

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
BLINDERN

VURDERING AV REGULERINGSVIRKNINGER  
I  
KJELA-VASSDRAGET  
VEST-TELEMARK

Kjemisk og biologisk vannkvalitet

28. mars 1978

Saksbehandler: Geir Jørgensen

Instituttetsjef: Kjell Baalsrud

ISBN 82-577-0045-2

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	6
2. STASJONSVALG	9
3. MATERIALE OG METODER	13
3.1 Registreringer	13
3.2 Hydrologi	13
3.3 Vannkjemi	13
3.4 Biologi	14
4. REGISTRERING AV NATURFORHOLD OG FORURENSNINGSKILDER	17
4.1 Naturforhold	17
4.1.1 Berggrunnsgeologi og kvartærgeologi	17
4.1.2 Arealfordeling og vegetasjon	18
4.1.3 Nedbør	19
4.2 Forurensningskilder	21
4.2.1 Fast bosetting	21
4.2.2 Hoteller, hytter og campingplasser	23
4.2.3 Industri	27
4.2.4 Jordbruk	28
4.2.5 Sammenstilling av beregnede tilførsler	30
5. HYDROLOGI	31
6. FYSISK-KJEMISKE FORHOLD	34
6.1 Parameterbeskrivelse	34
6.2 Kommentarer til de kjemiske analysedata	37
6.3 Sammenfattende konklusjon av kjemiske forhold	51
7. BIOLOGISKE FORHOLD	53
7.1 Resultater	53
7.1.1 Begroing	53
7.1.2 Bunnfauna	54
7.2 Diskusjon	61
7.3 Sammenfattende konklusjon om biologiske forhold	63
8. VURDERING AV REGULERINGENS INNVIRKNING	65
8.1 Reguleringens innvirkning på fosforkonsentrasjoner	65
8.2 Reguleringens innvirkning på biologiske forhold	67
9. SAMMENFATTENDE KONKLUSJONER	77
10. LITTERATUR	80
TABELLER	81

FIGURER

	Side
1. Reguleringer i det undersøkte området (Kjela - Flothylåi - Smørkleppåi)	8
2. Kjela-utbyggingen. Prøvetakingsstasjoner	10
3. Oversikt over tellekretser i nedbørfeltet	20
4. Befolkningsfordeling og industri	22
5. Oversikt over hoteller i nedbørfeltet	24
6. Oversikt over campingplasser og større hytte- konsentrasjoner i nedbørfeltet	26
7. Varighetskurve (7 døgn midler) Vm 1209-12 Øykjelihyl 1955-1959	32
8. Karakteristiske årstidsvariasjoner (1955-1959) og vannføringer på observasjonsdagen (1976-1977)	33
9. <u>Stasjon E 1</u> (nedstrøms Kjela-avatn) Årsvariasjon i kjemiske parametre Kjela-avassdraget juli 1976 - oktober 1977	38
10. <u>Stasjon E 3</u> (Flothyl) Årsvariasjon - kjemiske parametre Kjela-avassdraget juli 1976 - oktober 1977	39
11. <u>Stasjon E 4</u> (Haukeligrend) Årsvariasjon i kjemiske parametre Kjela-avassdraget juli 1976 - oktober 1977	40
12. <u>Stasjon E 6</u> (utløp Grungevatn) Årsvariasjon i kjemiske parametre Kjela-avassdraget juli 1976 - oktober 1977	41
13. <u>Stasjon E 7</u> (innløp Vinjevatn) Årsvariasjon i kjemiske parametre Kjela-avassdraget juli 1976 - oktober 1977	42
14. <u>Stasjon E 2</u> (Tyrvelibekken) Årsvariasjon i kjemiske parametre Kjela-avassdraget juli 1976 - oktober 1977	45
15. Stasjonsplassering i Tyrvelibekken ved befarings- 29. august 1977	46

	Side
16. <u>Stasjon E 5</u> (Bora)	50
Årsvariasjon i kjemiske parametre	
Kjelavassdraget juli 1976 - oktober 1977	
17. Fordeling (%) av noen dyregrupper i faunaen (øverst) og variasjon i antall taxa og individer (nederst) i Kjelavassdraget ved forskjellige tidspunkt	55
18. Likheten (% fellesarter) mellom stasjonspar med hensyn til artssammensetning	59
19. Faunadiversitet (mangfoldighet) på de enkelte stasjoner ved forskjellige tidspunkt i Kjelavassdraget, 1976-1977	60
20. Kjela ved Haukeligrend (E 4)	66
Fosforkonsentrasjon som funksjon av vannføring	
21. a) Profilen av grunn elv med sterkt skrånende bredder og hvor en senking av vannstanden betyr en vesentlig reduksjon i oversvømte arealer	70
b) Profilen av dyp elv med bratte bredder hvor en senking av vannstand medfører en liten reduksjon i oversvømte områder	70
22. Endringer i organismsamfunnene i en elv med økende belastning med avløpsvann	72

TABELLER

	Side
1. Totalareal i nedbørfeltet og dyrket mark fordelt på de enkelte folketellingskretser	18
2. Månedso- og årsverdier for nedbør i mm ved Vinje og Vågslid nedbørstasjoner i perioden 1931-1960 og 1976 og 1977	19
3. Oversikt over bosatte og antatt forurensningsutslipp til vassdrag fordelt på folketellingskretser	23
4. Antall sengeplasser, gjestedøgn samt forurensende utslipp fra hotellene i nedbørfeltet	25
5. Antall bygde eller planlagte hytter i større hyttekonsentrasjoner	25
6. Oversikt over campingplasser	27
7. Antatt utslipp av organisk stoff (BOF <sub>7</sub> ), nitrogen og fosfor fra Haukelid Ysteri	28
8. Oversikt over husdyr, kunstgjødselforbruk og silo i nedbørfeltet (1977)	28
9. Antatte tilførsler fra jordbruket i de enkelte folketellingskretsene tonn/år	29
10. Beregnede tilførsler fordelt på kilde og tellekrets (avrundede verdier)	30
11. Imsjøvolumer	31
12. Kjemiske analyseresultater. Tyrvelibekken 28. juni og 29. august 1977	46
13. Volummessig andel av partikler uttrykt i prosent (prosentverdiene er sterkt avrundet)	48
14. Tyrvelibekken. Artsantall og individtetthet ovenfor (E 2 A) og nedenfor (E 2) anleggsområdet. 28. juni 1977	57

## 1. INNLEDNING

Reguleringen av Kjelasvassdraget ble påbegynt i begynnelsen av 1960-årene. Første trinn i utbyggingen omfattet overføring av Kjela til Bora og samling av disse to elvene i Vennemodammen i Boradalen (ferdigbygget 1963) og videre overføring til Totak. Konesjonen inkluderte i tillegg oppsamling av vann fra en del sideelver i øvre del av Kjelasvassdraget. Denne fasen i utbyggingen står nå for utførelse. Den totale utbyggingen av Kjelasvassdraget fremgår av figur 1.

I brev av 12. mars 1976 fra Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen, Statskraftverkene, ble NIVA bedt om å utarbeide et programforslag til resipientundersøkelse i forbindelse med den utvidede reguleringen av Kjelasvassdraget. NIVAs undersøkelsesprogram, datert 21. juni 1976, og godkjent av NVE 3. september s.å., ble lagt opp etter følgende målsetting:

- Resultatene skal danne bakgrunnsdata for en oppfølging av vassdragstilstanden etter at reguleringsinngrepet er gjennomført.
- Reguleringens innflytelse på vassdragets forhold i rekreasjonssammenheng skal kunne vurderes.
- Minstevannføring skal kunne vurderes.
- Nødvendige rensetekniske og andre forurensningsbegrensende tiltak skal kunne bestemmes og dimensjoneres.

Undersøkelsen skulle konsentrere seg om området av Kjelasvassdraget som ligger mellom Kjelasvatn og Hyljelihyl, idet dette avsnittet er det som mest blir berørt av den utvidede reguleringen, men det ble i tillegg bestemt at vassdraget nedstrøms også skulle vurderes med hensyn til resipientforhold.

Tyrvelibekken, som renner ut i Eivindbuvatnet øverst i Kjelasvassdraget, er med i den utvidede reguleringen. Da Vinje kommune har planer om å bygge et fritidssenter langs dette vassdraget, bl.a. med bygging av en del hytter, er denne bekken viet spesiell oppmerksomhet.

Forutsetningene for vurdering av utbyggingens konsekvenser for Kjølavassdraget krever at en del data foreligger eller kan skaffes. I så henseende er vannføringsdata av spesiell verdi. Disse ble det i programforslaget forutsatt å kunne skaffes fra NVE. Det har senere vist seg at slike data ikke foreligger for særlig lang tid, hvilket medfører at en statistisk behandling av vannføringsdata og konsekvenser for transport av ulike kjemiske komponenter ikke kan gjøres som ønsket. Dette gjør at vurdering av minstevannføring i den berørte delen av vassdraget må være av generell karakter.

NIVAs undersøkelse startet sommeren 1976. Den biologiske delen ble utført av NIVA, mens månedlige vannprøver ble innsamlet av Vinje kommune. Disse prøvene ble analysert ved laboratoriet på NIVA.

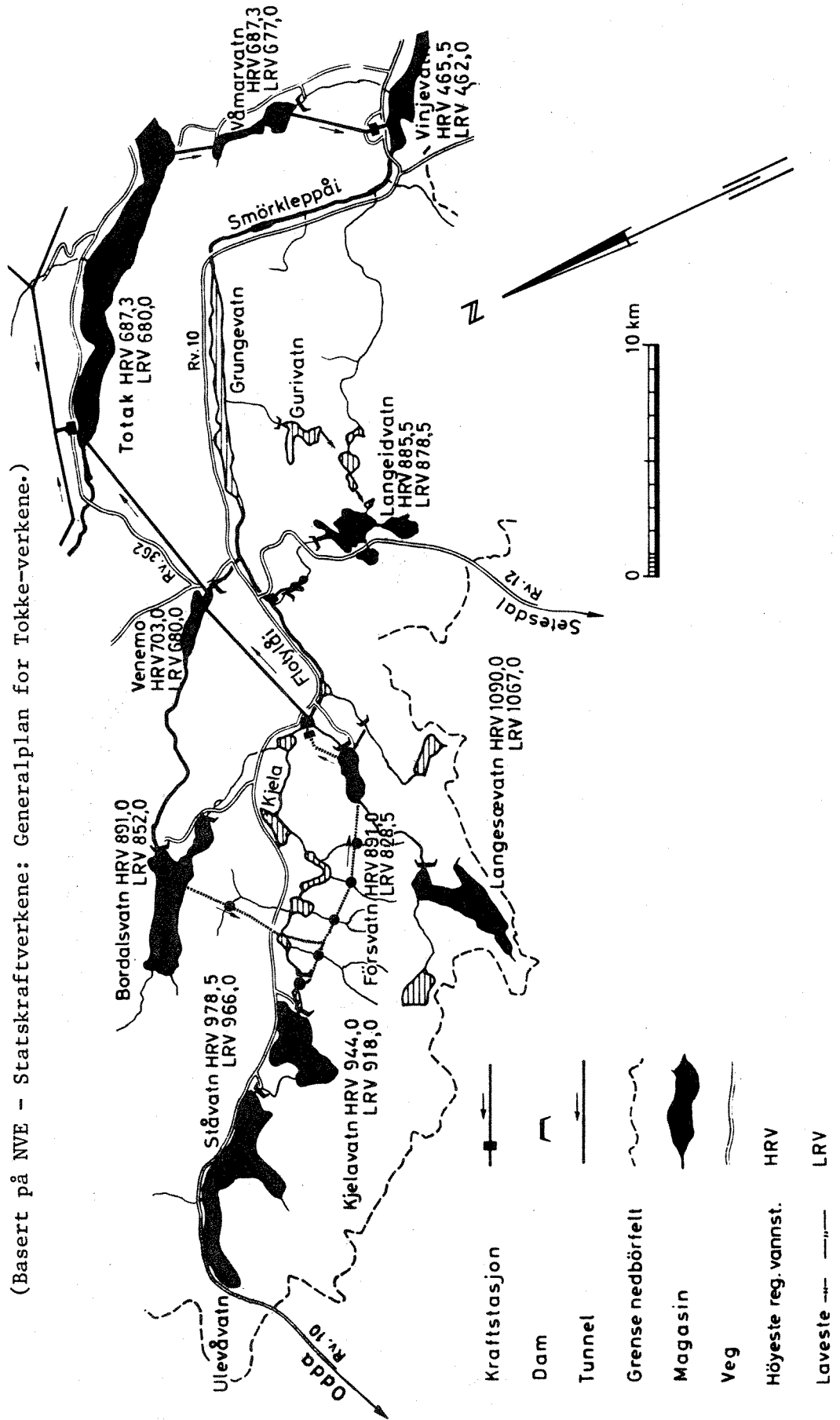
Undersøkelse av reguleringens virkning på fiskeforhold i vassdraget ble parallelt utført ved Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk.

Flere medarbeidere har vært delaktige i bearbeiding av data og skriving av rapporten. Data fra registrering av befolkning i jordbruk og industri er bearbeidet av cand. agric. Svein Arild Holmen og laborant Tone Kristoffersen. Disse har også skrevet kapitlet om aktiviteter i og arealutnyttelse av nedbørfeltet. Cand. real. Torulv Tjomsland har bearbeidet vannføringsdata og vært delaktig i utarbeidelsen av kapitlet om vurdering av reguleringens innvirkning. Det zoologiske materialet er sortert av laborant Bodil Ekstrøm, mens det botaniske materialet er gjennomgått og vurdert av cand. mag. Eli-Anne Lindstrøm.

Fig. 1. Reguleringer i det undersøkte området.  
(Kjela - Flothylái - Smørkleppái)

Den forestående reguleringen er angitt med stiptet linje.

(Basert på NVE - Statskraftverkene: Generalplan for Tokke-verkene.)





## 2. STASJONSVALG

Valget av stasjonene ble foretatt på grunnlag av en innledende befarings. Særlig viktig var det ved plasseringen av stasjonene å få med områder som i dag er et problem i vassdraget og for å få undersøkt områder som eventuelt vil få problemer ved regulering av vassdraget. Spesielle hensyn er tatt til Tyrvelibekken på grunn av de kommunale interessene i dette området.

Det undersøkte området omfattes av kartverk M 711, målestokk 1:50000 ved kartbladene 1414 I, II og IV samt 1514 III.

Følgende elvestasjoner ble valgt:

- Stasjon E 1 Kjela nedstrøms Kjelavatn, kartref. MM 052285
- Stasjon E 2 Tyrvelibekken nedstrøms anlegg, kartref. MM 062279
- Stasjon E 2A Tyrvelibekken ved skiheis, kartref. MM 063282
- Stasjon E 3 Kjela ved Flothyl, kartref. MM 150223
- Stasjon E 4 Kjela ved Haukeligrend, kartref. MM 185229
- Stasjon E 5 Bora nedstrøms Haukeli Ysteri, kartref. MM 203234
- Stasjon E 6 Smørkleppåi ved Grungebru, kartref. MM 334185
- Stasjon E 7 Smørkleppåi ved innløp Vinjevatn (bru) kartref. MM 336102

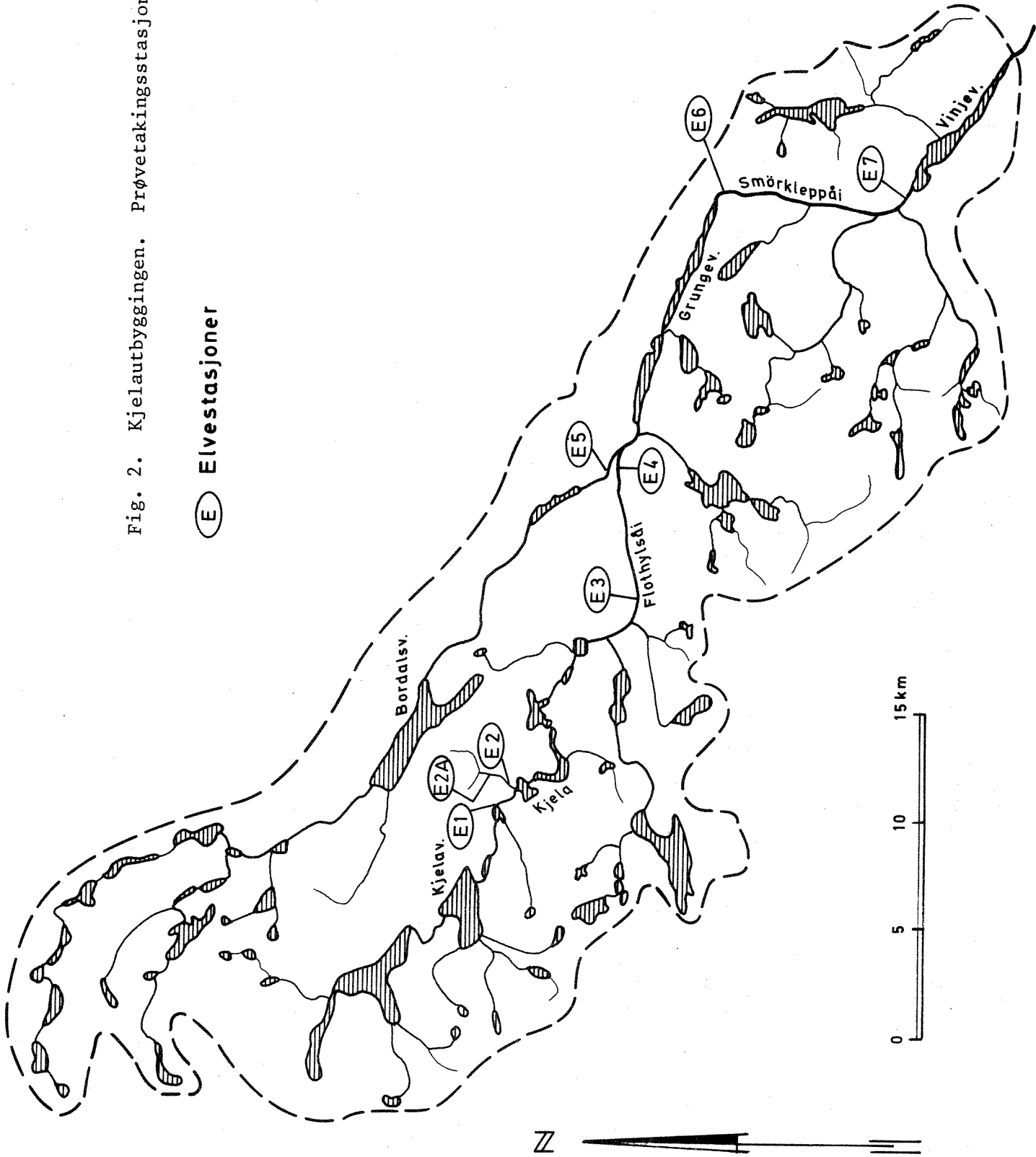
Plassering av stasjonene fremgår av figur 2.

Bunnforholdene på stasjon E 1 var karakterisert av stein i varierende størrelse, men dominert av relativt grovt bunnmateriale. Begroingen besto av sparsom mosevegetasjon. Vannføringen varierte i løpet av undersøkelsestiden, men var generelt temmelig høy. Ingen synlige forurensningskilder. Høyde over havet ca. 840 m.

I Tyrvelibekken nedstrøms tunnelanlegget (stasjon E 2) var bunnforholdene karakterisert av middels til stor stein. Det var ingen begroing, men mye sedimentert steinstøv. Partikkeltransport ga også sterkt turbid vann. Dette elveavsnittet er sterkt påvirket av anleggsdriften. Høyde over havet ca. 830 m.

Fig. 2. Kjela utbyggingen. Prøvetakingsstasjoner

ⓔ Elvestasjoner



I Tyrvelibekken ved skiheis (stasjon E 2 A) ca. 855 m.o.h., besto bunnen av rullestein av liten til middels steinstørrelse. En del sand i substratet ble funnet. Det var ingen synlig begroing. Ingen forurensningskilder kunne observeres. En del camping fant sted i området om sommeren.

Ved stasjon E 3 (640 m.o.h.) var bunntypen hovedsakelig grov stein som var godt festet i substratet. Begroingen besto av algematter og moser. Ingen synlige forurensningskilder.

På stasjon E 4 besto bunnen av stor stein med en del sedimentert slam. En del mosebegrøing ble observert. Campingplass, bosetting og hovedveiens beliggenhet kloss i elven er mulige forurensningskilder i dette elveavsnittet.

I Bora (stasjon E 5) var elvebunnen karakterisert av meget stor stein og til dels grunnfjell. Vannføringen var til alle tider meget liten. Vannet var sterkt turbid. Vegetasjonen i elven var hovedsakelig sopp og bakterier. Sterk lukt av vannet var karakteristisk. Forurensningskilde her er Haukeli Ysteri. Høyde over havet 555 m.

På stasjon E 6 i Smørkleppåi (535 m.o.h.) var bunnen sammensatt av stein i varierende størrelse. En del begroing ble funnet hvor grønnalger var hyppigst forekommende i hurtigstrømmende partier, mens mose dominerte i de stillere delene. Ingen direkte forurensningskilder ble observert, men lokaliteten påvirkes av forholdene i Grungevatn.

I samme elv ved innløp til Vinjevatn (E 7), 465 m.o.h., var bunnen karakterisert av stein av middels størrelse med en del sand og grus. En del mosebegrøing fantes. Ingen direkte forurensningskilder var synlige.

Ifølge programmet for undersøkelsen ble det forutsatt å undersøke en del innsjøer i vassdraget som direkte eller indirekte blir påvirket av det planlagte reguleringsinngrep. Av uforutsette årsaker er dette bare sporadisk utført i 1977. Innsjøene er imidlertid undersøkt av Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk i den hensikt å vurdere reguleringsens virkning på fiskeforholdene. Det er grunn til å anta at endrede hydrokjemiske og

biologiske forhold i innsjøene vil kunne dokumenteres gjennom disse undersøkelserne. Redusert vannføring i Kjela oppstrøms Hyljelihylen vil øke oppholdstiden i innsjøene som ligger i dette elveavsnittet. Hvilke virkninger dette kan antas å ha på innsjøenes resipient og produksjonsforhold vil bli diskutert i denne rapporten på generell basis.

### 3. MATERIALE OG METODER

#### 3.1 Registreringer

Opplysninger om ulike virksomheter i tilknytning til Kjelasvassdraget som kan antas å influere på vannkvaliteten er blitt innsamlet tidligere i forbindelse med andre oppgaver i Telemark fylke, da særlig i forbindelse med instituttets undersøkelse av vassdragene i Telemark. Disse dataene er blitt bearbeidet og supplert ved henvendelse til kommunale etater i Vinje. En del ytterligere informasjon er innhentet fra herredsaeronomen i kommunen, mens Meteorologisk institutt har vært behjelpelig med nedbørdata.

#### 3.2 Hydrologi

Hydrologiske data er i hovedsak innhentet fra NVE, Hydrologisk avdeling og videre bearbeidet på instituttet. Bl.a. er beregninger av vannføringer foretatt ut fra arealbetraktninger.

#### 3.3 Vannkjemi

Vannprøver for kjemiske analyser og bestemmelse av suspendert stoff (total, uorganisk og organisk) ble innsamlet en gang pr. måned og i forbindelse med innsamling av biologisk materiale. Prøvene ble tatt på plastflasker og analysert ved NIVAs laboratorium. Temperaturregistreringer ble gjort i felt.

Analyseringen av de enkelte parametre er utført etter rutinemetoder som gjelder ved instituttet. For en del parametre baserer analysemetodene seg på Norsk Standard, eller til automatiserte utgaver av slike når dette er innarbeidet ved instituttet. Følgende parametre er blitt analysert:

Temperatur °C	Klorid, mg Cl/l	Kalium, mg K/l
Surhetsgrad, pH	Sulfat, mg SO <sub>4</sub> /l	Total nitrogen, µg N/l
Konduktivitet 20 °C, µS/cm	Silisium, mg SiO <sub>2</sub> /l	Nitrat, µg N/l
Farge, mg Pt/l	Kalsium, mg Ca/l	Ammonium, µg N/l
Turbiditet, FTU	Magnesium, mg Mg/l	Total fosfor, µg P/l
Jern, µg Fe/l	Natrium, mg Na/l	Orto-fosfat, µg P/l
		Alkalitet, ml N/10 HCL/l

### 3.4 Biologi

Dyr og planter i et vassdrag er nøye knyttet sammen med omgivelsene. Organismene er tilpasset naturlige forandringer i fysiske og kjemiske forhold, og årstidsvariasjoner i disse er nødvendige for organismenes vekst og utvikling. Inngrep i vassdraget, f.eks. reguleringer eller tilførsel av forurensningskomponenter, resulterer ofte i så raske forandringer i det ikke-biologiske miljø at organismesamfunnene ikke hurtig nok kan tilvenne seg dem. Dette medfører at en del arter eller organismegrupper forsvinner, mens andre finner de nye betingelsene gunstige på grunn av større toleranse for miljøvariasjoner og endrede konkurranseforhold slik at organismesamfunnene endrer karakter. Dette er av betydning for den biologiske omsetningen i vassdraget og kan skape uheldige virkninger for annen bruk av vassdraget. Naturlige biologiske samfunn har en sammensetning karakterisert av få individrike arter og mange arter med få individer. Ugunstige begrensende faktorer så som forurensning eller andre inngrep fører til påviselige forandringer i samfunnsstrukturen.

For å skaffe kunnskap om de biologiske forhold og variasjoner i løpet av året ved den reguleringen av Kjelavassdraget som til nå er utført, ble bunn-dyrsmateriale innsamlet på 7 elvestasjoner 4 ganger i løpet av 1976-77 (juli og september 1976 og april og juni 1977). Materialet ble innsamlet med elvehåv. Innsamlingstiden varierte fra 1 til 3 minutter avhengig av prøvens størrelse. Dyrene ble sortert og identifisert i laboratoriet og antall individer for hver art talt. Resultatene er standardisert til individer pr. minutt innsamlingstid.

Likheten i faunaen mellom de enkelte stasjoner er vurdert ved parvis sammenligning av resultatene fra alle stasjonene etter formelen:

$$S = \frac{c}{a + b - c} \cdot 100 \%$$

hvor a er antall arter i prøve A

b er antall arter i prøve B

c er antall fellesarter i A og B.

S varierer fra 0 - 100 % og har laveste verdi når to stasjoner har helt ulik faunasammensetning, og høyest når de er identiske. Ved å sette resultatene opp i en matriks kan faunaassosiasjoner i ulike vassdragsavsnitt utskilles.

Denne metoden tar ikke hensyn til artenes relative betydning i prøvene og gir følgelig sjeldne organismer like stor vekt som dominante. For også å kunne ta i betraktning individenes fordeling på artene, er diversitetsindeksen H beregnet for hver prøve etter formelen:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

hvor  $p_i$  er relativ hyppighet av art nr. i og s er antall arter. Diversitetsindeksen er dimensjonsløs og relativt uavhengig av prøvestørrelsen. Den tillater summering av store mengder data omkring antall og typer av organismer (Wilm, 1967). Et biologisk samfunn har høy diversitet når antall arter er stort og individene er noenlunde jevnt fordelt på artene. Lavt artsantall som ofte er assosiert med høye individantall (noen få arter dominerer) gir som regel lav diversitet. I følge Odum (1971) er det en tendens til høy diversitet i biologisk kontrollerte økosystem og lav diversitet i fysisk kontrollerte økosystem. Dette betyr at det i det første tilfellet er samspillet mellom organismene i økosystemet (konkurransen, fødetilgang o.l.) som virker begrensende, mens økosystemet i det andre tilfellet er begrenset av ytre fysisk-kjemiske faktorer (bunnforhold, temperatur, vannføring, forurensninger o.l.).

Undersøkelse av begroingsorganismer er utført i juli og september 1976. Begroingene av planter er kvantifisert i felt ved dekningsgrad som angir hvor stor del av bunnen som er begrodd med forskjellige hovedgrupper av begroingsorganismer.

Følgende skala er blitt brukt:

5 : 1	-	1/2	av bunnen dekket		
4 : 1/2	-	1/4	"	"	"
3 : 1/4	-	1/8	"	"	"
2 : 1/8	-	1/16	"	"	"
1 : 1/16	-	1/32	"	"	"

Kvalitativ analyse av plantematerialet er foretatt i laboratoriet. De enkelte artene eller artsgruppernes mengdemessige betydning i hver prøve er gitt ved

- xxx : mengdemessig dominerende
- xx : en viss mengdemessig betydning
- x : bare liten forekomst



#### 4. REGISTRERING AV NATURFORHOLD OG FORURENSNINGSKILDER

##### 4.1 Naturforhold

##### 4.1.1 Berggrunnsgeologi og kvartærgeologi

Beskrivelsen av berggrunnsgeologien i nedbørfeltet bygger på NGUs "Berggrunnskart M 1: 250 000" for Sauda.

Områdene øverst i nedbørfeltet i nord og nord-vest grenser inn i de sentrale deler av den kalledonske fjellkjedefoldningen. Grunnfjellsbergartene som dominerer geologien sør og sørøst i nedbørfeltet danner her basis for forskjellige bergarter som er skjøvet over disse i forbindelse med fjellkjedefoldningen. Grunnfjellsbergartene består vesentlig av gneiser og granitter. Enkelte steder forekommer det også større forekomster av metamorfe basalter. Over grunnfjellsbergartene fins først et lag av metamorfe suprakrustalbergarter av kambro-ordovicisk alder. Disse består vesentlig av svart og grå fylitt, kvartsglimmer, skifer og gråvakke. Denne type bergarter har stor utbredelse i denne delen av nedbørfeltet. Over disse igjen fins det forskjellige prekambriske bergarter som er skjøvet over de underliggende. De består vesentlig av kvartsitter, amfibolitter og forskjellige typer gneis.

I de midtre og nederste delene av nedbørfeltet dominerer grunnfjellsbergartene. Berggrunnen består her vesentlig av gneiser og granitter. Et unntak er i sørvest, omkring Langsæ, der det forekommer en del metamorfe basalter og kvartsfeltspatbergarter.

Det er ikke utarbeidet kvartærgeologisk kart over området. Det vil derfor her bare bli knyttet noen generelle kommentarer til kvartærgeologien. De kvartære avsetningene i dalene består vesentlig av morenemateriale. Enkelte steder nederst i dalbunnen fins det fluviale sand- og grusavsetninger. På de høyereliggende områdene er det et sparsomt dekke av morenemateriale.

#### 4.1.2 Arealfordeling og vegetasjon

Det fins ikke detaljert vegetasjonskart for det aktuelle nedbørfeltet. Kartene "Produksjonsgrunnlaget for jordbruket" (M1: 100 000) er bare utarbeidet for et lite område ovenfor Vinjevatn. Det er derfor ikke mulig å gi en detaljert beskrivelse av vegetasjonsforhold og arealfordeling i nedbørfeltet.

Tabell 1 gir en oversikt over totalareal og jordbruksareal i nedbørfeltet. Jordbruksarealet er oppgitt av herredsaeronomen. Dette arealet er noe mindre enn det som går fram av "Jordbrukstillingen 1969" (0,9 km<sup>2</sup> mindre). Dette kan bl.a. ha sammenheng med at folketellingskretsene ikke helt samsvarer med nedbørfeltgrensene, at bruk er nedlagt i perioden 1969-77 og ulik definisjon av hva som er dyrket mark. Det er her valgt å bygge på herredsaeronomens totaltall. Disse tallene er fordelt på de enkelte tellekretsene ut fra fordelingen i 1969. Dette er gjort for å få opplysninger om hvor i nedbørfeltet den dyrkede marken fins. Avgrensningen mellom tellekretsene er vist i fig. 3. Totalarealet er oppgitt av NVE for vannmerke nr. 1378 (Smørkleppåi). Naturlig, dvs. før det ble foretatt reguleringer i nedbørfeltet, drenerte 894 km<sup>2</sup> til vannmerket. Etter de omfattende reguleringene som er foretatt drenerer 305 km<sup>2</sup> til vannmerket.

Tabell 1. Totalareal i nedbørfeltet og dyrket mark fordelt på de enkelte folketellingskretser.

Totalt areal km <sup>2</sup>		Totalt dyrket areal km <sup>2</sup>	Dyrket areal i krets (km <sup>2</sup> )				
Naturlig	Ved nåværende regulering		1	2	3	4	5
894	305	3,22	0,32	0,47	0,64	1,09	0,70

Den dyrkede marken fins i hovedsak i dalbunnen langs vassdraget. Det meste av skogen i nedbørfeltet er uproduktiv eller lite produktiv og består vesentlig av bjørk. Boniteten og barktreinnslaget avtar med høyden over havet oppover dalsidene. Øverst er det en rand av fjellbjørkeskog som danner overgang til snaufjellet. Snaufjellet utgjør en betydelig del av arealet i nedbørfeltet.

#### 4.1.3 Nedbør

Oppgaver over nedbørhøyder i gjennomsnitt for 30-årsperioden 1931-1960 og for årene 1976 og 1977 ved Vinje (Vinjesvingen) og Vågslid nedbørstasjon er gitt i tabell 2 . Dataene er innhentet fra "Det norske meteorologiske institutt", Oslo.

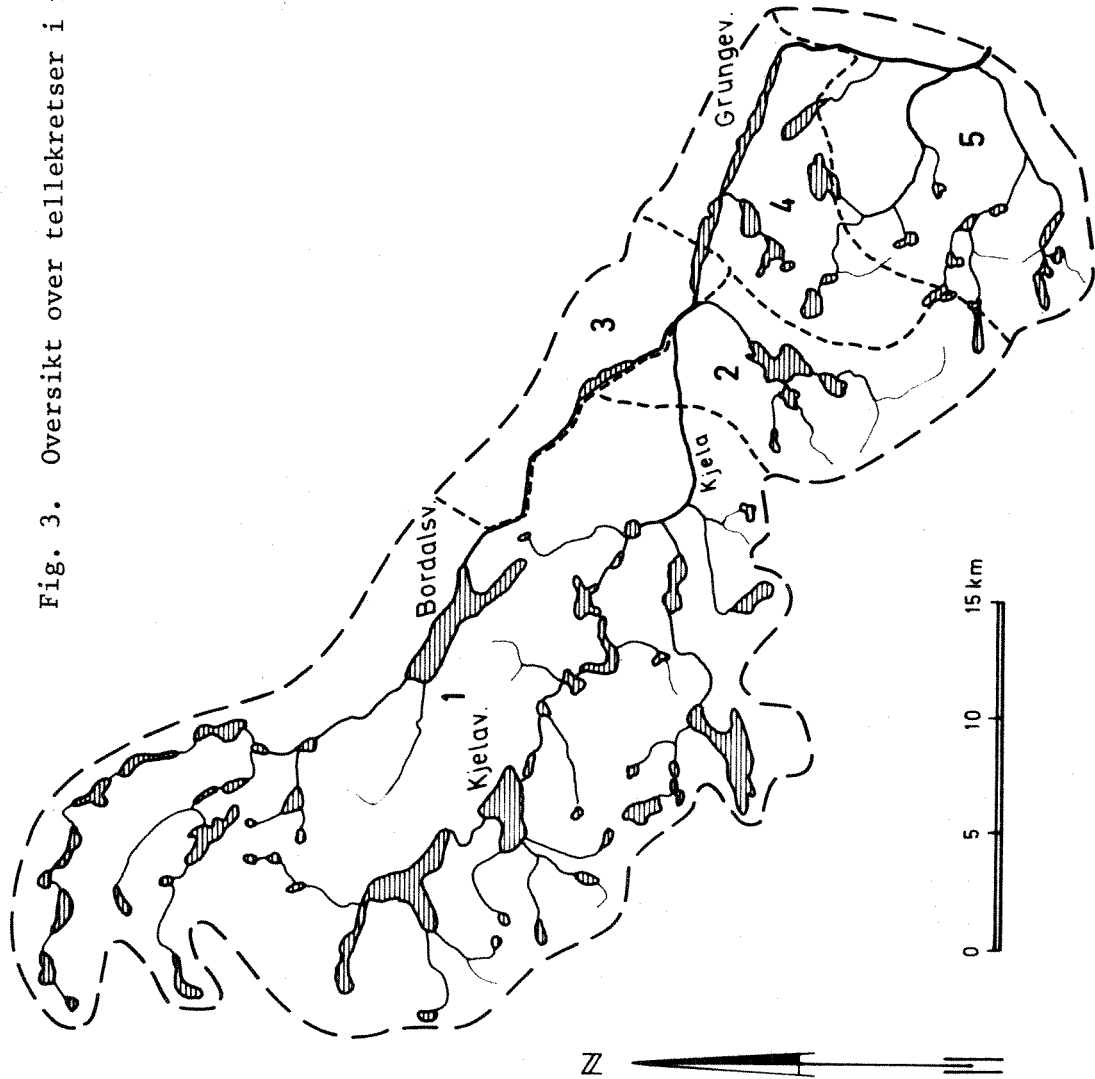
Tabell 2 . Måned- og årsverdier for nedbør i mm ved Vinje <sup>1)</sup> og Vågslid nedbørstasjoner i perioden 1931-1960 og 1976 og 1977.

Måned	Vinje 1931-60	Vinjesvingen <sup>1)</sup> 471 m.o.h.		Vågslid 822 m.o.h.		
		1976	1977	1931-60	1976	1977
Januar	82	121	70	100	171	65
Februar	62	91	77	81	141	57
Mars	40	47	71	53	79	40
April	55	44	55	53	44	53
Mai	59	90	37	45	48	20
Juni	63	38	91	67	29	44
Juli	109	45	90	77	19	95
August	127	3	132	93	6	78
September	108	74	130	102	49	138
Oktober	113	273	89	110	94	117
November	107	118	186	98	87	159
Desember	104	53	96	111	37	80
Året	1049	997	1124	990	804	946

1) Stasjonen ved Vinje ble flyttet til Vinjesvingen i 1962.

Tabellen viser at "normal" nedbør i området er ca. 1000 mm i året. Månedene fra februar til juni har vanligvis minst nedbør. Noe over 60% av nedbøren kommer i løpet av halvåret juli-desember. Årene 1976 og 1977 da undersøkelsen i vassdraget foregikk, avviker noe fra gjennomsnittsverdiene for 30-årsperioden. Spesielt gjelder dette 1976 da det var ekstremt lite nedbør om sommeren (juni-september). Store nedbørmengder i oktober ved Vinje gjorde

Fig. 3. Oversikt over tellekretser i nedbørfeltet.



imidlertid at nedbøren totalt for året ble omtrent som "normalt". Ved Vågslid, lenger oppe i vassdraget, var det ikke tilsvarende store nedbørmengder i oktober 1976.

## 4.2 Forurensningskilder

### 4.2.1 Fast bosetting

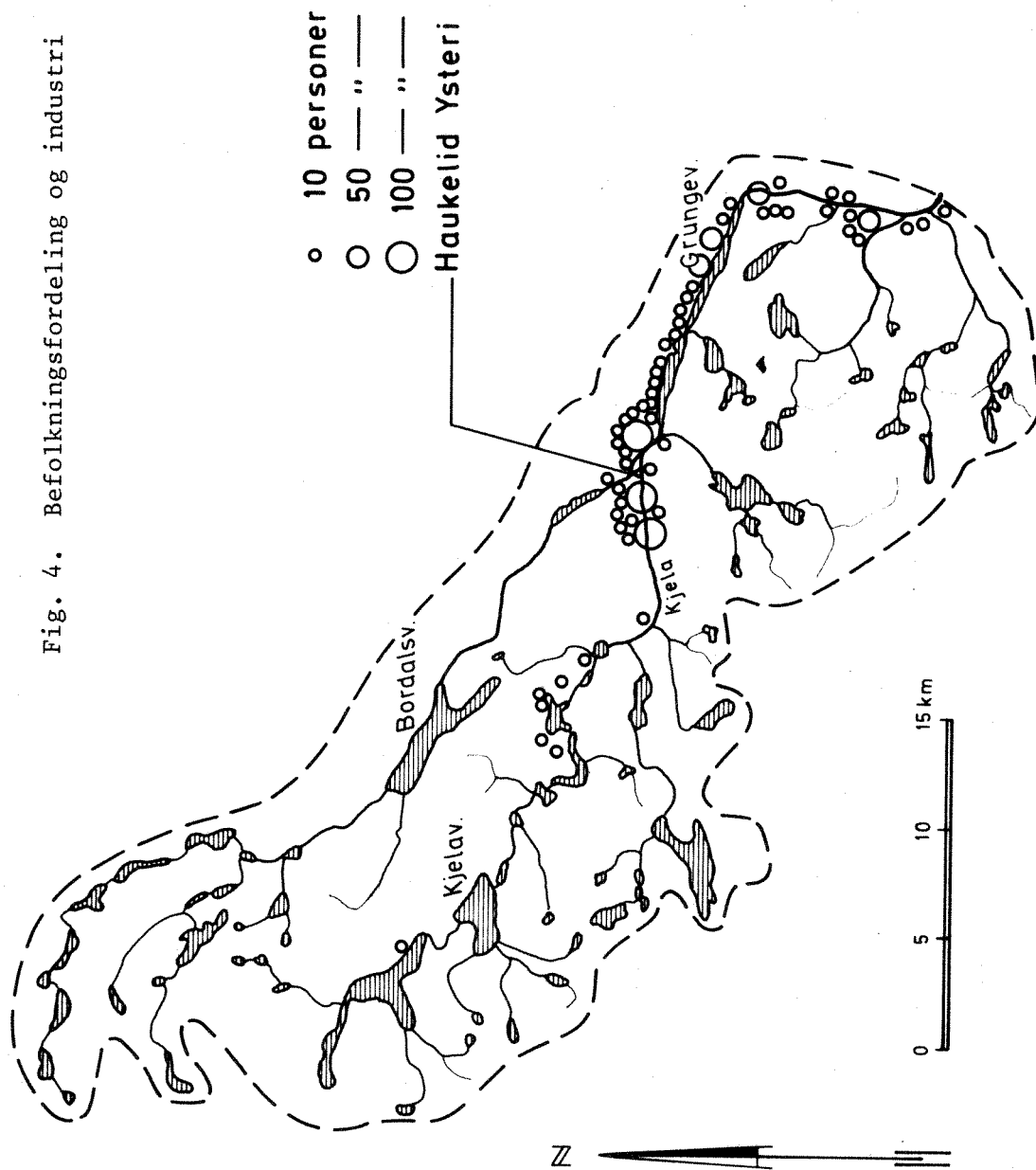
En oversikt over befolkningsfordelingen i nedbørfeltet i 1970 er gitt i figur 4. Denne figuren er tegnet på grunnlag av bosettingskart fra Statistisk Sentralbyrå (1974).

I tabell 3 er antall bosatte i folketellingskretser oppgitt. Ingen av kretsene faller innenfor Statistisk Sentralbyrås definisjon av tettbygde kretser. I området Edland-Haukelidgrend bor det ialt ca. 500 personer (Statistisk Sentralbyrå 1972). Ifølge teknisk etat i kommunen er 100 av disse tilknyttet offentlig kloaknett. Utslipp av organisk stoff ( $KOF_{dikr}$ ), nitrogen og fosfor fra befolkningen i nedbørfeltet fordelt på tellingkretser er oppgitt i tabell 3. Disse beregningene bygger på følgende spesifikke tall for forurensningsproduksjon:

$KOF_{dikr}$	=	150 g O/person og døgn
TOT-N	=	12 g N/person og døgn
TOT-P	=	2,5 g P/person og døgn

Utslippet til vassdraget er antatt å utgjøre 80% av produsert forurensningsmengde. Det fins ikke kommunale renseanlegg i nedbørfeltet.

Fig. 4. Befolkningsfordeling og industri



Tabell 3 . Oversikt over bosatte og antatt forurensningsutslipp til vassdrag fordelt på folketellingskretser (se også fig. 3 og 4).

Folketellingskrets (nr.)	Antall bosatte	Antatt utslipp		
		KOF <sub>dikr</sub> tonn O/år	TOT N tonn N/år	TOT P tonn P/år
1	80	3,5	0,28	0,06
2	281	12,3	0,98	0,21
3	259	11,3	0,91	0,19
4	274	12,0	0,96	0,20
5	142	6,2	0,50	0,10

Det er ikke søppelfyllplasser i nedbørfeltet.

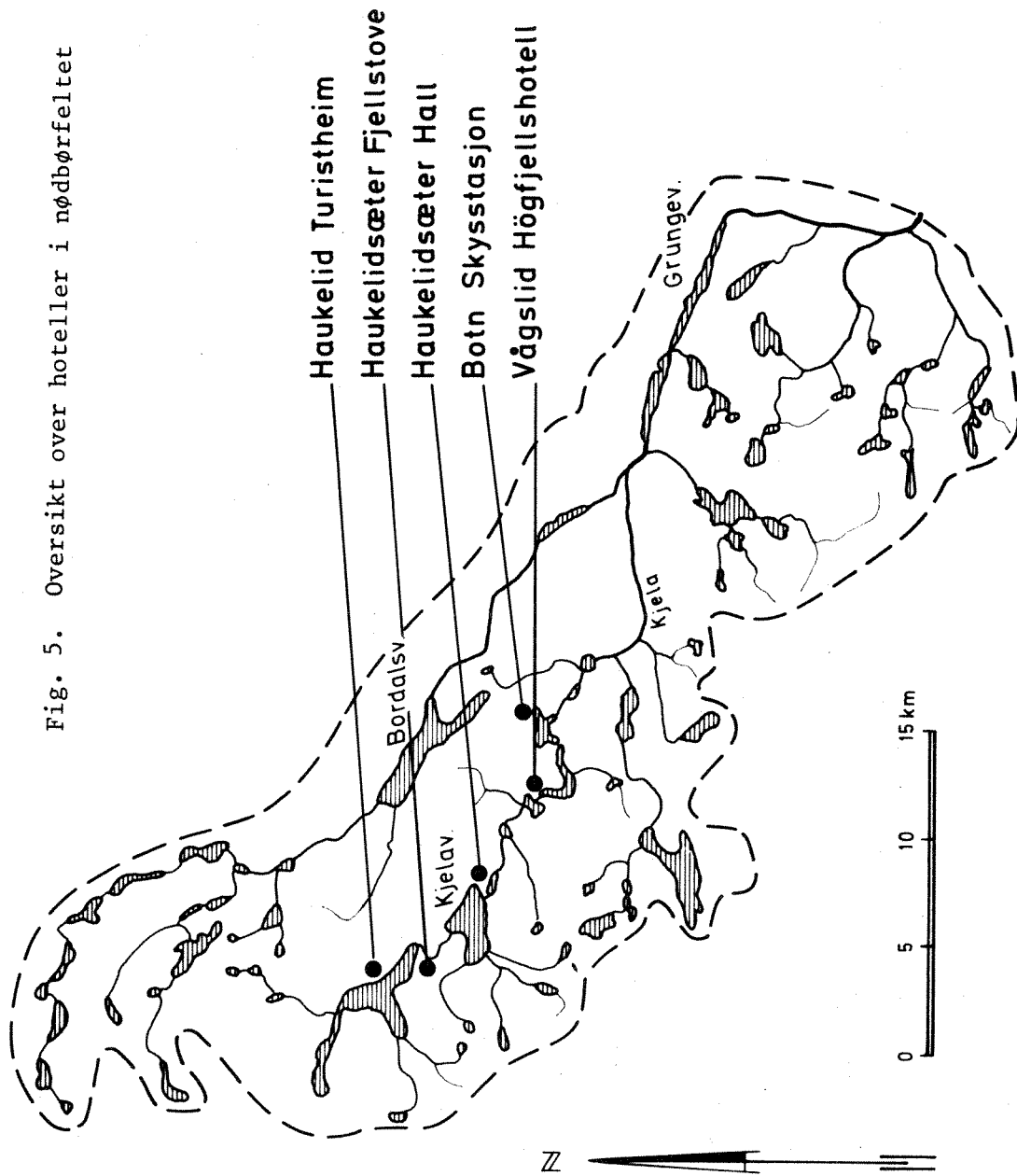
#### 4.2.2 Hoteller, hytter og campingplasser

Opplysninger om hoteller, hytter og campingplasser er innhentet fra teknisk etat i Vinje.

I nedbørfeltet er det i alt fem hoteller. Geografisk beliggenhet er vist i figur 5. Tabell 4 gir en oversikt over antall senger, gjestedøgn samt antatt utslipp av organisk stoff (KOF<sub>dikr</sub>), totalnitrogen og totalfosfor fra de enkelte hotellene. Ved Botn skysstasjon er det i tillegg til de oppgitte sengeplassene også 14 campinghytter med 4 senger hver.

Ved Vågslid Høyfjellshotell er det bygd et biologisk renseanlegg som kom i drift i 1977. Ved de andre hotellene er det bare septiktanker og infiltrasjon i naturlige masser. Ved Haukelidsæter Fjellstove er avløpsforholdene lite tilfredsstillende i dag, men vil bli utbedret i nær fremtid. Avløpsforholdene ved Botn Skysstasjon er av teknisk etat i kommunen karakterisert som meget tilfredsstillende.

Fig. 5. Oversikt over hoteller i nødbørfeltet





Ved beregning av tilførslene er det forutsatt at det biologiske renseanlegget fjerner 90 % av det organiske stoffet og 20 % av nitrogen og fosfor. Ved de hotellene der avløpsvannet infiltreres i naturlige masser er renses-effektene antatt å være 90 % for organisk stoff og fosfor og 20 % for nitrogen. Dette er under forutsetning av at avløpsanleggene fungerer tilfredsstillende. Varierende kvalitet på utforming og drift av anleggene kan gi langt lavere renseseffekter enn antatt her. Ved Haukelidsæter Fjellstove der avløpsforholdene er karakterisert som lite tilfredsstillende er det regnet med noen renseseffekt.

Tabell 4. Antall sengeplasser, gjestedøgn samt forurensende utslipp fra hotellene i nedbørfeltet.

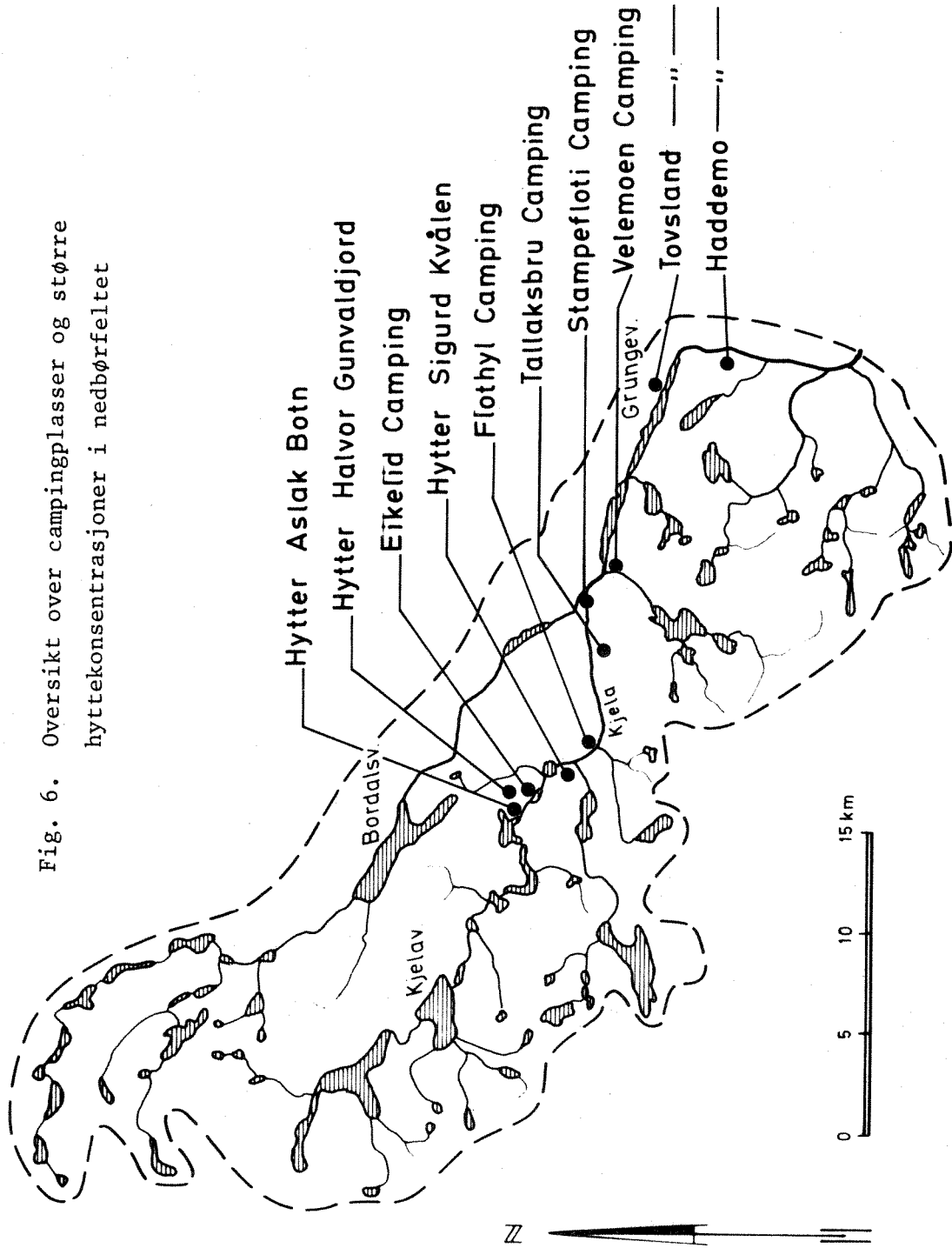
Hotelllets navn	Antall sengeplasser	Antall gjestedøgn	Antatt utslipp		
			KOF <sub>dikr</sub> tonn O/år	TOT-N tonn N/år	TOT-P tonn P/år
Haukelid Turistheim	40	4500	0,068	0,043	0,001
Haukelidsæter Fjellstove	100	15000	2,25	0,18	0,038
Haukelidsæter Hall	23	2400	0,036	0,023	0,001
Botn Skysstasjon	18	7000	0,11	0,067	0,002
Vågslid Høgfjellshotell	100	24000	0,36	0,23	0,048

I nedbørfeltet er det i alt tre større hyttekonsentrasjoner. Beliggenheten er vist i figur 6. Tabell 5 gir en oversikt over antall hytter på det enkelte sted. Forurensningstilførslene fra hyttene og campingplassene er ikke beregnet.

Tabell 5. Antall bygde eller planlagte hytter i større hyttekonsentrasjoner.

Eier	Antall hytter
Aslak Botn	57
Halvor Gunvaldjord	17
Sigurd Kvålen	22

Fig. 6. Oversikt over campingplasser og større hyttekonsentrasjoner i nedbørfeltet



Beliggenheten av campingplassene går fram av figur 6. Nedenfor i tabell 6 er det gitt en oversikt over areal og antall campinghytter på de enkelte campingplassene. Alle plassene har innlagt vannklosett, mens bare Velemoen, Stampefloti, Tallaksbru og Flothyl har dusj.

Tabell 6. Oversikt over campingplasser.

Navn på campingplass	Beliggenhet	Areal da.	Antall hytter
Haddemo	Mogane	4	4
Tovsland	Grungedal	9	4
Velemoen	Edland	6	9
Stampefloti	"	14	5
Tallaksbru	Haukeli	10	7
Flothyl	Flothyl	10	14
Eikelid	Våglid	7	6

#### 4.2.3 Industri

Haukeli Ysteri er den eneste industribedriften i nedbørfeltet med utslipp av forurensningsmessig betydning. Bedriften ligger i Edland og har utslipp til Bora (figur 4). Ifølge inspeksjonsrapport av 13. juli 1977 fra SFT produserer Haukeli Ysteri 1000.000 l konsummilk pr. år. I sommerhalvåret produseres det i tillegg 100-150 tonn brunost og 50 tonn kasein. Bedriften har ca. 10 ansatte.

Det er ikke foretatt målinger av avløpsvann som gir grunnlag for utslippsberegninger. SFT antar imidlertid at utslippet av organisk stoff( $BOF_7$ ) fører til et oksygenforbruk på 1,0 kg O pr. 1000 liter innveid melk til konsum og 1,7 kg oksygen pr. 1000 liter innveid melk til produksjon etter at interne tiltak nå er gjennomført. Dersom det antas at  $BOF_7$  er 20 % høyere enn  $BOF_5$  kan forholdet  $BOF_7 : N : P$  beregnes til 100 : 3,9 : 1,4 (NIVA 1976, 0-58/70). Bedriften har opplyst at årlig innveid melkemengde er ca. 2 mill. liter. Av dette går ca. 1 mill. liter til ost- og kaseinproduksjon. Ut fra disse opplysningene kan tilførslene av organisk stoff ( $BOF_7$ ), nitrogen og fosfor beregnes til:

Tabell 7. Antatt utslipp av organisk stoff (BOF<sub>7</sub>), nitrogen og fosfor fra Haukelid Ysteri.

	BOF kg O	TOT N kg N	TOT P kg P
Sommer	2200	86	31
Vinter	500	20	7
Året	2700	106	38

Utslipet fra bedriften til Bora skaper store biologiske problemer i vassdraget (se nærmere omtale i kap. 7). Ifølge SFT skal bedriften tilknyttes kommunalt nett og renseanlegg omkring 1980.

I Edland er det, ifølge SFT, planlagt å bygge et større vaskeri. Dette er tenkt brukt til bløtlegging og forvask av dongeriklær, men det er også mulig at det vil foregå vanlig vask av tøy. Avløpsvannet er planlagt ført sammen med det kommunale avløpsvannet til et renseanlegg som skal bygges på stedet.

#### 4.2.4 Jordbruk

Oppgaver over dyrket areal er gitt i kap. 4.1.2. Opplysning om husdyr, silo og kunstgjødselforbruk er innhentet fra herredsagronomen i Vinje og gjelder for det totale nedbørfeltet.

Tabell 8. Oversikt over husdyr, kunstgjødselforbruk og silo i nedbørfeltet (1977).

Antall gårdsbruk	Antall bruk med			Antall husdyr					Kunstgjødselforbruk i tonn/år	Silo		
	Husdyr	Silo	Storfe	Melkekyr	Hest	Svin	Fjørfe	Småfe		Antall siloanlegg	Nedlagt kvantum tonn/år	Ant. bruk med godkj. disp. av pressaft
107	62	27	130	50	6	12	50	1220	81,2	37	799	27

Tabellen viser at det drives lite jordbruksvirksomhet i nedbørfeltet. Alle siloanleggene har fått godkjent disponeringsordninger for pressaft i henhold til forskriftene. I nedbørfeltet fins det et felles halmlutningsanlegg som er ute av drift.

Det er flere problemer knyttet til en kvantifisering av forurensningstilførslene fra jordbruket i nedbørfeltet. For det første foreligger det ikke kart som gir grunnlag for en geografisk lokalisering av de enkelte jordbruksområdene. Dessuten er det ikke foretatt pålitelige avrenningsmålinger fra jordbruksfelt i indre Telemark som kan gi grunnlag for en kvantifisering av tilførslene. For å få et visst bilde av størrelsesordenen av tilførslene er de imidlertid beregnet på tellekrets nivå og på grunnlag av St. meld. nr. 71 for 1972-73 og "Landsplanen for bruken av vannressursene (Mikkelsen et al., 1974). Nyere avrenningstall fra jordbruksområder andre steder i landet (Lundekvam, 1977, NIVA 1977, XK-14, A2-32) viser at "Landsplanen" undervurderer tilførslene. Lundekvam har i sine beregninger funnet at gjennomsnitt for fire fylker (Trøndelagsfylkene, Østfold og Rogaland) er nitrogentilførslene 1,6 ganger og fosfortilførslene 2,5 ganger større enn tidligere antatt.

Tilførslene fra silo er ubetydelige hvis de godkjente disponeringsordningene fungerer tilfredsstillende. Dersom tilførselstallene i "Landsplanen" for Bø-Vinje - regionen korrigeres med de faktorene som er nevnt ovenfor, får vi følgende tilførsler fra jordbruket i de enkelte tellekretsene (tabell 9).

Tabell 9. Antatte tilførsler fra jordbruket i de enkelte folketellingskretsene tonn/år.

Krets Parameter	1	2	3	4	5
Totalnitrogen	0,54	0,79	1,1	1,8	1,2
Totalfosfor	0,011	0,015	0,021	0,036	0,023

Tilførslene av organisk stoff fra jordbruket er ikke kvantifisert, men kan være betydelig (NIVA 1977, XK-14, A2-32).

#### 4.2.5 Sammenstilling av beregnede tilførsler

De forskjellige forurensningskildene som jordbruk, industri, bosetting samt turistnæring er kartlagt. Det er imidlertid vanskelig å få en fullstendig oversikt over forurensningstilførslene forskjellige steder i nedbørfeltet, da de allerede gjennomførte vassdragsreguleringene kompliserer avrenningsforholdene. I tillegg til dette foreligger det som tidligere nevnt ikke produksjonsgrunnlagskart for området. Tilførslene fra skog og annen utmark lar seg derfor ikke kvantifisere. Tabell 9 gir en fordeling på kilde og tellekrets av tilførslene fra de mest betydningsfulle menneskelige aktivitetene.

Tallene er usikre, men skulle gi et visst inntrykk av størrelsesorden og fordeling av tilførslene på kilde.

Tabell 10. Beregnete tilførsler fordelt på kilde og tellekrets.  
(avrundede verdier)

Krets (se fig. 3)	Kilde	Antatt utslipp		
		KOF <sub>dikr</sub> tonn O/år	TOT-N tonn N/år	TOT-P tonn P/år
1	Fast bosatte	3,5	0,28	0,06
	Hoteller	2,8	0,54	0,09
	Jordbruk	1)	0,54	0,01
2	Fast bosatte	12,3	0,98	0,21
	Jordbruk	1)	0,79	0,02
3	Fast bosatte	11,3	0,91	0,19
	Industri	2,7 (BOF <sub>7</sub> )	0,11	0,04
	Jordbruk	1)	1,1	0,02
4	Fast bosatte	12,0	0,96	0,20
	Jordbruk	1)	1,8	0,04
5	Fast bosatte	6,2	0,50	0,10
	Jordbruk	1)	1,2	0,02

1) Beregningsgrunnlag mangler for kvantifisering av tilførslene

## 5. HYDROLOGI

Områdets hydrologiske karakteristika blir her karakterisert ved VM 1209-12 Øykjelihyl i perioden 1955 - 1959. Vannføringene er beregnet ut fra VM 1209-11 Hyljelihyl ved betraktninger av areal og spesifisert avløp.

Vannføringene var høyere enn  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  og  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  i henholdsvis 10 %, 50 % og 90 % av året (figur 7). Tiden november/desember - april er karakterisert med lave vannføringer (figur 8). Den minste observerte 7-døgn vannføring i denne perioden er  $0,24 \text{ m}^3/\text{s}$ . Flomvannføringer finner sted i tilknytning til snøsmeltingen i tiden mai - juli og regn om høsten. Snøsmelteflommen har de høyeste vannføringer. Den største observerte 7-døgn verdi er  $77,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dersom nedbøren om høsten er liten, kan det imidlertid bli lave vannføringer i september og oktober.

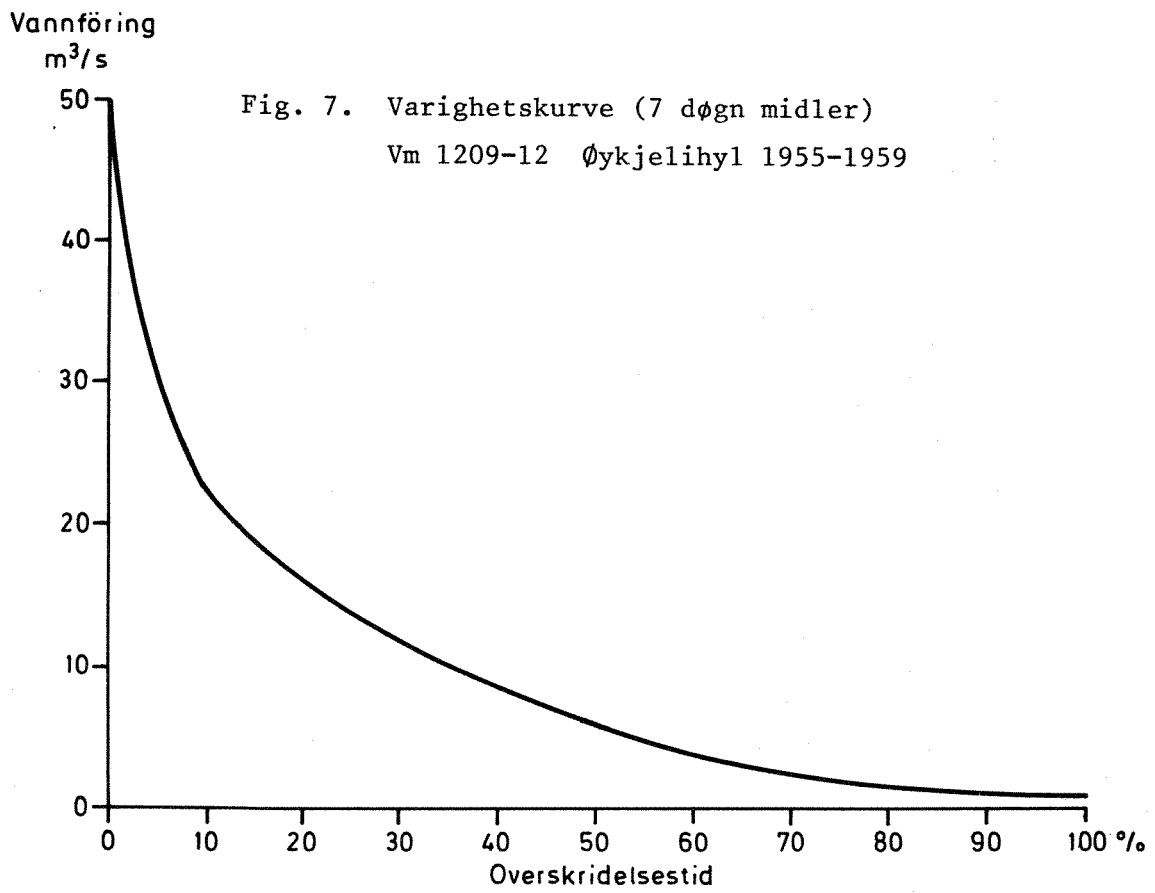
Vannføringene i observasjonsperiodene varierte vesentlig i intervallet mellom median til meget lave verdier (figur 8).

Vassdraget oppstrøms Øykjelihyl består av en serie innsjøer (Løyningsvatn, Eivindbuvatn, Arbuvatn, Vågslidvatn, Øykjelihylen). Innsjøenes volum er gitt i tabell 9. Disse vil ved en overføring til Førsvatn få en redusert gjennomstrømming (figur 1). Teoretisk oppholdstid (utskiftningstid) før og etter regulering for denne strekningen, dvs. alle innsjøene betraktes som en sjø, er henholdsvis ca. 8,5 døgn og ca. 95 døgn for tilløp lik årlig middelvannføring. Om vinteren vil utskiftningstiden bli betydelig lengre enn dette, mens oppholdstiden ved høyere vannføringer om våren/høsten blir noe kortere.

Tabell 11. Innsjøvolumer.

Løyningsvatn	1,2 mill. $\text{m}^3$
Eivindbuvatn	2,2 " "
Arbuvatn	1,8 " "
Vågslidvatn	3,5 " "
Øykjelihylen	<u>1,7 " "</u>
S U M	10,4 mill. $\text{m}^3$

Volumene er beregnet ut fra spredte loddinger fra is.







## 6. FYSISK-KJEMISKE FORHOLD

### 6.1 Parameterbeskrivelse

#### Temperatur

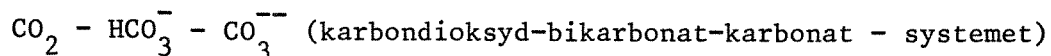
Temperaturforholdene (varmeforholdene) påvirker vannets plante- og dyreliv både direkte (stoffomsetning, tilvekst, forplantning osv.) og indirekte (virkninger av f.eks. temperatursjiktning, stagnert vann med oksygenmangel osv.). Temperaturen er derfor en nøkkelparameter når det gjelder innsjøens og vassdragets stoffhusholdning. Videre påvirker temperaturen de fysiske/kjemiske prosessene som f.eks. reaksjonshastigheter og metningsverdier for oppløste gasser i vannet - spesielt oksygen.

I innsjøer er temperaturen bestemmende for vannmassenes sjiktningforhold fordi vannets tetthet så og si i sin helhet avhenger av temperaturen (vann er tyngst ved ca. 4 °C). Oppvarming og nedkjøling av vannmassene, avhengig av årstid, medvirker til to sirkulasjonsperioder (vår og høst) da temperaturen i hele vannmassen er ca. 4 °C og lett påvirkes av vind, og to stagnasjonsperioder (sommer og vinter). Sommerstagnasjonen karakteriseres av relativt varmt vann over noe kaldere, mens vinterstagnasjonen er karakterisert av kaldt vann på noe varmere.

I hurtigstrømmende elver av Kjela-typen hvor det finnes mange strykpartier er temperaturen homogen. Temperatursyklusen gjennom året har imidlertid stor biologisk betydning både med hensyn til maksimums- og minimumsverdier (sommer, vinter) og forhold knyttet til oppvarming og avkjøling (vår, høst). Av betydning i denne forbindelse er utvikling og vekst av faunaen, aktivitet, temperaturtoleranse, stoffskifteprosesser osv.

#### Vannets surhetsgrad, pH

pH er et mål for vannets konsentrasjon (eller rettere for aktiviteten) av hydrogenioner. pH reguleres i de fleste tilfeller av buffersystemet:



Vannet betegnes som surt når pH-verdien ligger under 7 og som basisk når verdien overstiger 7. Når karbondioksyd-verdien ( $\text{CO}_2$ ) øker (f.eks. ved

organismenes respirasjon og nedbrytning av organisk materiale), avtar pH-verdien og vannet blir surere. Ved plantenes fotosyntese forbrukes karbondioksyd, mens oksygen ( $O_2$ ) frigjøres og pH øker. Ved å måle pH kan en få informasjon om hvilke biologiske forandringer som foregår i vannet. Videre er pH en viktig økologisk faktor, idet de forskjellige organismer og organismesamfunn har relativt bestemte toleransegrenser. Stort sett kan en si at pH-verdier under 5 og over 8 virker skadelig og i mange tilfeller til og med dødelig for flere av organismene som lever i vann. pH-verdien har videre betydning når det gjelder å utnytte vannet som drikke- og industrivann ettersom surt vann, i høyere grad enn basisk, virker korroderende på metaller, og da spesielt på kobber som bl.a. gir vannet dårlig smak. Bruksvann bør i slike tilfeller kalkes.

#### Konduktivitet 20 °C (spesifikk elektrolyttisk ledningsevne)

Vannets konduktivitet gir et mål for den totale mengden av løse stoffer i vannet eller sagt på en annen måte, vannets totale saltinnhold. De ioner som fremfor alt er betydningsfulle for vannets saltinnhold pleier å bli benevnt som hovedkomponenter og omfatter kalsium, magnesium, natrium og kalium på kationsiden, og bikarbonat, klorid og sulfat på anionsiden. Andre løste stoffer som kan ha betydning for konduktiviteten er fosfater, nitrater, baser, noen syrer, samt stoffer i forbindelse med forurensningsutslipp. Bestemmende for saltinnholdet i upåvirkede lokaliteter er faktorer som nedbørens kjemiske sammensetning, de løse jordlagenes og berggrunnens beskaffenhet i nedbørområdet, samt biologiske aktiviteter i vannforekomstene selv.

Av de ovenfor nevnte ionene er kalsiumionene mest variable med verdier fra ca. 1 mg/l i sure vann til 100 mg/l i særlig kalkrike vann. Kalsium innvirker på artssammensetningen fordi forskjellige organismer har varierende Ca-behov og direkte synes å være avhengig av vannets Ca-innhold for å kunne eksistere. Bl.a. har det vist seg at organismenes motstandskraft mot unormale forhold (f.eks. giftvirkninger av tungmetaller) øker når kalkinnholdet øker. Kalkinnholdet (vannets hårdhet) er av spesiell interesse når det gjelder å vurdere vannets kvalitet som drikke- og industrivann (særlig for vaskerier). Endelig er kalkinnholdet særlig viktig for vannets bufferkapasitet, dvs. evne til å nøytralisere syrer. Saltfattig vann finner man

i områder hvor nedbørfeltet er bygget opp av harde bergarter og ofte i innsjøer med svært lite nedbørområde. I vannforekomster i skog- og lavlandsområder ligger verdien for konduktiviteten oftest mellom 20 og 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Avrenningsvann fra kalkrike jordbruksområder eller vann som påvirkes av forurensning har ofte et elektrolyttinnhold som tilsvarer en konduktivitet på 100 - 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### Turbiditet

Turbiditet er et uttrykk for vannets evne til å spre lyset (gjennomskinnelighet) og er direkte forårsaket av suspenderte partikler i vannmassen som sand, leire, jordpartikler, samt diverse partikulære organiske forbindelser (dyre- og planteplankton, avfallsprodukter, planterester o.l.). Jo mer uklart vannet er jo høyere er turbiditeten. Normalt finner en verdier nær 0 i naturlige vannforekomster når vannet ikke blir påvirket av partikulært materiale.

Høy turbiditet bidrar til at lysforholdene forverres med liten eller ingen planteproduksjon som resultat. Videre tilslammes bunnen lett. Disse faktorene påvirker i høy grad plante- og dyrelivet. I enkelte tilfeller kan plante- og dyrelivet på bunnen dø helt ut hvis partikkelinnholdet i vannet blir for stort (f.eks. ved slam fra gruver). Fiskens gytemuligheter begrenses og den får vansker med å finne næring.

### Næringssalter, nitrogen og fosfor

Næringssalter eller minimumsstoffer som de også kalles, spiller en avgjørende rolle for en innsjø eller et vassdrags biologiske balanse og stoffomsetning. Økning av næringssalttilførselen (ved forurensning) har derfor i mange av våre naturvann gitt betydelige gjødselseffekter (eutrofiering), først og fremst med planktonalgeoppblomstring (innsjø) og gjengroing (grunne innsjøer, elver) som resultat. Dette er effekter som fra menneskelige synspunkter blir sett på som lite ønskelige, da verdien av et vann som kilde for drikkevann, industrivann og rekreasjonsformål reduseres sterkt når slike tilstander opptrer.

Nitrogen og fosfor i naturvann er nært knyttet til de biologiske og kjemiske prosesser i vannet og bunnssubstratet og opptrer derved i et flertall

fraksjoner (løst, bunnet osv.) i sitt limnologiske kretsløp. Av særskilt interesse er de fraksjoner som er direkte assimilerbare for plantene, nemlig nitrat og fosfat. Innholdet av disse er lavt i produksjonsperioden fordi de opptas av plantene, og høyt i nedbrytningsperioden samt nær bunnen i innsjøer. Ved å få kjennskap til innholdet av nitrat og fosfat og til totalinnholdet av nitrogen og fosfor, får man derfor både teoretisk og praktisk informasjon om en innsjøes eller et vassdrags produksjonstilstand, produksjonskapasitet og påvirkning av forurensningsbelastning.

Ved naturlige forhold regner en med at hoveddelen av det nitrogeninnholdet som finnes i vannet blir tilført og frigjort i vannmassen og bunnslammet ved nedbrytning av organisk stoff som blir tilført fra nedbørområdet. Videre tilføres en betydelig mengde ved nedbøren og ved at enkelte alger og bakterier direkte kan utnytte molekylært nitrogen fra atmosfæren. Fosforet kommer fra fosforholdige mineraler (f.eks. apatitt) og er således under naturlige betingelser direkte avhengig av nedbørområdets geologi. I naturvann finner en ofte et forhold på ca. 1 : 20-25 mellom fosfor og nitrogenmengden.

#### Totalt suspendert stoff

Mengden av suspendert stoff i vann består hovedsakelig av levende og dødt plante- og dyreplankton, avfallsprodukter fra dyr, råtnende plante- og dyrerester o.l. Det er særlig den organiske delen av det suspenderte stoffet som er av betydning for biologiske forhold fordi dette direkte kan utnyttes som næring av organismene og følgelig spiller en rolle for vassdragets produktivitet.

#### 6.2 Kommentarer til de kjemiske analysedata

De enkelte analyseverdiene finnes i appendikstabell A 1, mens de viktigste parametrene er fremstilt grafisk i figurene 9 - 15. Det bør nevnes at spesielle forhold på stasjonene E 2 og E 5 har gjort det nødvendig å bruke en skalainndeling for parametrene turbiditet, totalt suspendert stoff, total fosfor og total nitrogen som er forskjellig fra de øvrige stasjonene. På grunn av de spesielle forholdene i de to sidevassdragene er det hensiktsmessig å først se på den kjemiske vannkvaliteten i hovedvassdraget.

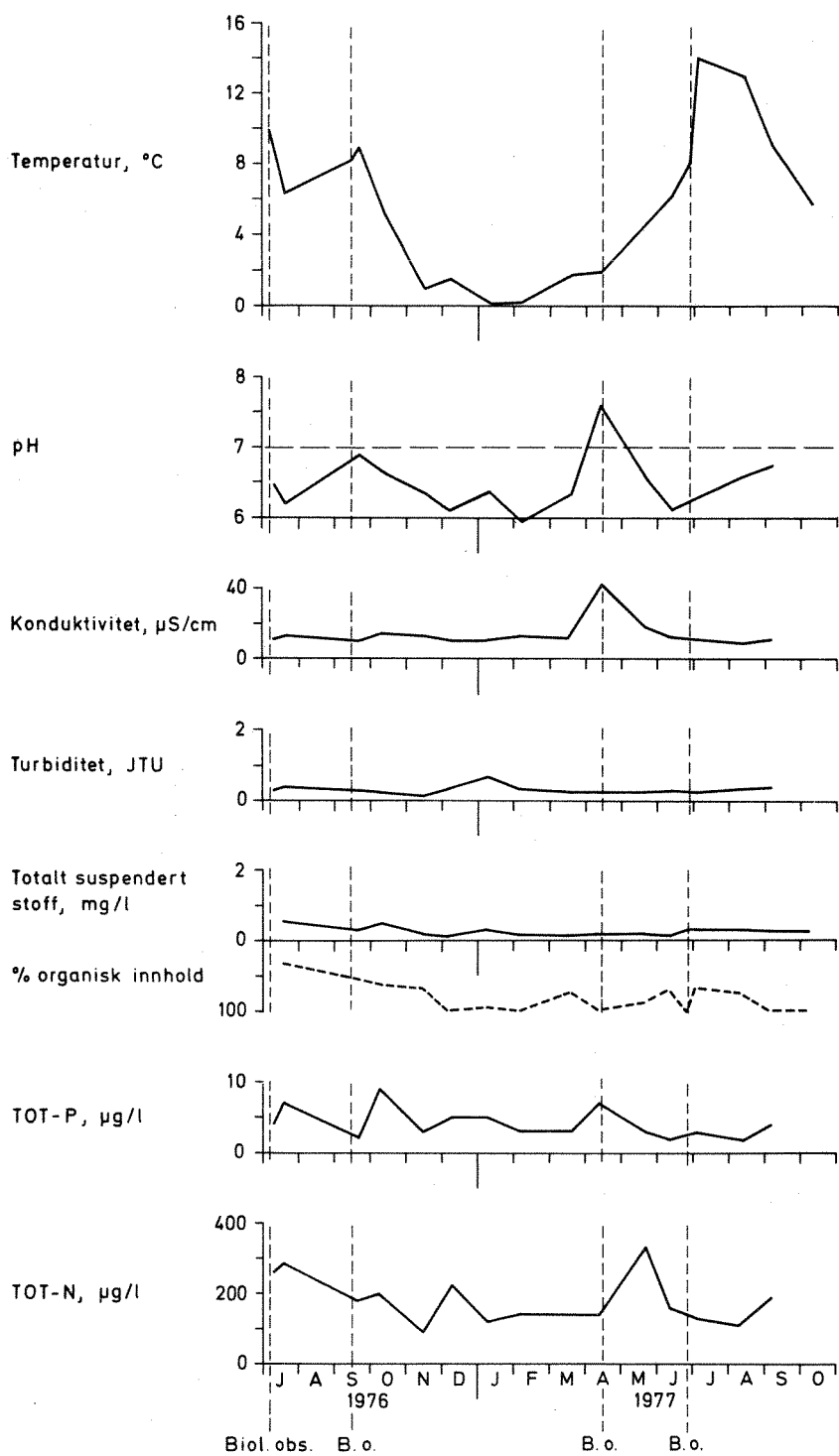


Fig. 9. Stasjon E 1 (nedstrøms Kjølavatn).  
Årsvariasjon i kjemiske parametre.  
Kjølavassdraget juli 1976 - oktober 1977.  
Tidspunkt for biologisk prøvetaking er angitt med stiplet linje.

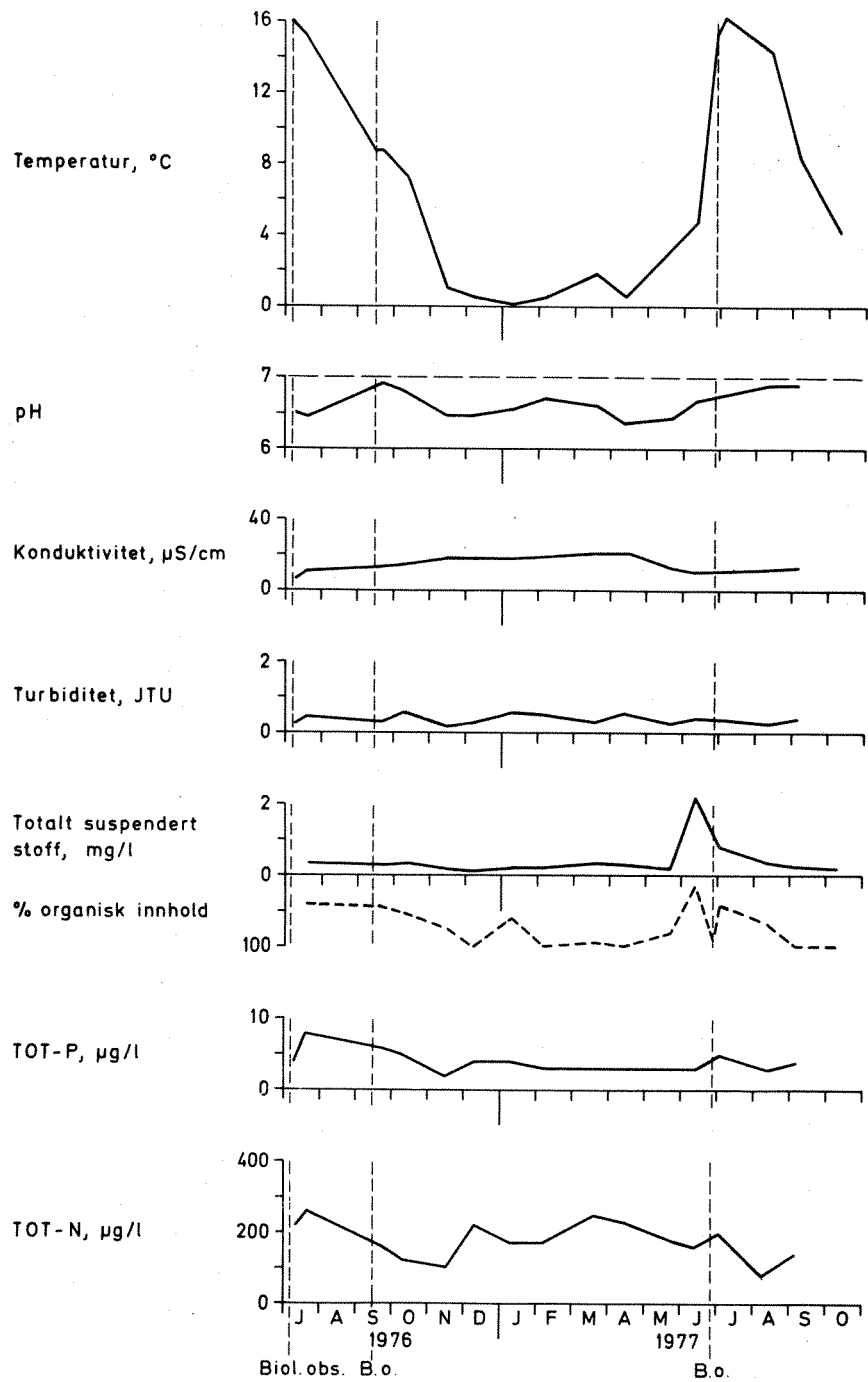


Fig. 10. Stasjon E 3 (Flothyl)

Årsvariasjon i kjemiske parametre.

Kjelavassdraget juli 1976 - oktober 1977.

Tidspunkt for biologisk prøvetaking er angitt med stippet linje.

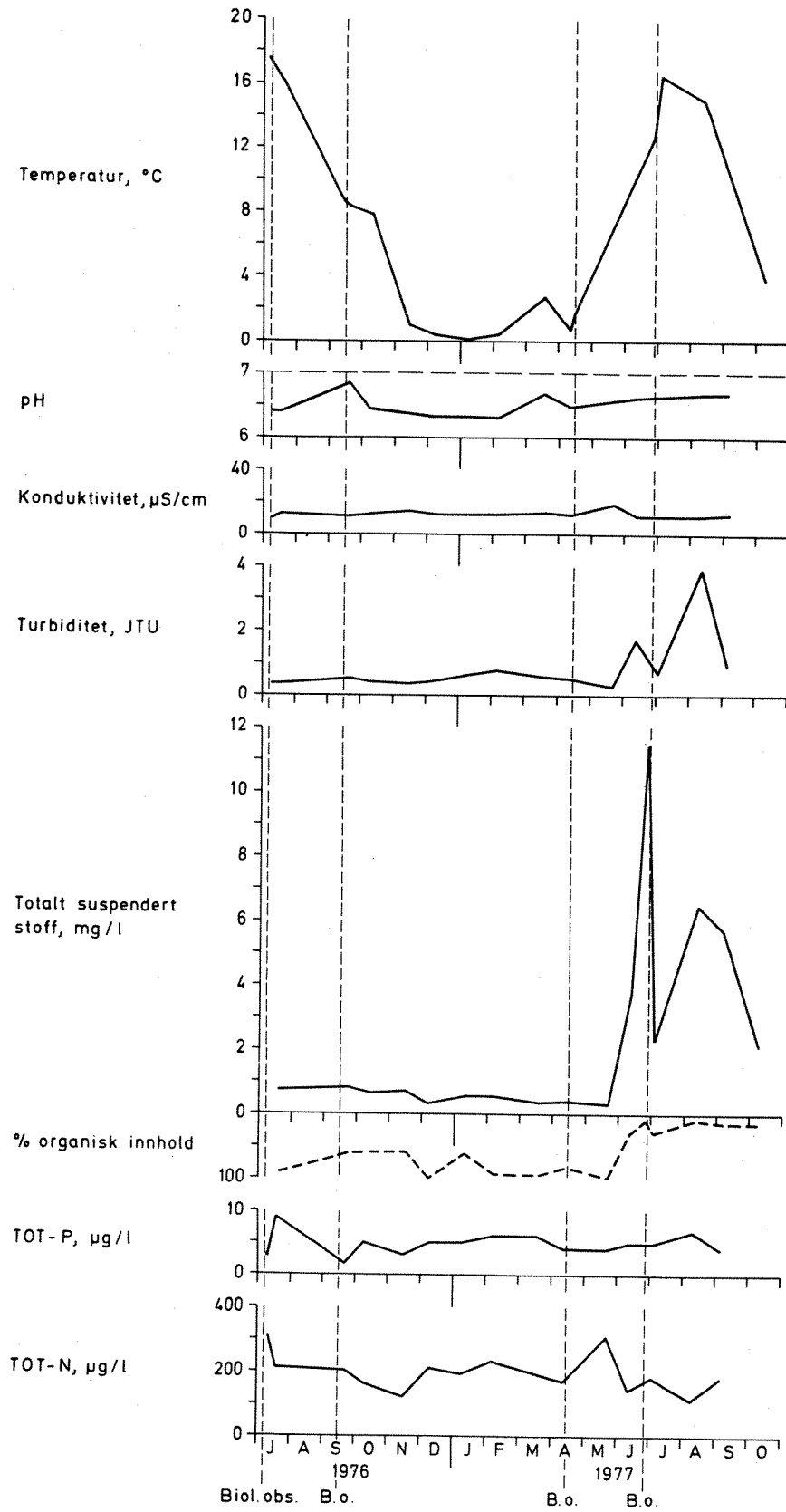


Fig. 11. Stasjon E 4 (Haukeligrend).

Årsvariasjon i kjemiske parametre.

Kjelvassdraget juli 1976 - oktober 1977.

Tidspunkt for biologisk prøvetaking er angitt med stiplet linje.



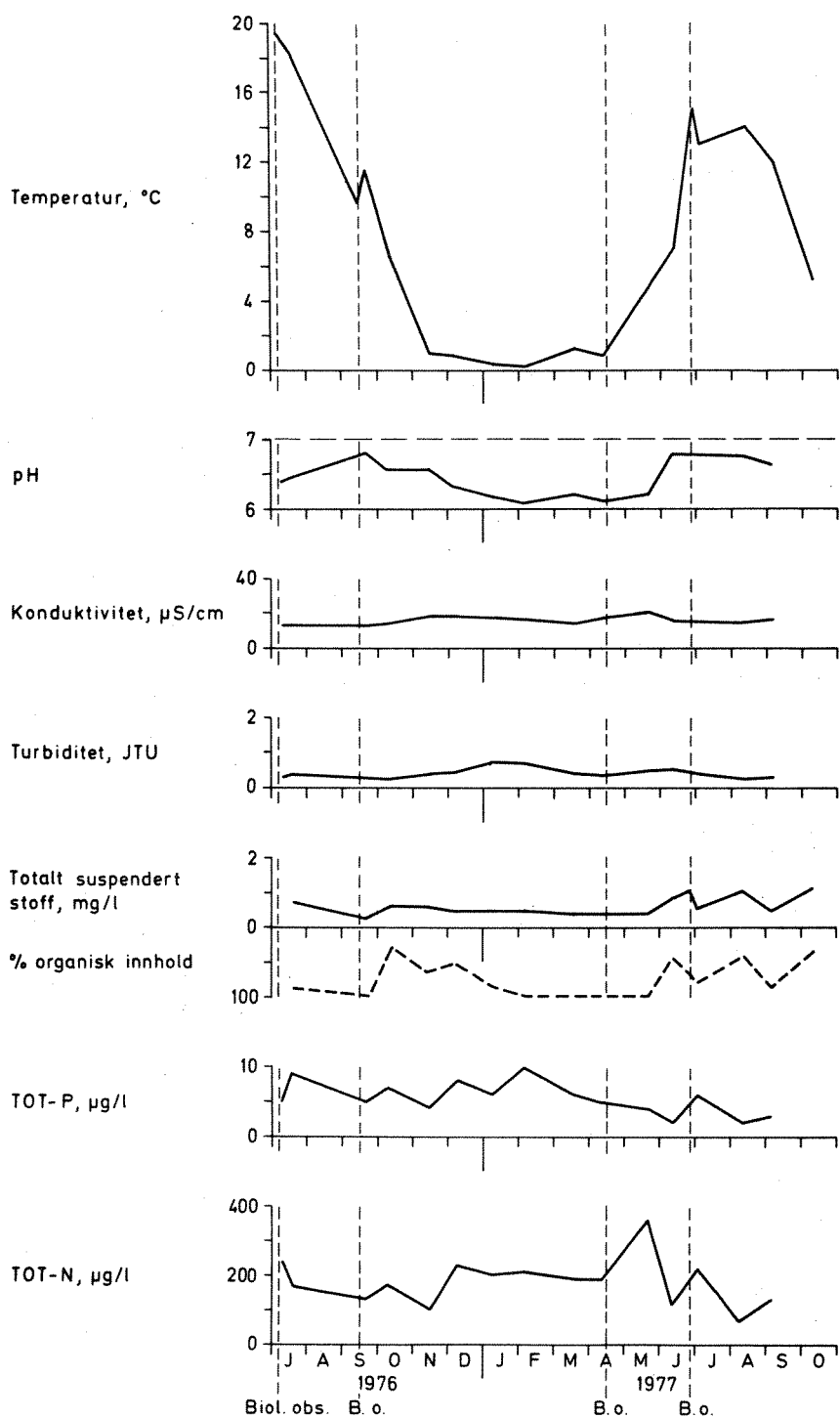


Fig. 12. Stasjon E 6 (utløp Grungevatn).

Årsvariasjon i kjemiske parametre.

Kjelavassdraget juli 1976 - oktober 1977.

Tidspunkt for biologisk prøvetaking er angitt med stiplet linje.

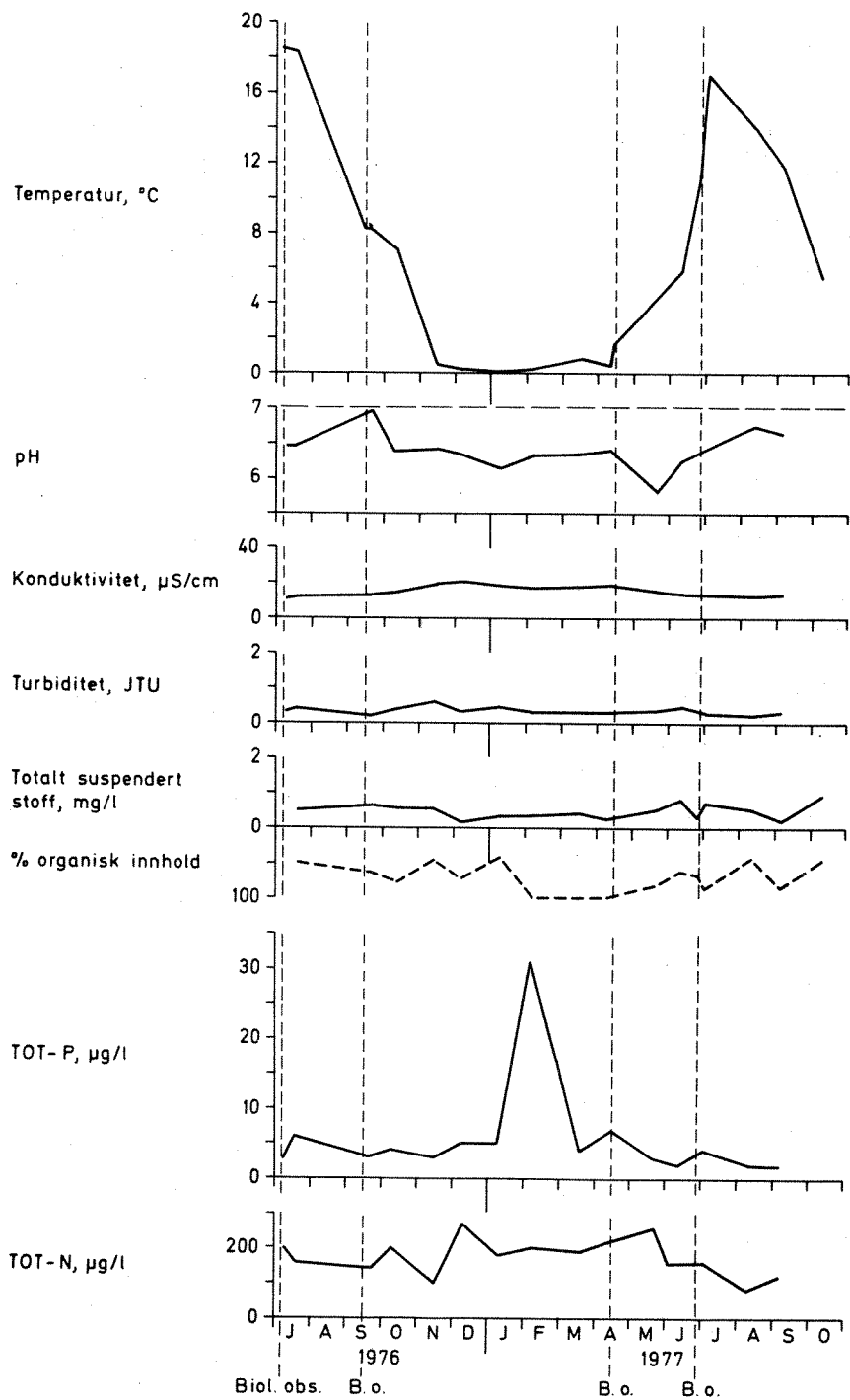


Fig. 13. Stasjon E 7 (innløp Vinjevatn).  
Årsvariasjon i kjemiske parametre.  
Kjelavassdraget juli 1976 - oktober 1977.  
Tidspunkt for biologisk prøvetaking er angitt med stiplet linje.  
(P-verdi i februar er sannsynligvis analysefeil.)

Analyseresultatene viser at vannet i Kjela er saltfattig og svakt surt. Dette gir seg utslag i pH-verdier som varierer mellom 6 og 7 og lave konduktivitetstall. Innholdet av suspenderte stoffer er lavt og overveiende av organisk sammensetning. Også innholdet av total fosfor og nitrogen er som ventet i stort sett upåvirket naturvann.

Bortsett fra temperaturen viser de forskjellige parametre liten årsvariasjon. En tendens i pH til å ha laveste verdier om vinteren og de høyeste sommer og høst kan forklares ut fra biologiske forhold i vassdraget (produksjon, forbruk av  $\text{CO}_2$ ). For de øvrige parametre synes svingningene ikke å være store nok til å markere en tydelig årstidsvariasjon. Det er en viss tendens til høyere konsentrasjoner av næringssalter nedover i vassdraget, særlig om vinteren. Tendensen er mest tydelig i fosforinnholdet, og det ser ut til at den største økningen fant sted mellom E 3 og E 4. Maksimumstemperaturen om sommeren økte likeledes nedover i vassdraget. For de øvrige parametrene viser figurene ingen tydelig endring langs vassdraget.

Noen spesielle forhold i enkelte kjemiske parametre på noen av stasjonene skal omtales nærmere. Økningen i totalt uorganisk suspendert stoff fra april til mai 1977 på stasjon E 3 (figur 10) kan ikke spores i turbiditetsverdiene i samme tidsrom, hvilket ville være å vente. Hva som skyldes det økte innholdet av suspendert stoff er derfor ikke klarlagt. Betydelig økning på kort tid i innholdet av totalt suspendert stoff skjedde også på stasjon E 4 (Haukeligrend) i tiden fra juni 1977 til oktober 1977 (figur 11). Partiklene var overveiende av uorganisk karakter. Denne økningen kan spores tydelig i turbiditetsverdiene.

Det er rimelig å anta at uttak av dam-fyllmasse i Kjela ved Moshyl oppstrøms Haukeligrend forårsaket økt transport av uorganisk stoff i vassdraget. Tiltak er blitt gjort for å hindre slik massetransport i vassdraget. Masseuttaket er en midlertidig virksomhet og vil opphøre i løpet av anleggstiden. Forholdene på E 6 ved utløpet av Grungevatn er sterkt influert av forholdene i innsjøen selv. Bl.a. vil innsjøeffekten virke utjevnende på de fleste parametre, dvs. svingningene reduseres. Dette synes ganske tydelig i verdiene for pH (figur 12) sammenliknet med pH-verdiene på stasjon E 7 ved innløpet til Vinjevann (figur 13). Det noe høyere innhold av fosforforbindelser på E 6 i forhold til E 7 kan også være en virkning av innsjøen, idet

drift av levende og dødt organisk materiale, uorganiske partikler og næringsalter, har en større virkning på E 6 enn ved E 7. Imidlertid er den såkalte innsjøeffekten mest tydelig i sammensetning av biologiske samfunn (side 62).

De kjemiske forholdene i sidevassdraget Tyrvelibekken (E 2) var sterkt påvirket av anleggsarbeid i området. Figur 14 viser at vannet inneholdt meget store mengder uorganiske forbindelser (kfr. konduktivitet, turbiditet og suspendert stoff), men at mengdene varierte betydelig i løpet av året. Tilsvarende ble observert for fosfor- og nitrogenforbindelser. Spesielt å bemerke er at verdiene i alle parametrene var lave i de første månedene av undersøkelsen og økte markert i løpet av høst og vinter 1976. Et annet forhold er at det organiske innhold av det suspenderte stoffet viste økning når det totale innhold av partikler var lavt (f.eks. mars og mai 1977).

Ifølge inndrift og drenasjonsrapport for tverrslag i Tyrveli (Furuholmen A/S, 29. november 1977) var drenasjonsvannmengden beskjedent det meste av 1976 (ca. 100 l pr. minutt), men steg raskt i løpet av våren 1977 og stabiliserte seg på ca. 3500 - 4000 l pr. minutt. Det ble ikke funnet noen korrelasjon mellom mengden drenasjonsvann og variasjon i kjemiske forhold på stasjon E 2. Heller ikke hadde ferieavvikling noen innflytelse på dette. Årsaken til variasjonene er derfor ikke klarlagt, men kanskje knyttet til spesielle driftsforhold.

For å få et inntrykk av den naturlige kjemiske sammensetningen av vann i Tyrvelibekken og for å få et begrep om hvilke effekter tunnelarbeidet har på vassdraget, ble det 29. august 1977 tatt prøver for kjemisk analyse flere steder i bekken (figur 15). Resultatene er satt i tabell 10. I tillegg er det også tatt med kjemiske analyseresultater fra 28. juni 1977 (i forbindelse med biologisk innsamling) fra stasjonene E 2 og E 2 A (ved skiheis). Resultatene viser at innholdet av kjemiske komponenter i den upåvirkede delen av Tyrvelibekken var lavt og av samme størrelsesorden som i hovedvassdraget, men med en noe høyere konduktivitet (kfr. appendikstabell A 1, stasjon E 1). Videre var den kjemiske sammensetningen ved stasjon E 2 A' (umiddelbart oppstrøms samløp med tunnelbekk) temmelig lik den sammensetningen som ble funnet høyere oppe i Tyrvelibekken (stasjon E 2 A, skiheis). Det er

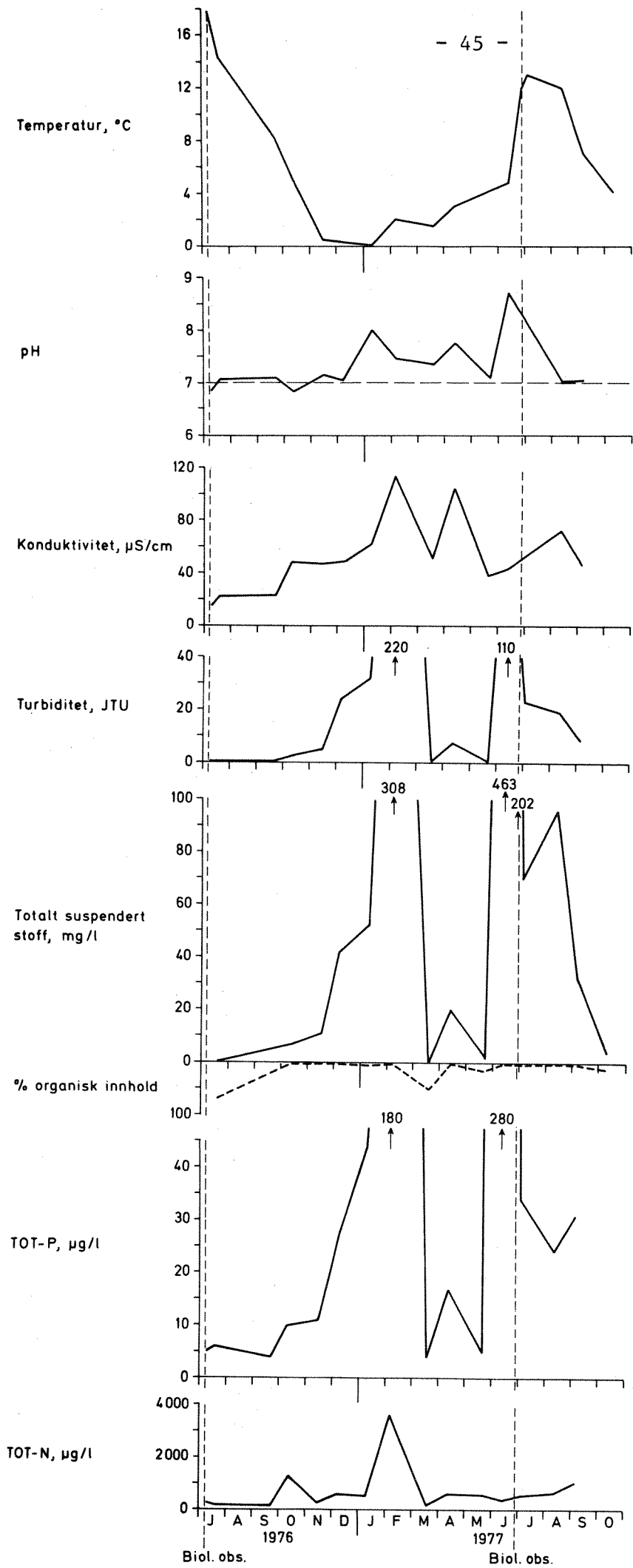


Fig. 14. Stasjon E 2 (Tyrvelibekken).

Årsvariasjon i kjemiske parametre.

Kjelavassdraget juli 1976 - oktober 1977.

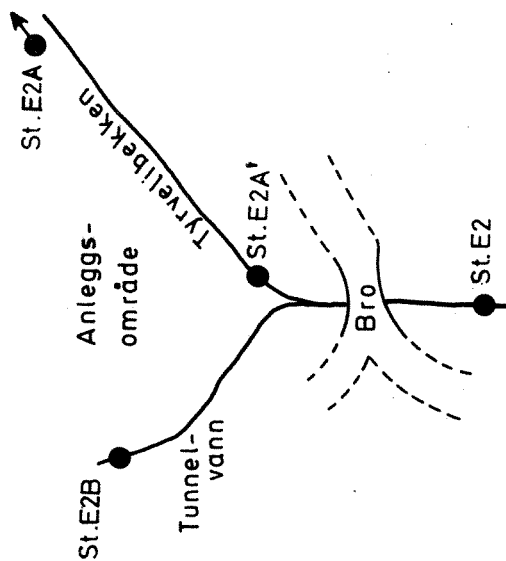
Tidspunkt for biologisk prøvetaking er angitt med stiplede linje.

(Merk at skalainndelingen er forminsket for konduktivitet, turbiditet, suspendert stoff og TOT-N)

Tabell 12. Kjemiske analyseresultater. Tyrvelibekken 28. juni og 29. august 1977.

Se figur 15 for plassering av stasjoner.

Parameter Benevning	Turb FTU	Kond µS/cm	Tot-N µg/l	NO <sub>2</sub> -N µg/l	NH <sub>2</sub> -N µg/l	Tot-P µg/l	Ort-P µg/l	Fe µg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	SiO <sub>2</sub> mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Alk. I ml/HCl
E 2 B	150	114	600	560	200	140	140	6900	69	1,90	2,78	233	8,3	1,1	15,0	11,80
E 2 A' 29/8-77	0,30	26,5	90	30	15	2	< 2	20	4,55	0,22	0,73	0,17	1,5	0,6	2,3	2,31
E 2	29	60,4	420	340	15	42	40	1800	23	0,71	1,43	0,78	4,0	0,9	3,7	6,33
E 2 A 28/6-77	0,28	23,3	110			2										
E 2	37,0	84,7	780			160										



- St. E 2 B Vann fra tunnel
- " E 2 A' Tyrvelibekk oppstrøms samløp tunnelelv
- " E 2 A " v/skiheis
- " E 2 " nedstrøms bro

Fig. 15. Stasjonsplassering i Tyrvelibekken ved befaringen 29. august 1977.

derfor grunn til å anta at den naturlige kjemiske vannkvaliteten ikke varierer vesentlig langs bekken.

Sammenlignet med de naturlige bakgrunnsverdiene hadde tunnelvannet ekstremt høye konsentrasjoner på alle målte parametre. Særlig viktig er de høye verdiene av fosfor- og nitrogenforbindelser som hovedsakelig forelå som fosfater og nitrater (næringssalter) - forbindelser som direkte kan utnyttes i planteproduksjonen. Nitrogenforbindelsene skyldes sannsynligvis nitrogen i sprengstoffet som blir brukt, mens fosforet kommer fra berggrunnen.

Etter samløp med Tyrvelibekken (stasjon E 2) ble tunnelvannet fortynnet, men innholdet av de forskjellige komponentene var fortsatt meget høyt, særlig P- og N-forbindelser, men også andre (f.eks. jern(Fe) og kalsium (Ca)).

Virkingen av de høye næringssaltkonsentrasjonene på hovedvassdraget er ikke klarlagt. Ytterligere fortynning vil finne sted og for fosfor også en sedimentering sammen med det suspenderte materialet. Høyt partikkelinnhold i vann kan dessuten influere på fosfatanalysen, slik at analyseverdiene på stasjonene E 2 B og E 2 ikke er helt pålitelige. Imidlertid viser biologiske observasjoner at innholdet av næringssalter har biologiske effekter i Tyrvelitjønn (kfr. kap. 7).

En undersøkelse av slaminnholdet i tunnelvannet og i den upåvirkede og påvirkede delen av Tyrvelibekken ble utført i august 1977. Hensikten var å få rede på størrelsesfordeling og mengde av partiklene, for eventuelt å kunne treffe tiltak til fjerning av slammet fra vannmassene.

Drenasjevannet fra tunnelen (stasjon E 2 B) skilte seg vesentlig ut med hensyn til partikkelinnhold basert på volum og hadde ca. 3 ganger høyere konsentrasjon enn på stasjon E 2 i Tyrvelibekken. Innholdet av partikler på stasjon E 2 A' var mindre enn 0,5 % i forhold til stasjon E 2 B. Størrelsesfordelingen av partiklene var konsentrert mellom 7 og 13  $\mu\text{m}$  i tunnelvannet og den påvirkede delen av Tyrvelibekken, mens den upåvirkede delen hadde hovedtyngden av partiklene mindre enn 10  $\mu\text{m}$  og en vesentlig del ned mot 2  $\mu\text{m}$ . Det er følgelig tydelig at anleggsarbeider bestemmer kvaliteten av vannet i Tyrvelibekkens nedre deler.

I tabell 11 er det satt opp en oversikt over den volummessige andelen av partikler med diameter større enn 3, 5, 10 og 15  $\mu\text{m}$ . Prosentverdiene er sterkt avrundet og må betraktes som veiledende. Ved f.eks. å fjerne alle partikler større enn 5  $\mu\text{m}$ , vil en for de forskjellige stasjonene (E 2 B, E 2 A' og E 2) fjerne henholdsvis 60 %, 40 % og 80 % av partiklene basert på volum. Det må bemerkes at frafiltrering av så små partikler ofte medfører problemer i forbindelse med såkalt "clogging" - effekt, dvs. at filterene raskt tettes igjen og mister sin filtrerende evne. Dette vil ha betydning for hvilke tekniske tiltak som skal brukes ved filtrering av vannet.

Tabell 13. Volummessig andel av partikler uttrykt i prosent.  
(prosentverdiene er sterkt avrundet)

Stasjon	D i a m e t e r			
	> 3 $\mu\text{m}$	> 5 $\mu\text{m}$	> 10 $\mu\text{m}$	> 15 $\mu\text{m}$
E 2 B	80 %	60 %	25 %	10 %
E 2 A'	60 %	40 %	5 %	-
E 2	90 %	80 %	40 %	10 %

Bora (stasjon E 5) er resipient for Haukeli Ysteri (kap. 4.2.3). Fordi elven er sterkt regulert med generelt meget liten vannføring, har utslipp fra bedriften store konsekvenser for vannkvaliteten i Boras nedre løp før samløp med Flothylselva. Figur 16 viser at konsentrasjonen av de kjemiske parametre varierte betydelig med markerte perioder med høye og lave verdier (turbiditet, suspendert stoff, P- og N - forbindelser). Det suspenderte stoffet besto hovedsakelig av organisk materiale. Høye verdier ble målt i begge sommerperiodene samt om vinteren, mens de laveste verdiene ble funnet høst og vår. Konduktiviteten var generelt lav om sommeren, men økte utover høsten og hadde maksimum i mars 1977 samtidig som pH-verdien var betydelig høyere enn det som ellers kunne registreres. Det er også verd å bemerke at temperaturforholdene i Bora om vinteren var en del høyere enn i Kjelasdraget for øvrig.



Det er vanskelig å gi noen entydig forklaring på de kjemiske forholdene i Bora på grunnlag av de foreliggende analyseresultatene. Visse generelle trekk er imidlertid tydelige.

Ifølge tabell 7 (side 28) er utslippet av organisk stoff ( $\text{BOF}_7$ ), nitrogen og fosfor betydelig, forårsaket av høyt innhold av organiske forbindelser (bl.a. proteiner) i melkeproduktene. Nedbrytningen av disse produktene gjenspeiles også i høye konsentrasjoner av nitrater ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), ammonium ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) og fosfater ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ), men også komponenter som f.eks. kalsium (Ca) og sulfat ( $\text{SO}_4$ ).

Utslippsmengdene er ca. 4 ganger høyere om sommeren enn om vinteren. Dette forklarer de høye parameterverdiene i de to undersøkte sommerperiodene. Utslaget i de kjemiske parametre står imidlertid ikke i samme forhold til utslippsmengdene om vinteren. En årsak til dette er trolig å finne i vannføringen i elva. Selv om Bora er sterkt regulert med minimal vannføring hele året, vil den "normale" vannføringen være høyere i sommerhalvåret enn i vinterhalvåret på grunn av avrenning fra nedbørfeltet. Avløpsvannet fra bedriften er sannsynligvis den eneste tilførsel til elva om vinteren med den følge at de tilførte stoffene ikke eller svært lite fortynnes. Virkningen i vassdraget blir derfor stor til tross for lavere belastning.

De lave parameterverdiene høsten 1976 og våren 1977 (figur 16) hadde omtrent samme nivå som i upåvirkede deler av Kjela-vassdraget. Stor nedbør om høsten (kfr. tabell 2, side 19) og snøsmelting om våren (stigende temperatur) har utvilsomt hatt fortynnende virkning, men de lave verdiene må trolig også skyldes nedsatt produksjon i bedriften.

Ifølge inspeksjonsrapport av 13. juli 1977 fra SFT utføres rengjøring av produksjonsutstyr og tanker først med syre og deretter lut før samlet uttapping. pH i avløpet skal være innenfor intervallet 6 - 10. Den høye pH-verdien i mars 1977 faller innenfor dette område og kan skyldes overskudd av lut i avløpsvannet, bl.a. fordi konduktiviteten også var høy på samme tid (økt innhold av basiske ioner ( $\text{OH}^-$ )).

Generelt er de kjemiske forholdene i Bora bestemt av betydelige utslipp fra Haukeli Ysteri og minimal vannføring på grunn av regulering.

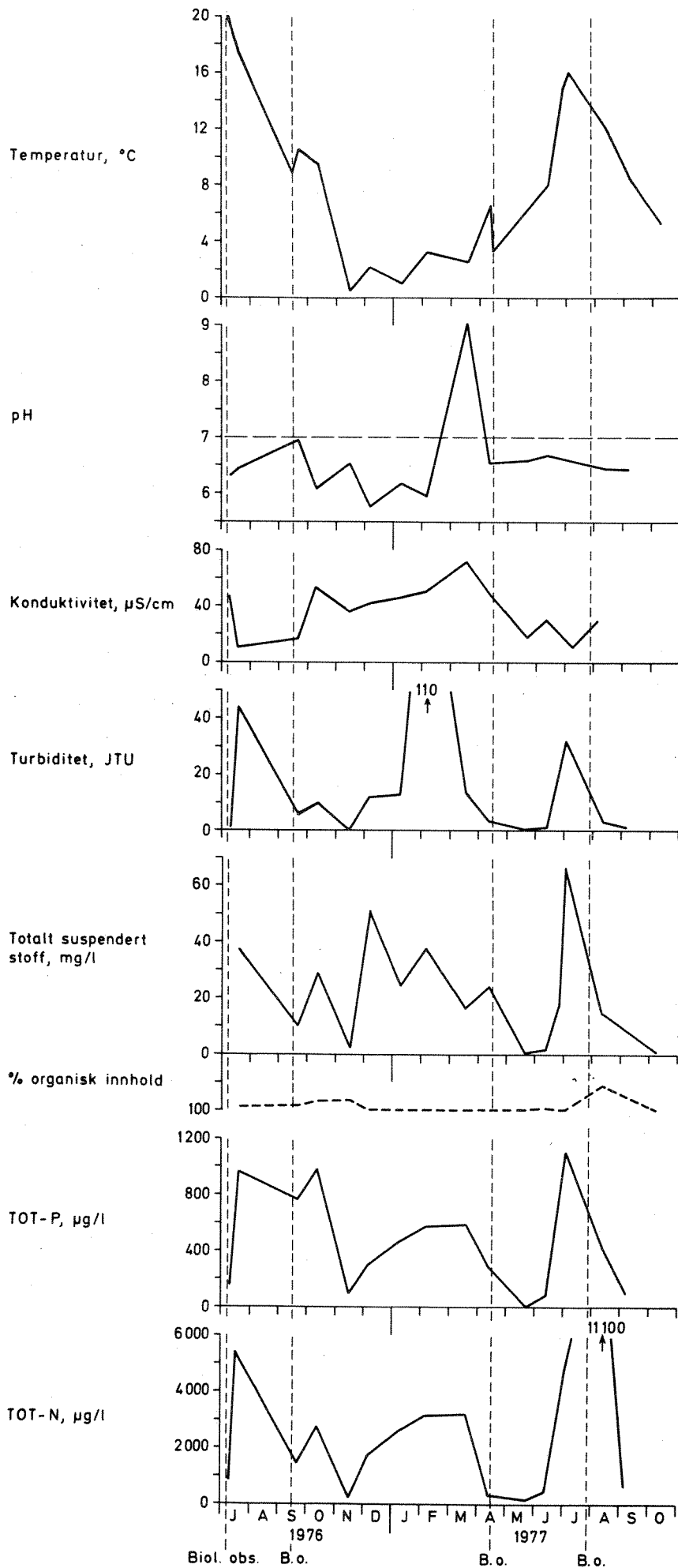


Fig. 16. Stasjon E 5 (Bora).

Årsvariasjon i kjemiske parametre.

Kjelavassdraget juli 1976 - oktober 1977.

Tidspunkt for biologisk prøvetaking er angitt med stiplet linje.

(Merk at skalainndelingen er forminsket for de 4 nederste parametre)

Bedring i forholdene kan oppnås ved å øke vannføringen generelt i vassdraget, men også på grunn av de betydelige utslippsmengdene er det ikke trolig at dette er nok til å skape naturlige forhold i elva. Omkring 1980 skal ysteriet tilknyttes kjemiske renseanlegg med utslipp til hovedvassdraget som er en betydelig bedre resipient under de nåværende hydrologiske forhold. Utslippene bør imidlertid også i dette tilfellet reduseres, idet avfallsproduktene som lett nedbrytes vil kunne skape lokale problemer i Flothylselva. Det bør også unngås utslipp av basisk vann i forbindelse med rengjøringsprosesser, idet høye pH-verdier vil kunne medføre driftsproblemer for renseanlegget (særlig ved felling med aluminium).

### 6.3 Sammenfattende konklusjon av kjemiske forhold

Den gjennomførte undersøkelsen viser at de kjemiske forholdene i hovedvassdraget er som ventet i upåvirkede fjellområder med hard, lite oppløslig berggrunn. Vannet er svakt surt, saltfattig og inneholder lite suspendert stoff. Disse parametre varierer lite langs vassdraget. Innholdet av næringssalter er lavt, men varierer noe i løpet av året. Svak økning i næringssaltinnholdet skjer nedover i vassdraget med de høyeste verdiene ved Haukeligrend og øverst i Smørkleppåi. Dette skyldes forhold i vassdragets nedbørfelt (vegetasjon, løsavsetninger, bosetting o.l.), samt Grungevatnets utløpseffekt.

Tyrvelibekkens nederste del er sterkt påvirket av anleggsarbeid i forbindelse med sprengning av tunnel. Drenasjevann fra tunnelen tilfører elva betydelige mengder fint uorganisk slam. Tilførselen varierer mye i løpet av året, antagelig på grunn av endret intensitet i tunnelarbeidet eller knyttet til andre forhold i forbindelse med anleggsdriften. Høye konsentrasjoner av fosfor og nitrogen skyldes sannsynligvis henholdsvis berggrunnens sammensetning og sprengstoff som brukes. Tiltak er iverksatt for å redusere belastningen. I den upåvirkede delen av Tyrvelibekken er de fleste kjemiske parameterverdiene lave og av samme størrelsesorden som i hovedvassdraget. Høyere konduktivitetsverdier enn på E 1 indikerer noe forskjellig kjemisk ionesammensetning.

Vannkjemien i Bora er bestemt av utslipp fra Haukeli Ysteri som tilfører vassdraget betydelige mengder organisk stoff. Virkningen av utslippene

forsterkes av meget liten vannføring i elva på grunn av regulering. Økt vannføring på grunn av nedbør og snøsmelting, trolig samtidig med nedsatt produksjon i bedriften, skaper "naturlige" kjemiske forhold høst og vår. Vasking av maskiner o.l. med syre og lut kan skape plutselig økning i pH i løpet av kort tid.

## 7. BIOLOGISKE FORHOLD

### 7.1 Resultater

#### 7.1.1 Begroing

Resultatene fra begroingsundersøkelsen er fremstilt i appendikstabell A 3.

#### Stasjon E 1 Kjela nedstrøms Kjelavatn

Begroingen i dette avsnittet var meget lite utviklet og besto av sparsom mosebegroing.

#### Stasjon E 3 Flothylselva

Begroingsmaterialet i juni var variert sammensatt av trådformede grønnalger, bl.a. Zygnema II og Oedogonium sp. 23 - 26  $\mu$  som påtreffes ofte i næringsfattige vassdrag og Microspora amoena som også kan finnes på forurensningsbelastede lokaliteter. I juni utgjorde gulalgen Hydrurus foetidus en vesentlig del av begroingen. Denne vokser oftest i kaldt rennende vann og har sin maksimale forekomst på våren etter snøsmelting. I september var lokaliteten preget av et ullaktig belegg som vesentlig besto av blågrønnalgen Stigonema mamillosum. Den er vanlig i næringsfattige eller lite påvirkede områder i Sør-Norge og har maksimal utberedelse på ettersommer og høst. Mosevegetasjonen med bl.a. Scapania undulata indikerte små tilførsler av næringsalter.

#### Stasjon E 4 Haukeligrend

Begroingssamfunnet hadde mange felles trekk med stasjon E 3. De typiske oligotrofe (næringsfattige) artene som Stigonema mamillosum, Zygnema II og Scapania var imidlertid delvis erstattet av andre mer næringstolerante (=krevende) arter. Nevnes kan blågrønnalgeslekten Phormidium som var rikt representert her. Funn av enkelte innslag av heterotrofe organismer kan også tolkes i retning av at næringstilførselen var noe større på stasjon E 4 enn på stasjon E 3. Mosen Scapania undulata ble ikke observert, mens Hygrohypnum ochraceum, en relativt næringstolerant mose, var et viktig innslag i begroingssamfunnet.

### Stasjon E 5 Bora

I juni utgjorde grønnalgen Microspora amoena grunnsubstansen i prøven. Algen regnes i og for seg ikke som noen forurensningsindikator, men er trolig svært tolerant overfor ulike næringsnivåer. I tillegg var det store mengder heterotrof begroing, bl.a. soppen Leptomitius lacteus og den filamentøse bakterien Sphaerotilus natans. Grønnalgeslekten Euglena som vanligvis indikerer sterkt eutrofe tilstander, var også representert. Det var dessuten en del ciliater og nematoder i prøven. Ved prøvetakingen i september besto begroingen i enda større grad enn i juni av heterotrofe organismer, men med hovedsakelig de samme dominerende organismer.

### Stasjon E 6 Smørkleppåi

Denne stasjonen hadde en del til felles med stasjon E 3 og E 4. I september preget det typiske ullaktige belegget av Stigonema mamillosum lokaliteten sammen med en del trådformede grønnalger. Viktigst av disse var Zygnema II, Oedogonium sp. 23 - 26  $\mu$  og Oedogonium 29 - 35  $\mu$ . Levermosene Marsuppella emarginata og Scapania undulata som oftest påtreffes på næringsfattige lokaliteter dominerte mosevegetasjonen.

### Stasjon E 7 Smørkleppåi ved Vinjevatn

Bunnforholdene på denne stasjonen er av en type som er lite egnet som substrat for algevekst. Begroingen var derfor noe mindre her enn på de øvrige stasjonene. Det markerte "ullbelegget" av Stigonema var imidlertid til stede. Selv om begroingen for øvrig var beskjeden, hadde den artsmessige sammensetning mye til felles med særlig stasjon E 6.

#### 7.1.2 Bunnfauna

Resultatene er i detalj satt opp i appendiks A 4 - A 7 og viser de enkelte artene og mengdene av disse i de forskjellige tidspunkter og på forskjellige stasjoner. Det er hensiktsmessig å beskrive resultatene fra hovedvassdraget for seg og ta opp de spesielle forholdene i Tyrvelibekken og Bora mot slutten av dette kapitlet. Figur 17 viser øverst fordelingen av en del dyregrupper i ulike årstider og på de forskjellige stasjonene langs vassdraget. Nederst vises variasjonen i antall taxa (arter) og individer på hver stasjon til de forskjellige årstidene.

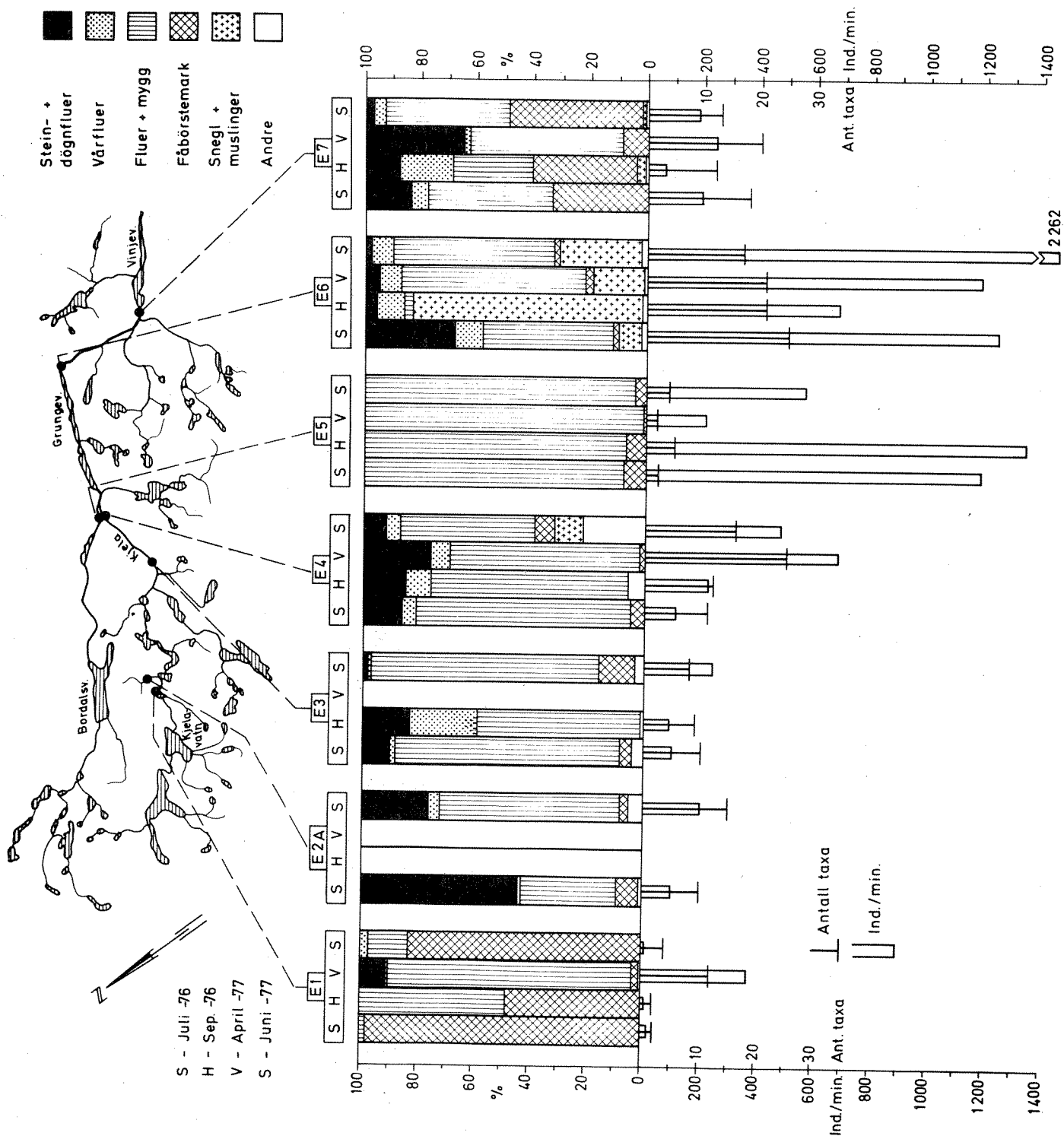


Fig. 17. Fordeling (%) av noen dyregrupper i faunaen (øverst) og variasjon i antall taxa og individer (nederst) i Kjelavassdraget ved forskjellige tidspunkt.

S = sommer

H = høst

V = vår

I Kjælavassdragets øverste del (stasjon E 1) var faunaen sommeren 1976 fullstendig dominert av fåbørstemark. Den prosentvise andelen av denne gruppen var redusert høsten samme år da innslaget av flue- og mygglarver utgjorde omtrent tilsvarende del. Fåbørstemark var ytterligere redusert våren 1977 da faunaen stort sett besto av flue- og mygglarver og en liten del stein- og døgnfluelarver. Denne sammensetningen var igjen forandret mot sommeren 1977 da fåbørstemark igjen dominerte faunaen. Både individ- og artsantallet på stasjon E 1 var svært lavt til alle årstider bortsett fra i april 1977. Ved Flothyl (stasjon E 3) var faunasammensetningen noe annerledes og ble i alle årstidene dominert av flue- og mygglarver, men med et markert økt innslag av stein- og døgnfluelarver, samt vårfluelarver høsten 1976. Individ- og artsantallet var høyere enn på stasjon E 1 med maksimum sommeren 1977. Verd å merke seg er den tilsynelatende økningen av stein- og døgnfluelarver fra sommeren 1976 til høsten 1976 med markert nedgang sommeren 1977. Denne tendensen var også tydelig ved Haukeligrend (stasjon E 4) med hensyn til forekomsten av stein- og døgnfluelarver, mens vårfluelarvene stort sett holdt seg konstant uansett årstid. Det dominerende innslaget i faunaen var likevel flue- og mygglarver, samt en del andre grupper sommeren 1977. Artsantallet var av samme størrelsesorden som på foregående stasjon sommer og høst 1976, men betydelig høyere om våren da også individantallet hadde sitt maksimum. En nedgang i både arts- og individantall ble observert fra vår til sommer 1977. Ved utløpet av Grungevatn (stasjon E 6) var faunaen noe forskjellig fra ovenforliggende stasjoner, idet gruppen snegl og muslinger på denne stasjonen spilte en vesentlig rolle. Spesielt var denne gruppen dominerende høsten 1976. Vårfluelarver forekom omtrent i samme prosentandel uansett årstid, mens stein- og døgnfluelarver var av størst betydning sommeren 1976. Artsantallet var til alle årstider høyt med en tendens til nedgang fra sommeren 1976 til sommeren 1977, mens individantallet hadde sin laveste verdi høsten 1976 og høyeste verdi sommeren 1977.

Ved innløpet til Vinjevatn (E 7) var innslaget av fåbørstemark mer markert enn på stasjonene oppstrøms og utgjorde sammen med flue- og mygglarver hoveddelen av faunaen. Også på denne stasjonen (jfr. stasjonene E 3 og E 4) økte innslaget av stein- og døgnfluer fra sommeren 1976 til maksimum våren 1977 med etterfølgende reduksjon. Artsantallet på stasjonen var høyt, men



viste en viss variasjon gjennom året. Individantallet var temmelig lavt sammenlignet med foregående stasjon og hadde sin laveste tetthet høsten 1976 og et svakt maksimum våren 1977. Forskjellene i individantall mellom årstidene var imidlertid ikke store.

For å kunne dokumentere de naturlige biologiske forhold i Tyrvelibekken, ble biologiske prøver tatt oppstrøms anleggsvirksomheten (stasjon E 2 A). Som nevnt tidligere ble kjemiske prøver tatt fra den påvirkede delen, slik at de kjemiske observasjonene fra biologisk prøvetakingssted kun finnes fra de samme tidspunkt som biologiske prøver ble tatt. Av diverse årsaker ble biologisk prøvetaking bare foretatt i de to sommerperiodene. Det ble sommeren 1977 også tatt biologisk prøve fra den nedre delen av Tyrvelibekken, slik at eventuelle effekter av anleggsvirksomheten kunne vurderes med hensyn til biologiske forhold.

Figur 17 viser at faunaens viktigste grupper var stein- og døgnfluer samt flue- og mygglarver, men at den innbyrdes forekomst av disse var noe forskjellig i de to periodene. Stein- og døgnfluer var vanligst sommeren 1976, mens de var noe redusert neste sommer, samtidig med en relativ økning av flue- og mygglarver. Artsantallet var høyere enn på stasjon E 1 i hovedvassdraget og av samme størrelsesorden som på stasjon E 3. Det samme synes å gjelde for individtettheten. Det ble funnet flere arter og et høyere individantall sommeren 1977 enn sommeren før. Bunndyrmengder oppstrøms og nedstrøms anleggsarbeidet fremgår av tabell 12, som viser individ- og artsantallet på de to stasjonene.

Tabell 14. Tyrvelibekken. Artsantall og individtetthet ovenfor (E 2 A) og nedenfor (E 2) anleggsområdet. 28. juni 1977.

Stasjon	Individer/minutt	Antall arter
Stasjon E 2 A	191	15
Stasjon E 2	15	5

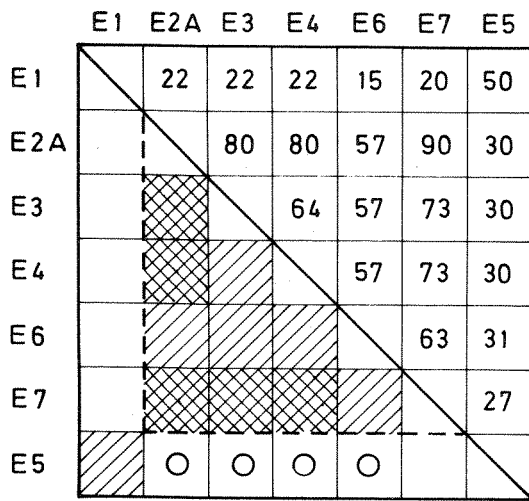
Tabellen viser at drenasjevannet fra tunnelarbeidet har markerte effekter på bunndyrsamfunnet både kvalitativt og kvantitativt i Tyrvelibekken.

Biologisk prøvetaking i Bora (stasjon E 5) ble vanskeliggjort dels av svært lav vannføring og ved at bunnforholdene var lite egnet for den vanlige teknikk ved innsamling av bunndyr. Imidlertid viser figur 17 at faunasammensetningen på denne stasjonen var svært ensartet i løpet av året, idet fluer og mygglarver fullstendig dominerte. Fåbørstemark var sparsomt til stede til alle årstider. Antall arter var lavt sammenlignet med forholdene på stasjon E 4 i hovedvassdraget, mens individtettheten varierte mye og var spesielt høy sommer og høst i 1976. Betydelig færre individer ble funnet om våren, mens antallet igjen hadde økt til sommeren 1977.

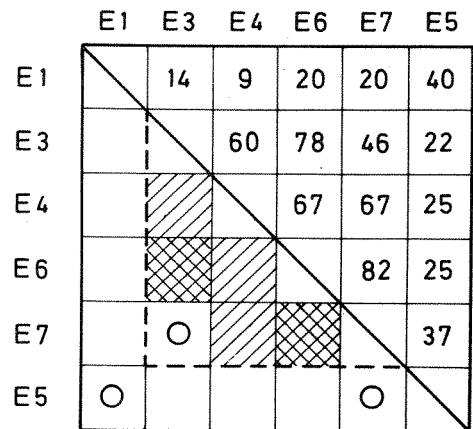
Forholdet mellom antall arter og individer samt sammensetningen av faunaen indikerer sterk belastning av organisk materiale som i dette tilfelle har sin kilde i Haukeli Ysteri (se kap.5).

Likheten i faunaen mellom forskjellige avsnitt av vassdraget fremgår av figur 18 som angir prosentforekomst av felles arter mellom stasjonspar. Faunaen på stasjonene E 1 og E 5 var forskjellig fra faunaen på de øvrige stasjonene, bortsett fra i april 1977 da faunaen på stasjon E 1 hadde et stort antall arter felles med de øvrige stasjonene. Dette skulle tyde på at artssammensetningen i faunaen i de ulike vassdragsavsnitt til en stor grad er den samme. Diversiteten (figur 19) langs vassdraget synes imidlertid å indikere en viss forskjell i faunaens struktur fra de øverste til de nederste deler av Kjelavassdraget. Til tross for en viss variasjon mellom forskjellige årstider viste diversiteten en tendens til å øke nedover vassdraget, hvorav størst økning fant sted mellom stasjon E 1 og E 4. Tyrvelibekken og Bora representerer to unntak, idet den førstnevnte lokaliteten hadde en høy diversitet på linje med de nedre deler av vassdraget, mens Bora hadde meget lav diversitet som til en viss grad kan sammenlignes med forholdene øverst i vassdraget. Variasjonen i diversitetsindeksen i løpet av året er rimelig ut fra et biologisk synspunkt, idet ulike arter har forskjellig livssyklus og en del insektlarver forsvinner fra elven i visse perioder av året. Dette kan være en årsak til den lave diversitetsverdien i september 1976 på stasjon E 6, da snegl og mollusker var det dominerende innslaget i faunaen, muligens som en årsak av at insektlarvene ennå var å finne som egg eller svært tidlige larvestadium og følgelig ikke ble fanget.

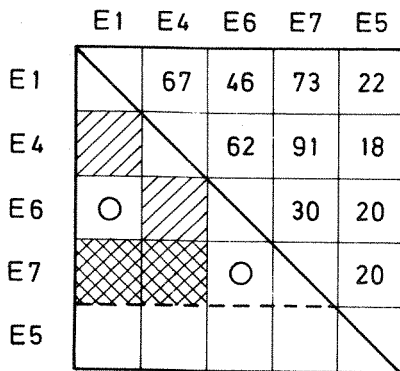
Juli 1976



September 1976



April 1977



Juni 1977

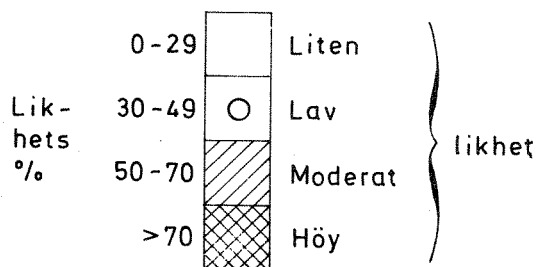
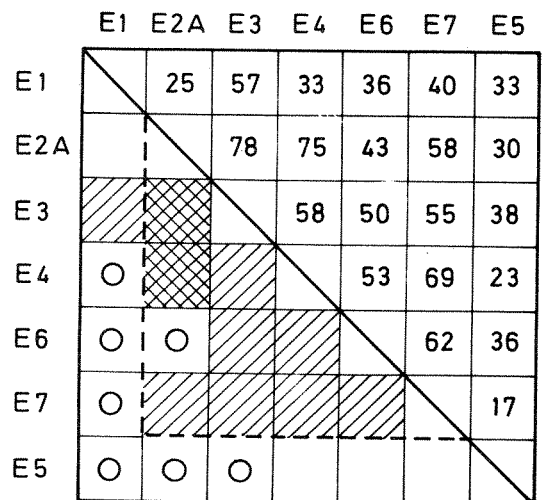


Fig. 18. Likheten (% fellesarter) mellom stasjonspar med hensyn til artssammensetning.

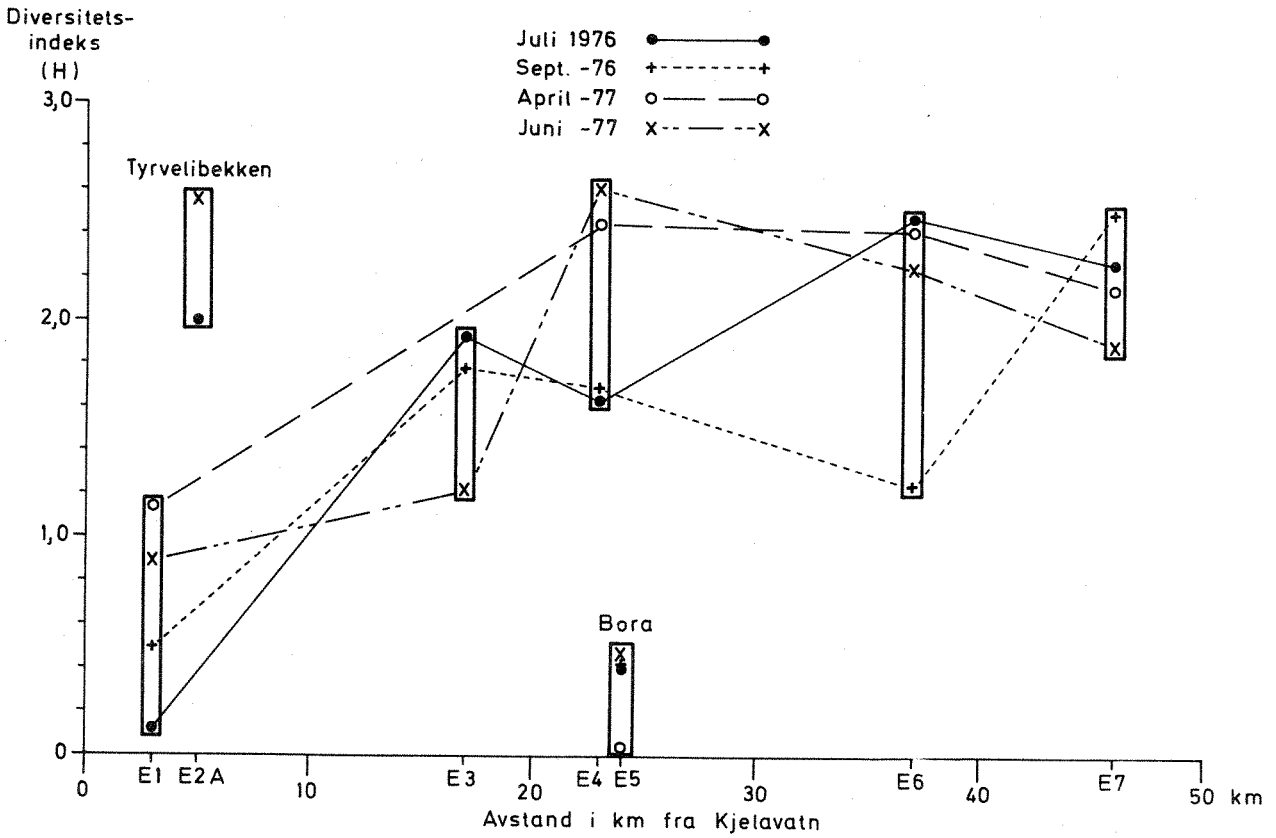


Fig. 19. Faunadiversitet (mangfoldighet) på de enkelte stasjoner ved forskjellige tidspunkt i Kjelavassdraget, 1976-1977. Diversiteten fra stasjonene i hovedvassdraget er forbundet med linjer. Spredningen i diversiteten på hver stasjon er markert med stolper.

## 7.2 Diskusjon

Begroingssamfunnene på stasjonene E 3, E 4, E 6 og E 7 viste mange felles-trekk og kan sies å representere naturlig lite forurensede lokaliteter. Begroingssamfunnet på stasjon E 4 indikerer at innholdet av visse nærings-emner var noe høyere enn på stasjon E 3 som det er naturlig å sammenligne med. Dette støttes av de kjemiske resultatene (side 43).

Stasjon E 5 skiller seg markert ut fra de øvrige stasjonene og begroings-samfunnet vitner om stor tilførsel av organisk materiale og næringssalter.

Den økende artsrikdommen og individtettheten som er tydelig i materialet fra vassdragets øverste til nederste del, og som også uttrykkes i økt di-versitet, skyldes flere faktorer. Den generelle vannkvaliteten endret seg lite langs vassdraget, men en svak økning i næringssalter, (nitrogen- og fosforkomponenter) kan spores spesielt nedstrøms Haukeligrend. Det er også en forskjell i begroing i vassdraget ved at moser dominerte i partiene opp-strøms Haukeligrend, mens alger etter hvert fikk større betydning nedstrøms. Dette medfører endringer i bunnforholdene og skaper mikroomgivelser som kan være en årsak til en økende næringstilgang for bunndyr. Temperaturforhol-dene i vassdraget som også er en effekt av høydeforskjellene mellom de en-kelte stasjonene spiller også en rolle, enten ved at maksimumstemperaturene om sommeren er endret, eller at temperaturstigning om våren kommer til for-skjellig tid. Endelig kan den jevne vannføringen nedstrøms stasjon E 3, som en effekt av den kontinuerlige driften av Haukeli kraftverk, være en årsak til den mer stabile samfunnsstrukturen i de biologiske samfunnene fra Haukeligrend. Denne effekten vil spesielt være viktig om vinteren og kan være en forklaring på det høye arts- og individantall på stasjon E 4 om våren 1977. At en utjevnet vannføring ofte medfører en mer artsrik fauna i et vassdrag, er observert flere steder (kfr. Hynes, 1970).

Ifølge Hynes er det en tendens til at faunaen i elver som er utsatt for markerte flomperioder ofte er mindre variert og har et lavere individantall enn sideelver i samme vassdrag. Dette kan være en sannsynlig forklaring på den forskjellen som er i Kjela mellom stasjonene E 1 og E 2 A. Den førstnevnte stasjonen er i et regulert vassdrag hvor vannføringen varierer uregelmessig og følgelig skaper ustabile forhold for bunnfaunaen.

Tyrvelibekken derimot er et lite vassdrag med en naturlig vannføring, som på grunn av lite nedbørfelt antagelig har regelmessige og små flomtopper særlig forbundet med snøsmelting. Forskjellen mellom de to stasjonene kan også skyldes temperaturforhold i og med at de små vannmengdene i Tyrvelibekken hurtigere oppvarmes enn vannmassene i Kjelavassdraget for øvrig.

Det ble nevnt under kap. 6.2 at masseuttak i Moshyl sommeren 1977 kunne merkes i kjemiske parametre som turbiditet og totalt suspendert stoff, samtidig som det organiske innholdet i dette gikk ned. Denne effekten skulle muligens kunne spores i de biologiske samfunnene ved Haukeligrend ved stasjon E 4, men ingenting i de biologiske dataene tyder på at dette har hatt noen effekt for vassdraget.

Grungevatn spiller en vesentlig rolle for vassdraget, dels ved at transport av forskjellige stoffer vil samles opp og inngå i innsjøens omsetning, og dels at dens egenproduksjon og transport fra innsjøen vil spille en vesentlig rolle for forholdene i vassdraget nedstrøms. Dette er tydelig i Smørkleppåi ved utløpet av Grungevatn og er hovedårsaken til den rike faunaen i dette vassdragsavsnittet. Innsjøen har bl.a. den effekt at parametre som temperatur, turbiditet, konduktivitet o.l. ikke varierer så sterkt som i vassdrag hvor innsjøer ikke finnes. I tillegg gir den et betydelig tilskudd av næring i form av dyre- og planteplankton som blir ført ut av innsjøen. Dette utnyttes av faunaen som i stor grad består av organismer som filtrerer vannmassene (knottlarver og nettbyggende vårfluelarver). Virkningen av denne næringstransporten har bare betydning for en kort elvestrekning på grunn av organismenes filtrering og ved sedimentering i vegetasjon og stilleflytende partier i elven. Av denne grunn er innsjøeffekten ikke merkbar lenger nede i Smørkleppåi, hvilket gir seg sterkt utslag i arts- og individantall på stasjon E 7. En interessant ting mellom disse to stasjonene er at den markerte reduksjonen i individantall fra E 6 til E 7, med tilnærmet konstant artsantall, ikke har noen effekt på diversitetsindeksen. Dette tyder på at det er artsantallet og individenes fordeling på artene og ikke det totale individantall som spiller en rolle for faunaens diversitet.

Forholdene i Bora er en kombinasjon av organiske utslipp fra Haukeli Ysteri og svært lav vannføring på grunn av regulering. Begroingen besto i løpet

av undersøkelsen kun av heterotrof vekst (sopp og bakterier). Forholdene i vannkvaliteten gir ekstreme utslag i kjemiske parametre, spesielt totalt suspendert stoff som alt overveiende var av organisk natur og fosfor- og nitrogenforbindelser. Den spesielt høye verdi i pH som ble observert i mars 1977, er den sannsynlige årsak til den betydelige reduksjon i individantallet som ble observert mellom høst og vår i det biologiske materialet. Så høye pH-verdier kan være giftige for organismer.

Forurensningsproduktene er meget lett nedbrytbare, og omsettes raskt i økosystemet. Virkningene er derfor begrenset i utstrekning. Den massive begroingen av heterotrofe organismer er således ikke iøynefallende i Flothylselva nedstrøms Bora. Imidlertid var dette elveavsnittet ikke med i den utførte undersøkelsen. Ved eventuell overvåking bør området Edland vies oppmerksomhet.

### 7.3 Sammenfattende konklusjon av biologiske forhold

Generelt kan det sies om Kjelavassdragets nåværende forhold at vassdraget ikke blir belastet i noen vesentlig grad. Forholdene i Bora må betraktes som lokale og utslippet må for å få kontroll over vassdraget, fullrenses og eventuelt ledes ut i hovedvassdraget. Strukturen i bunnfaunasamfunnene indikerer at vassdraget oppstrøms Flothyl er noe annerledes enn nedstrøms og ser ut til å være i større grad dominert av fysiske forhold (vannføring, temperatur), mens de biologiske samfunnene nedenfor hovedsakelig begrenses av biologiske faktorer (konkurrans, næringstilgang o.l.). Midlertidige problemer som forholdene er ved Tyrvelibekken nedre deler, har en hemmende virkning på de biologiske samfunnene i denne delen av bekken, samtidig som tunnelarbeidet bidrar med et vesentlig tilskudd av næringssalter. Fosforkomponenter blir hovedsakelig bundet og sedimentert i innsjøene, mens nitrogenforbindelsene kan transporteres i alle fall et stykke nedover vassdraget. Ved siden av disse forhold vil den store konsentrasjonen av uorganiske partikler utøve en slipeeffekt og nedsette lystilgangen gjennom vannet slik at enhver form for liv betydelig vil bli redusert, hvilket reflekteres i forskjellen mellom antall arter og individer på de to stasjonene i bekken. Det kan nevnes at en betydelig økning i den høyere vegetasjonen i Tyrvelitjønn ble observert fra sommeren 1976 til sommeren 1977, idet det således er tydelig at

næringssaltene som føres ut i vannmassene kan utnyttes av vegetasjonen. I hvilken grad dette spiller noen rolle for Eivindbuvatn kan på det nåværende tidspunkt ikke vurderes. Det vil være ønskelig at denne problemstillingen kan bli gjenstand for ytterligere undersøkelser ved en eventuell overvåking av utviklingen i Kjelavassdraget.



## 8. VURDERING AV REGULERINGENS INNVIRKNING

### 8.1 Reguleringens innvirkning på fosforkonsentrasjoner

Vannforekomstene i området er av næringsfattig (oligotrof) natur. Blant næringsstoffene er fosfor den begrensende faktor for den biologiske primærproduksjon (algebegroing). I vekstsesongen vil konsentrasjoner større enn 7 µg P/l over et lengre tidsrom erfaringsmessig gi uønskede begroingseffekter (NIVA 1975, 1977).

Fosforkonsentrasjonene i vannet oppstrøms overføringen til Totak var nær de naturlige bakgrunnsverdier på 2 - 3 µg P/l (appendikstabell A 1). Eventuelle reguleringstiltak kan med den nåværende belastning følgelig ikke forventes å endre dette forhold. Imidlertid vil avtagende vannføringer som følge av regulering medføre økte oppholdstider i innsjøene. Dette kan få betydning ved eventuelle fremtidige økte aktiviteter (hyttebygging m.m.) i området. Nedstrøms overføringen til Totak blir ifølge Statskraftverkene vannføringene uendret fra dagens tilstand. Vurderingen gjelder her eventuelle virkninger av de eksisterende reguleringer.

Bora er den eneste stasjon med fosforkonsentrasjoner langt over den stipulerte faregrense på 7 µg P/l. Det er her naturlig å løse problemet ved å redusere tilførselene.

I Kjela ved Haukeligrend (E 4) var konsentrasjonene på observasjonsdagene meget nær den gitte faregrense. Dette ga imidlertid ikke store utslag i de biologiske samfunn, bortsett fra en noe mer næringskrevende begroingsvegetasjon enn i elven oppstrøms. For å eventuelt kunne stipulere fosforverdiene ved ekstreme klimatiske forhold, ble konsentrasjonene relatert til vannføringen. Imidlertid kunne ingen trend påvises (figur 20), det vil si at det er vanskelig å anslå en retningsgivende minstevannføring ut fra krav til fosforkonsentrasjoner.

Generelt synes å gjelde at effekter av eksisterende og planlagte reguleringsinngrep ikke fører til fosforkonsentrasjoner over den stipulerte faregrense på 7 µg P/l ved de nåværende belastninger.

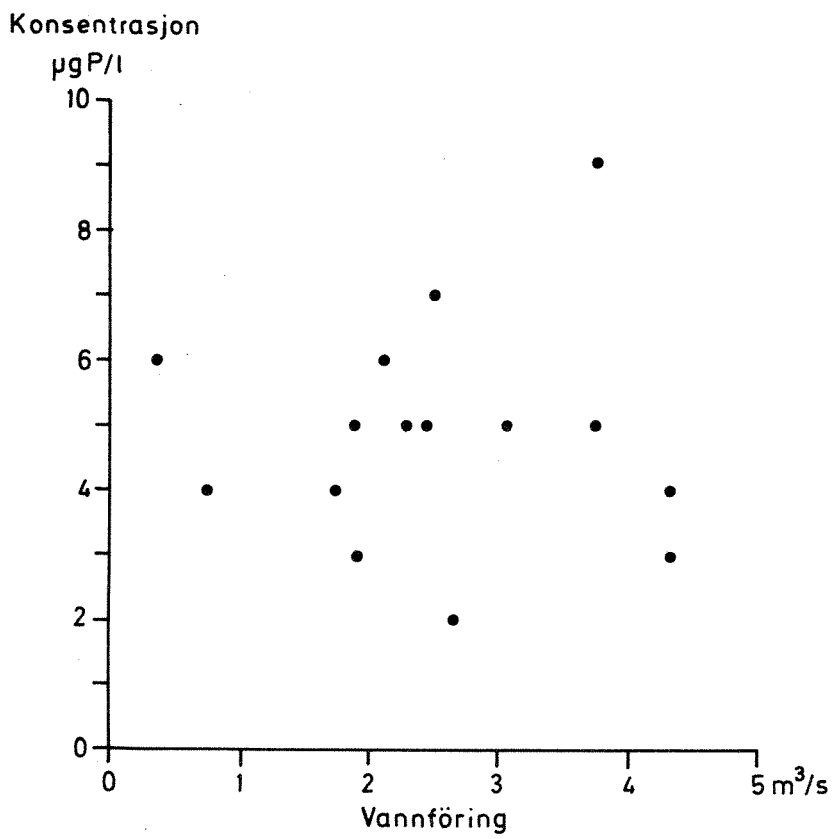


Fig. 20. Kjela ved Haukeligrend (E 4).

Fosforkonsentrasjon som funksjon av vannføring.

## 8.2 Reguleringens innvirkning på biologiske forhold

Ifølge de vannkjemiske og biologiske forhold er Kjela et næringsfattig og saltfattig vassdrag. Den kjemiske vannkvaliteten er i hovedsak bestemt av berggrunnens sammensetning. Vassdraget har ingen egentlige resipientproblemer i dag, bortsett fra nederste del av Bora.

Som nevnt i rapportens innledning innebærer utbyggingen som nå skal utføres overføring av vann fra Kjelavatn til Førsvatn. Sidebekker til Kjela skal tas inn i denne overføringen. Fra Førsvatn skal vannet utnyttes i kraftstasjon ved Hyljelihyl for senere overføring til Vennemodammen. Utbyggingen vil således hovedsakelig få betydning for vassdraget mellom Kjelavatn og Hyljelihylen. I dette området vil overføringen av vann gripe inn i flere forhold som primært er av hydrologisk natur. Vannføringen på strekningen vil generelt bli vesentlig lavere, naturlige flomtopper vil reduseres idet vannføringen i denne delen av vassdraget bare vil være avhengig av avrenningen fra lokalnedbørfeltet. Perioder med lavvannsføring vil sannsynligvis øke, mens gjennomstrømningen gjennom innsjøene vil reduseres og føre til at vannet får lengre oppholdstid. Innsjøene vil generelt føre til en utjevning av vannføringen i elveavsnittene nedstrøms.

Disse endringene vil kunne ha konsekvenser for de biologiske forhold i vassdraget. Biologiske system i høyfjellsområder er enklere oppbygget enn det en finner i lavereliggende områder. Det er flere faktorer som betinger dette, bl.a. temperaturforhold og tilgang på næring. Omsetning av produsert organisk stoff og transport av energi i næringskjedene fra primærprodusenter (planter) via planteetere (f.eks. insektslarver) til rovdyr (f.eks. fisk) foregår gjennom relativt få alternative veier. Forstyrrelser (endringer) i ett eller flere ledd vil kunne få konsekvenser for senere ledd i næringskjeden. Biologiske system i høyfjellsområder er følgelig sårbare for forandringer i omgivelsene og selv små endringer kan medføre både kvalitative og kvantitative endringer i de biologiske samfunn.

Av de faktorer som vil bli forandret er den betydelige reduksjonen i vannføring og utjevning av flomperioder de viktigste. Lavere vannføring vil redusere det produktive bunnarealet i elven. Hvor stor del av bunnen som vil tørrlegges er avhengig av elvas tverrprofil og er skjematisk fremstilt

for to elvetyper i figur 21. Da Kjela er temmelig grunn i det berørte området (se den øverste figuren), vil reduksjonen i bunnareal bli relativt stor. Dette vil medføre en generell nedgang i biologisk biomasse og produksjon av planter og dyr, som i sin tur vil gi mindre føde for fisk. Dessuten vil gyteplasser for fisk bli færre.

Ifølge planene for reguleringen skal det ikke slippes noe vann fra Kjelavatn i vassdraget. Restvannføringen på strekningen Kjelavatn til Løyningvatn vil derfor bli bestemt av tilsig fra nedbørfeltet. Nedbør og snøsmelting vil være av størst betydning i dette. Den tørrlagte delen av vassdraget vil etter en tid bli kolonisert av landvegetasjon. Imidlertid er det ikke usannsynlig at vann kan slippes fra Kjeladammen i spesielle tilfeller som f.eks. når magasinet overfylles eller ved reparasjonsarbeid i rørledninger og tunneler. Slike "flommer" vil sterkt begrense tilvoksingene slik at de tørre partiene stort sett vil ligge nakne. Eventuelt kan spesielt tørketålende arter få feste.

Strømhastigheten vil også endres ved redusert vannføring og vannstand. Strømhastigheten har stor betydning for de biologiske forhold i Kjela, idet de fleste av organismetyperne er strømskende arter. Reduksjon i denne faktoren vil kunne medføre at dyr og planter som krever lavere strømhastigheter favoriseres med det resultat at de biologiske samfunnene forandres.

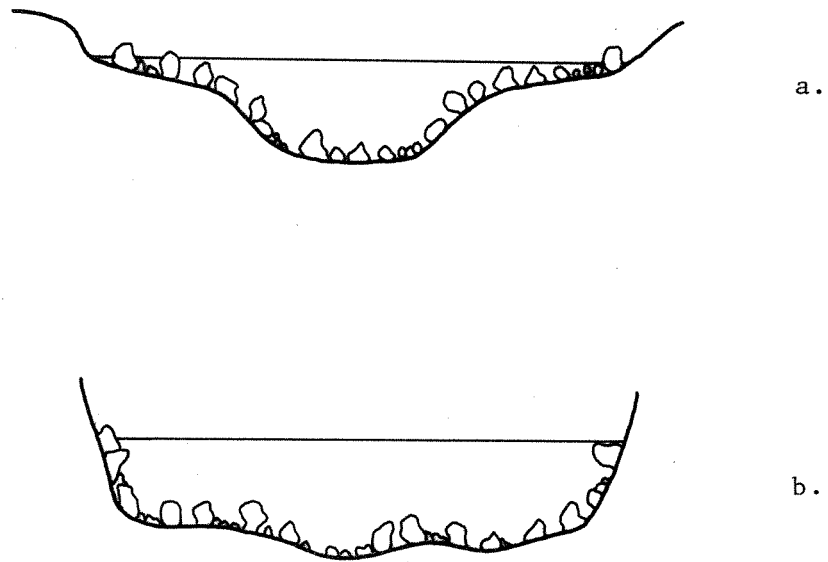
De antatte endringene i vannføring og flom vil nedsette vannets eroderende virkninger i vassdraget, fordi vannets hastighet generelt blir lavere. Fordi det relativt sett kan ventes en økning i områder med saktestrømmende vann, vil betingelsene for sedimentering av transportert materiale (produsert i elven selv eller tilført fra landområdene) forandres. Fordi flommens utspylingseffekt i stor grad uteblir, vil bunnforholdene på lang sikt endres ved at hulrom mellom stein, grus o.l. fylles igjen. Dette vil da gi opphav til en fauna og flora som er knyttet til slike bunnforhold, og langsamt forandre de biologiske samfunn.

Flomvannføring spiller også en rolle for andre biologiske forhold som ikke er tilstrekkelig klarlagt. Organismene er innstilt på naturlige fluktasjoner i vannføringen og mange (spesielt innsektslarver) er avhengige av

disse for sin utvikling. Konkurransen om næring mellom artene unngås ved at sterkt strømtålende dyr og planter gjennomgår sin livssyklus før organismer som krever lavere vannhastigheter utvikles. Den betydelige reduksjon i flomvannføring som kan ventes i Kjelavassdraget etter regulering, vil dermed kunne gi som resultat en endring av flora og fauna. På den annen side er det vist at redusert flomvannføring (dvs. en jevnere vannføring) hvor imidlertid et naturlig vannføringsmønster bibeholdes, ofte skaper mer stabile forhold for biologiske samfunn og et rikere organismeliv (Hynes, 1970).

Redusert vannføring medfører også at fortynningen av tilførte stoffer blir mindre. Viktigst for biologisk liv er innholdet av næringsalter. Tilførselen av slike forbindelser er liten i dag, men selv små tilførsler i totalfosfor til næringsfattige vassdrag kan skape endringer i organismesamfunnet (Traaen, 1976). Eksperimentelt er det vist en klar sammenheng mellom fosforbelastning og produksjon av begroingsorganismer. Dette vises skjematisk i figur 22. Med en bakgrunnskonsentrasjon på noen få  $\mu\text{g}/\text{l}$  vil begroingen som regel bestå av små mengder kiselalger og grønnalger. Små tilførsler vil øke veksten av de samme organismene, mens en større belastning gir endringer i artssammensetning med stadig større vekst av grønnalger. Disse algene er mer næringskrevende. Mottar vannmassene enda større mengder med næringsstoffer, overtar blågrønnalger, sopp og bakterier. Mengden av algene øker også når belastningen øker. For å gjøre dette klarere kan det nevnes at situasjonen i Kjela oppstrøms Hyljelihylen etter de biologiske forholdene i dag ligger til venstre på figuren, mens Bora er forskjøvet mot høyre.

Så lenge eutrofieringstendensen er liten og ikke medfører endringer i de biologiske samfunnene, vil dette generelt gi en høyere produksjon av organisk materiale på alle ledd i næringskjeden (Odum, 1971) og kan føre til en høyere avkastning i fisket. Ved ytterligere økning vil det skje en opphopning av organisk stoff på første ledd i næringskjeden (planter) fordi beitedyrene ikke effektivt nok kan omsette det som blir produsert eller at de nye algeartene som måtte oppstå ikke er passende som føde. Den bakterielle nedbrytningen frigjør næringsalter som igjen kan inngå i primærproduksjonen. Dette vil ytterligere øke opphopningen av organisk stoff. Det naturlige omsetningssystemet er dermed kortsluttet og økosystemet i ubalanse.



- Fig. 21. a) Profilen av grunn elv med sterkt skrånende bredder og hvor en senking av vannstanden betyr en vesentlig reduksjon i oversvømte arealer.
- b) Profilen av dyp elv med bratte bredder hvor en senking av vannstand medfører en liten reduksjon i oversvømte områder.

(Etter Lillehammer 1975.)

Økt vanntemperatur, særlig om sommeren, som er en effekt av at mindre vann skal varmes opp etter reguleringen, vil kunne aksellerere eutrofiutviklingen. Temperatur er en vesentlig faktor for alle biologiske prosesser. De forskjellige organismene som lever i Kjelavassdragets øvre deler er hovedsakelig kaldtvannsarter tilpasset de normale temperaturforholdene. Selv små endringer i temperaturregimet vil kunne gi muligheter for etablering av andre arter som normalt ikke ville kunne danne livskraftige populasjoner i elva.

Som tidligere nevnt er innsjøer ikke blitt undersøkt i henhold til programmet, slik at forholdene i disse i liten grad er dokumentert. Imidlertid vil den reduserte vannføringen føre til at vannets oppholdstid i innsjøene øker betydelig. Økt oppholdstid vil kunne føre til en utjevning av de fysiske/kjemiske forholdene. Produksjonen av plante- og dyreplankton vil foregå i lengre tid i vannmassene. Det er mulig at økt oppholdstid kan øke innholdet av plantenæringssalter og organisk produksjon i innsjøer, dvs. økt oppholdsvis kan stimulere produksjonen av biologisk materiale. Imidlertid vil tilførselen av organisk stoff til innsjøen fra elv og nedbørfelt reduseres og muligens resultere i underskudd av næring for innsjøenes dyreliv.

Når det gjelder endringer i plantebegroingen etter reguleringen, er det ett forhold som bør nevnes. På stasjon E 3 nedenfor Hyljelihylen var gulalgen Hydrurus foetidus et karakteristisk innslag i begroingen i juni. Algen er en kaldtvannsart og vokser som et geleaktig belegg på bunnen. Når spesielle betingelser er til stede (trolig forbundet med strømforhold, lystilgang, lav temperatur, næringstilgang o.l.) kan masseforekomst av algen opptre og hemme vekst av andre begroingselementer, hvilket får betydning for faunaen. Hvilke krav algen har til ulike miljøfaktorer er ikke særlig kjent, men synes å være forholdsvis vidt idet den finnes under meget varierende forhold både i regulerte og uregulerte vassdrag. Ved masseforekomst kan algen gi dårlig smak på vannet på grunn av dens kjemiske sammensetning (Berglind, 1977) og følgelig skape ulemper for drikkevannforsyningen.

Det er uråd å forutsi hvorvidt Hydrurus - begroing kan bli et problem for Kjelavassdraget etter regulering, men det kan ikke utelukkes at dens fore-

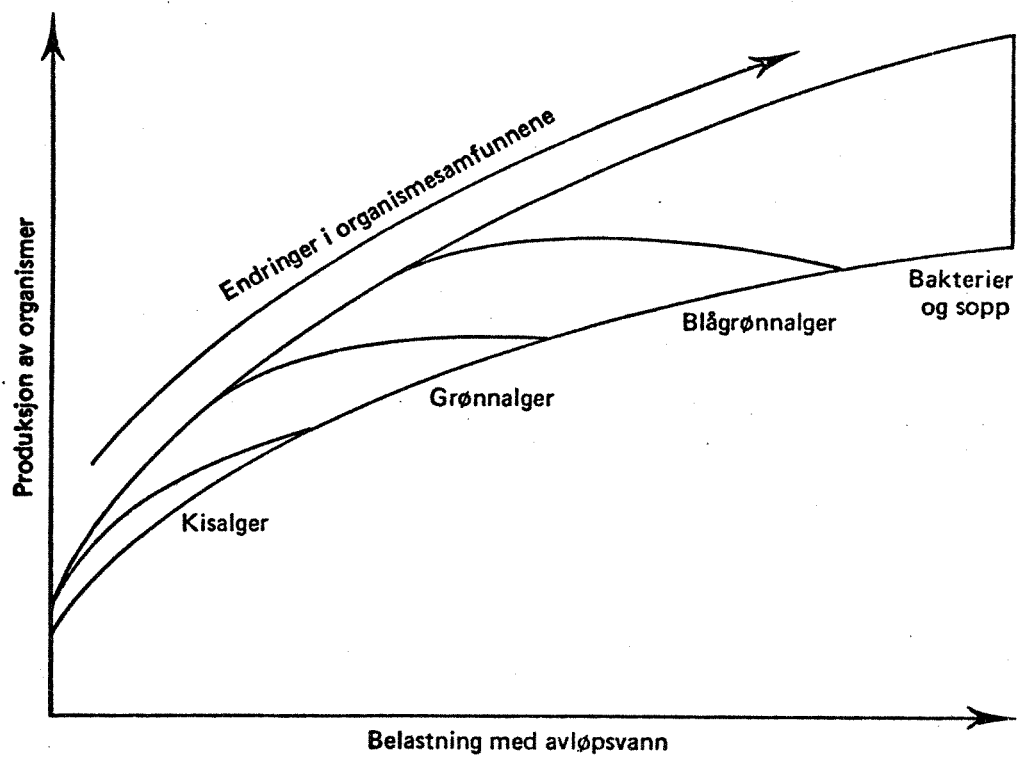


Fig. 22. Endringer i organismesamfunnene i en elv med økende belastning med avløpsvann. (Traaen, 1976.)



komst på stasjon E 3 er en effekt av tidligere reguleringsinngrep i vassdraget. Registrering av algens utvikling bør derfor inngå i den senere overvåkingsundersøkelse.

Av de to sidevassdragene som er undersøkt, skal Tyrvelibekken inngå i reguleringen. Vassdragets kjemiske vannkvalitet er noe forskjellig fra hovedvassdragets, bl.a. med hensyn til kjemisk sammensetning. Biologisk er vassdraget mangfoldig. I den nederste delen er Tyrvelibekken sterkt belastet med slamholdig tunnelvann på grunn av anleggsarbeid som har forårsaket store endringer i kjemiske og biologiske forhold. Tiltak er blitt gjort for å redusere belastningen.

Vinje kommune har forholdsvis konkrete planer om fritidsbebyggelse i tilknytning til skisenter (stasjon E 2 A). Økt aktivitet i nedbørfeltet sommer og vinter vil påvirke vassdraget, men antagelig innenfor det vassdraget kan tåle under naturlige forhold. På grunn av at vassdraget er lite med små vannmengder (spesielt om sommeren) egner Tyrvelibekken seg ikke som resipient for husholdnings- og kloakkvann. Disse problemer bør løses på annen måte (f.eks. infiltrasjon i grunn, ledes inn i tunnelsjakt o.l.). Rekreasjonsverdien av et slikt senter vil bli redusert dersom Tyrvelibekken reguleres, samt at belastningen på vassdraget blir økt betydelig selv om husholdningskloakkspørsmålet blir løst tilfredsstillende. Redusert vannføring vil ha andre konsekvenser for Tyrvelibekken. Bekken er meget grunn, slik at store deler av bunnarealet vil tørrlegges og nedsette produksjonen av biologisk materiale. Sommertemperaturen vil øke og kan fremme tilvekst av begroingsorganismer. Demping av vårflom vil resultere i at den tilslammede bunnen nederst i vassdraget ikke, eller svært langsomt, vaskes ren. Dette vil særlig ha betydning for gyte- og oppvekstmuligheter for fisk. Ved normal vannføring vil slammet utvaskes hurtigere.

Ut fra en helhetsbetraktning av reguleringens virkning i Tyrvelibekken, synes det derfor å være grunnlag for å vurdere om Tyrvelibekken kan spares for reguleringsinngrep. Dette vil dessuten øke muligheten til et rimelig naturlig vannføringsmønster i hovedvassdraget, selv om vannmengdene betydelig blir redusert.

Vurdering av hvilke konsekvenser den forestående reguleringen vil ha for Kjelavassdraget for øvrig, er forbundet med stor usikkerhet, fordi de

fysiske endringer som reguleringen vil skape vil ha både positive og negative virkninger. Vassdraget er i dag lite påvirket og næringsfattig. Reguleringsinngrepet vil derfor sannsynligvis ikke medføre egentlige resipientproblemer, forutsatt at manøvreringsreglementet sikrer vassdraget en viss minstevannføring og et tilnærmet naturlig vannføringsmønster. Imidlertid er effektene avhengig av hvordan vassdraget ellers skal brukes, dvs. at reguleringsvirkningene nøye er knyttet sammen med virksomheten i nedbørfeltet nær vassdraget. Detaljerte planer for den fremtidige virksomheten langs hovedvassdraget synes ikke å foreligge, men ifølge opplysninger fra Vinje kommune er de største interessene knyttet til Vågslidområdet i forbindelse med fritids- og rekreasjonsvirksomhet. Økning i virksomheter som hoteldrift, hyttebebyggelse og camping, vil øke belastningen på vassdraget og dermed medvirke til hurtigere eutrofieringsutvikling spesielt i Vågslidvatn, men også i innsjøene nedstrøms denne. Det er viktig at planene for den fremtidige utnyttelse i vassdraget og dets nedbørfelt konkretiseres, slik at grunnlaget for fastsettelse av minstevannføring kan baseres på best mulig grunnlagsmateriale i løpet av en overvåkingsperiode.

NVE, Statskraftverkene, har fremmet forslag om en minstevannføring målt ved vannmerke 1209 i Øykelihylen på  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  om sommeren og  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  som vintervannføring. For ikke å underskride disse vannføringene, skal vann slippes fra Lille Kjelavatn når forholdene tilsier det.

Disse grensene kan synes lave i et vassdrag hvor vannføringen sjelden underskrider  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  (side 31). Store deler av elvebunnen vil tørrlegges slik at den biologiske produksjonen nedsettes. Tilførsel av organisk materiale til vassdraget vil reduseres. Betydelig forlenging av vannets oppholdstid i innsjøene kan muligens resultere i en viss økning i biologisk produksjon i disse. Artssammensetning i organismesamfunnene vil endres - både i innsjø og elv. Resipientkapasiteten vil reduseres, men på grunn av lav belastning og naturlig næringsfattig vann vil dette nødvendigvis ikke medføre at de nye resipientforholdene skaper problemer for vassdraget. Det er således klart at forandringene vil ha både positive og negative effekter som til dels synes å virke mot hverandre. Den langsiktige totale virkningen vil være avhengig av minstevannføringen.

Det er ikke grunnlag, ut fra resipient- og biologiske produksjonsbetraktninger, å fastsette en bestemt minstevannføring eller å avgjøre om den foreslåtte minstevannføringen er for lav. Dette må avklares gjennom overvåkingsundersøkelser.

Imidlertid bør et forhold nevnes. Ved at minstevannføringen måles ved Øykjelihylen langt fra slippstedet, vil vannføringen oppstrøms målestedet kunne underskride grensene for minstevannføringen uten at det oppdages. Særlig utsatt er elvestrekningen mellom Kjelavatn og Løyningvatn, fordi tilslaget blir minimalt på grunn av lite nedbørfelt samt at innsjøenes utjevningseffekt mangler. Vannføringen i denne delen vil sannsynligvis relativt sjelden være over  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ . For å sikre en minstevannføring på  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  i hele vassdraget, kan målepunktet legges oppstrøms Løyningvatn og underskridelser kompenseres ved slipp fra Kjelavatn. En annen mulighet er å heve grensene for minstevannføringen målt ved VM 1209 i Øykjelihylen. Hvilken løsning som vil gi minst ulemper for Kjelavassdraget må være en hovedoppgave å få belyst gjennom overvåkingen.

Faren for betydelige endringer i de biologiske samfunn er også til stede på grunn av sterkt utjevnet vannføring. Ved å spare Tyrvelibekken, som kan forsvares ut fra andre interesser, vil et visst naturlig vannføringsmønster kunne opprettholdes. Hvorvidt dette er nok til å unngå alvorlige biologiske forandringer, må påvises gjennom overvåkingen.

Ifølge de kjemiske resultatene har Tyrvelibekken noe forskjellig kjemisk vannkvalitet enn hovedvassdraget (side 44). Siden de øvrige sidebekkene ikke er undersøkt, kan en ikke si noe sikkert om den kjemiske vannkvaliteten i disse. Det er imidlertid rimelig å anta at innholdet av løste stoffer (saltinnholdet) er forskjellig fra det i Kjela, fordi nedbørfeltet i større grad påvirker vannkvaliteten i små vannforekomster enn i store på grunn av større kontakt med omgivelsene (vegetasjon, løsavsetninger, berggrunn). Ved at sidebekkene overføres, og ikke lenger har utløp i Kjela, vil den kjemiske sammensetningen forandres i Kjela etter reguleringen. Da det er usikkert om denne endringen vil ha uheldig virkning på den biologiske utvikling i vassdraget, må forholdet overvåkes.

Nedstrøms Hyljelihylen vil den forestående reguleringen sannsynligvis ikke ha noen virkning, såfremt det nåværende vannføringsmønster ikke endres. Resipientproblemer i Flothylselva og Smørkleppåi er derfor et resultat av aktiviteter i nedbørfeltet. Muligheter for styring av vannføring ved å øke kapasiteten i Haukeli kraftverk er til stede. Et mulig problemområde er Haukeligrend, siden ny industri (vaskeri) og mekanisk renseanlegg med utslipp til hovedvassdraget er planlagt. Forholdene i Edland tettsted er influert av Bora og det er ønskelig å følge opp utviklingen i dette området før og etter at Haukeli Ysteri er tilknyttet renseanlegget.

Grungevatnets vannkvalitet som i stor grad er bestemt av forholdene i tilførselvene, spesielt Flothylselva, har betydning for kjemiske og biologiske forhold i Smørkleppåi. Undersøkelser av eutrofieringsutviklingen i innsjøen er således meget viktig og bør derfor inngå i det fremtidige overvåkingsprogram.

## 9. SAMMENFATTENDE KONKLUSJONER

1. Kjelavassdragets nedbørfelt består for en stor del av harde, lite oppløselige grunnfjellbergarter. Glasifluviale løsavsetninger finnes i dalbunnen, særlig i vassdragets lavere deler.

Befolkningen bor spredt. Hyttekonsentrasjoner, campingplasser og noen hoteller finnes. Av industri er bare Haukeli Ysteri av betydning. Det drives lite jordbruk.

2. Vannet er oligotroft svakt surt og inneholder lite salter. En relativ anrikning av plantenæringsalter finner sted nedover i vassdraget.

Plante- og dyresamfunnene viser stor likhet i sammensetning i forskjellige vassdragsavsnitt. Mangfoldigheten (diversiteten) er lav øverst i vassdraget og øker mot lavereliggende avsnitt.

3. Tyrvelibekkens kjemiske vannkvalitet er lik hovedvassdragets, men innhold av salter er noe høyere. Faunaen er meget rik og variert, mens plantebegroingen er lite utviklet.

Den nederste delen av bekken er betydelig påvirket av uorganisk slam fra tunnelinnslag.

4. Bora er regulert og har meget liten vannføring. Den er sterkt påvirket av organisk materiale og plantenæringsstoffer fra Haukeli Ysteri. Begroingen domineres av heterotrofe organismer (sopp og bakterier). Faunaen er ensartet sammensatt av forureningsstolerante arter. Luktproblemer kan forekomme, særlig om sommeren.

Det forekommer utslipp av sterkt basisk vann (høy pH) i forbindelse med rengjøring av produksjonsutstyr i bedriften, hvilket har negative konsekvenser for biologiske forhold og kan hemme nedbrytningen av tilført organisk stoff.

5. Kjælavassdraget oppstrøms Hyljelihylen blir berørt av den forestående reguleringen. Den vil ifølge NVE ikke ha innvirkning på vassdragets vannføring nedstrøms Hyljelihylen.

Reguleringen vil medføre forandringer i hydrologiske forhold, kjemisk vannkvalitet og biologisk omsetning og produksjon. Dette vil totalt sett kunne skape ulemper for annen bruk av vassdraget (resipientforhold, rekreasjon, vannforsyning). Utviklingen i vassdraget etter reguleringen bør følges gjennom overvåkingsundersøkelser.

Reguleringen vil redusere vannføringen i Tyrvelibekken og endre de kjemiske og biologiske forhold. Rekreasjonsverdien vil bli nedsatt. Bekken vil bli betydelig mer sårbar for økt belastning fra aktiviteter i nedbørfeltet. Utvasking av slam nederst i vassdraget vil sannsynligvis ta lang tid.

På bakgrunn av de konkrete planer om fritidssenter ved Tyrvelibekken som foreligger og at normal vannføring også vil bidra til et mer naturlig vannføringsmønster i hovedvassdraget, synes det å være grunnlag for å holde Tyrvelibekken utenfor reguleringen.

6. På bakgrunn av de foreliggende analyseresultater og som følge av at vi mangler opplysninger om eventuelle aktivitetsendringer i nedbørfeltet, er det ikke mulig for oss å angi noen bestemte grenser for minstevannføring i Kjela. Med en så liten vannføring som her foreslås ( $1 \text{ m}^3/\text{s}$  ved Øykjelihylen om sommeren) vil vassdraget bli vesentlig mer ømfindelig for belastninger som skyldes ytterligere aktivitetsutvikling i nedbørfeltet. Dette gjelder både hytter, campingplasser, faste boliger og andre forurensningsskapende aktiviteter. For å motvirke uheldig utvikling i resipient- og biologiske produksjonsforhold, vil det være nødvendig å kunne følge utviklingen gjennom et overvåkingsprogram. Det bør være anledning til å justere minstevannføringen etter de resultater som overvåkingen gir.

7. Det foreslås at det igangsettes en overvåkingsundersøkelse i Kjelavassdraget. Detaljer i opplegget må avklares, men overvåkingen bør inneholde følgende:

- Undersøke hvilken betydning slamtilførselen fra tunnelarbeidet i Tyrveli kan ha for hovedvassdraget og spesielt Eivindbuvatn, og utviklingen i Tyrvelibekken etter at anleggsvirksomheten er avsluttet.
- Følge utviklingen i kjemiske og biologiske forhold i elv og innsjøer for å klarlegge reguleringens totale virkning på vassdraget og skaffe grunnlag for fastsettelse av minstevannføring.
- Følge utviklingen i Flothylselva ved Haukeligrend og Edland før og etter tilknytning av nåværende og planlagte utslipp fra bebyggelse og industri (Haukeli Ysteri, vaskeri) til mekaniske renseanlegg. Vurdere muligheter til å styre vannføring gjennom manøvrering av Haukeli kraftverk for å redusere eller unngå lokale problemer.
- Få klarlagt eutrofieringsutviklingen i Grungevatn og innsjøens betydning for vannkvaliteten i Smørkleppåi.

I tillegg til undersøkelse av den kjemiske og biologiske utviklingen bør hygieniske forhold også inngå i overvåkingsprogrammet med tanke på problemer i forbindelse med vannforsyning.

Feltarbeidet bør legges til lavvannperioder (sensommer) fordi eventuelle problemer da vil være størst.

## LITTERATUR

- BERGLIND, L., 1977: Alger og lukt og smak på vann. Kurs i hydrobiologi for veterinærer. NVE august 1977.
- LILLEHAMMER, A., 1975: Viktige sider ved laksens oppvekstmiljø i elvene. Fauna, 28: 8-15.
- LUNDEKVAM, H., 1977: Kjemisk kvalitet i avrenningsvatn fra jordbruksområde i Norge. Foredrag på NORDFORSK-symposiet på Røros 2. - 5. mai 1977. 14 pp. Ås-NLH.
- HYNES, H.B.N., 1970: The ecology of running waters. Liverpool University Press.
- MIKKELSEN, K., EKERN, A., BORGAN, S., ROGNERUD, B., 1974: Landsplan for bruken av vannressursene. Arbeidsrapport nr. 6. Norsk jordbruk og vannressursene. Del A. Vannforurensninger fra jordbruket. 82 pp. Ås-NLH.
- NIVA, 1975, O-151/73: Gudbrandsdalsvassdraget, Mjøsa, Vormå. Resipientundersøkelser i forbindelse med planlagte vassdragsreguleringer 1974-1975.
- NIVA, 1976, O-58/70: Resipientundersøkelse av Trondheimsfjorden. Forurensningstilførsler. 115 pp. Oslo.
- NIVA, 1977, O-48/74. Naustadvassdraget, Angedalsvassdraget og Gjengedalsvassdraget, Sogn og Fjordane. Vassdragsundersøkelser 1975-1976.
- NIVA, 1977, XK-14, A2-32: Vannkvalitet og stofftransport i et forurenset vassdrag. Undersøkelser i Hølenvassdraget juni 1974 - juni 1977. 128 pp. Oslo.
- ODUM, E.P., 1971: Fundamentals of ecology. W.B. Saunders Company.
- STATISTISK SENTRALBYRÅ, 1972: Statistisk kommunehefte for Vinje. Folke- og bolig tellingen 1970. Oslo.
- ST.MELD. nr. 71 for 1972-73: Særskilt vedlegg 1. Langtidsprogrammet 1974-1977. Spesialanalyse 1. Forurensninger. Forfatter G. Uhlen m. fl. 237 pp. Oslo.
- TRAAEN, T., 1976: Vassdragsbiologi. Virkning av rensetekniske tiltak. PRA-rapport nr. 13.
- WILHM, J.L., 1967: Comparison of some diversity indices applied to populations of benthic macroinvertebrates in a stream receiving organic wastes. J. Water Poll. Contr. Fed., 39, 1973.



TABELLER

Tabell A 1. Fysisk/kjemiske analyseresultater. Kjølvasdraget juli 1976 - oktober 1977.

Stasjon Dato	Temperatur (t °C)							pH							Turbiditet (JTU)							
	E 1	F 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	
1976	6/7	10,0	17,8	16,0	17,5	20,0	19,4	18,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9/7	-	-	-	-	-	-	-	6,45	6,84	6,50	6,39	6,28	6,40	6,46	0,32	0,33	0,24	0,34	1,4	0,29	0,28
	19/7	6,4	14,3	15,2	16,2	17,5	18,2	18,3	6,18	7,07	6,46	6,41	6,44	6,46	6,47	0,38	0,20	0,47	0,34	44,0	0,42	0,38
	15/9	8,2	-	8,7	8,6	8,9	9,7	8,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21/9	8,9	8,3	8,8	8,3	10,5	11,5	8,2	6,80	7,10	6,93	6,85	6,95	6,81	6,97	0,30	0,35	0,29	0,52	5,6	0,28	0,19
	12/10	5,2	5,0	7,3	7,8	9,5	6,5	1,0	6,63	6,86	6,80	6,44	6,10	6,57	6,38	0,26	2,50	0,53	0,40	9,8	0,26	0,34
	15/11	1,0	0,5	1,0	1,0	0,5	1,0	0,5	6,36	7,16	6,46	6,38	6,52	6,56	6,43	0,17	4,9	0,16	0,35	0,27	0,42	0,62
	6/12	1,5	0,3	0,5	0,4	2,1	0,8	0,2	6,09	7,05	6,45	6,32	5,72	6,32	6,35	0,34	24,0	0,25	0,40	12,0	0,44	0,32
1977	10/1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	0,3	0,1	6,36	8,01	6,55	6,42	6,18	6,17	6,15	0,68	32,0	0,56	0,59	13,0	0,75	0,44
	7/2	0,2	2,0	0,5	0,4	3,2	0,2	0,2	5,95	7,46	6,70	6,40	5,96	6,08	6,32	0,37	22,0	0,51	0,76	110	0,7	0,31
	17/3	1,7	1,5	1,8	2,7	2,5	1,3	0,8	6,33	7,36	6,60	6,68	9,06	6,19	6,36	0,24	0,38	0,28	0,57	13	0,38	0,30
	12/4	1,9	3,0	0,6	0,7	6,5	0,8	0,4	7,55	7,76	6,34	6,48	6,55	6,11	6,41	0,25	7,50	0,55	0,50	3,2	0,36	0,30
	14/4	-	-	-	1,6	3,3	-	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22/5	-	-	-	-	-	-	-	6,52	7,09	6,43	6,55	6,59	6,19	5,83	0,25	0,42	0,24	0,27	0,24	0,50	0,35
	13/6	6,2	4,8	4,8	-	8,0	7,0	5,8	6,11	8,69	6,67	6,62	6,71	6,78	6,25	0,28	110	0,38	1,7	1,1	0,53	0,47
	28/6	8,4	12,0	15,4	12,7	15,0	15,0	11,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4/7	14,0	13,0	16,3	16,5	16,0	13,0	17,0	-	-	-	-	-	-	-	0,25	23	0,37	0,70	32,0	0,38	0,26
	12/8	13,0	12,0	14,5	15,0	12,0	14,0	14,0	6,58	7,03	6,91	6,68	6,46	6,76	6,75	0,36	19	0,27	3,9	3,1	0,27	0,22
	6/9	9,0	7,0	3,5	8,5	8,5	12,0	11,8	6,72	7,04	6,91	6,58	6,46	6,62	6,65	0,4	8,8	0,4	0,9	1,1	0,3	0,3
	10/10	5,7	4,1	4,2	3,8	5,3	5,2	5,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabell A 1 (forts.)

Stasjon	Konduktivitet (µS/cm)							Farge (mg Pt/l)							Tot-P (µg/l)							Tot-N (µg/l)						
	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7
1976	6/7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9/7	11,0	15,1	7,3	9,8	47,1	12,8	9,8	43	40,5	38	51	99	48,5	43	4	5	4,0	3	150	3	3	260	290	220	310	870	240	200
19/7	11,8	21,8	11,2	11,5	10,4	12,9	11,4	11,5	5	5	14,0	28	21,0	9,5	7	6	8,0	9	960	9	6	285	180	260	210	5400	170	160
1976	15/9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/9	10,4	23,2	13,3	10,6	16,2	12,9	11,8	5	5	5	19,0	299	9,5	0	2	4	6,5	2	760	5	3	180	140	180	200	1480	130	140
12/10	13,8	48,7	13,9	12,3	53,4	16,2	14,2	9,5	74	9,5	19,0	510	9,5	14	9	10	4,5	4,5	980	7	3,5	200	1280	120	160	2760	170	200
15/11	13,5	46,9	18,4	13,5	36,0	17,9	18,5	8,5	138	13	21,5	23,5	21,5	17	3	11	2	2	92	4	3	90	260	100	120	210	100	100
6/12	10,3	49,0	18,4	12,3	41,8	18,2	19,5	4	493	4	17,0	335	8,5	26	5	27	4	5	300	8	5	220	580	220	210	1720	230	270
1977	10/1	10,2	61,5	17,6	11,6	44,8	17,4	10,5	9,25	6,5	17	197	17	13	5	44	4	5	470	6	5	120	510	170	190	2600	200	180
7/2	13	114	19	12	50	16	17	8,5	10150	4,0	30	870	13	8,5	3	180	3	6	570	10	31	140	3600	170	230	3160	210	200
17/3	11,8	52,2	20,5	13,3	71,6	14,3	16,9	2,0	17	6,5	17	645	21,5	15	3	4	3	6	580	6	4	140	170	250	190	3200	190	190
12/4	43	105	20,8	11,9	48,5	16,8	19,2	-	-	-	-	-	-	-	7	17	3	4	280	5	7	140	600	230	170	340	190	220
14/4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1977	22/5	16,9	37,7	13,2	18,7	17,8	20,4	13	19,5	13,0	17	15	17	17	3	5	3	4	6	4	3	330	570	180	310	170	360	260
13/6	11,5	43,6	10,1	11,9	30,2	15,4	12,7	7	3000	2	63,5	59	16,5	12	<2	280	3	5	87	2	<2	160	360	160	140	440	120	140
28/6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4/7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/8	9,2	73	12	10,9	10,8	14,1	12,3	5	580	10,5	120	139	10,5	10,5	2	24	3	7	430	2	2	110	650	80	110	11100	70	80
6/9	10,5	46,5	12,9	12,4	28,5	15,5	13,4	5	258	18,5	43	112,5	10,5	16	4	31	4	4	96	3	2	190	1040	140	180	640	130	120
10/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabell 1 A. (forts.)

Stasjon Dato	E 1		E 2		E 3		E 4		E 5		E 6		E 7	
	E 1	E 2	E 1	E 2	E 1	E 2	E 1	E 2	E 1	E 2	E 1	E 2	E 1	E 2
	Fe (µg/l)													
1976 19/7	20	20	10	50	100	130	20	0,18	0,17	0,14	0,17	0,55	0,17	0,15
1977 17/3	20	30	60	90	60	100	90	0,18	0,50	0,37	0,23	0,53	0,24	0,27
	SiO <sub>2</sub> (mg/l)													
1976 19/7	0,6	1,4	0,9	1,1	3,2	1	1	1,4	1	0,9	1	5,8	1	0,8
1977 17/3	0,9	4,6	3,3	2,2	3,3	2,2	2,9	0,9	1,7	1,4	1,2	5,2	1,2	1,2
	Na (mg/l)													
1976 19/7	0,79	0,72	0,67	0,73	16,5	0,78	0,73	0,92	3,17	0,86	0,90	5,9	1,15	1,04
1977 17/3	0,61	1,28	1,05	0,88	9,70	0,88	0,98	1,44	10,20	2,47	1,39	6,20	1,39	1,96
	NO <sub>3</sub> -N (µg/l)													
1976 19/7	110	20	40	30	560	10	20	0,46	1,75	0,52	0,57	8,64	0,75	0,58
1977 17/3	130	160	250	110	1230	130	160	0,73	4,79	1,40	0,70	4,72	0,74	0,80
	K (mg/l)													
	0,22	0,18	0,16	0,15	3,0	0,19	0,15	0,18	0,69	0,41	0,30	1,51	0,28	0,30
	SO <sub>4</sub> (mg/l)													
	1,4	1,5	1,2	1,4	7	1,7	1,5	1,5	3,5	2,1	1,8	4,8	1,9	3,2
	PO <sub>4</sub> -P (µg/l)													
	<2	<2	<2	<2	720	<2	<2	<2	3	<2	3	370	4	<2
	NH <sub>4</sub> -N (µg/l)													
	<10	<10	<10	<10	95	<10	<10	<10	<10	<10	<10	27	307	40
	<10	<10	<10	<10	32	<10	<10	<10	<10	<10	<10	27	307	40

Tabell A 2. Organisk (o), uorganisk (u) og totalt suspendert stoff (T) i Kjelavassdraget juli 1976 - oktober 1977 (mg/l).

Dato	E 1			E 2			E 3			E 4			E 5			E 6			E 7			
	O	U	T	O	U	T	O	U	T	O	U	T	O	U	T	O	U	T	O	U	T	
<u>1976</u>																						
19/7	0,18	0,38	0,55	0,31	0,13	0,44	0,13	0,21	0,34	0,68	0,08	0,76	36,0	1,33	37,33	0,60	0,08	0,68	0,24	0,24	0,48	
21/9	0,16	0,14	0,29	-	-	-	0,13	0,15	0,28	0,49	0,34	0,83	9,06	0,63	9,69	0,26	0,0	0,26	0,43	0,24	0,67	
12/10	0,31	0,19	0,50	0,20	6,55	6,75	0,19	0,16	0,35	0,38	0,26	0,64	24,09	4,09	28,18	0,19	0,42	0,61	0,43	0,13	0,56	
15/11	0,13	0,06	0,19	0,45	10,75	11,20	0,13	0,04	0,17	0,42	0,29	0,71	1,72	0,33	2,05	0,38	0,20	0,58	0,26	0,30	0,56	
6/12	0,15	0,0	0,15	1,06	40,61	41,67	0,08	0,0	0,08	0,28	0,0	0,28	50,67	0,0	50,67	0,23	0,21	0,44	0,11	0,04	0,15	
<u>1977</u>																						
10/1	0,30	0,02	0,32	1,22	51,22	52,44	0,12	0,08	0,20	0,33	0,20	0,53	23,53	0,0	23,53	0,38	0,05	0,43	0,15	0,21	0,36	
7/2	0,16	0,0	0,16	8,33	300,0	308,33	0,20	0,0	0,20	0,53	0,03	0,56	37,50	0,0	37,50	0,45	0,0	0,45	0,33	0,0	0,33	
17/2	0,13	0,04	0,17	0,24	0,26	0,50	0,34	0,02	0,36	0,31	0,02	0,33	16,10	0,0	16,10	0,33	0,0	0,33	0,31	0,0	0,31	
12/4	0,21	0,0	0,21	0,62	19,15	19,77	0,28	0,0	0,28	0,30	0,08	0,38	23,72	0,13	23,85	0,37	0,0	0,37	0,24	0,0	0,24	
22/5	0,19	0,02	0,21	0,32	1,72	2,04	0,15	0,04	0,19	0,31	0,0	0,31	0,03	0,0	0,03	0,35	0,0	0,35	0,40	0,08	0,48	
13/6	0,09	0,04	0,13	8,67	454,67	463,34	0,35	1,85	2,20	1,00	2,75	3,75	1,50	0,03	1,53	0,35	0,43	0,78	0,48	0,30	0,78	
28/6	0,30	0,0	0,30	3,70	198,70	202,4	1,00	0,10	1,10	1,20	10,3	11,50	17,00	0,0	17,00	0,70	0,30	1,00	0,20	0,10	0,30	
4/7	0,20	0,10	0,30	3,60	66,90	70,5	0,30	0,50	0,80	0,70	1,60	2,30	66,00	0,40	66,40	0,40	<0,10	0,50	0,60	0,10	0,70	
12/8	0,23	0,08	0,31	1,94	93,89	95,83	0,22	0,11	0,33	0,63	5,80	6,43	8,33	6,11	14,44	0,42	0,58	1,00	0,21	0,28	0,49	
6/9	0,24	0,0	0,24	1,63	30,36	31,99	0,25	0,0	0,25	0,80	4,90	5,70	-	-	-	0,40	0,06	0,46	0,18	0,03	0,21	
10/10	0,25	0,0	0,25	0,43	3,15	3,58	0,22	0,0	0,22	0,29	1,80	2,09	0,67	0,0	0,67	0,37	0,70	1,07	0,43	0,50	0,93	



Tabell A 3. (forts.)

Begroingsorganisme	Dato	6. og 7. juni			15. september				
	Stasjon	E 3	E 5	E 6	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7
<u>Grønnalger (Chlorophyceae)</u>	Dekningsgrad				3	4	-	4	2
Bulbochaetae sp.					x			x	
Cosmarium spp.					x				
Desmidiaceer uspesifiserte		x							
Euglena sp.			x		x				
Hormidium rivulare Kütz.					xx	x		x	
Microspora amoena (Kütz.) Rabh.			xxx		xx	x			
" palustris var. minor Wichmann		xx			x				
" sp.								x	
Mougeotia sp. 4 - 5 µ								x	
" sp. 9 -17 µ		xx		x	x			xx	
Oedogonium sp. 23 - 26 µ		x		xx	xx	xxx		x	
" sp. 29 - 35 µ				x				xx	
Scenedesmus quadricauda (Turp.)Breb.							x		
Staurostrum lunatum Ralfs						x			
Zygnema sp. II, 16 - 25 µ		x		xx	xx			xxx	xx
<u>Kiselalger (Bacillariophyceae)</u>	Dekningsgrad				1	1	3	1	1
Achnanthes minutissima Kütz.								xx	x
Cymbella ventricosa Kütz.							xxx		
Didymosphenia geminata (Lyngb.) M. Schmidt							x		
Fragilaria capucina Desmaz.					x	x			
Gomphonema cf. angustatum (Kütz.) Rabh.								x	
Navicula sp.								x	
Pinnularia/Navicula 7 µ/50 µ								x	x
Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenb.									x
Synedra sp. 60 µ								x	x
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.					x				
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.				x	x	x		x	x
<u>Gulalger (Chrysophyceae)</u>	Dekningsgrad				-	-	-	-	-
Hydrurus foetidus Trev.		xx							
<u>MOSEER</u>	Dekningsgrad				3	4	2	4	-
Blindia cf. acuta (Hedw.) B.S.G.		xx							
Hygrohypnum ochraceum (Turn.) Loeke						xxx	x		
Marsupella emarginata (Ehrenb.) Dum.		x		x				xxx	
Scapania undulata (L.) Dum.				xx	xxx			x	

Tabell A 4. Forekomst av bunndyr på de forskjellige stasjoner.  
Kjelavassdraget 6. - 7. juli 1976. (+ = < 0,1 %)

TAXA	E 1		E 2 A		E 2		E 3		E 4		E 5		E 6		E 7	
	IND	MIN	IND	MIN	IND	MIN	IND	MIN	IND	MIN	IND	MIN	IND	MIN	IND	MIN
<b>PLECOPTERA</b>																
<i>Leuctra digitata</i>							0,5	0,5	5,5	5,1			4,8	0,4	17,8	9,6
<i>Amphinemura standfussi</i>										5,1					0,4	0,2
<i>Amphinemura sulciollis</i>										5,1					0,1	0,1
<i>Amphinemura</i> sp.							4,0	4,1					0,3	+		
<i>Isoperla</i> sp.													1,3	0,1	0,6	0,3
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>													0,2	+		
<i>Diura nanseni</i>													0,8	0,1		
<i>Plecoptera</i> ubest.							0,5	0,5								
<b>EPHEMEROPTERA</b>																
<i>Hepagenia sulphurea</i>													0,2	+		
<i>Ephemerella ignita</i>													382,7	31,1		0,5
<i>Baetis</i> sp.							53,5	53,2	5,5	5,7	4,0	3,7	8,5	0,7	9,9	5,4
<b>TRICHOPTERA I</b>																
Hydroptilidae																
Sericostomatidae																
<i>Trichoptera</i> I ubest.							0,5	0,5					54,6	4,4	1,3	0,7
													4,1	0,3	0,1	0,1
													0,2	+		
<b>TRICHOPTERA II</b>																
<i>Phycophila subula</i>																
<i>Polycentropus</i>							0,5	0,5					8,4	0,7	3,9	2,1
<i>Stenomacellus</i>																
<i>Neureclipsis bimaculatus</i>													0,6	0,1	1,3	0,7
<i>Normalia subnigra</i>													18,2	1,5		
<i>Hydropsyche instabilis</i>													12,7	1,0	4,7	2,5
<i>Hydropsyche</i> ubest.													17,4	1,4	0,4	0,2
<b>DIPTERA</b>																
Chironomidae																
<i>Simuliidae</i>							22,5	22,2	21,5	22,2	79,5	1082	489,3	39,7	75,6	40,9
<i>Tipulidae</i>							2,5	57,7	56,0	57,7	1,5	0,5	78,3	6,4	4,8	2,6
Øvr. Diptera							10,5	0,5	0,5	0,5	0,9	0,5	-		0,5	0,3
													0,3	+		
<b>COLEOPTERA</b>																
<i>Elmis maugei</i>							1,0	1,0	0,5	0,5						
<b>OLIGOCHEATA</b>																
<i>Hirudinea</i>							16,1	98,2	7,5	7,5	5,0	4,6	24,2	2,0	62,2	33,6
<i>Glossiphonia complanata</i>																
<b>HYDRACARIDA</b>																
<i>Bivalvia</i>																
<i>Sphaeriidae</i>																
<i>Gastropoda</i>																
<i>Lymnaeidae</i>																
<b>TOTAL</b>							100,5	100,1	97	100	108	1178	1231,7	100	185	100
<b>ANTALL TAXA</b>							10	11	10	11	4	25	2,3	0,2	0,2	0,1
							16,4	100	2	100	16,4	100	10	100	100	100





Tabell A 6. Forekomst av bunndyr på forskjellige stasjoner.  
Kjelavassdraget 14. april 1977. (+ = < 0,1 %)

TAXA	Stasjon	E 1		E 2 A		E 2		E 3		E 4		E 5		E 6		E 7			
		IND	MIN	z	IND	MIN	z	IND	MIN	z	IND	MIN	z	IND	MIN	z	IND	MIN	z
<b>PLECOPTERA</b>																			
	<i>Leuctra digitata</i>									8,7	1,3				0,5	+		4,3	1,3
	<i>L. fusca</i>									1	0,2								
	<i>Amphinemura sulcipectus</i>									118,7	17,4				4,5	0,4		102,3	29,8
	<i>Protonemura meyeri</i>	6,3	1,7							0,3	+								
	<i>Taeniopteryx nebulosa</i>	3,7	1,0							1,7	0,3				1,5	0,1		0,3	0,1
	<i>Brechypnera risi</i>	1	0,3							1,7	0,3				0,5	+		0,7	0,2
	<i>Dixa nanaseni</i>									2	0,3				2	0,2		2,7	0,8
	<i>Isogenus nubecula</i>									3,7	0,5				0,5	+		0,7	0,2
	<i>Isoperla sp.</i>	13,7	3,7							0,3	+							0,3	0,1
	<i>Perla cephalotes</i>									0,3	+								
	<i>Chloroperla apicalis</i>									0,3	+								
<b>EPHEMEROPTERA</b>																			
	<i>Heptagenia sulphurea</i>									1	0,2				1	0,1		3,7	1,1
	<i>Heptagenia sp.</i>									8	1,2				12	1,0		0,7	0,2
	<i>Ephemerella mucronata</i>									19	2,8				41	3,5		4,7	1,4
	<i>Baetis sp.</i>	10,7	2,9																
<b>TRICHOPTERA I</b>																			
	Hydroptilidae									0,7	0,1				4,5	0,4		0,7	0,2
<b>TRICHOPTERA II</b>																			
	<i>Rhyacophila mobilis</i>	1,3	0,4							18	2,6				8	0,7		0,3	0,1
	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>									3,7	0,5				1	0,1		1	0,3
	<i>Neureclipsis bimaculatus</i>									2,7	0,4				1	0,1			
	<i>Hydropsyche inaequalis</i>									18,7	2,7				75	6,3		6	1,8
	<i>H. angustipennis</i>														2	0,2			
<b>DIPTERA</b>																			
	Chironomidae	305	83,3							283	43,4				99,5	211		163,7	47,7
	Simuliidae	2,7	0,7							173	25,3				431,5	36,5		17,7	5,2
	Tipulidae									1	0,2							0,7	0,2
	Øvr. Diptera	10,3	2,8							1,7	0,3							0,7	0,2
<b>COLEOPTERA</b>																			
	<i>Elmis maugeti</i>									1,7	0,3				11,5	1,0			
<b>OLIGOCHAETA</b>																			
	Turbellaria	10	2,7							13,3	1,9				1	0,5		3,6	30,7
<b>TURBELLARIA</b>																			
	Hydracarina	0,3	0,1							0,3	+							1,3	0,4
<b>BIVALVIA</b>																			
	Sphaeriidae																		
<b>GASTROPODA</b>																			
	Lymnaeidae																		
<b>TOTAL</b>																			
	TOTAL	366	99,9							684,2	100,2				100	212		100,3	343,2
	ANTALL TAXA	12								25					2			20	100

Tabell A 7. Forekomst av bunndyr på forskjellige stasjoner.  
Kjelavassdraget 28. juni 1977. (+ = < 0,1 %)

Stasjon TAXA	E 2		E 2 A		E 2		E 3		E 4		E 5		E 6		E 7		
	IND/MIN	Z	IND/MIN	Z	IND/MIN	Z	IND/MIN	Z	IND/MIN	Z	IND/MIN	Z	IND/MIN	Z	IND/MIN	Z	
PLECOPTERA																	
Amphinemura sulcipectus			11	5,8					9,0	1,9					5,0	2,7	
Diura nanseni			0,5	0,3			3,3		1,0	0,2					0,3	0,2	
Brachyptera risi			1,5	0,8													
EPHEMEROPTERA																	
Hepagenia sulphurea			0,5	0,3										2,0	0,1		
Baetis spp.			38,5	20,2			26,7	4,0	28,0	5,8	2,0	0,4	47,0	2,1			
TRICHOPTERA I																	
Hydroptilidae																	
Sericostomatidae									11,0	2,3			10,0	0,4	1,7	0,9	
Trichoptera I ubest.									1,0	0,2			27,5	1,2			
									1,0	0,2			0,5	+			
TRICHOPTERA II																	
Rhyacophila nubila	0,3	3,4	5,5	2,9				1,0	9,0	1,9			14,0	0,6	3,0	1,6	
Polycentropus flavomaculatus			2,0	1,1				1,0	1,0	0,2			32,0	1,4	0,3	0,2	
Neureclipsis imaculatus			0,5	0,3					2,0	0,4			36,0	4,2	2,3	1,3	
Hydropsyche inaequalis													4,5	0,2			
H. angustipennis																	
DIPTERA																	
Chironomidae	0,9	10,1	23,0	12,0				4,0	219,0	45,7	520,0	93,0	232,5	10,3	16,3	8,9	
Simuliidae	0,3	3,4	78,5	41,1			6,7	184,0	77,6	5,0	1,0		1038,5	45,9	64,3	35,1	
Tipulidae			20,0	10,5				6,0	2,5	6,0	1,3				0,3	0,2	
Øvr. Diptera																	
COLEOPTERA																	
Elmis maugei			1,5	0,8				7,0	3,0	4,0			10,0	0,4	0,3	0,2	
Dytiscidae			0,5	0,3													
OLIGOCHAETA																	
	7,4	83,2	6,5	3,4			60,0	30,0	36,0	7,5	21,0	3,8	52,0	2,3	87,3	47,7	
HIRUDINEA																	
Glossiphonia complanata																	
HYDRACARINA																	
									84,0	17,5			2,0	0,1			
BIVALVIA																	
Sphaeriidae																	
GASTROPODA																	
Lymaeidae																	
VARIA			1	0,5													
TOTAL	8,9	100,1	191,0	100,3			100,0	237,0	100,0	479,0	99,9	559,0	100,1	2282,5	100,0	183,5	100,3
ANTALL TAXA	4		15				8		16		4		17		13		

Tabell A 8. Faunadiversiteten (H) på de forskjellige stasjonene.

Kjelavassdraget 1976-1977. (Se s.15 for nærmere forklaring)

Dato	E 1	E 2 A	E 2 B	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7
1. juli 1976								
H	0,12	1,99	-	1,92	1,63	0,40	2,48	2,27
15. sept. 77								
H	0,49	-	-	1,77	1,69	0,42	1,24	2,50
14. april 76								
H	1,14	-	-	-	2,45	0,04	2,42	2,16
28. juni 77								
H	0,88	2,55	1,53	1,21	2,60	0,46	2,24	1,89