruk i lokalt nedbørfelt Tinnoset-Årlifoss	15
3. Prøvetakingsstasjoner for fysisk-kjemiske analyser	18
4. Fysisk-kjemiske analysemetoder	19
5. Fysisk-kjemiske analyseresultater, Tinnelva 1976-1977	25
6. Fysisk-kjemiske analyseresultater, Tinnelva ved Tinnoset oktober 1975 - september 1977	26
7. Fysisk-kjemiske analyseresultater, Tinnelva oppstrøms Tinfos oktober 1975 - september 1977	27
8. Algeforekomst i begroingsprøver	36
9. Forekomst av organismer i håvtrekksprøver	37-38

1. SAMMENFATNING, VURDERINGER OG TILRÅDNINGER

Undersøkelser og beregninger

1. En vassdragsundersøkelse av Tinnelva ble gjennomført i 1976-1977. Undersøkelsen, som var konsentrert om den øvre delen av elven hvor vannføringen ved en eventuell kraftutbygging blir redusert, omfattet vannkvalitet og biologiske forhold.
2. Vannkvaliteten i Tinnelva er noe preget av forurensningsbelastning fra kilder lengre opp i vassdraget. Spesielt innholdet av nitrogenforbindelser er høyt. Vannet er lett surt og har et lavt saltinnhold. Kjemiske analyser og algetester tyder på at fosfor er det viktigste begrensende næringsstoffet for vekst av alger i vann fra Tinnelva.
3. De biologiske forhold i den øvre delen av Tinnelva er preget av en utløpseffekt fra Tinnsjøen. Algebegroingen er frodig - særlig i strykpartier, og er dominert av grønnalger og diatomeer. Bunnfaunaens artssammensetning tyder på at næringstilførsel i form av plankton fra Tinnsjøen spiller en stor rolle i den biologiske stoff- og energiomsättning.
4. De forholdsvis små variasjoner i vannføringen som følge av den nåværende regulering skaper stabile forhold for organismene og bidrar dermed til den relativt omfattende aktuelle begroing med alger og moser i strykpartiene.
5. Skiensfjordens Kommunale Kraftselskap har gjennomført en registrering av virksomheter og innretninger i det lokale nedbørfeltet til Tinnelva mellom Tinnsjøen og Årlifoss. På grunnlag av dette materiale er det foretatt en beregning av forurensningsbelastningen. Ved nåværende vannføring er forurensningsbelastningen i Tinnelva nærmest ubetydelig. Den viktigste forurensningskilden i nedbørfeltet er kloakkvannsutslipp fra bebyggelsen i Gransherad sentrum.
6. På grunnlag av vassdragsundersøkelsen er virkningen av en redusert vannføring i Tinnelva som følge av kraftutbygging på vannkvalitet og biologiske forhold i elven vurdert. Minstevannføringen er bedømt med utgangspunkt i forurensningsbelastning og resipientforhold.

Vurderinger og drøftelser

7. Kraftutbygging i den øvre delen av Tinnelva, med overføring av vann i tunnel mellom Tinnsjøen og Årlifoss vil selv med uforandret vannkvalitet få store konsekvenser for de generelle biologiske forhold i elva. Redusert vannføring og bunnareal vil føre til lavere produktivitet av såvel planter som dyr inklusive fisk.
8. En redusert vannføring vil føre til en relativ økning av forureningsbelastningen. Det er ventet at fosfor er den forureningskomponent som først vil gi utslag i de biologiske forhold i resipienten hvis vannføringen reduseres. Effektene av en økt fosforkonsentrasjon vil være stimulering av produksjonen av alger og, ved høyere belastning, en forandring av begroingsorganismenes arts sammensetning.
9. En vurdering av minstevannføring er gjort ut fra betraktningen av Tinnelva som resipient. Den teoretiske fosforkonsentrasjonen nedstrøms Gransherad som funksjon av vannføringen er beregnet. Målsætningen har vært å finne den minste vannføring som holder fosforkonsentrasjonen på et nivå hvor den ikke ventes gi utslag i uønskede forandringer av organismsammensetningen eller akkumulering av store mengder begroing. Resultatet av denne vurdering er sammenstilt i tabellen nedenfor.

Forutsetning	Krav til minstevannføring	
	sommer	vinter
1. Ingen rensing av kloakkvann fra Gransherad	7 m ³ /s	4 m ³ /s
2. Kjemisk rensing av kloakkvann fra Gransherad	5 m ³ /s *	3 m ³ /s *

* Som foreslått i utbyggingsplanen.

Det understrekes at denne vurdering bygger på en meget enkel teori utviklet på grunnlag av eksperimentelle undersøkelser. Det gjenstår

fortsatt å teste teoriens generelle gyldighet ved omfattende feltobservasjoner. Det bør gis muligheter for en revurdering av minstevannføringene på grunnlag av oppfølgende undersøkelser av forurensningssituasjonen i vassdraget.

10. Med den foreslåtte forskjellen mellom sommer og vinter-minstevannføring og den relativt større innflytelsen av tilsig fra det lokale, uregulerte nedbørfeltet, vil vannføringsvariasjonene ved en kraftutbygging bli større og mere naturlige enn i nåværende regulerte tilstand. Dette vil til en viss grad kunne motvirke akkumulering av begroing i elva.
11. Ut over eventuelle forstyrrelser under anleggsarbeidet synes det ikke å være grunn til å vente at kraftutbyggingen får særlig konsekvenser for vannforsyningen til Notodden, men det tilrådes at forholdene blir fulgt opp. (Se punkt 13).
12. Et inngrep av den størrelsesorden som kraftutbyggingen i Tinnelva innebærer vil få konsekvenser for en rekke bruksinteresser knyttet til vassdraget. Resipientforholdene vil i denne sammenheng bare være en av de faktorer som må tas hensyn til. En samlet vurdering av konsekvensene vil best kunne gjøres ved at det utarbeides en bruksplan for vassdraget, hvor det blir tatt hensyn til samtlige vesentlige interesser.

Behov for videre undersøkelser

13. En undersøkelse av Tinnelva som innefatter også strekningen Arlifoss-Heddalsvatn er ønskelig for å bedømme nåværende forurensningstilstand og muliggjøre en oppfølging av forholdene.

Hvis kraftutbyggingen i øvre Tinnelva blir iverksatt er det behov for en oppfølgende undersøkelse. Denne bør ta sikte på å registrere eventuelle forandringer av kjemiske og biologiske forhold. Spesielt bør sammenhengen mellom forurensningsbelastning og begroingsforhold studeres.

2. INNLEDNING

Skiensfjordens kommunale kraftselskap henvendte seg til instituttet i brev datert 2. desember 1975 med forespørsel om bistand med undersøkelser i forbindelse med planlegging av en eventuell utbygging av fallet mellom Tinnoset og Årlifoss i Tinnelva. De foreløpige planer for utbyggingen er beskrevet i notat 75/544 TB/AM 412 2 Kopsland (Porsgrunn 3.9.75). På et møte i Gransherad 31. mars 1976 ble vassdragsundersøkelsene i Tinnelva drøftet mellom representanter for Skiensfjordens kommunale kraftselskap, Telemark fylke, Notodden kommune og NIVA. Det ble foreslått at vårt institutt skulle gjennomføre en undersøkelse i to faser. Den første fasen omfattet undersøkelse av vassdragsstrekningen Tinnoset-Årlifoss. Den andre fasen består i en mere omfattende undersøkelse av Tinnelva, hvor bl.a. interesser til Notodden kommune blir behandlet. Program for undersøkelsen i fase 1 for 1976 og 1977 er beskrevet i brev datert 2.7.1976 resp. 30.12.1976. Undersøkelsene ble startet i mars 1976 og har omfattet kjemiske analyser, observasjoner av begroing og algedrift, eksperimentelle undersøkelser av vannets vekstpotensial for alger og observasjoner av vannets innhold av seston (fracfiltrerbart materiale). Resultater fra en pågående undersøkelse av Telemarkvassdraget er også blitt brukt i behandlingen.

Skiensfjordens Kommunale Kraftselskap har gjennomført en registrering av virksomheter og innretninger i det lokale nedbørfeltet mellom Tinnoset og Årlifoss.

Personalet ved Årlifoss kraftverk og Notodden vannverk har vært behjelpelig med innsamling av sestonprøver. Vanntemperaturmålinger er blitt gjort av Øst Telemarkens Brukseierforening.

3. BESKRIVELSE AV NEDBØRFELTET

Tinnelva utgjør en 31 km lang elvestrekning mellom Tinnsjøen og Heddalsvatn. Vassdraget har sine kilder inne på Hardangervidda syd for Hårteigen ved Litloset. Fra Kvennsjøen (1180 m.o.h.) renner Kvenna til Møsvatn, og på den ca. 42 km lange strekningen danner elven flere mindre innsjøer. Møsvatn, som er regulert, er den største innsjøen på Hardangervidda. Mellom Møsvatnet og Tinnsjø passerer vannet en serie kraftverk.

Tinnsjø har foruten hovedtilløpet Måna tre større tilløp i nord, nemlig Gøyst-, Mår- og Tessungeelva (Austbygdåi). Av disse er Mårelva som kommer fra Mårvatn (1120 m.o.h.) den største. Vassdragene er regulerte og i reguleringen inngår flere innsjøer inne på Hardangervidda, bl.a. Mårvatn, Kalhovdfjorden og Gøystvatn.

Tinnsjø har et største dyp på 460 m og er Norges nest dypeste innsjø. Overflatearealet er 51 km^2 . Innsjøen reguleres i dag mellom kvotene 187.2 m og 191.2 m.o.h. og har et reguleringsmagasin på 204 mill. m^3 .

På strekningen mellom Tinnsjøen og Heddalsvatn har Tinnelva et fall på ca. 175 m, hvorav 140 m er utnyttet i kraftverkene Årlifoss, Grønvollfoss, Svelgfoss og Tinfos I og II. Av den resterende fallhøyden er det en midlere brutto fallhøyde på 29.7 m mellom Tinnsjøen og Årlifossmagasinet. På denne 11 km lange strekningen finnes en rekke stryk og et mindre fall ved Tinnoset.

Det totale nedbørfeltet ved utløpet av Tinnsjøen oppgår til 3758 km^2 . Se fig. 1. Årsmiddelvannføringen i Tinnelva ved utløpet fra Tinnsjøen er $104 \text{ m}^3/\text{s}$ (1917-1972). Reguleringen har ført til en relativt utjevnet vannføring. Ukemiddelverdier for perioden 1970-1976 er vist i fig. 2. Maksimal vannføring i denne perioden var $373.5 \text{ m}^3/\text{s}$ og laveste vannføring $44 \text{ m}^3/\text{s}$ (ukemiddelverdier).

Det lokale nedbørfeltet til Tinnelva på strekningen Tinnoset-Årlifoss har et areal av ca. 101 km^2 . Det samlede tilsig fra dette feltet er beregnet til i gjennomsnitt $2.8 \text{ m}^3/\text{s}$. Den viktigste tilløpsbekken er Kåla som har sin opprinnelse i Sjøvatnet og som munner ut i Tinnelva 2 km sør for Tinnoset. Kålas nedbørfelt er ca. 56.6 km^2 og middelvannføringen er beregnet til ca. $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Fig.1
Kartskisse over Tinnelv-vassdraget

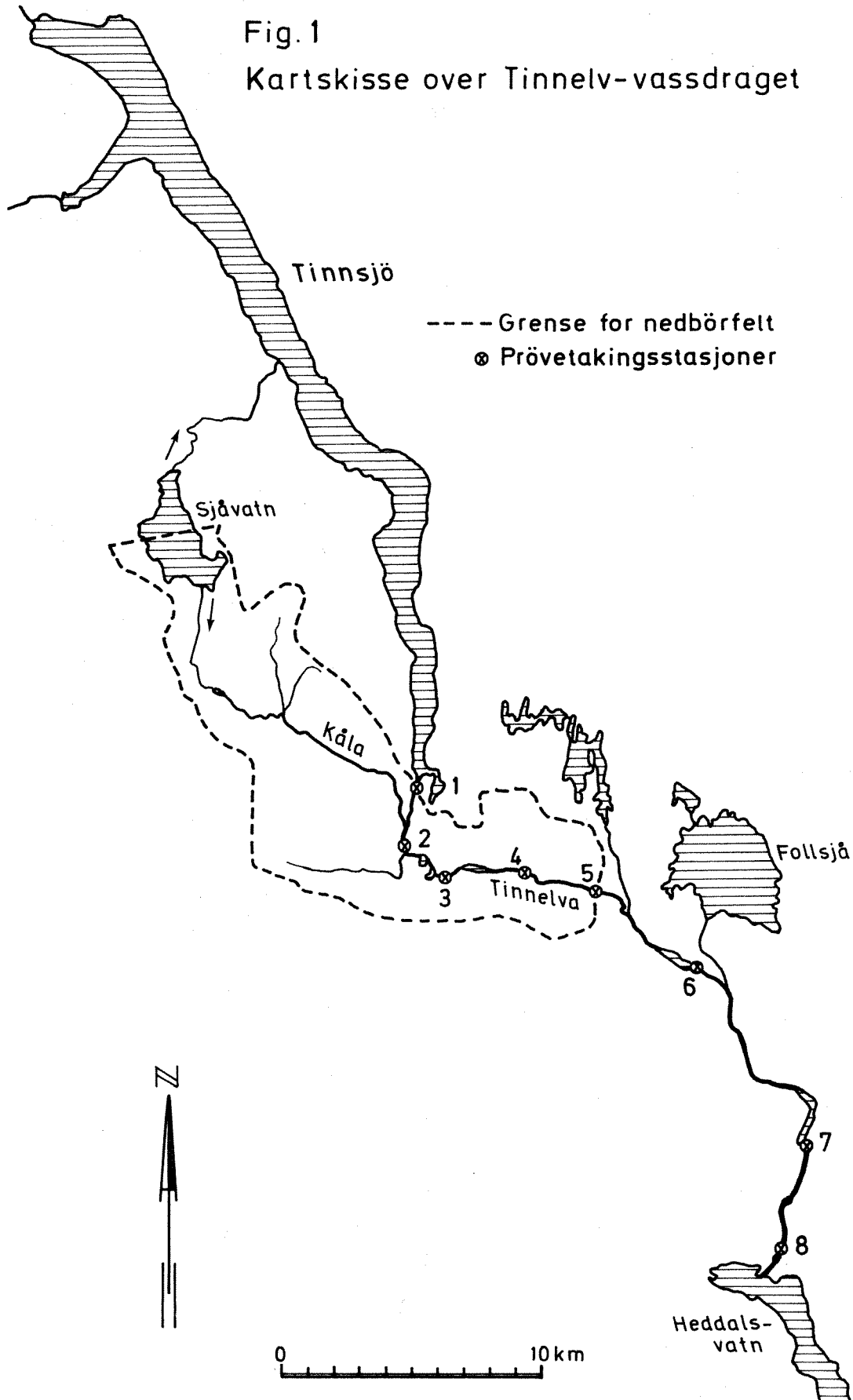
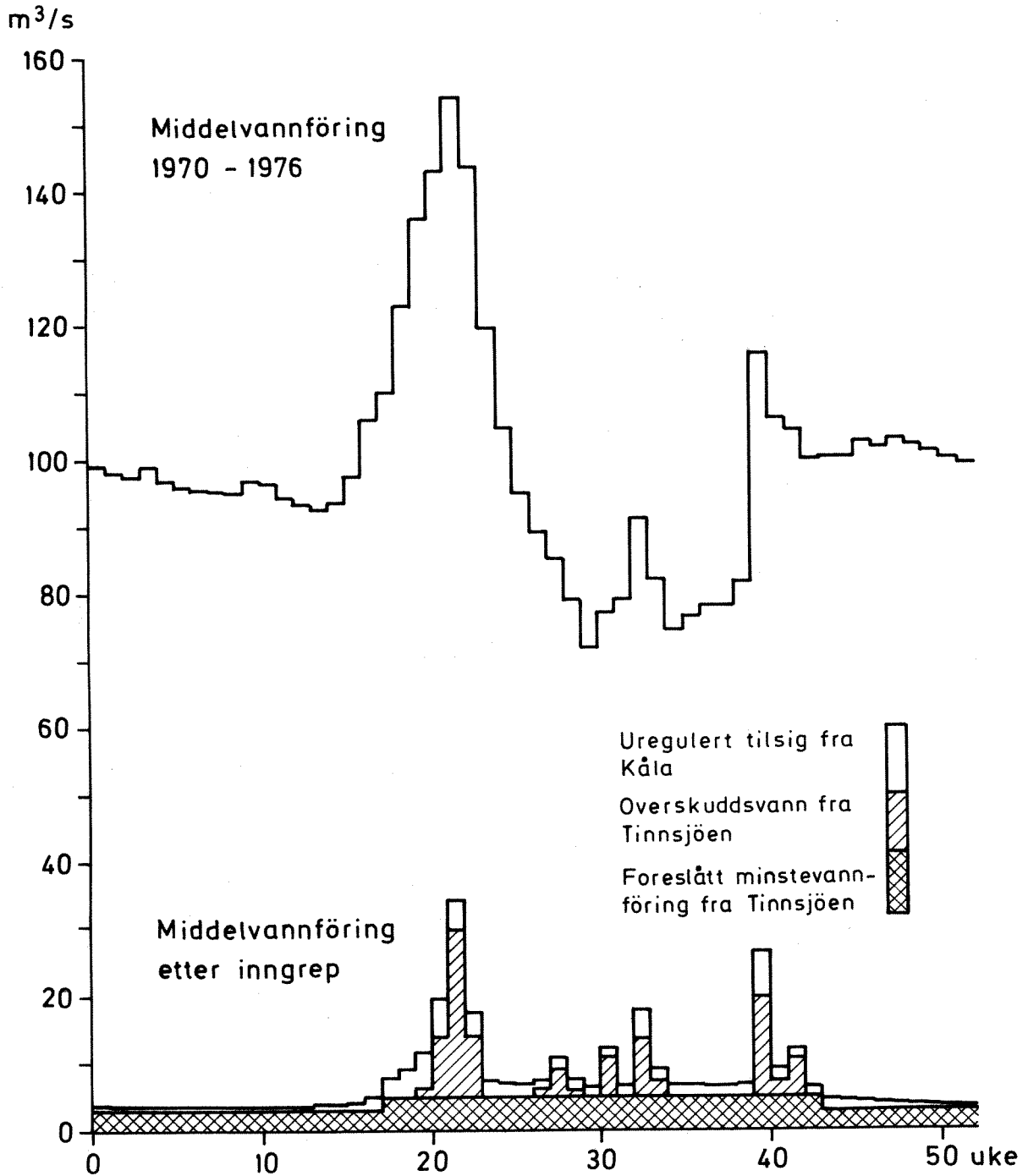


Fig.2 Middelvannføring ved Kirkvoll bro, Gransherad, 1970 - 1976 og beregnet middelvannføring etter inngrep



Det lokale tilsiget til Tinnelva på strekningen Tinnoset-Årlifoss er uregulert og vil følgelig vise store årstidsvariasjoner. Det foreligger ingen vannføringsobservasjoner fra dette feltet, men med utgangspunkt i data fra målt uregulert tilsig til Norsjø (Ræstad 1970) er det gjort en beregning av karakteristiske vannføringer fra det 101 km^2 store lokale nedbørfeltet. Den beregnede middelvannføringen varierer fra $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$ i mars til $9 \text{ m}^3/\text{s}$ i mai-juni. Laveste vannføring er anslått til $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ og høyeste til $23 \text{ m}^3/\text{s}$. Se fig. 3.

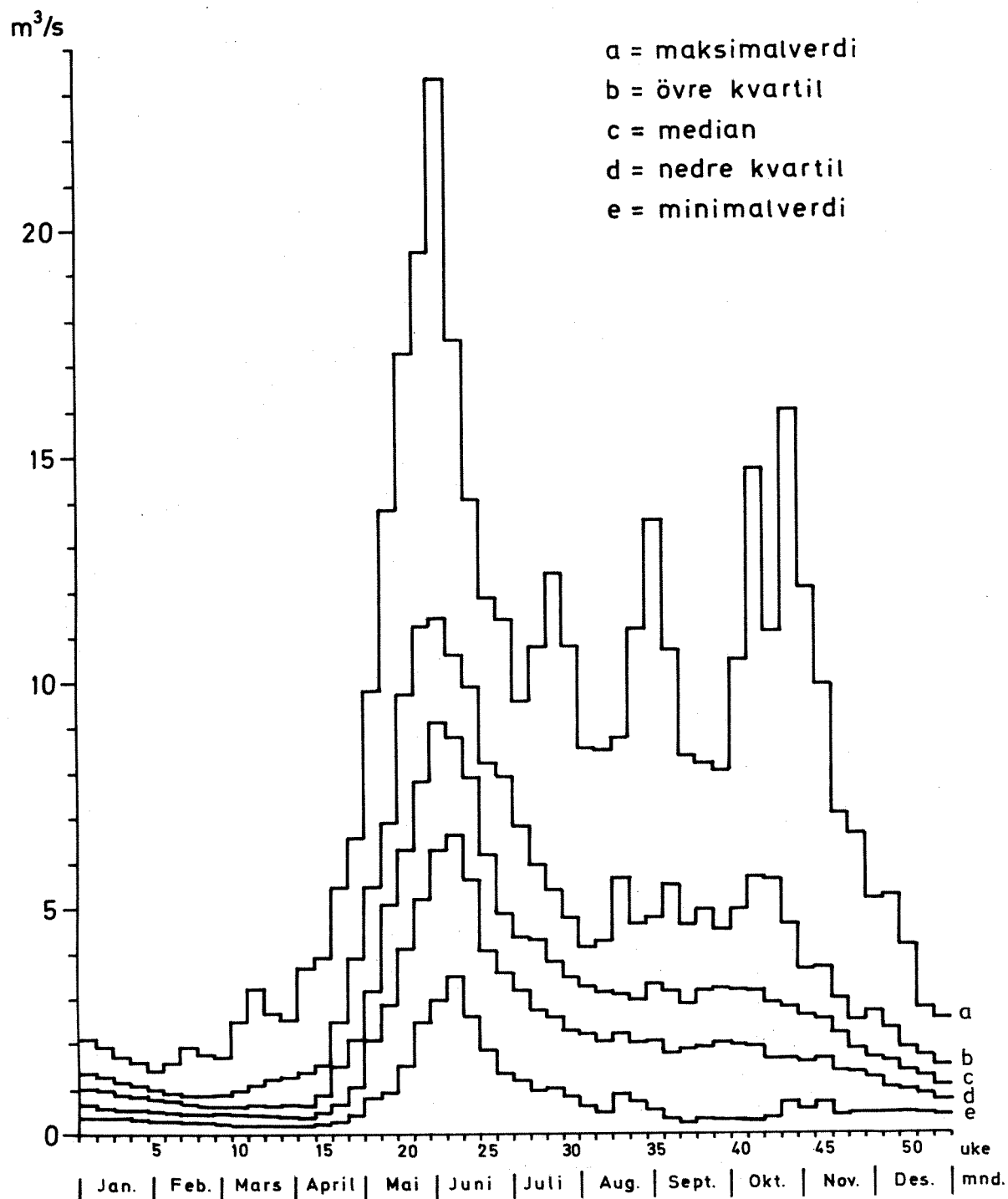
Tinnelvas nedbørfelt ligger i et grunnfjellsområde med prekambriske bergarter. Viktigst er kvartsitter, leptitter og granitter. Ved Rjukan og Tinnsjø-Notodden finnes også metamorfe bergarter av vulkansk opprinnelse. Berggrunnen er i stor utstrekning dekket av et tynt lag morene, tildels med innslag av lynghumus og torvjord. Tinnelvas dalføre er preget av iselvvavsetninger av sand og grus. Den marine grense i området går ved ca. 150 m.o.h. Tinnelva passerer denne grense mellom Årlifoss og Grønvollfoss.

En stor del av nedbørfeltet består av høyfjellsvidder med sparsom vegetasjon. Skogarealet er 8% og jordbruksarealet kun 0.4% av det totalte nedbørfeltet. Befolkningstettheten er ca. 2.7 km^2 . Det største tettstedet er Rjukan med en befolkning av ca. 6.500 mennesker. Den største industribedriften er Rjukan salpeterfabrikker, som produserer bl.a. ammoniak og salpeter.

Arealfordelingen i det lokale nedbørfeltet til Tinnelva mellom Tinnoset og Årlifoss går fram av tabell 1. Folketallet har lenge vært synkende og oppgår nå til ca. 750. Av disse bor ca. 250 i Gransherad sentrum. Kloakkvannet blir ledet til septiktanker og deretter innfiltrert i grunnen. Gransherad Bygdeheim har kloakkutslipp til septiktanker og med avløp fra disse til Kyrktjønna, som har direkte forbindelse med Tinnelva. Planlegging av vannforsyningsanlegg og kloakkrensaneanlegg for Gransherad sentrum er satt i gang.

10 gårdsbruk, som har brønner oppe i dalsiden, er avhengige av å hente vann i elven om vinteren og i enkelte tilfelle om sommeren.

Fig.3 Beregnede karakteristiske vannføringer for avrenning fra lokalt nedbørfelt Tinnoset - Årlifoss



Jordbruket i området er kjennetegnet ved små bruk. Omlag 65% av brukene er mellom 20-49 dekar. 8 siloer er i bruk. Disse har utslipp til grunn. Den samlede hysdyrbesetningen går fram av tabell 2.

Tabell 1. Arealfordelingen i lokalt nedbørfelt Tinnoset-Årlifoss.

	Areal (km ²)
Skog, myr og lite produktive områder	ca. 93
Vannareal	" 6
Jordbruk	" 2
<u>TOTALT</u>	<u>101</u>

Tabell 2. Hysdyrbesetningen på jordbruk i lokalt nedbørfelt Tinnoset-Årlifoss.

Mjølkedyr	21
Storfe ellers	53
Sauer	300
Griser	12
Hester	7
Pelsdyr	340

Det blir hvert år brukt ca. 50 tonn fullgjødsel innen jordbruket.

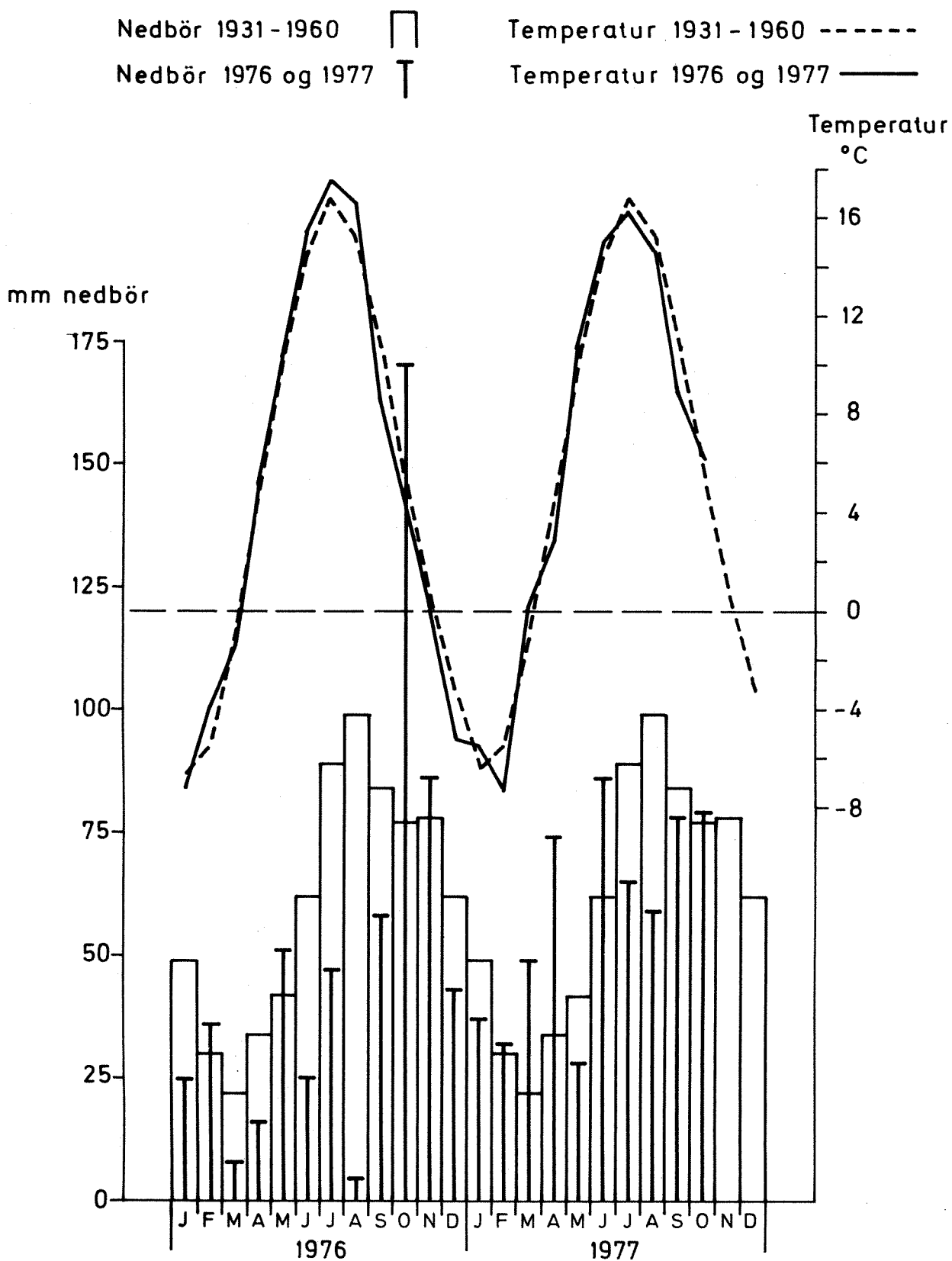
Det er ikke industri av betydning innen området.

4. KLIMATISKE FORHOLD

I gjennomsnitt faller 700-800 mm nedbør pr. år i området mellom Tinnsjø og Notodden. Den nedbørrikeste perioden er normalt juli-september. (Se fig. 4). I 1976 kom det langt mindre nedbør enn normalt i den første halvdel av året og spesielt i juni-august. Oktober samme år var meget nedbørrik. Ved Tinnoaset falt det den måneden 196 mm. I 1977 var avvikene fra det normale nedbørsmønsteret mindre.

Lufttemperaturen har et forløp som er vist i fig. 4. Den gjennomsnittlige månedstemperatur varierer mellom minus 6.6°C i januar og pluss 16.8°C i juli ved den meteorologiske observasjonsstasjonen i Gvarv. Avvikene fra den normale temperaturen var i 1976-1977 ganske små, men sommertemperaturen i 1976 var noe høyere enn normalt.

Fig. 4. Månedsgjennomsnitt av nedbør og temperatur for perioden 1931 - 1960 og for 1976 og 1977. Gvarv



5. FYSISK - KJEMISKE FORHOLD

5.1 Prøvetaking

Vannprøver for fysisk-kjemiske analyser er blitt tatt langs elvestrekningen fra Tinnsjøen til Heddalsvatn i mars, september og november 1976 og i februar, mars og september 1977. Prøvetakingsstasjonenes nummer og benevning går fram av tabell 3. Beliggenheten er vist i fig. 1. I sammenheng med en undersøkelse av Telemarkvassdraget er det også tatt prøver hver måned ved Tinnoset og oppstrøms Tinfos i perioden oktober 1975 til september 1977. Vanntemperaturen ved Tinnoset er målt hver uke av Øst Telemarkens Brukseierforening.

Tabell 3. Prøvetakingsstasjoner for fysisk-kjemiske analyser.

<u>Stasjon nr. (Se fig. 1)</u>	<u>Benevning</u>
1	Utløp Tinnsjøen (Tinnoset)
2	Oppstrøms Gransherad
3	Bro ved Gransherad
4	Bro ved Rugholt
5	Årlifoss
6	Grønvollfoss
7	Utløp Kloumannsjøen
8	Tinfos
9	Heddalsvann

5.2 Metoder

Analysene ble utført ved NIVA's kjemiske laboratorium i Oslo. De rutinemessige metoder som ble benyttet er angitt i tabell 4.

5.3 Resultater og kommentarer

Resultatene av de fysisk-kjemiske analysene er samlet i tabell 5, 6 og 7. Middelerverdi og standard avvik for analyseseriene fra Tinnoset og oppstrøms Tinfos 1975-1977 er beregnet og oppført i tabell 6 og 7.

Tabell 4. Fysisk-kjemiske analysemetoder.

Analyseparametre	Symbol/enhet	Analyseprinsipp
pH	pH-enhet	Potensiometrisk måling, pH-meter og glasselektrode
Konduktivitet 20°C	µS/cm	Konduktometrisk måling, direktevisende instrument
Sulfat	SO ₄ , mg/l	Autoanalysator, thordinmetoden
Fargetall	mg Pt/l	Fotometrisk måling ved 430 nm
Turbiditet	FTU	Nefelometrisk måling, Hachburbidimeter 2100 A
Kjem. oks. forbruk (dikromattall)	mg O/l	Koking i 2 t med kaliumdikromat og svovelsyre, tilsatt sølvsulfat som katalysator
Kjem. oks. forbruk	mg O/l	Oppvarming (100°C) i 20 min. med kaliumprermanganat i surt miljø
Kalsium	Ca, mg/l	Atomabsorpsjonsanalyse, luft/acetylenflamme
Magnesium	Mg, mg/l	Atomabsorpsjonsanalyse, luft/acetylenflamme
Natrium	Na, mg/l	Atomabsorpsjonsanalyse, luft/acetylenflamme
Jern	Fe, mg/l	Atomabsorpsjonsanalyse, luft/acetylenflamme
Klorid	Cl, mg/l	Autoanalysator; reaksjon med kvikksølv (II) tiocyanat og bestemmelse av frigjort mengde tiocyanat ved kompleksdannelse med jern (III)
Total fosfor	P, µg/l	UV-belysning i ½ t ved nærvær av hydrogenperoksyd i surt miljø fulgt av bestemmelse som ortofosfat
Ortofosfat	PO ₄ , µg P/l	Autoanalysator; molybdenblått-metoden med ascorbinsyre som reduksjonsmiddel
Total nitrogen	N, µg/l	UV-belysning i ½ t ved nærvær av hydrogenperoksyd i surt miljø, fulgt av reduksjon i sink-kolonne og bestemmelse som ammonium
Nitrat (+nitritt)	NO ₃ (NO ₂), µg N/l	Autoanalysator; reduksjon i kadmiump/kobber-kolonne til nitrat-nitritt og bestemmelse av dette som et azofargestoff
Ammonium	NH ₄ , µg N/l	Autoanalysator; indofenolblått-metoden med nitroprussid som katalysator

5.3.1 Temperatur

Vanntemperaturen ved Tinnoset 1976-1977 (månedsverdier) er sammenliknet med gjennomsnittstemperaturen 1970-1976 i fig. 5. Temperaturen varierte mellom 14.2°C i august 1976 og 1.1°C i februar 1977. Både maksimum og minimumtemperaturene var høyere i 1976 enn i 1977. Avvikelsen fra normaltemperaturen var størst i februar 1977 (1.1°C mot normalt 2.6°C).

5.3.2 pH-verdi

pH-verdien er et mål for vannets hydrogenioneaktivitet. ($\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$). pH 7 betegner nøytralt punkt, mens lavere pH betyr surt vann og høyere pH basisk vann. pH er en viktig miljøfaktor og de fleste organismer vil ta skade av pH-verdier lavere enn 5 og høyere enn 8. pH-variasjonene bestemmes kvantitativt av vannets bufferkapasitet. Det viktigste buffersystemet i vann er karbonatsystemet (CO_2 , HCO_3^- og CO_3^{--}) men organiske syrer er også av betydning spesielt i vann med høyt humusinnhold. Slike vann kjennetegnes av lave pH-verdier. Høyt kalsiuminnhold øker vannets bufferkapasitet og gir høyere og mer stabile pH-verdier.

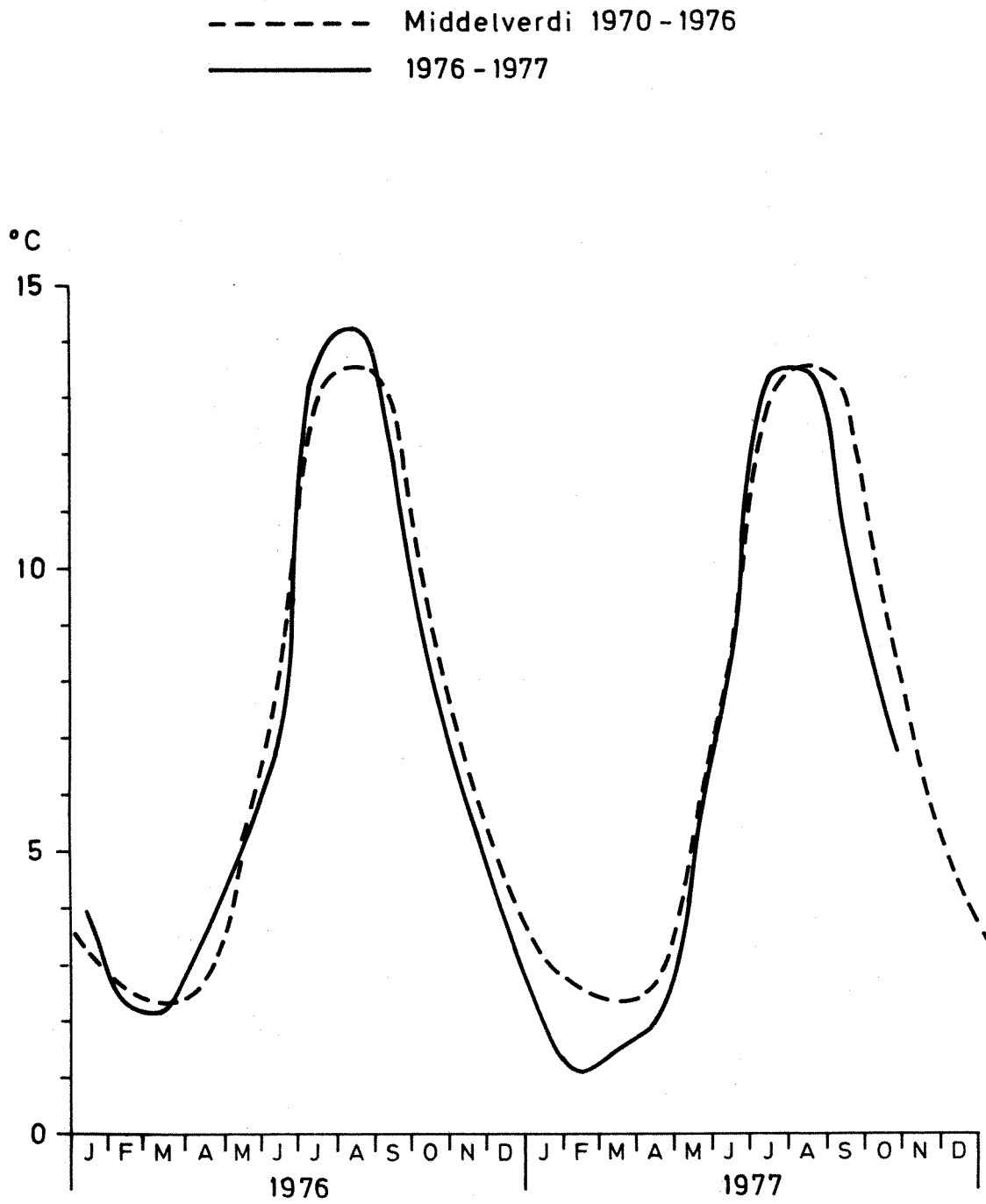
Biologiske stoffskifteprosesser påvirker vannets pH-verdi gjennom karbonatsystemet. Ved plantenes fotosyntese assimileres CO_2 og pH-verdien stiger. Respirasjon og nedbrytningsprosesser fører til produksjon av CO_2 og pH synker. Tilførselen av syre i forurenset nedbør bidrar til å senke pH-verdien i vassdrag med lav bufferkapasitet.

Vannet i Tinnelva er noe surt. De fleste pH-observasjonene i 1975-1977 er i området rundt 6. Målingene ved Tinnoset viste en årsvariasjon med relativt høye verdier i periodene juli-oktober 1976 og juli-september 1977 (se tabell 6). Dette er sannsynligvis resultatet av en høyere produksjon av planktonalger i Tinnsjøen på sommeren. Variasjonene i pH langs elvestrekningen Tinnoset-Årlifoss var små. Det er antatt at oksydasjon av ammoniumforbindelser til nitratforbindelser i Tinnsjøen bidrar til å senke pH-verdien (NIVA, sept. 1976).

5.3.3 Elektrolyttisk ledningsevne

Den elektrolyttiske ledningsevnen er et mål for vannets saltinnhold. Salter tilføres vannet fra nedbøren og ved kjemiske og biologiske prosesser knyttet

Fig.5 Vanntemperaturer i Tinnelva ved Tinnoset
Månedsmiddeler for perioden 1970-1976
og for 1976 og 1977



til erosjon i nedbørfeltet. Forurensninger gir seg også utslag i vannets ledningsevne. I vannforekomster i skogbevokste lavlandsområder ligger verdien for ledningsevnen oftest mellom 20-40 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Avrenningsvann fra kalkrike jordbruksområder eller vann som er påvirket av forurensning har ofte en ledningsevne på 100-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Den elektrolyttiske ledningsevnen i Tinnelva er lav (ca. 17 $\mu\text{S}/\text{cm}$) uten signifikante variasjoner i løpet av året. Det skjer ikke nevneverdige forandringer av ledningsevnen i elvens lengderetning.

5.3.4 Farge

Oppløste stoffer og suspenderte partikler gir vannet farge. Humusstoffer som dannes ved nedbrytning av organisk materiale gir vannet en brunlig farge. Vurdert sammen med permanganattallet gir fargeverdien derfor opplysninger om vannets innhold av humusstoffer.

Fargeanalysene av vann fra Tinnelva viste i stort sett lave verdier med unntak for ved prøvetakingen 1.9.1976. De relativt høye verdiene på det tidspunktet må skyldes transport av farget vann fra Tinnsjøen siden den høyeste verdien ble målt i vann fra utløpet ved Tinnoset. Måling av farge i filtrert vann viste at fargen hovedsakelig skyldes oppløste stoffer.

5.3.5 Turbiditet

Turbiditeten er et mål for graden av lysspredning i vannet. Suspenderte partikler som leire, detritus, plankton etc. bidrar til å gi vannet turbiditet. I Tinnelva var turbiditetsverdiene gjennomgående lave.

5.3.6 Dikromattall

Dikromattallet eller det kjemiske oksygenforbruket er et mål for vannets innhold av oksyderbart materiale. Metoden gir en mere fullstendig oksydasjon enn permanganatmetoden. Dikromattallet gir uttrykk for vannets innhold av organisk materiale og brukes derfor til å påvise organiske forurensninger.

Dikromattallet i de analyserte prøvene fra Tinnelva viser en usystematisk variasjon, men er alltid lave, noe som tyder på et lavt innhold av organisk materiale.

5.3.7 Kalsium

Kalsiuminnholdet er viktig for vannets bufferkapasitet (se pH-verdi). Kalsium tilføres vannet ved utlaking fra berggrunnen og jordsmonnet. I områder med kalkberggrunn finner man derfor de høyeste kalsiumkonsentrasjonene. I kalkfattige områder kan kalsiumkonsentrasjonen i vassdragene være mindre enn 1 mg/l.

I Tinnelva er kalsiuminnholdet ganske lavt. Middelerdien ved utløpet fra Tinnsjø var 1.8 mg/l. Variasjonene var ubetydelige.

5.3.8 Klorid

Kloridioner tilføres vannet fra nedbøren, ved utløsning fra marine sedimenter og ved forurensning. Det naturlige kloridinnholdet er derfor høyest under den marine grensen og nær sjøen.

I Tinnelva er kloridinnholdet lavt (0.6-0.8 mg/l).

5.3.9 Total fosfor

Fosfor utløses meget langsomt fra berggrunn og jordsmonn og den naturlige konsentrasjonen av fosfor i vassdragene er derfor ofte meget lav (mindre enn 5 µg/l). Forurensninger fra jordbruk, kloakkvann og enkelte industriavløpsvann øker vannets innhold av fosforforbindelser. Fosfor er et viktig plantenæringsstoff og siden konsentrasjonene i vann som oftest er lave, er fosfor et viktig begrensende næringsstoff for vegetasjon i vann.

Fosforkonsentrasjonen i Tinnelva er ganske lav. Middelerdien ved utløpet fra Tinnsjø var 4.7 µg/l. Forurensningsbelastningen langs med elven er ikke stor nok til å øke den gjennomsnittlige fosforkonsentrasjonen på strekningen Tinnoset-Tinfos. Ved prøvetakinger i mars og september 1977 ble det imidlertid påvist høyere fosforkonsentrasjoner ved Gransherad enn ved Tinnoset, noe som kan være resultatet av en lokal forurensning.

5.3.10 Fosfat

Fosfat er den fraksjon av totalfosfor som er direkte tilgjengelig for optak av planter. Konsentrasjonen av fosfat i Tinnelva var i de fleste analyserte prøver lavere enn deteksjonsgrensen 2 µg P/l.

5.3.11 Total nitrogen

Nitrogenkomponenter tilføres vassdragene direkte fra nedbøren og ved utvasking fra nedbørfeltet. Forurensninger fra jordbruk, industri og husholdningskloakk gir utslag i vassdragenes nitrogeninnhold. Upåvirkede vassdrag i fjell- og skogterreng har som regel et nitrogeninnhold lavere enn 200 µg/l. Nitrogen er et viktig plantenæringsstoff og kan, ofte sammen med fosfor, virke begrensende for veksten av vannplanter.

Nitrogeninnholdet i Tinnelva er unaturlig høyt. Middelerdien ved Tinnoset var 820 µg/l. Årsaken er uten tvil forurensning fra salpeterfabrikken i Rjukan. Analysene viser ingen utpreget årstidsvariasjon eller forandring av nitrogenkonsentrasjon på strekningen Tinnoset-Tinfos.

5.3.12 Nitrat

Nitrat er i regel den viktigste uorganiske fraksjonen av totalnitrogenet. Nitrat er bl.a. en direkte tilgjengelig nitrogenkilde for planter.

Nitratanalysene viser at mesteparten av total-nitrogen i Tinnelva foreligger i form av nitrat. Middelerdiene kan tyde på en svak reduksjon på strekningen Tinnoset-Tinfos.

5.3.13 Sulfat

Sulfatkonsentrasjonen reguleres i høy grad av nedbørkjemiske variasjoner og av vegetasjon- og jordsmonntyper i nedbørfeltet. I Tinnelva varierte sulfatkonsentrasjonen mellom 2-3 mg/l med unntak for enkelte noe høyere verdier. Middelerdien ved utløpet av Tinnsjøen var 2.5 mg/l og ved Tinfos 2.6 mg/l.

Tabell 5. Fysisk-kjemiske analyseresultater, Tinnelva 1976-1977.

Stasjon	Nr.	Dato	pH	Spes. el. lednings- evne µS/cm 20°C	Farge mg Pt/l	Turbi- ditet J.T.U.	Dikro- mat- tall	Kalsium mg Ca/l	Jern µg Fe/l	Klorid mg Cl/l	Tot.P µg P/l	Fosfat µg P/l	Tot.N µg N/l	Nitrat µg N/l	Sulfat mg SO ₄ /l
Utløp Tinnshj	1	31.3.76	5,50	17,2			8,7		30	0,6	3		960		3,2
Bro ved Gransherad	3	"	5,54	16,7		2,6		20	20	0,6	4		1050		2,7
Bro ved Rugholt	4	"	5,57	16,6		3,8		20	20	0,6	4		990		2,7
Årlifoss	5	"	5,63	15,9		3,7		20	20	0,6	3		870		2,7
Utløp Kloumannshj	7	"	5,86	16,9		4,4		20	20	0,6	3		830		3,0

Utløp Tinnshj	1	1.9.76	5,98	17,0	43	0,26	<5	1,82	10	0,7	4	<2	920	750	
Oppstrøms Gransherad	2	"	6,00	16,9	19	0,26	5,7	1,81	10	0,7	5	<2	930	750	
Bro ved Gransherad	3	"	5,97	17,2	14	0,27	<5	1,80	20	0,7	5		910	750	
Bro ved Rugholt	4	"	5,98	16,9	19	0,29	5,9	1,80	10	0,7	5	<2	920	750	
Årlifoss	5	"	6,04	16,7	19	0,25	<5	1,82	10	0,7	4	<2	900	740	
Utløp Kloumannshj	7	"	5,97	17,2	19	0,36	5,1	1,93	25	0,8	4	<2	910	710	
Heddalsvann	9	"	6,12	19,1	33	0,46	6,9	2,0	35	1,0	7	<2	850	640	

Årlifoss	5	4.11.76	6,00	18,5	8,5	0,25	3,8		20		4	<2	700	700	
Tinfos	8	5.11.76	6,28	19,6	13	0,97	2,7		20		6	2	720	680	
Heddalsvann	9	"	6,12	23,9	30	0,52	5,4		50		5	3	660	620	

Utløp Tinnshj	1	12.2.77	5,94	16,8	4,0	0,31	2,8		10		5	<2	840	780	
Årlifoss	5	"	5,77	16,3	4,0	0,27	7,4		10		4	<2	770	770	

Utløp Tinnshj	1	23.3.77	5,77	16,1	6,5	0,33	10,3		40		3	2	660	720	
Bro ved Gransherad	3	"	5,73	16,3	6,5	0,20	7,0		20		7	2	710	720	
Bro ved Rugholt	4	"	5,84	16,5	8,5	0,28	6,0		40		6	2	690	720	
Årlifoss	5	"	5,83	16,2	4,0	0,25					8	<2	700	720	
Grøvollfoss	6	"	5,89	16,6	6,5	0,20					6	<2	680	720	

Utløp Tinnshj	1	29.9.77	5,79	17,1	10,5	0,16	6,7		15		3		840	650	
Bro ved Gransherad	3	"	5,82	17,2	13,0	0,19	7,4		20		8		830	640	
Bro ved Rugholt	4	"	5,96	16,8	10,5	0,17					2		810	640	
Årlifoss	5	"	5,97	16,9	10,5	0,15	8,1		15		<2		810	650	
Grøvollfoss	6	"	5,95	17,2	13,0	0,21	14,8		10		<2		840	650	
Utløp Kloumannshj	7	"	6,00	17,0	16,0	0,21	7,1		15		3		800	610	
Tinfos	8	"	6,08	17,1	16,0	0,18	14,5		15		5		780	610	
Heddalsvann	9	"	6,28	18,9	26,5	0,33	<5		30		4		720	480	

Tabell 6. Fysisk-kjemise analyseresultater, Tinnelva ved Tinnoset oktober 1975 - september 1977.

Dato	pH	Spes. el. ledningsevne $\mu\text{S/cm}$, 20°C	Turbiditet J.T.U.	Tot.N $\mu\text{g N/l}$	Nitrat $\mu\text{g N/l}$	Ammonium $\mu\text{g N/l}$	Tot.P $\mu\text{g P/l}$	Permanganattall $\text{mg O}_2/\text{l}$	Kalsium mg Ca/l	Sulfat $\text{mg SO}_4/\text{l}$
01.10.75	6,22	16,6	0,4	820	780		6	1,0		
11.11.75	5,63	16,9	0,2	790	790		4	1,3		
10.12.75	5,49	23,2	0,3	850	800		3	0,5		
16.12.75	5,76	15,6	0,5	830			3	1,3		
11.01.76	5,70	18,0	0,3	770	770	20	3	0,9	1,76	2,8
06.02.76	5,65	16,9	0,3	1200	720	40	3	0,6	1,76	2,6
16.03.76	5,61	17,4	0,3	940	750	55	4	1,0	1,73	2,7
06.04.76	5,58	15,7	0,6	875	810	10	6	1,2	1,92	2,4
07.05.76	5,66	17,0	0,3	800	780	10	6	0,9	1,92	2,4
08.06.76	6,10	17,7	0,3	835	760	15	6	1,2	1,82	2,5
06.07.76	7,29	16,8	0,23	880	740	50	3	3,2	1,73	2,4
11.08.76	6,53	17,7	0,18	710	700	55	3	1,3	1,78	2,2
17.09.76	7,30	17,9	0,7	800	780	135	2,5	<0,5	1,81	2,5
26.10.76	6,60	16,6	0,3	850	700	120	4	0,8	1,75	2,9
09.11.76	6,01	17,1	0,3	790	690	15	4	0,8	1,84	2,4
15.12.76	5,74	18,1	1,1	810	800	-	4	0,9	1,72	2,7
19.01.77	5,93	17,5	0,2	900	730	15	4	0,6	1,72	2,5
09.02.77	5,79	18,0	0,4	830	780	45	6	0,9	1,73	2,2
10.03.77	5,78	16,2	0,2	790	760	30	5	0,9	1,88	2,1
20.04.77	5,64	17,0	0,4	740	690	15	9	0,9	1,62	2,7
11.05.77	5,96	17,8	0,4	730	630	20	3	2,1	1,87	2,8
14.06.77	5,93	1,82	0,5	870	650	40	13	5,2	1,76	2,8
11.07.77	6,60	1,56	0,4	710	660	25	<2	1,1	1,66	2,1
10.08.77	6,93	1,54	0,2	770	670	60	6	0,9	1,70	2,2
13.09.77	6,42	1,57	0,3	760	730	65	4	1,7	1,78	2,5
M.V.	6,07	17,22	0,37	826	736	42	4,66	1,28	1,77	2,50
St.a.	0,53	1,52	0,20	97	52	34	2,36	1,01	0,08	0,40

Tabell 7. Fysisk-kjemiske analyseresultater Tinnelva oppstrøms Tinfos oktober 1975 - september 1977.

Dato	pH	Spes.el. ledningsevne $\mu\text{S/cm}$, 20°C	Turbiditet J.T.U	Tot.N $\mu\text{g N/l}$	Nitrat $\mu\text{g N/l}$	Ammonium $\mu\text{g N/l}$	Tot.P. $\mu\text{g P/l}$	Permanganattall $\text{mg O}_2/\text{l}$	Kalsium mg Ca/l	Sulfat $\text{mg SO}_4/\text{l}$
01.10.75	6,80	18,7	0,6	680	650		4	2,0		
11.11.75	5,68	16,9	0,2	870	800		3	1,2		
10.12.75	5,69	17,3	0,4	780	750		3	1,1		
16.12.75	5,84	16,4	0,4	800	-		2	1,5		
11.01.76	5,68	18,2	0,4	780	760		5	1,5	1,76	2,7
06.02.76	5,69	16,8	0,2	1400	730		2	1,3	1,77	2,6
16.03.76	5,60	17,4	0,2	890	780		3	1,0	1,77	2,6
06.04.76	5,67	16,9	0,4	900	800	10	5	1,3	1,82	2,5
07.05.76	5,84	17,4	0,6	750	720	35	18	1,1	1,95	2,5
08.06.76	6,13	16,5	0,4	790	740	15	6	1,3	1,67	2,5
06.07.76	6,43	16,7	0,2	820	720	25	2	0,3	1,74	2,5
11.08.76	6,22	23,6	0,22	760	690	40	3	1,9	1,78	2,3
17.09.76	6,48	17,4	0,40	720	780	105	2	<0,5	1,87	2,5
26.10.76	6,06	20,5	0,29	870	610	80	12	2,4	2,06	3,7
09.11.76	6,05	18,9	0,22	820	630	15	6	1,6	2,10	2,5
15.12.76	5,90	18,2	1,8	790	760	-	4	0,9	1,82	2,7
19.01.77	5,73	17,0	0,3	850	730	10	3	0,6	1,86	2,7
09.02.77	5,68	17,0	0,2	1600	780	60	3	1,0	1,76	2,3
10.03.77	5,72	15,7	0,2	770	740	25	3	1,0	1,84	2,1
20.04.77	5,94	18,3	0,5	770	680	10	4	0,9	1,76	2,7
11.05.77	5,95	17,9	0,2	680	570	<10	3	2,5	1,87	2,9
14.06.77	5,88	17,7	0,4	770	620	<10	5	1,3	1,80	2,9
11.07.77	6,52	15,3	0,3	720	660	15	3	0,9	1,73	2,7
10.08.77	6,78	15,3	0,2	750	670	35	5	1,2	1,74	2,2
13.09.77	6,33	17,3	0,3	680	680		3	1,6	1,89	2,7
M.V.	6,01	17,57	0,37	840	710	31	4,48	1,28	1,82	2,61
St.a.	0,36	1,69	0,32	210	64	28	3,49	0,53	0,11	0,32

6. EKSPERIMENTELLE UNDERSØKELSER, ALGETESTER

Algetester blir utført for å undersøke vannets egenskaper som vekstmedium for alger. Testene kan også gi opplysninger om hvilket eller hvilke næringsstoffer som er begrensende for veksten av alger.

6.1 Metoder

I korthet går metoden ved algetester 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. Celleantallet blir bestemt ved daglige tellinger med en elektronisk partikkelteller. Testen avsluttes når algene har sluttet å vokse. Celleutbyttet i kulturen er et mål på vannets vekstpotensial for alger. Grønnalgen *Selenastrum capricornutum* blir benyttet ved algetestene.

Vekstbegrensende næringsstoffer kan identifiseres ved å tilsette forskjellige næringsstoffer til vannprøven og utføre algetest. Det næringsstoff som gir en økning av celleutbyttet er begrensende for vekst av testalgen i vannprøven.

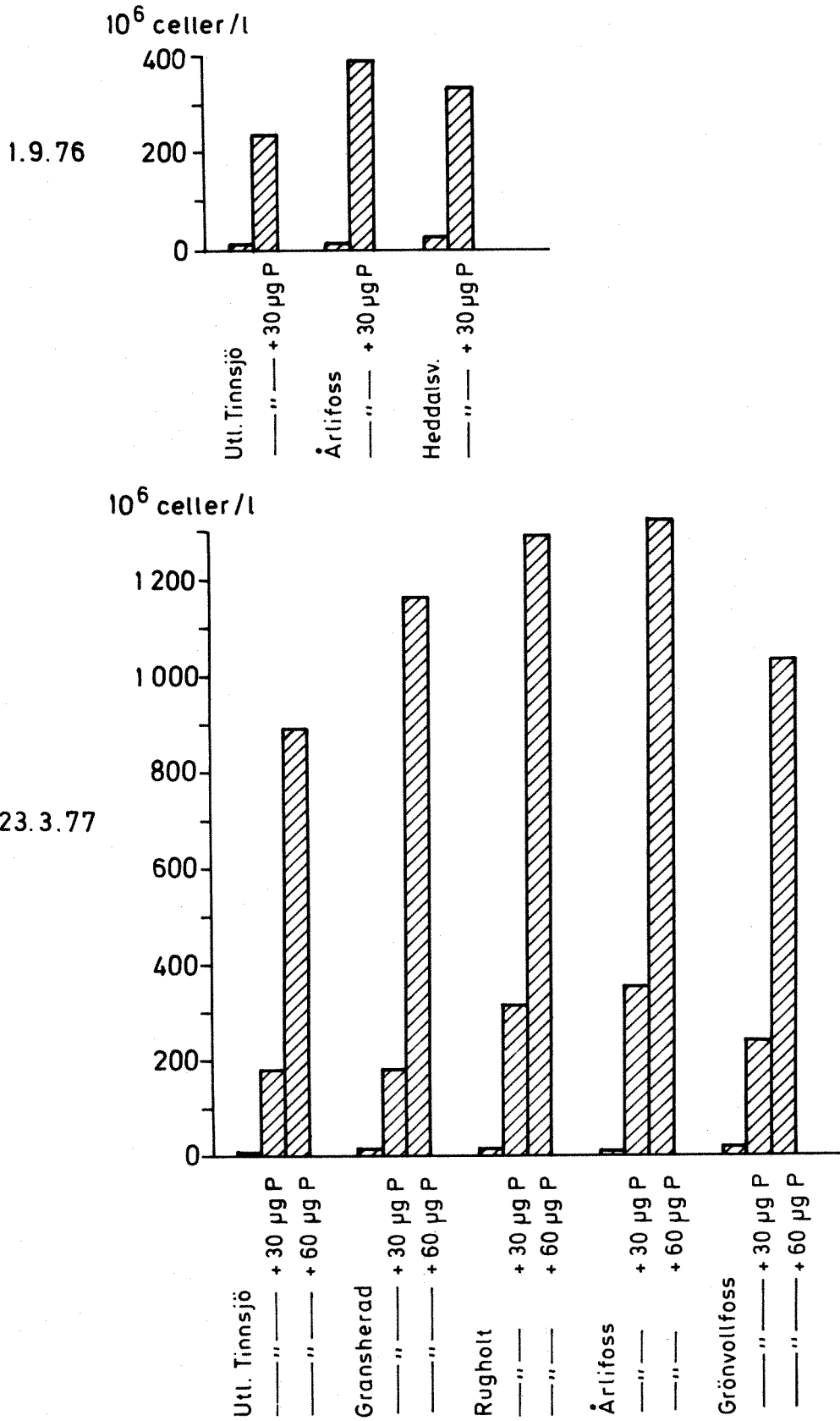
6.2 Resultater og kommentarer

Algetester er gjort med vannprøver tatt i Tinnelva i september 1976 og mars 1977. For sammenlikning ble det også testet en vannprøve fra Heddalsvatn i september 1976. Tester ble gjort med og uten tilsetning av fosfat.

I prøvene tatt 1.9.1976 var vekstpotensialet lavt i Tinnelva og noe høyere i Heddalsvatn. Det var ingen forskjell i vekstpotensial mellom prøver fra Tinnoset og Årlifoss. Ved tilsetning av 30 µg P/1 øket vekstpotensialet 20-30 ganger i vannprøvene fra Tinnelva (se fig. 6). I mars 1977 ble det gjort algetester på fem prøver fra Tinnelva. Vekstpotensialet var lavest ved utløpet av Tinnsjøen men lavt også på de andre prøvetakingsstasjonene. Tilsetning av fosfat stimulerte veksten av algene og vekstpotensialet øket ved tilsetning av 30 og 60 µg P/1.

Resultatene viser at fosfor var det vekstbegrensende plantenæringsstoffet og at andre næringsstoffer (bl.a. nitrogen) foreligger i stort overskudd i forhold til fosfor i Tinnelva. Dette er i overensstemmelse med det høye innholdet av nitrogen som kjemianalysene viser.

Fig. 6 Resultater av algetester 1.9.1976 og 23.3.1977



7. VANNETS SESTONINNHOLD

7.1 Metode

Seston er en fagbetegnelse for vannets innhold av partikler som lar seg sile ut. Det består av uorganisk og organisk materiale. Den levende del av seston er plankton eller organismer fra benthiske samfunn i vassdraget.

Prøvetakingen ble foretatt i størst mulig utstrekning daglig ved Årlifoss (fra magasinet) og ved Notodden vannverk (vann fra Kloumannsjøen): 100 ml prøve ble filtrert gjennom Sartorius SM 11306 membranfilter. Membranfiltrene ble oppbevart i plastposer beskyttet fra lys. Seston ble analysert ved optisk måling av reflektert lys fra filtrene (mørkhet) med en P.R.S. & E.E.L. Reflectometer. Den optiske avlesning av reflektert lys gir et tilnærmet kvantitativt indirekte mål for mengden seston i 100 ml prøvevann. Størrelsen betegnes sestonverdi.

7.2 Resultater og kommentarer

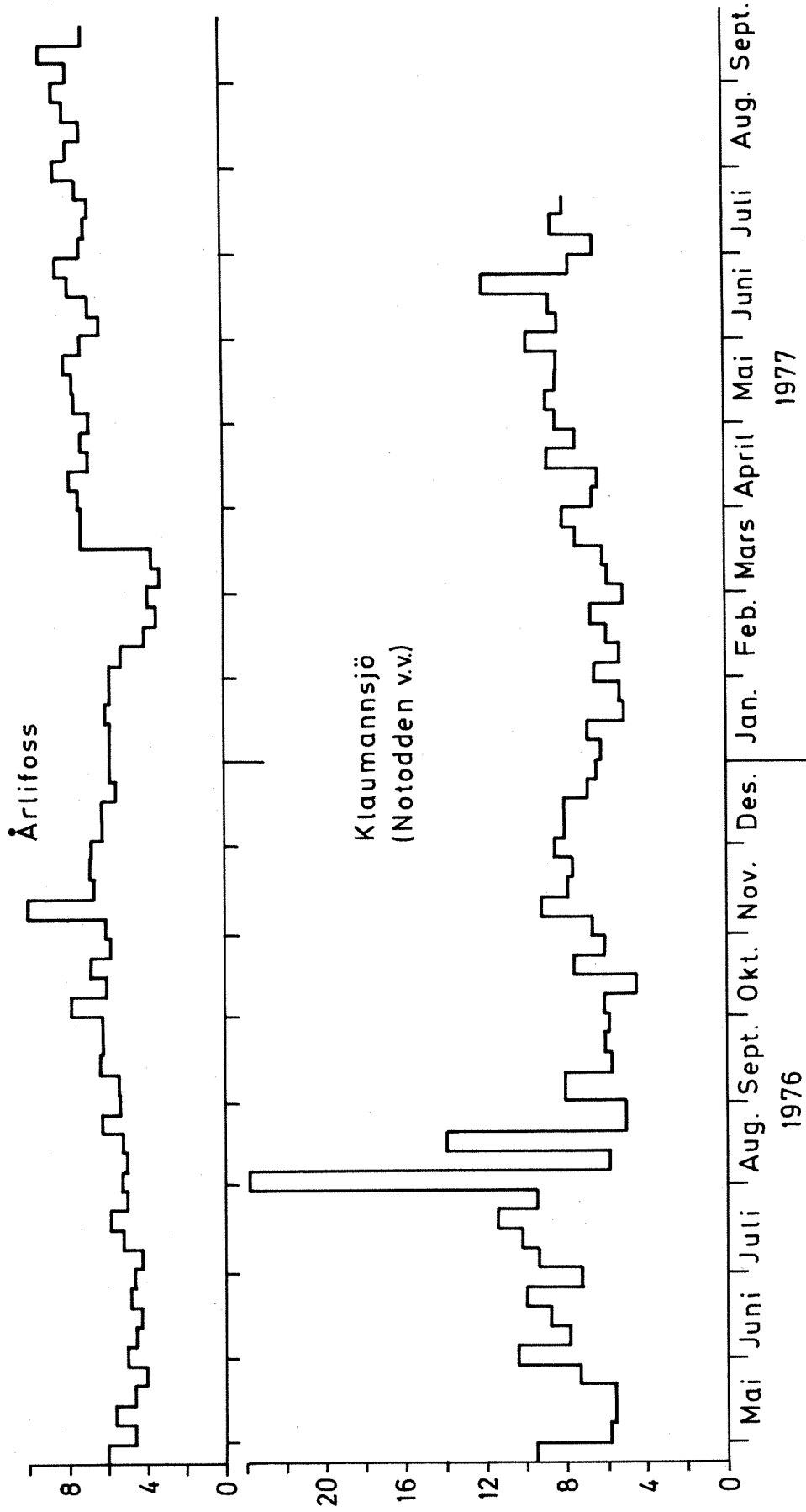
Sestonverdiene ved de to prøvetakingsstasjonene er vist som ukemiddelverdier i fig. 7. Sestoninnholdet ved Årlifoss var lavt og viste forholdsvis små variasjoner. De høyeste verdiene ble målt i november 1976, kort etter at vannføringen som følge av kraftig nedbør hadde økt fra ca. 50 m³/s til 100 m³/s. De laveste sestonverdiene ble registrert i februar-mars 1977, d.v.s. på et tidspunkt når avrenningen fra det lokale nedbørfeltet var lavest.

De lave og forholdsvis stabile sestonverdiene i Tinnelva ved Årlifoss skyldes trolig nærheten til Tinnsjøen som virker som et utjevnings- og sedimentasjonsbasseng. Planktoninnholdet i Tinnsjøen er sannsynligvis ikke stort nok til å gi utslag i sestonverdien. Innflytelsen fra det lokale nedbørfeltet reduseres ved fortykning med vannet fra Tinnsjøen. De forholdsvis stabile vannføringsforholdene gjør at løsriving av begroing og annet materiale i elveleiet er av liten omfatning.

Sestonverdiene ved Notodden vannverk var gjennomgående høyere og mere varierende enn ved Årlifoss. Variasjonene viste liten sammenheng med nedbør og vannføring. Spesielt høye verdier ble målt i august 1976, i en periode med synkende vannføring og i det nærmeste ingen nedbør. En mulig for-

klaring på de store og raske variasjonene i vannets sestoninnhold er at materiale blir revet løs fra vannledningen mellom Kløumannsjøen og vannverket og at verdiene dermed ikke er representative for vannet i Kløumannsjøen.

Fig.7 Sestonverdier ved Årlifoss og Klaumannsjöen (Notodden vannverk) 1976-1977



8. BIOLOGISKE FORHOLD

8.1 Begroing og algedrift

8.1.1 Metoder

Under feltarbeidet ble det innsamlet prøver som representerte de kvantitativt viktigste begroingsfunn på bunnen av Tinnelva. Det er også gjort observasjoner av algedrift på vassdragsstrekningen i sammenheng med de biologiske befaringene. Ved prøvetakingen ble det benyttet en planteplanktonhåv (25 µm - åpningsdiameter 30 cm). På utvalgte observasjonssteder med tilnærmet samme strømbetingelser ble det gjort innsamling av 5 minutters varighet.

Prøvene av begroing og håvtrekkmateriale ble delvis undersøkt i levende tilstand og deretter konserveret i nøytralisert formalin. I laboratoriet ble prøvene bearbeidet videre med mikroskopiske analyser etter de rutinemessige, kvalitative metoder med subjektiv vurdering av kvantitativ forekomst. Ved denne bedømmelse av forekomst ble mengdeangivelsene nedenfor benyttet.

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

I tabellene 8 og 9 er det gitt sammenstillinger av henholdsvis algeforekomst i begroingsprøver og organismer funnet i håvtrekkprøver. Noen kommentar til resultatene blir gitt i det følgende.

8.1.2 Resultater

Artssammensetningen i begroingsprøver og håvtrekkprøver er angitt i tabell 8 og 9. Den undersøkte strekning av Tinnelva har en artsrik og delvis frodig vegetasjon av begroingsalger. Mer enn 40 arter av alger ble identifisert under den biologiske analyse av begroingsprøvene. En grundigere systematisk bearbeiding ville ha øket dette antall betydelig. Særlig algeklassene grønnalger (*Chlorophyceae*) og diatomeer (*Bacillariophyceae*) var artsrikt representert i prøvene. Et lite utvalg arter hadde stor mengdemessig betydning

i vassdraget. Vanlig forekommende alger med stor forekomst på de fleste stasjoner var:

Grønnalger

Ulothrix zonata

Zygnema sp.

Hormidium rivulare

Diatomeer

Tabellaria flocculosa

Eunotia sp.

Et særlig fremherskende trekk i algebegroingen var den store forekomst av benthiske diatomeer, og *Tabellaria flocculosa* dannet praktisk talt en sammenhengende vegetasjonsflate på hele elvestrekningen.

Det kan spesielt nevnes at enkelte algegrupper var beskjedent representert eller manglet i begroingsprøvene. Dette gjelder bl.a. rødalger som ikke ble funnet i begroingen i Tinnelva under feltarbeidet for denne undersøkelsen. *Hydrurus foetidus* - som kan danne frodige bevoksninger i andre Telemarksvassdrag om ettervinteren og våren - var bare sparsomt utviklet på enkelte lokaliteter i Tinnelva (f.eks. Tinnoset, 31. mars 1976). Alger som indikerer forurensningsbelastning med kloakkvann ble ikke funnet i nevneverdig utvikling bortsett fra på lokale vokseplasser. Trådbakterien *Cladothrix dichotoma* inngikk imidlertid i begroingssamfunnet på stasjonen Gransherad. Dette hadde årsakssammenheng med kloakkutslippene fra tettbebyggelsen i området nær elven.

Forekomsten av alger i håvtrekk og sestonprøver viste at det hovedsakelig var løsreven vegetasjon fra begroingen som forårsaket drift i vannmassene. De fleste algearter som ble funnet i begroingsprøver, ble også funnet i sestonprøver. Det ble under feltarbeidet ikke observert stor algedrift i vassdraget. Plankton fra Tinnsjøen var et viktig innhold av sestonmaterialet. Karakteristiske arter var flagellater av slekten *Dinobryon* og diatomeen *Tabellaria fenestrata*. Planktonet var relativt fattig på alger, men rikt på hjuldyr (rotatorier) og krepsdyr (copepoder).

Det var tydelige variasjoner i begroingsutvikling på de forskjellige elvestrekninger mellom Tinnoset og Årlifoss. Strømningsforholdene var særlig

utslagsgivende i denne sammenheng. Fastsittende, trådformige grønnalger dominerte strykområdene, men en rekke encellealger (pennate diatomeer) var mer fremtredene i vassdragsavsnitt med stille strøm. Sammenfattende gjelder det at hele den undersøkte elvestrekning av Tinnelva hadde stor forekomst av begroing. Observasjonene illustrerer typisk prinsippet om at strømmende vann virker fysiologisk næringsrikere sammenliknet med stillestående vannmasser av samme kvalitet.

Tabell 8. Algeforekomst i begroingsprøver
Kvantitetsangivelse, se side 33.

Lokalitet/dato	Tinnoset			Mjel- lek- ås	Oppstrøms Gransherad		Nedstrøms Gransherad		Rugholt			Årlifoss		Utløp Kloumann- sjø			Tinfos
	31/3 1976	10/8 1976	29/9 1977	10/8 1976	31/3 1976	10/8 1976	10/8 1976	29/9 1977	31/3 1976	10/8 1976	29/9 1977	31/3 1976	10/8 1976	31/3 1976	29/9 1977	29/9 1977	
SCHIZOMYCETES																	
Cladotrix dichotoma Cohn							2			1			1				
Leptothrix ochracea Kg.															2	1	
CYANOPHYCEAE																	
Dichotrix cf. orsiniana Born. et Flah.	1			2													
Merismopedia Meyen sp.																+	
Oscillatoria cf. bornetii Zukal															4		
Oscillatoria Vaucher spp.						+	1			1			1		2	2	
Phormidium Kütz. sp.															1		
Scytonema Ag. sp.													2				
Stigonema cf. mamillosum (Lyngb.) Ag.				+								+					
Ubest. trichal blågrønnalge (ca. 1,5µm)															2		
CHLOROPHYCEAE																	
Binuclearia tatrana Witt.				1								2					
Bulbochaete Agardh sp.	3			+	3		2	1			1						
Closterium Nitzsch spp.						+	1	+			+					1	
Cosmarium Corda spp.				1	2		1	+			1					1	
Cylindrocystis Meneghini sp.				1				1			1				1	1	
Draparnaldia cf. glomerata (Vauch) Agardh										3			2				
Horridium rivulare Kütz.				1		2	1		1	3	2	2		1		4	
Hyalotheca dissiliens (J.E.Smith) Bréb.																+	
Microspora amoena (Kütz.) Rab.				1	1			4			2						
Mougeotia Agardh sp.				2	1	2	2		1	1		1	2	2	2	2	
Oedogonium Link sp.	1				2		2						1			4	
Scenedesmus Meyen sp.						1										+	
Spirogyra Link sp.													1			1	
Staurastrum Meyen sp.				1					1			2				1	
Ulothrix zonata Kütz.					1	4	1			3			1	1	2		
Zygnema Agardh sp.				5			3	3		1	3		1		1	1	
BACILLARIOPHYCEAE																	
Achnanthes Bory sp.					1						+			+			
Ceratoneis arcus Kütz.																+	
Eunotia Ehrenberg sp.	4						2	1	2	2	3			1			
Fragilaria Lyngbye sp.																2	
Frustulia rhomboïdes (Ehr.) de Toni					+	1		1	1			2	+		2		
Gomphonema Agardh sp.	3																
Navicula Bory sp.					+										1		
Nitzschia sigmoïdea (Ehr.) W.Smith																+	
Nitzschia Hassal sp.				1										1			
Pinnularia cf. viridis (Nitz.) Ehr.						1		1								+	
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.						+		1		1	+					1	
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4	4	5		4	4	4	
Ubest. pennate diatoméer	2								2		2	2				3	
CHRYSOPHYCEAE																	
Dinobryon Ehrenberg sp.																+	
Hydrurus foetidus (Vill.) Trév.	1																
BRYOPHYTA																	
Ikke artsbestemt	3						3	4	4		4	5					

Tabell 9.

Forekomst av organismer i håvtrekkprøver

31. august 1976. Kvantitetsangivelse, se side 33.

Gruppe/art	Lokalitet	Tinnsjø	Tinnoset	Mjellekås	Gransherad	Rugholt	Årlifoss	Svelgfoss	Tinfos
SCHIZOMYCETES									
<i>Leptothrix discophora</i> (Schwers) Dorff.			1	1		1	1		
<i>Leptothrix ochracea</i> Kg.					2	2	1		2
<i>Siderocapsa</i> Molisch sp.						1			
CYANOPHYCEAE									
<i>Chroococcus</i> Nägeli sp.		+	+	+		+	+		+
<i>Lyngbya</i> Agardh sp.						1			
<i>Merismopedia</i> Meyen sp.			+		+				
<i>Oscillatoria</i> cf. <i>bornetii</i> Zikal							+	1	+
<i>Oscillatoria</i> Vaucher sp.							+		
cf. <i>Scytonema</i> Ag. sp.							+		
CHLOROPHYCEAE									
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (Turn.) Lemm.			+						
<i>Arthrodesmus incus</i> (Bréb.) Hass			+	+		+			
<i>Binuclearia tatrana</i> Witt.		1		3	2	3	1		
<i>Botryococcus braunii</i> Kütz.		+	1	1			+		1
<i>Bulbochaete</i> Agardh sp.				2		1	+		
<i>Closterium</i> Nitzsch sp.			1				+		
<i>Cosmarium</i> Corda sp.			+					+	
<i>Cylindrocystis</i> Meneghini sp.			+	1		+	+		
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille		2	+	1	+	1	2	1	
<i>Hormidium rivulare</i> Kütz.					1	1	1		
<i>Micrasterias</i> Agardh sp.								+	
<i>Microspora amoena</i> (Kütz.) Rab.			1	3	3	2	2	1	
<i>Mougeotia</i> Agradh sp.		1		1		2	1	1	1
<i>Oedogonium</i> Link sp.		1	2	2	1	2	1		1
<i>Oocystis</i> Nägeli sp.		1	1	+	1	1	1	1	+
<i>Scenedesmus</i> cf. <i>brasiliensis</i> Bohl.				+		+	+		
<i>Scenedesmus</i> Meyen spp.								1	
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chod.		1	1			1	1		2
<i>Spirogyra</i> Link sp.			+						
<i>Staurastrum</i> Meyen spp.				+				+	+
<i>Zygnema</i> Agardh sp.			2	2	1	1	1	1	2

Forts. Tabell 9.

Forekomst av organismer i håvtrekkprøver

31. august 1976. Kvantitetsangivelse, se side 33.

Gruppe/art	Lokalitet	Tinnsjø	Tinnoset	Mjellekås	Gransherad	Rugholt	Årlifoss	Svelgfoss	Tinfos
BACILLARIOPHYCEAE									
Cymbella Agardh sp.							1		
Eunotia Ehrenberg spp.		+	1	2	2	2	2	2	
Frustulia rhomboides (Ehr.)de Toni			1	1	1	2	2	1	
Melosira Agardh sp.								+	
Nitzschia sigmoidea (Ehr.)W. Smith						+		1	
Synedra Ehrenberg sp.							2	1	
Tabellaria fenestrata (Lyngb.)Kütz.			1	1	2	2	2	2	
Tabellaria flocculosa (Roth)Kütz.		1	3	3	4	4	4	3	1
Ubestemte pennate diatomeer			2				2	1	
CHRYSOPHYCEAE									
Dinobryon cylindricum Imhof.		2	1	1		1	1	1	
Dinobryon sociale var.americanum (Brunth.)Bachm.							+		
Dinobryon Ehrenberg sp.								+	
DINOPHYCEAE									
Peridinium cf. willei Huitf.-Kaas			+						
Peridinium Ehrenberg sp.		+							
ROTATORIA									
Conochilus sp.		2	2						1
Notholca longispina		3	3	2	1	1	2	2	1
Polyarthra sp.		4	3	1	1	1	3	4	1
Rotatorie-egg		3							
Ubest. rotatorier				1					
CRUSTACEA									
Bosmina sp.			1					2	
Bytotrephes longimanus		+							
Copepoder		3	1	2	1	2			1
Daphnia sp.			1	1					
Holopedium gibberum			1	1					
DIVERSE									
Nematoder						+			

8.2 Bunnfauna

Det er ikke foretatt innsamling av bunndyrprøver ved denne undersøkelsen. I sammenheng med undersøkelsen av Telemarkvassdraget er det imidlertid gjort observasjoner av bunndyr ved Timoset i desember 1975 og mai og september 1976. Resultatene foreligger i rapport (NIVA 1977). Chironomider (fjærmygglarver) utgjorde antallmessig en stor del av bunndyrmengden ved samtlige av disse prøvetakinger. I tillegg var vårfluelarver av stor betydning i mai og september og muslinger i september 1976. En liknende sammensetning av bunndyrsamfunnet ble funnet av Borgstrøm (1976).

Sammensetningen av bunndyrsamfunnet avspeiler den såkalte utløpseffekten, som er karakteristisk for utløpet fra innsjøer hvor plankton og detritus fra innsjøen er en viktig næringskilde. De dominerende bunndyrene tilhører grupper som er forholdsvis forurensningstolerante.

9. BESKRIVELSE AV UTBYGGINGSPLAN

Utbyggingsplanen for Tinnelvas øvre løp går ut på å utnytte hele fallhøyden mellom Tinnsjøen og Grønvollfoss i et nytt anlegg. Vann fra Tinnsjøen vil bli ledet i tunnel til kraftverket som blir bygget i fjellet nordvest for Årlifoss kraftverk (se fig. 8). Inntaksdypet i Tinnsjøen vil ligge på 14-16 m dyp. Årlifossmagasinet vil bli opprettholdt men med lavere vannstand. Årlifoss kraftverk legges ned. I elveavsnittet fra Tinnoaset til Årlifoss blir vannføringen redusert til en minstevannføring fra Tinnsjøen i tillegg til avrenningen fra det lokale nedbørfeltet. I utbyggingsplanen er minstevannføringen foreslått å bli $3 \text{ m}^3/\text{s}$ i vinterhalvåret (november-april) og $5 \text{ m}^3/\text{s}$ i sommerhalvåret (mai-oktober).

For å opprettholde et større vannspeil i enkelte avsnitt av elveleiet er det foreslått bygging av fire terskler som vist i fig. 8.

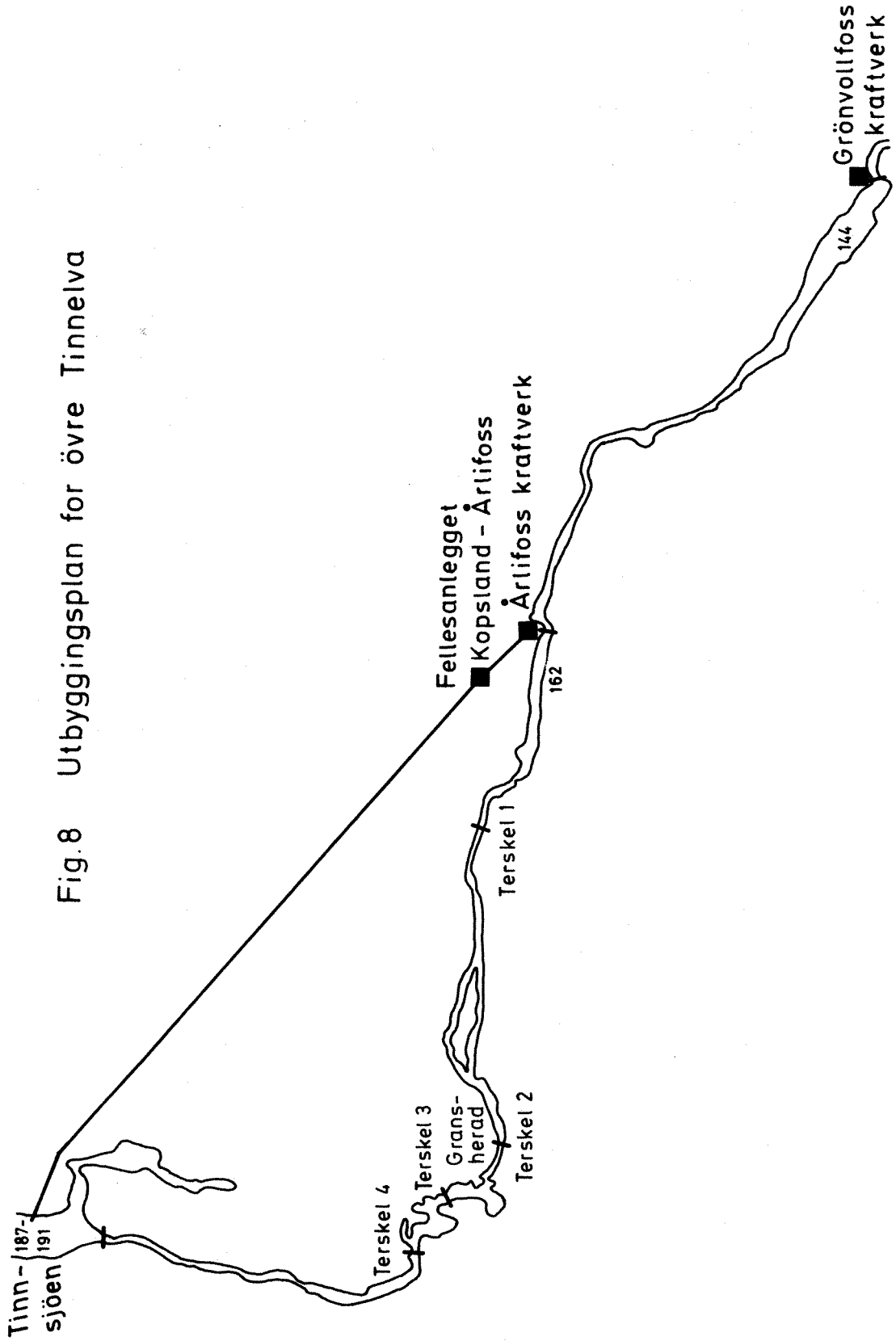


Fig.8 Utbyggingsplan for övre Tinnelva

10. INNVIRKNING AV EN REDUSERT VANNFØRING PÅ DE ØKOLOGISKE FORHOLD I TINNELVA

10.1 Grunnleggende økologiske forhold i elver

De levende organismene i en elv kan med hensyn til den rolle de spiller i økosystemets metabolisme deles inn i primærprodusenter, konsumenter og nedbrytere. De viktigste primærprodusentene er alger eller høyere vannplanter. Disse er autotrofe organismer, d.v.s. de omformer uorganiske komponenter til organisk materiale. Energien til denne prosess kommer fra sollyset som plantene absorberer i spesielle pigmenter. Prosessen kalles derfor fotosyntese. Ved fotosyntesen assimileres kulldioksyd som er kullkikden for produksjon av organisk stoff. Ut over vann og CO_2 trenger plantene en rekke plantenæringsstoffer i større eller mindre mengde. De viktigste er nitrogen, fosfor, svovel, kalium og magnesium. Oksygen avgis ved fotosyntesen.

I likhet med andre organismer respirerer også plantene. Herved frigjøres energi ved forbrenning av organisk stoff. Ved respirasjonen tas oksygen opp og kulldioksyd avgis.

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, d.v.s. de utvinner energi og næring fra organisk materiale. Dette skjer ved respirasjon. Til konsumentene i elver hører f.eks. snegler, insektlarver, krepsdyr og fisk.

Nedbryterne omvandler dødt organisk materiale til uorganiske komponenter. De lever altså 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, tilkommer eksport og import av organisk materiale som viktige faktorer for stoffomsetningen. Den organiske stoffomsetningen i en elv eller del av en elv kan sammenfattes i en ligning:

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

hvor I = import, P = primærproduksjon, E = eksport og R = respirasjon. I respirasjonen er innefattet alle organismers respirasjon (produsenter, konsumenter og nedbrytere). Av spesiell interesse er konsumentenes respirasjon siden det er i konsumentleddet som fisken hører hjemme. En forutsetning for fiskeproduksjon er altså tilførsel av organisk stoff ved primærproduksjon eller ved import. Det er imidlertid ikke likegyldig hva slags stoffer som tilføres. Kvaliteten av det organiske materialet som produseres eller importeres er avgjørende for forholdet mellom konsumentenes og nedbryternes respirasjon. Tilførsel av organisk stoff ved kloakkvannsforurensning vil f.eks. til stor del bli direkte omsatt av nedbrytere og ikke komme konsumentleddet til gode.

Algenes kvalitative sammensetning er også av betydning for stoff- og energikretsløpet. Forandringer av algevegetasjonen og da særlig mot dominanse av blågrønnalger forstyrrer den normale næringskjede og resulterer i nye næringskjeder som fører fram til mindre verdifulle sluttprodukter for menneskene og samtidig medfører akkumulering av alger på grunn av manglende nedbeiting.

Akkumulering av algebegroing i elver medfører store praktiske ulemper for fiske, friluftsliv og vannforsyning. Problemer med algebegroing oppstår ofte som følge av forurensninger eller reguleringer (Skulberg 1974). Det er en rekke faktorer som virker sammen og regulerer 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 det følgende er det gjort et forsøk på å utrede hvordan en reduksjon av vannføringen i Tinnelva vil komme til å virke inn på algebegroing og andre biologiske forhold i elva.

10.2 Produksjonsforhold og begroing

I Tinnelva er algene de viktigste primærprodusentene. Produksjonen av disse vil være avhengig av en rekke faktorer som temperatur, lys, næringsstoffkonsentrasjoner, strømningsforhold, bunnareal og mengde (biomasse) av alger. Biomassen er i sin tur avhengig av produksjonen, beiting og løsriving.

10.2.1 Temperatur

Temperaturen virker regulerende på enzymatiske prosesser som inngår i fotosyntesen. Små temperaturøkninger vil derfor kunne øke primærproduksjonen. Større temperaturendringer vil forandre algebegroingens arts-sammensetning fordi ulike arter har optimal vekst ved ulike temperaturer. Ved en reduksjon av vannføringen vil temperaturens variasjonsbredde økes. Spesielt den økede sommertemperaturen kan ventes å få konsekvenser, kvalitative og kvantitative, for begroingen.

10.2.2 Lys

Siden fotosyntesen drives med lysenergi er lysforholdene av avgjørende betydning for algenes produksjon. Det er ikke grunn til å regne med at det foreslåtte inngrepet i Tinnelva vil få noen betydelig innvirkning på lysforholdene unntatt om vinteren da islegging vil redusere lyset. I perioder når elven er islagt må man derfor regne med at den arealmessige primærproduksjonen blir lavere enn under nåværende forhold.

10.2.3 Næringsstoffkonsentrasjoner

Når plantenæringsstoffene opptrer i lave konsentrasjoner vil algenes vekst-hastighet bli begrenset. Forholdet mellom veksthastighet og næringsstoff-konsentrasjon har et forløp som er vist i fig. 9.

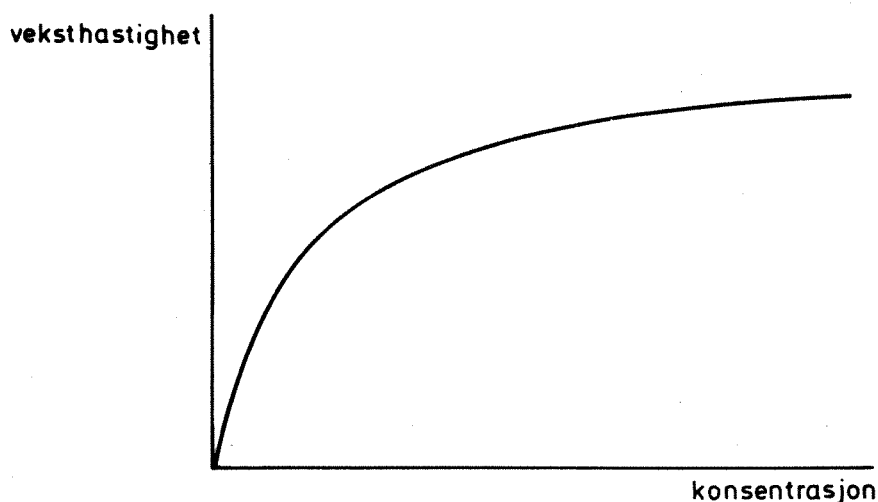


Fig. 9. Forhold mellom veksthastighet og konsentrasjon av begrensende næringsstoff (etter Kubitschek 1970).

Det går fram av figuren at når konsentrasjonen av et næringsstoff er lav vil små forandringer gi store utslag i algenes veksthastighet. Kjemiske analyser av vann fra Tinnelva indikerer at fosfor er det viktigste begrensende næringsstoffet for alger. Dette verifiseres av algetestene. Forandringer av vannets fosforinnhold vil derfor virke inn på vekst og produksjon av alger i elven. Fosforkonsentrasjonen i Tinnelva vil etter en reduksjon av vannføringen i større grad enn nå være avhengig av tilførsler fra det lokale nedbørfeltet og spesielt fra kloakkvannsutslipp. Effektene av den økede relative forurensningsbelastningen på resipientforholdene i Tinnelva vil bli behandlet i et eget avsnitt.

10.2.4 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). Derved forsterkes gradienten i næringskonsentrasjonen rundt algecellene og opptaket lettes (Whitford and Schumacher 1961). Produksjonen i en elv vil derfor ofte variere med strømningshastigheten. Det er sannsynligvis denne effekt som er årsaken til den ujevne fordelingen av algebegroingen i Tinnelva fra Tinnoset til Årlifoss.

Det strømmende vannets mekaniske effekt er av stor betydning for utviklingen av algebegroing i elver. Store variasjoner i vannføring og strømningshastighet som kjennetegner uregulerte vassdrag gir periodevis løsriving av en stor del av vegetasjonen. I elver med små vannføringsvariasjoner begünstiges vegetasjonen av de stabile forholdene slik at store mengder av alger akkumuleres. Dette er funnet i mange elver hvor vannføringen er blitt utjevnet som følge av regulering (Skulberg 1974).

Reduksjonen av vannføring fra Tinnsjøen vil føre til at variasjonene i vannføring blir større enn ved den nåværende regulering (se fig. 2). Vannføringsproduksjonen vil dog gi en lavere gjennomsnittlig vannstrømningshastighet, noe som vil bidra til å senke den arealmessige primærproduksjonen. Dette vil i særlig grad gjelde for terskeldammene hvor strømningshastigheten blir lavest. Den økede variasjonen i vannføring vil kunne motvirke en uheldig akkumulering av algebegroing i elven, men denne effekt vil variere sterkt fra år til år avhengig av nedbørforholdene. I terskeldammene vil høyere planter kunne etablere seg.

10.2.5 Bunnareal

En endring av vannføringen vil også forandre elvens bunnareal. Dette vil, selv om produksjonen pr. overflateenhet er uforandret, bety at elvens totale produktivitet endres. Den reduksjon av bunnarealet som reduksjonen av vannføringen i Tinnelva vil føre til kommer derfor å minke primærproduksjonen på strekningen Tinnoset-Årlifoss, noe som også vil få betydning for fiskeproduksjonen.

Selv etter en utbygging av fallet mellom Tinnsjøen og Årlifoss vil det av og til bli nødvendig å slippe store mengder vann fra Tinnsjøen i Tinnelva. Ukemiddelvannføringer på over 200 m³/s vil forekomme sporadisk. Dette kommer å motvirke etableringen av permanent terrestrisk vegetasjon i en bred sone langs det normale elveleiet. Økningen av vannføringens variasjonsbredde som følge av inngrepet vil medføre at relativt større områder av elvebunnen blir utsatt for vekselvis vanneksponering og tørrlegging. I denne amfibiontsone vil begroingen begrenses av at algevegetasjonen elimineres i tørrleggingsperiodene.

10.3. Andre økologiske konsekvenser

Ettersom alger og annen vegetasjon utgjør næringsgrunlaget for hele det organismesamfunn som finnes i elven vil endringer i produksjonsforholdene få betydning for hele samfunnet. De organismer som utgjør konsumentleddet vil også bli direkte påvirket av en del av de samme faktorene som produsentene. Spesielt vil temperatur, vannføring og bunnareal være av betydning. I tillegg vil importen av organisk materiale være viktig for konsumentene i økosystemet. Konsumsjonsleddet er av spesiell interesse fordi det innefatter fisk. Virkningene av kraftutbyggingen i Tinnelva på fisket er utredet av Borgstrøm (1976) og vil her ikke bli nærmere gått inn på.

Alle organismer har sine særegne toleranseområder for temperatur. Visse insektlarver (bl.a. de fleste steinfluelarver) har sin maksimale tilvekst i vinterperioden, mens andre har sin største om sommeren. De ulike insektenes utklekkingsperioder er f.eks. nært sammenbundet med tilveksthastighet og gunstig temperatur (Skulberg 1977). Selv små forandringer av det naturlige temperaturregime kan derfor lett føre til betydelige forandringer

både når det gjelder sammensetning av disse dyresamfunn og de ulike artenes tilvekst og utklekkingsperioder (Macan 1963).

Den forandring av temperaturregimet i Tinnelva som blir følge av redusert vannføring fra Tinnsjøen vil bestå i en større variasjonsbredde enn under rådende forhold. Til dette bidrar den lavere vannføringen og terskeldammene, som gir forlenget oppholdstid og stort vannareal. Lavere vintertemperatur vil medføre islegging. De økede maksimaltemperaturene om sommeren vil kunne føre til forskyvninger i artssammensetningen fordi ulike organismer har forskjellige temperaturkrav og toleransegrenser. Sekundære effekter vil også kunne oppstå p.g.a. temperaturens betydning for oksygenforholdene i vann. Løsligheten av oksygen i vann avtar med økende temperatur. Samtidig økes organismenes respirasjon slik at oksygenkonsumsjonen blir større. I stillestående eller langsomt rennende vann, hvor reoksygeneringen fra luften er liten, vil oksygenkonsentrasjonen kunne synke til verdier hvor deler av organismesamfunnet slås ut. Slike effekter vil særlig gjøre seg gjeldende i vann som mottar organiske forurensninger. Med den minstevannføring som er foreslått i Tinnelva ($5 \text{ m}^3/\text{s}$ om sommeren) er det ikke grunn til å regne med alvorlige forstyrrelser av oksygenforholdene forutsatt at terskeldammene blir beskyttet mot organisk forurensning i form av f.eks. kloakkvann.

Reduksjonen av bunnareal som følge av den reduserte vannføringen vil få konsekvenser for den totale produksjonen av bunndyr og fisk i Tinnelva. I terskeldammene vil de forandrede strømningsforholdene føre til en forandret artssammensetning med større innslag av planktoniske organismer.

Tidligere undersøkelser (Borgstrøm 1976 og NIVA des. 1977) har vist at det er en betydelig tilførsel av plankton fra Tinnsjøen til Tinnelva. Dette næringstilskudd er av stor betydning for bunndyr og fisk i den øvre delen av elva. En reduksjon av vannføringen fra Tinnsjøen vil gi en tilsvarende reduksjon av dette næringstilskudd.

11. INNVIRKNING AV REDUSERT VANNFØRING PÅ VANNKVALITET OG RESIPIENTFORHOLD

En reduksjon av vannføringen fra Tinnsjøen vil bety at det lokale nedbørfeltet til strekningen Tinnoaset-Årlifoss får større innvirkning på vannkvaliteten i Tinnelva (se fig. 2). Med den minstevannføring som er foreslått ($3 \text{ m}^3/\text{s}$ i vinterhalvåret og $5 \text{ m}^3/\text{s}$ i sommerhalvåret) vil det lokale tilsiget i gjennomsnitt utgjøre ca. 30% av vannføringen ved Årlifoss. Forurensningsbelastningen fra jordbruk, industri og boliger i nedbørfeltet er med unntak for Gransherad sentrum ubetydelig og det er derfor ikke grunn til å regne med at inngrepet leder til betydelige endringer av vannkvaliteten i elven oppstrøms Gransherad. Den avgjørende faktoren for forurensningssituasjonen i Tinnelva etter at vannføringen reduseres blir kloakkvannsbelastningen fra Gransherad.

11.1 Forurensningsvirkninger av kloakkvann

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 nedbrytningen konsumeres 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 2.5 g fosfor og 12 g nitrogen pr. person og døgn til kloakkvannet. Kloakkvannsforurensning medfører derfor en gjødsling av resipienten. Gjødslingen stimulerer veksten av alger og planter i resipienten og primærproduksjonen øker. Dette forløp kalles eutrofiering. Eutrofiering av elver gir ofte utslag i form av en økt biomasse av fastsittende alger (begroing) og en økt drift av alger i vannet (Skulberg 1974). Erfaringer fra feltobservasjoner og eksperimentelle undersøkelser har vist at eutrofieringssymptomene opptrer ved langt lavere forurensningsbelastning enn saprobieringssymptomene (Traaen 1976). Fig. 10 viser en prinsipiell fremstilling av biologisk respons ved økende belastning med kommunalt kloakkvann. Lav belastning fører bare til en økning av produksjonen i resipientens opprinnelige organismsamfunn. Når

forurensningsbelastningen øker skjer også en forandring av organismesamfunnets sammensetning, med et økende innslag av blågrønnalger. Ved høyere belastning domineres samfunnet alt mere av heterotrofe organismer (saprobiering).

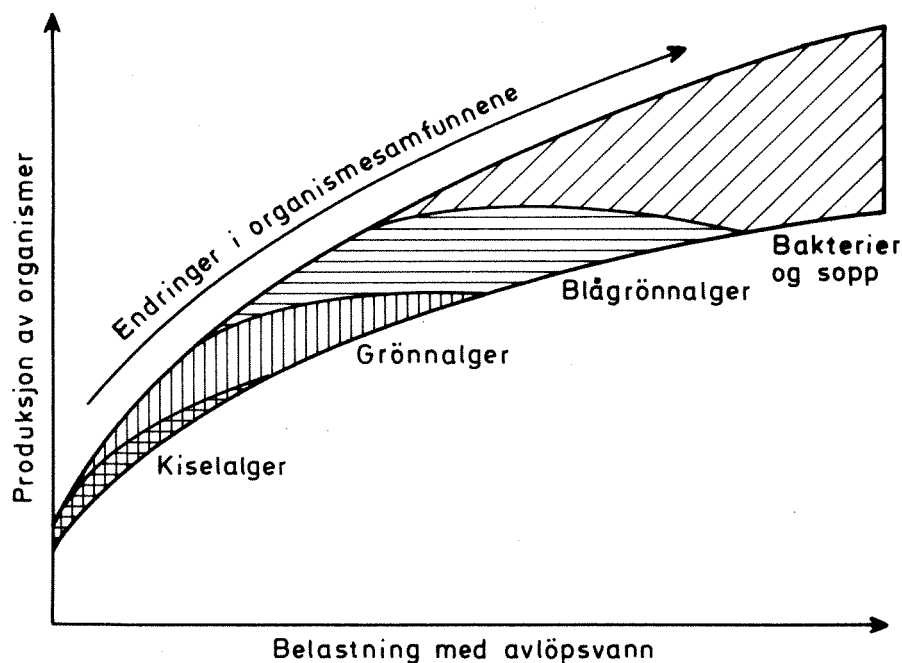


Fig. 10 Prinsipiell fremstilling av biologisk respons ved økende belastning av avløpsvann i strømmende vann (etter Traaen 1976).

I resipienter hvor fosfor er begrensende henger kloakkvannets eutrofi-
eringsvirkning sammen med fosforinnholdet. I slike tilfeller vil fosfor-
reduksjon ved kjemisk felling redusere forurensningsvirkningene i resi-
pienten.

11.2 Konsekvenser av vannføringsendringene for fosforkonsentrasjoner - minstevannføring

I foregående avsnitt om virkningene av kloakkvannsbelastning på foruren-
ningssituasjonen i resipienten ble fosforets betydning fremhevet. I

Tinnelva er fosfor vist å være det primært vekstbegrensende næringsstoffet og forandringer av fosforkonsentrasjonen vil derfor være avgjørende for eutrofieringsutviklingen. En reduksjon av vannføringen i Tinnelva vil føre til en lavere fortykningseffekt på kloakkvannsbelastningen fra Gransherad. Dette vil gi en økning av fosforkonsentrasjonen i elva. En beregning av den ventede fosforkonsentrasjonen ved forskjellige minstevannføringer er gjort. Beregningen bygger på følgende forutsetninger:

1. Konstant fosforkonsentrasjon i utløpet fra Tinnsjøen = 4.7 µg/l (Middelverdi 1976-1977).
2. Konstant bakgrunnskonsentrasjon av fosfor i tilsig fra lokalt nedbørfelt = 4.5 µg/l.
3. Fosforbelastning fra befolkning i Gransherad (500 personer) = 1.25 kg/døgn.
4. Ingen andre fosfortilskudd av betydning.

Den teoretiske fosforkonsentrasjonen ved Årlifoss vil da være:

$$\frac{\phi_T \cdot 4.7 + \phi_L \cdot 4.5}{\phi_T + \phi_L} + \frac{1.25 \cdot 10^9}{(\phi_T + Q_L) \cdot 10^3 \cdot 24 \cdot 3600} \text{ µg/l}$$

ϕ_T = vannføring i utløp fra Tinnsjøen (m³/s).

Q_L = vannføring fra lokalt nedbørfelt (m³/s).

En grafisk fremstilling av forholdet mellom vannføring fra Tinnsjøen (Q_T) og fosforkonsentrasjonen ved Årlifoss ved noen forskjellige verdier for vannføring fra det lokale nedbørfeltet (Q_L) er vist i fig. 11. Ved den foreslåtte sommerminstevannføringen $Q_T = 5 \text{ m}^3/\text{s}$ og $\phi_L = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ skulle fosforkonsentrasjonen bli 7.1 µg/l. Ved lavere minstevannføring øker den raskt og blir f.eks. 9.5 µg/l ved $\phi_T = 2 \text{ m}^3/\text{s}$ og $\phi_L = 1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Hvis kloakkvannet fra Gransherad sentrum før utslipp i Tinnelva blir rensert med kjemisk felling vil fosforutslippet kunne begrenses til ca. 250 g/døgn. Den teoretiske fosforkonsentrasjonen i Tinnelva ved Årlifoss ved en slik belastning er vist i fig. 12. Ved $\phi_T = 5 \text{ m}^3/\text{s}$ og $Q_L = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ skulle fosfor-

Fig.11 Beregnet fosforkonsentrasjon i Tinnelva nedströms Gransherad som funksjon av vannføring
Fosforbelastning fra Gransherad 1250 g/dögn

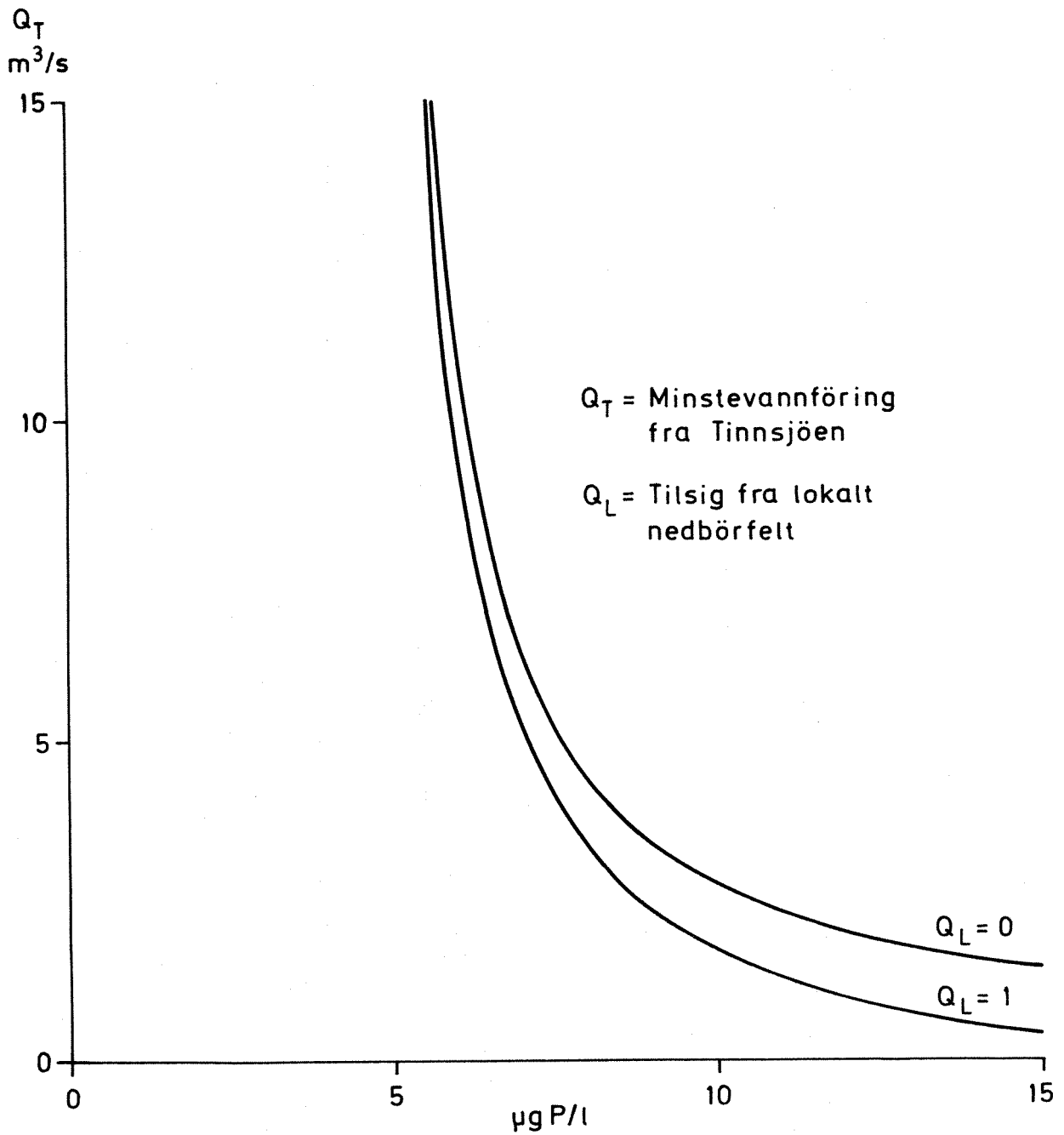
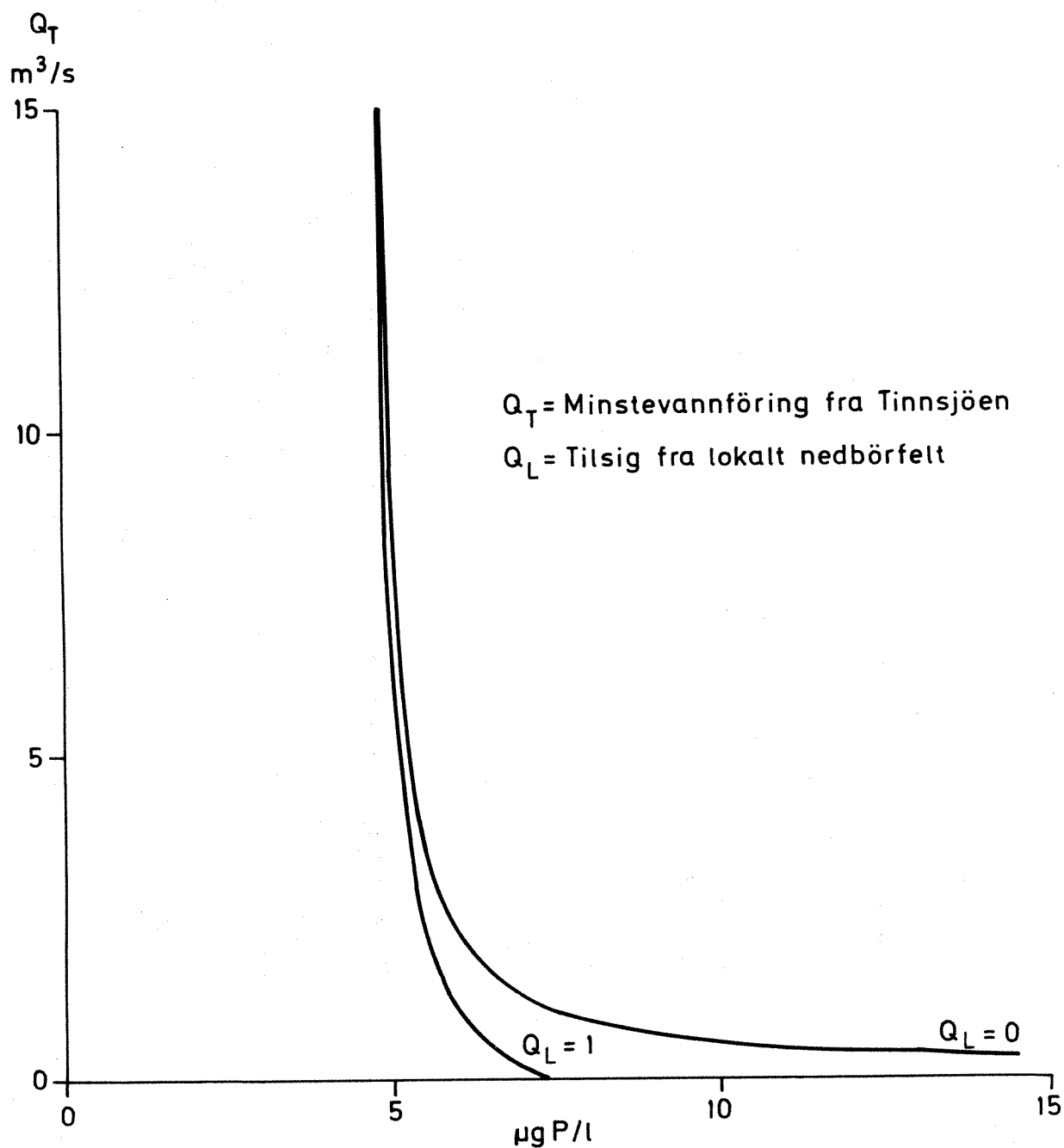


Fig.12 Beregnet fosforkonsentrasjon i Tinnelva nedstrøms Gransherad som funksjon av vannføring
Fosforbelastning fra Gransherad 250 g/dögn



konsentrasjonen bli 5.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ og ved $\phi_T = 2 \text{ m}^3/\text{s}$ og $Q_L = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ 5.6 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Det er tidligere blitt fremholdt at selv meget små fosforbelastninger fra kloakkvann vil gi eutrofieringsvirkninger i form av økt primærproduksjon i resipienten. Ved en vannføringsreduksjon i Tinnelva vil imidlertid produksjonen bli påvirket av mange andre faktorer enn fosforkonsentrasjonen slik at det er umulig å gi en kvantitativ bedømming av den totale virkningen på produksjonsforholdene. En liten økning av vannets fosforkonsentrasjon kan kanskje i noen grad kompensere for det produksjonsbortfall som blir en følge av redusert vannføring og bunnareal og burde i alle tilfelle ikke medføre noen uønskede effekter av praktisk betydning.

Av større betydning blir det da å unngå uheldige forandringer av organismesamfunnets artssammensetning som følge av forurensningsbelastningen. Det er ikke mulig å fastlegge en absolutt grenseverdi for fosforkonsentrasjon som, når den overskrides, gir utslag i organismesamfunnets artssammensetning, men erfaringer fra eksperimentelle undersøkelser av kloakkvannsbelastede organismesamfunn i renner sier at ved en belastning av total fosfor over 6-8 $\mu\text{g}/\text{l}$ til en næringsfattig resipient med en ortofosfatverdi under 2 $\mu\text{g P}/\text{l}$ vil det være overhengende fare for at eutrofieringen vil bli så markert at det opprinnelige organismesamfunn blir eliminert (Traaen 1976). Erfaringer fra naturlige vassdrag viser også at øket begroing og andre eutrofieringsvirkninger som reduserer vassdragets praktiske bruksmuligheter inntreffer ved totalfosforkonsentrasjoner som overstiger 7-9 $\mu\text{g}/\text{l}$ (NIVA, mai 1977).

Med utgangspunkt i disse erfaringene kan det være rimelig å bruke 7 $\mu\text{g}/\text{l}$ som en omtrentlig øvre grense for fosforkonsentrasjon for å unngå eutrofieringsproblemer. Det går fram av fig. 10 at under minst gunstige forhold, d.v.s. ingen fosforreduksjon i kloakkvannet og uten tilsig fra det lokale nedbørfeltet må minstevannføringen fra Tinnsjøen (ϕ_T) være over ca. 6 m^3/s for å unngå at fosforkonsentrasjonen i sommerhalvåret overskrider 7 $\mu\text{g}/\text{l}$. Forutsatt et lokalt tilsig av 1 m^3/s må minstevannføringen fra Tinnsjøen være over ca. 5 m^3/s .

Med kjemisk rensing av kloakkvannet (80% fosforreduksjon) blir kravet til minstevannføring ut fra betraktningen av Tinnelva som resipient en god del lavere (se fig. 11). Uten tilsig fra det lokale nedbørfeltet må vann-

føringen fra Tinnsjøen ikke understige $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Selv om disse beregningene inneholder mange usikre momenter tyder resultatene på at den minstevannføring som er foreslått i søknaden ($5 \text{ m}^3/\text{s}$ i sommerhalvåret og $3 \text{ m}^3/\text{s}$ i vinterhalvåret) er tilstrekkelig for å forhindre alvorlige forurensningsvirkninger i Tinnelva forutsatt at kloakkvannet fra Gransherad sentrum gjennomgår kjemisk rensing før utslipp i elva. Uten rensing eller med bare mekanisk rensing av kloakkvannet må minstevannføringen økes til ca. $7 \text{ m}^3/\text{s}$ (sommer) og $4 \text{ m}^3/\text{s}$ (vinter).

11.3 Andre forurensningsvirkninger

Blandingsforholdet kloakkvann/resipientvann vil med en befolkning på 500 personer og vannføring $3 \text{ m}^3/\text{s}$ være ca. $1/2000$ eller 0.05% . En så lav kloakkvannsbelastning vil ikke kunne gi noen nevneverdige saprobi-eringseffekter i resipienten, forutsatt at innblandingen er effektiv.

Utslipppet av kloakkvann bør skje i området nedstrøms terskeldammene ved Gransherad for å unngå forurensning av dammene og oppnå en rask innblanding i resipientens vannmasser.

Med en redusert vannføring vil Tinnelva mellom Tinnsjøen og Årlifoss bli mindre egnet for vannforsyning. Dette gjelder spesielt nedstrøms Gransherad, hvor vannets hygieniske kvalitet vil bli påvirket av kloakkvannsbelastningen.

12. INNVIRKNING AV KRAFTUTBYGGING PÅ FORHOLD NEDSTRØMS ÅRLIFOSS

12.1 Virksomheter på kjemiske og biologiske forhold

Målsetningen for vassdragsundersøkelsen av Tinnelva har i første rekke vært å skape et grunnlag for å bedømme virkningene av en kraftutbygging på resipientforholdene i den del av elva hvor vannføringen vil bli redusert. Effekter av kraftutbyggingen på forholdene nedstrøms Årlifoss, hvor vannføringen blir uforandret, kan imidlertid ikke utelukkes. Noen av disse konsekvenser vil her bli gitt en kort omtale.

Kraftutbyggingen i den øvre delen av Tinnelva vil medføre at vannet fra Tinnsjøen blir ledet direkte i tunnel til overvann Grønvollfoss. Fra Grønvollfoss kraftverk renner vannet via en kort elvestrekning til Kloumannsjøen. Vanninntaket i Tinnsjøen vil være på 14-16 m dyp. Det er ikke grunn til å regne med at den kjemiske sammensetningen av vann fra dette dyp vil være vesentlig forskjellig fra overflatevannet, men det vil i perioder kunne ha et noe høyere innhold av plantenæringsstoffer.

Den utløpseffekt som nå gjør seg gjeldende i det øvre løpet av Tinnelva kan tenkes å bli forskjøvet til elveavsnittet nedstrøms Grønvollfoss, men vil sannsynligvis bli mindre utpreget enn nå på grunn av forskjeller i bunnprofil og strømningsforhold. Siden det ikke er gjort observasjoner av de biologiske forhold i dette elveansnitt er det ikke mulig å nærmere gå inn på de forandringer som vil kunne skje her.

Ved at vannet fra Tinnelva ved en kraftutbygging vil bli mere direkte overført til magasinene ved Grønvollfoss og Kloumannsjøen enn nå vil det sannsynligvis bli en øket tilførsel av plankton til disse magasinene.

Vanntemperaturen nedstrøms Årlifoss vil i deler av året bli forandret på grunn av endret inntaksdyp i Tinnsjøen. Sommertemperaturen vil bli lavere i de perioder da vanninntaket ligger under sprangsjiktet.

12.2 Konsekvenser for vannforsyningen til Notodden

Vannforsyningen til Notodden er basert på vann fra Tinnelva med vanninntak i Kloumannsjøen. Vannet kloreres før distribusjon, men gjennomgår ellers ingen rensing. Vannkvaliteten blir regnet som god, men risikoen for konta-

minering av vannkilden på grunn av bebyggelsen rundt Kloumannsjøen er blitt påpekt.

Etter en kraftutbygging i øvre Tinnelva vil vannkvaliteten i Kloumannsjøen bli mer direkte påvirket av forholdene i Tinnsjøen enn i dag.

Tinnsjøens vann er kjemisk sett av god kvalitet for vannforsyning.

Bakteriologiske undersøkelser har vist at innholdet av koliforme bakterier er forholdsvis lavt (mindre enn 10/100 ml i 11 prøver 1976). (NIVA 1977).

Innflytelsen av forurensninger på strekningen Tinnsjøen-Årlifoss vil bli mindre enn nå på grunn av den forlengede oppholdstid som vannet får mellom Gransherad og tunnelutløpet ved Årlifoss. Magasinet ved Årlifoss vil være av stor betydning for denne oppholdstid og bør derfor opprettholdes.

Etter en kraftutbygging vil den viktigste kilden for kontaminering av drikkevannet være bebyggelsen rundt Kloumannsjøen. Hvis det er mulig i sammenheng med utbyggingen å flytte drikkevannsinntaket til kraftverkstunnelen vil dette problem kunne elimineres.

Virksomheten i anleggstiden, bl.a. tunneldriving og deponering av stein vil kunne utgjøre en fare for forurensning av vassdraget. Det er viktig at det blir gjort tiltak for å forhindre skadevirkninger i denne perioden, spesielt med tanke på vannforsyningen til Notodden.

13. LITTERATURLISTE

- Borgstrøm, R. 1976: Ørretbestanden i Tinnelva. Virkningen på fisket ved utbygging av fallet mellom Tinnsjøen og Årlifoss. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske. Rapport nr. 30.
- Kubitschek, H.E. 1970: Introduction to research with continuous cultures. Prentice-Hall, London.
- Macan T.T. 1973: Freshwater ecology, London.
- Norsk institutt for vannforskning, desember 1967: Vnnforsyning og avløpsforhold i Østlandsfylkene. Rapport I: Beskrivelse og undersøkelser av vannforekomster. Del 2. Skiensvassdraget. Rapport O-110/65.
- Norsk institutt for vannforskning, september 1976: Telemarksvassdraget. Fremdriftsrapport nr. 1: Undersøkelser 1975/76. Rapport O-112/70.
- Norsk institutt for vannforskning, mai 1977: Naustdalsvassdraget, Angedalsvassdraget og Gjengedalsvassdraget, Sogn og Fjordane. Vassdragsundersøkelser 1975-1976. Rapport O-48/74.
- Norsk institutt for vannforskning, desember 1977: Telemarksvassdraget. Fremdriftsrapport nr. 2: Undersøkelser i 1976. Rapport O-112/70.
- Odum, H.T. 1965: Primary production in flowing waters. Limnology and Oceanography 1, 102-117.
- Ræstad, E. 1970: Oppsamlingsskjønn Norsjø. Ovenforliggende regulerings virkninger.
- Skulberg, O.M. 1974: Begroing i norske vassdrag. Virkninger av regulering. Norsk institutt for vannforskning, Årbok 1973, 27-37.
- Traaen, T. 1976: Vassdragsbiologi. Virkninger av rensetekniske tiltak. Prosjektkomiteen for rensing av avløpsvann. PRA 13.
- Whitford, L.A. and G.J. Schumacher 1961: Effect of current on mineral uptake and respiration by a freshwater alga. Limnology and Oceanography 6, 423-425.