

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

O - 160/72

REGIONALE VASSDRAGSUTREDNINGER

FOR

VEST - AGDER

Orienterende fysisk-kjemisk og biologisk undersøkelse  
oktober 1972 og juni 1973

Saksbehandler: Cand.real. Hans Holtan  
Medarbeidere : Siv.ing. Øystein Holvik og  
cand.real. Jon Knutzen

Rapporten avsluttet: Oktober 1973

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
1. INNLEDNING	6
2. BESKRIVELSE AV VASSDRAGENE OG DE TILHØRENDE NEDBØRFELT	7
2.1 Generell beskrivelse	7
2.2 Utnyttelse av og virksomhet i nedbørfeltene	12
2.3 Geologiske forhold	19
2.4 Meteorologiske forhold	20
2.5 Hydrologiske forhold	24
3. DE UTFØRTE VASSDRAGSUNDERSØKELSER	31
3.1 Stasjoner og prøvetakingssteder	31
3.2 Kort kommentar til de forskjellige parametre	34
3.3 Diskusjon av de kjemiske analyseresultatene	44
3.4 Kommentar til det biologiske materialet	67
4. DISKUSJON OG KONKLUSJONER	69
4.1 Sammenlikning av analyseresultatene fra befaringene med andre målinger som er utført i området	69
4.2 Konklusjoner - vannforurensingssituasjonen i området	72
5. FORURENSING AV VASSDRAG, FORVALTNING AV VANNRESSURSENE	74
5.1 Forurensing av vassdrag	74
5.2 Forvaltning av vannressursene	76
6. SAMMENDRAG	77

TABELLFORTEGNELSE

Tabell nr.:		Side:
1	Oversikt over nedbørfelt i undersøkelsesområdet	11
2	Arealutnyttelse, bosettingsforhold og siloer i nedbørfeltene	17
3	Fordeling av befolkning, jordbruksareal og siloer langs vassdragene	18
4	Oversikt over prøvetakingssteder ved befaringene	33
5	Kjemiske analyseresultater, Mandals- og Hartmarkvassdraget	48
6	Kjemiske analyseresultater, Audnedalsvassdraget	52
7	Kjemiske analyseresultater, Lyngdalsvassdraget	55
8	Kjemiske analyseresultater, Kvina-, Fed- og Flekkefjordsvassdraget	61
9	Kjemiske analyseresultater, Siravassdraget	66
10	Håvplankton fra utløpet av diverse innsjøer i Vest-Agder 10/10-11/10 1972	68
11	Surhetsgrad (pH) for elver i det sydlige Norge (utdrag av tabell hentet fra (7))	70

FIGURFORTEGNELSE

Figur nr.:		Side:
1	Oversiktskart over vassdrag og nedbørfelt	9
2	Fallforhold	10
3	Siloutslipp, Mandals-, Audnedals- og Lyngdalsvassdraget	15
4	Siloutslipp, Kvina-, Feda-, Flekkefjords- og Siravassdraget	16
5	Temperatur og nedbør, normalverdier	21
6	Temperatur og nedbør, månedsmiddel for perioden juni 1972 til juli 1973	22
7	Temperatur målt kl. 19 og daglig nedbørmengde før og i prøvetakingsperiodene	23
8	Kraftverksreguleringer i Mandals- og Audnedalsvassdraget	25
9	Kraftverksreguleringer i Kvina- og Siravassdraget	26
10	Daglig vannføring i Mandalselva, Lygna og Fedaelva i tidsrommet 25/9 - 25/10 1972	29
11	Daglig vannføring i Kvina- og Siravassdraget i tidsrommet 15/6 - 15/7 1973	30
12	Oversiktskart med inntegnede prøvetakingssteder	32
13	Kjemiske analyseresultater, Mandals- og Hartmarkvassdraget	47
14	Kjemiske analyseresultater, Audnedalsvassdraget	51
15	Kjemiske analyseresultater, Lyngdalsvassdraget	54
16	Kjemiske analyseresultater, Feda- og Flekkefjordvassdraget, Prestvatn og Sævelandvatn	57
17	Kjemiske analyseresultater, Kvinavassdraget	60
18	Kjemiske analyseresultater, Siravassdraget	65
19	Forsurning av Sørlandselvene (diagrammer hentet fra (8))	71

LITTERATURLISTE

- (1) Sekretariatet, Landsdelskomitéen for Agder og Rogaland.  
Arbeidsdokument nr. 11. Vann og vassdrag i Agder og Rogaland.
- (2) Norge, geografisk leksikon, bind II.  
Cappelens forlag, Oslo. 1963.
- (3) Solem, A. og Vogt, F.  
Norske kraftverker, bind II.  
Oslo. 1966.
- (4) Andersen, B.G.  
Sørlandet i sen- og postglacial tid.  
Oslo. 1960.
- (5) Statistisk sentralbyrå  
Frmskriving av folkemengden 1972-2000, regionale tall.  
Oslo. 1972.
- (6) Låg, L.  
Undersøkelse av skogjorda i Agder ved Landsskogtakseringens  
markarbeid sommeren 1955.  
Medd. fra Det norske skogforsøksvesen nr. 49, 1957.
- (7) Inspektøren for ferskvannsfisket, Den vitenskapelige avdeling.  
Årsmelding 1972 - Kjemisektoren.
- (8) Henriksen, Arne  
Regresjonsanalyse av pH- og hårdhetsobservasjoner i Sørlands-  
elver.  
Vann nr. 1 - 1972.
- (9) Mellqvist, Pål  
VN-rapport 1-72.  
Statistisk analyse av pH-data fra Sira-Kvina-vassdragene.
- (10) NIVA 0-64/62.  
Redegjørelse for resultater av en kjemisk undersøkelse av  
vannet i Mandalselvas nedbørfelt.

## 1. INNLEDNING

I brev av 23. juni 1972 fra Utbyggingsavdelingen i Vest-Agder, ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) spurt om det kunne påta seg å foreta en forundersøkelse av de større vassdrag i fylket. I brev av 29. august samme år ble det fra NIVA's side antydnet at instituttet kunne påta seg oppgaven mot et honorar på 15 - 20 000 kr. NIVA's forslag ble godtatt av Utbyggingsavdelingen både hva arbeidsopplegg og omkostninger angår. På grunn av sterkt arbeidspress, men også p.g.a. nødvendigheten av kompletterende undersøkelser, er det blitt foretatt to befaringer med prøvetakinger til området.

Den første befaringsfant fant sted 10. og 11. oktober 1972 og ble gjennomført av cand.real. Jon Knutzen og cand.real. Hans Holtan fra NIVA sammen med representanter fra fylke og region. Den 28/6 1973 ble det foretatt en befaringsfant til den resterende del av feltet av siv.ing. Øystein Holvik og cand.real. Hans Holtan sammen med representanter fra fylket.

De kjemiske laboratorieanalysene er utført av NIVA's analyselaboratorium, mens det biologiske materialet er analysert av cand.mag. Eli-Anne Lindstrøm (planteplankton) og cand.mag. Sigurd Rognerud (dyreplankton).

Kapittel 3.4 er skrevet av cand.real. Jon Knutzen, mens det øvrige er skrevet av siv.ing. Øystein Holvik i samarbeid med cand.real. Hans Holtan.

## 2. BESKRIVELSE AV VASSDRAGENE OG DE TILHØRENDE NEDBØRFELT

### 2.1 Generell beskrivelse

Et oversiktskart over vassdragene i undersøkelsesområdet og de tilhørende nedbørfelt er gjengitt i figur 1. Fallforholdene i vassdragene er vist i figur 2, der lengdeprofiler av vassdragene er skissert. I tabell 1 er det gitt en oversikt over størrelsen av nedbørfeltene. Tabellen er satt opp på grunnlag av data fra (1), (2), (3) (se litteraturlisten), samt egne målinger.

#### Mandalsvassdraget

Mandalsvassdraget har sitt utspring i Setesdalsheiene (i Aust-Agder). Logna kommer fra Såvesvatn (860 m.o.h.) og renner gjennom bl.a. Juvvatn (ca. 500 m.o.h.) og Lognavatn (355 m.o.h.) før den går sammen med Monsvassdraget og renner ut i Ørevatn (259 m.o.h.). Monsvassdraget kommer fra Monsvatna (870 m.o.h.) og går gjennom Ljoslandsdalen til Ørevatn. Ørevatn har også tilløp fra Skjerkavassdraget som kommer fra heiene vest for Åseral. Fra Ørevatn renner Mandalselva gjennom Bjelland til Mannflåvatn (70 m.o.h.) og derfra videre til utløpet i Mannefjorden ved Mandal.

#### Audnedalsvassdraget

Audnedalsvassdraget har sitt utspring nord for Øvre Øydnavatn (112 m.o.h.) og renner videre gjennom Ytre Øydnavatn (94 m.o.h.). Ved Tryland opptar hovedelva Trylandselv og renner så videre gjennom Audnedalen til utløpet ved Snig.

#### Lyngdalsvassdraget

Lyngdalsvassdraget har sitt utspring i fjelltraktene nord for Eiken. Fra disse traktene renner Landalselva og Storåna ut i Lygnevatt (183 m.o.h.), som er den eneste større innsjø i vassdraget. Fra Lygnevatt renner Lyngdalselva gjennom den trange Lyngdalen til den møter sidevassdraget, Møska, like før utløpet ved Lyngdal.

### Kvinavassdraget

Kvinavassdraget består av to parallelle armer, Kvina og Litlåna. Kvina kommer fra Botsvatn (1020 m.o.h.) i Setesdalsheiene og renner gjennom Roskreppfjorden, Øyarvatn og Kvifjorden og videre gjennom Fjotland og Vesterdalen i Kvinesdal til den munner ut i sjøen innerst i Fedafjorden. Øvre del av Kvina er regulert for kraftproduksjon og er overført til Sira's nedbørfelt. I pkt. 2.5 er det gjort nærmere rede for reguleringene i forbindelse med Sira-Kvina Kraftselskap. Den andre grenen av Kvinavassdraget, Litlåna, kommer fra fjellområdene sør for Knaben og renner gjennom Austerdalen til den går sammen med Kvina ved Liknes i Kvinesdal.

### Fedavassdraget

Fedavassdraget består av en rekke mindre vassdrag som renner ut i Kumlevollvatnet (112 m.o.h.) i Gyland. Herfra renner Fedaelva til utløpet i Fedafjorden ved Feda.

### Siravassdraget

Sira kommer fra en rekke vann i fjellområdet øst for Lysefjorden og fanger opp mange bivasdrag i Sirdal. Ved Tonstad renner elven ut i Sirdalsvatn (53 m.o.h., lengde 27 km). Mellom Dorgefossen og Tonstad er vannføringen i Sira vanligvis minimal p.g.a. kraftverksreguleringene. Til kraftstasjonen på Tonstad føres vann i tunnel både fra Sira's og de øvre deler av Kvina's nedbørfelt. Se for øvrig pkt. 2.5. Nedenfor Sirdalsvatn ligger Lundevatn. Ved Moi renner sidevassdraget Moisåna ut i Lundevatn. Fra Lundevatn faller Sira brått til havets nivå og renner ut i sjøen ved Åna-Sira.

Undersøkelsen omfatter også en del mindre vassdrag som ikke er beskrevet i dette kapittelet. Se tabell 1.



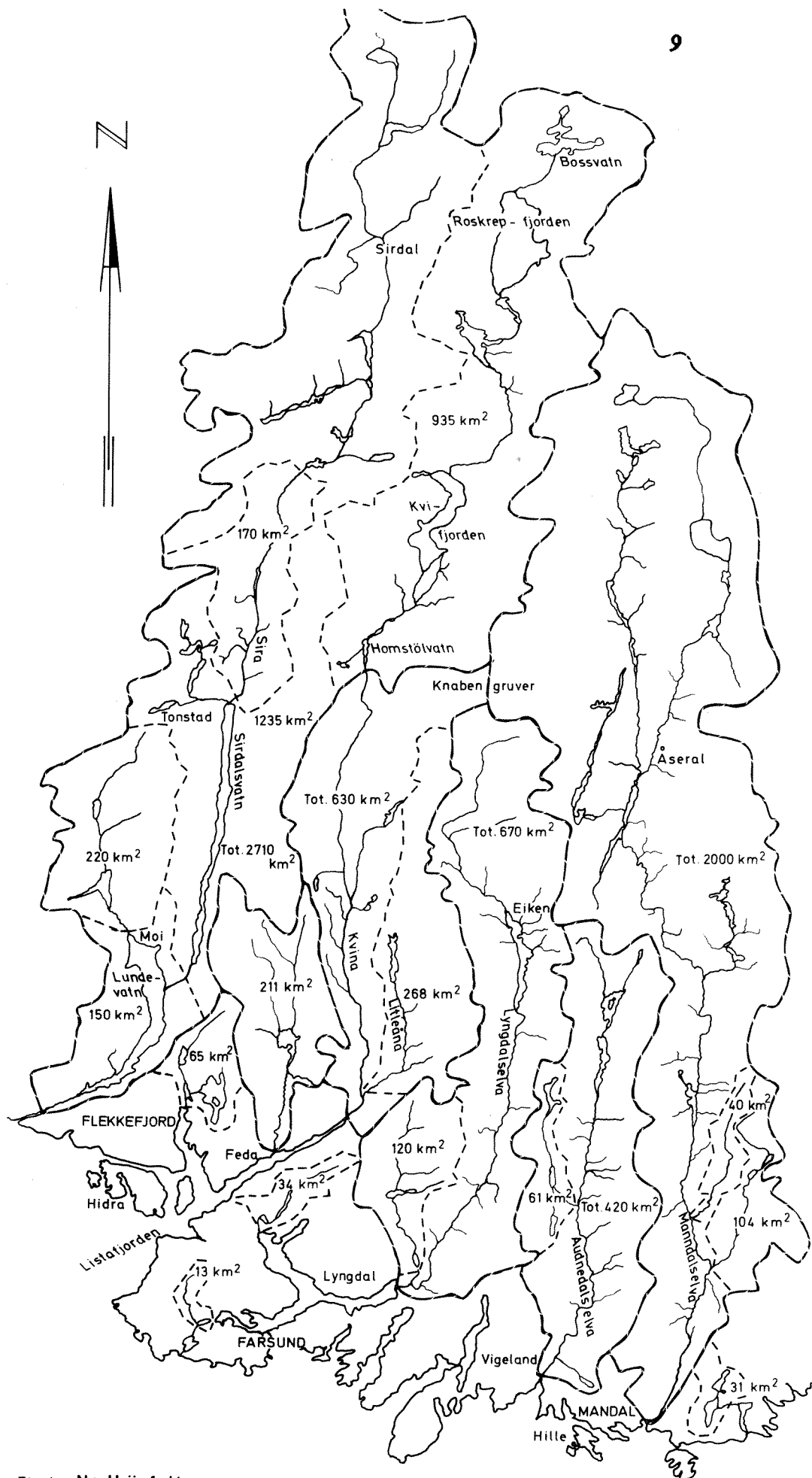
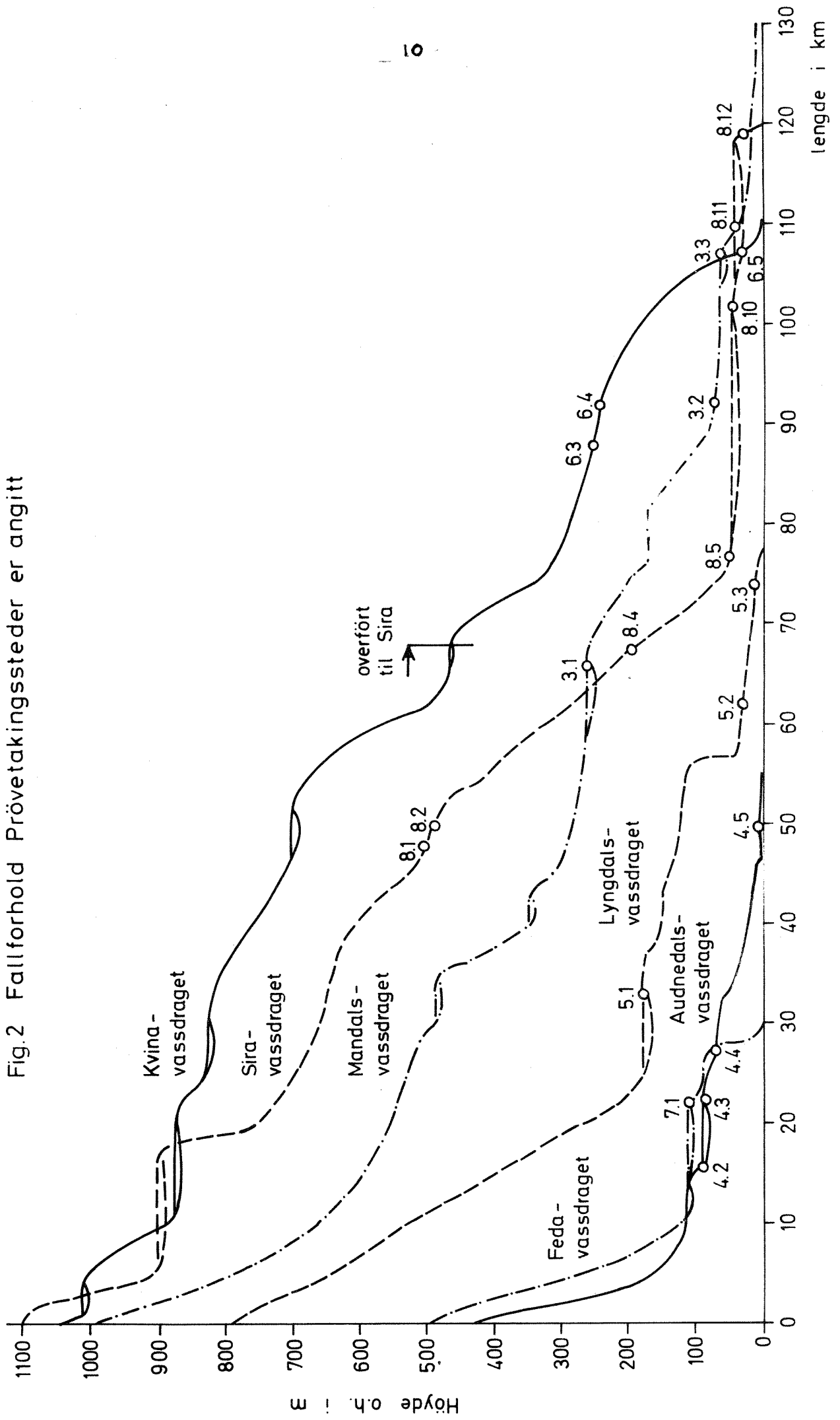


Fig. 1 Nedbørfelt

Tallene angir nedbørfeltenes areal i km<sup>2</sup>  
 Det totale nedbørfelt for hvert vassdrag er  
 angitt med tot....km<sup>2</sup>

— Hovednedbørfelt  
 - - - Delnedbørfelt eller mindre vassdrag

Fig.2 Fallforhold Prøvetakingssteder er angitt



Tabell 1. Oversikt over nedbørfelt i undersøkelsesområdet.

Vassdrag/Nedbørfelt	Del- nedbør- felt  km <sup>2</sup>	Vassdragets totale nedbørfelt  km <sup>2</sup>
VA 3 Mandalsvassdraget		2 000
	Finså v/Finnsdal	40
	Høyebåna v/Øyslebø	104
VA 4 Audnedalsvassdraget		420
	Trylandselv v/Tryland	61
VA 5 Lyngdalsvassdraget		670
	Møska v/Møskeland	120
VA 6 Kvinavassdraget	Totalt nedbørfelt, regulert	1 420
	Nedenfor Homstølsvatn (Nåværende nedbørfelt)	630
	Ovenfor Homstølsvatn (Overført til Sira)	935
	Litleåna	268
VA 7 Fedavassdraget		211
VA 8 Siravassdraget	Totalt nedbørfelt, uregulert	1 920
	Totalt nedbørfelt, regulert (Inklusive Kvina ovenfor Homstølsvatn)	2 710
	Uregulert nedbørfelt ovenfor Tonstad	170
	Sira ovenfor Sira stasjon	2 320
	Moisåna v/Møi	220
Hartmarkvassdraget		31
Prestvatn		13
Sævelandsvann		34
Flekkefjordsvassdraget		65

## 2.2 Utnyttelse av og virksomhet i nedbørfeltene

De viktigste data om nedbørfeltenes utnyttelse og om virksomhet i nedbørfeltene som har betydning for vassdragsforholdene, er samlet i tabell 2. Her er det gitt en oversikt over vann, jordbruksareal, produktivt skogareal, befolkning og siloer i nedbørfeltene. I tabell 3 er fordelingen langs vassdragene oppgitt for enkelte av disse dataene. Tallene for vann og produktivt skogareal er regnet ut på grunnlag av (2), mens tallene for befolkning, jordbruksareal og siloer er funnet på grunnlag av (1), (2) og (5) samt opplysninger fra regionplanleggerne.

### Arealfordeling

Av tabell 2 sees at en stor del av det totale nedbørfeltet (ca. 78%) er oppført under rubrikken "annet", dvs. snaufjell, tettbebyggelse m.m. Andelen av "annet" areal øker når nedbørfeltet strekker seg langt inn i høyfjellsområdene i nord eller ligger i vestre del av fylket. Skoggrensen går atskillig lavere vest i fylket enn lenger øst. De største arealene med produktiv skog finner vi i de østre deler av området. Ca. 15% av hele området består av produktiv skog.

Jordbruksarealene er små, ca. 1,5% av det totale nedbørfelt. Fordelingen av jordbruksarealene er relativt jevn i øst-vest retning, mens det er lite jordbruk i de høyereliggende områdene i nord.

Andelen av vannoverflate i nedslagsfeltet er relativt jevn, ca. 6%.

De øvre delene av Mandalsvassdragets nedbørfelt er høyfjell. Likevel er 21% av nedbørfeltet produktiv skog. Jordbruksarealene er ikke så store relativt sett (ca. 1%), men likevel har Mandalsvassdragets nedbørfelt større jordbruksarealer (i km<sup>2</sup>) enn de andre nedbørfeltene.

Audnedalsvassdragets nedbørfelt ligger for en stor del under tregrensen og har de største relative jordbruks- og skogarealer (henholdsvis 4 og 41%).

Øst for Audnedal er det et markert skille i topografi og vegetasjon. Terrenget blir her mer vestlandsk med brattere og høyere fjell og

mindre vegetasjon. Således har Lyngdalsvassdraget 2% jordbruksareal og bare 13% produktiv skog.

Kvinas nedslagsfelt syd for Homstølsvatn har 3% jordbruksareal og 18% produktiv skog.

Fedavassdraget har 2% jordbruksareal. Nedslagsfeltet ligger lavt over havet og har 27% produktiv skog.

Jordbruksareal og produktivt skogareal utgjør en svært liten del av Sira's nedbørfelt (henholdsvis 1 og 5%). Dette skyldes de store høyfjellsområdene, her også iberegnet øvre deler av Kvina som nå er overført til Sira.

### Befolkning

Samlet befolkning i området er funnet å være nærmere 23 000. Folketettheten i nedbørfeltene er relativt liten, gjennomsnittlig 3,4 personer pr. km<sup>2</sup>. Bortsett fra Mandals-, Feda- og Siravassdraget er folketettheten rundt 6 personer pr. km<sup>2</sup>. I Mandals- og Siravassdraget er folketettheten atskillig mindre p.g.a. de store høyfjellsområdene. De fleste større befolkningskonsentrasjonene ligger ved utløpet av vassdragene, som Mandal, Vigeland, Lyngdal, Kvinesdal (Liknes), Feda og Åna Sira. Bebyggelsen inne i landet er spredt. Det finnes enkelte større tettsteder som Moi og Tonstad i Sira's nedbørfelt. Ellers finnes det en rekke mindre tettsteder med noen få hundre innbyggere:

i Mandalsvassdraget:

Åseral Kyrkjebygd, Sveindal, Bjelland, Laudal, Marnadal, Øyslebø, Holum og Møll.

i Audnedalsvassdraget:

Byremo (250 innb.) og Konsmo/Helle (300 innb.).

i Lyngdalsvassdraget:

Bryggesåk, Eiken, Hægbostad, Snartemo og Kvås.

i Kvinavassdraget:

Knaben Gruver (300 innb., under fraflytting), Store-Kvina (400 innb.) og Kvinlog (160 innb.).

i Siravassdraget:

Sinnes, Tjørnholm og Sira.

### Hytteområder

Det finnes enkelte store hytteområder, som Borteli i Åseral i Mandalsvassdraget og Sinnesområdet øverst i Sirdalen.

### Industri

Industrien i området ligger stort sett ved kysten. Langs Mandalsvassdraget er det et mindre meieri i Bjelland, et halmlutingsanlegg i Marnadal og et par sagbruk, foruten flere større bedrifter ved utløpet i Mandal.

I Audnedal er det en ullvarefabrikk, og et meieri i Vigeland noen kilometer før utløpet. I øvre deler av vassdraget er det tre sagbruk, en ferdighusfabrikk og en plastfabrikk.

I Lyngdalen er det flere sagbruk, bl.a. et større sagbruk ved Lygnevatn med 30-40 ansatte der de driver med trykkimpregnering. Lenger ned i vassdraget, i Snartemo, er det et hønseri med ca. 10 000 høns. I tettstedet Lyngdal er det bl.a. meieri, sagbruk og en fabrikk som fremstiller laminerte plateprodukter.

I Kvinesdal er det et meieri like ovenfor utløpet av Kvina ved Liknes. Knaben molybdengruver A/S ble nedlagt for kort tid siden, men er fremdeles en betydelig forurensningskilde, idet slam avleiret i vassdraget fremdeles gjør elven sterkt slamførende i perioder. I Litlåna's nedbørfelt er det et mekanisk verksted med ca. 20 ansatte samt leirstedet "Saronsdal" der det om sommeren kan være samlet ca. 5 000 personer på én dag.

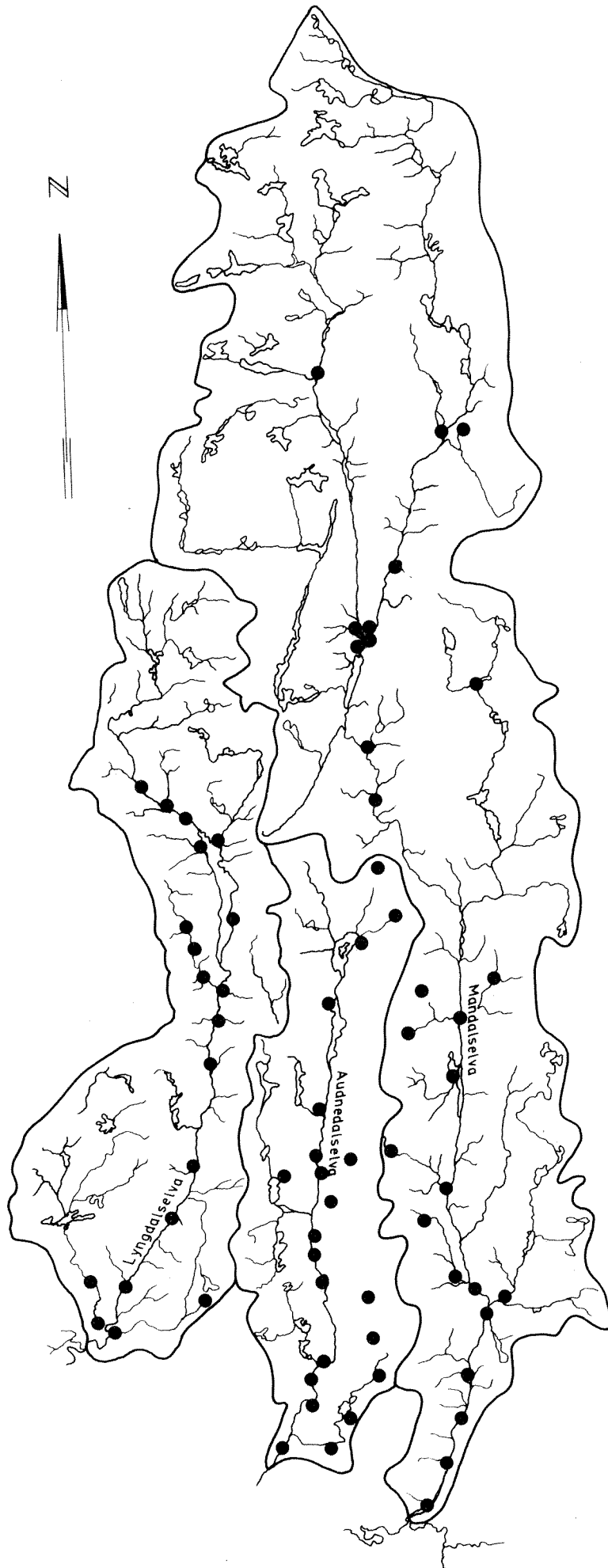
I Siravassdraget er det følgende større bedrifter: en plast- og trevarefabrikk, en konfeksjonsfabrikk og møbelfabrikker i Moi.

Det er en rekke sagbruk og høvlerier fordelt over hele området i tillegg til dem som er nevnt.

I tabell 2 og 3 er det tatt med en oversikt over siloer som viser at det er et betydelig antall siloer langs alle vassdragene. Figur 3 og 4 viser plasseringen av siloer langs vassdragene. Stort sett ligger siloene forholdsvis spredt og drenerer til vassdrag med høy vannføring. Men det finnes en del konsentrasjoner av siloer ved mindre vassdrag, f.eks. ved Moisåna.

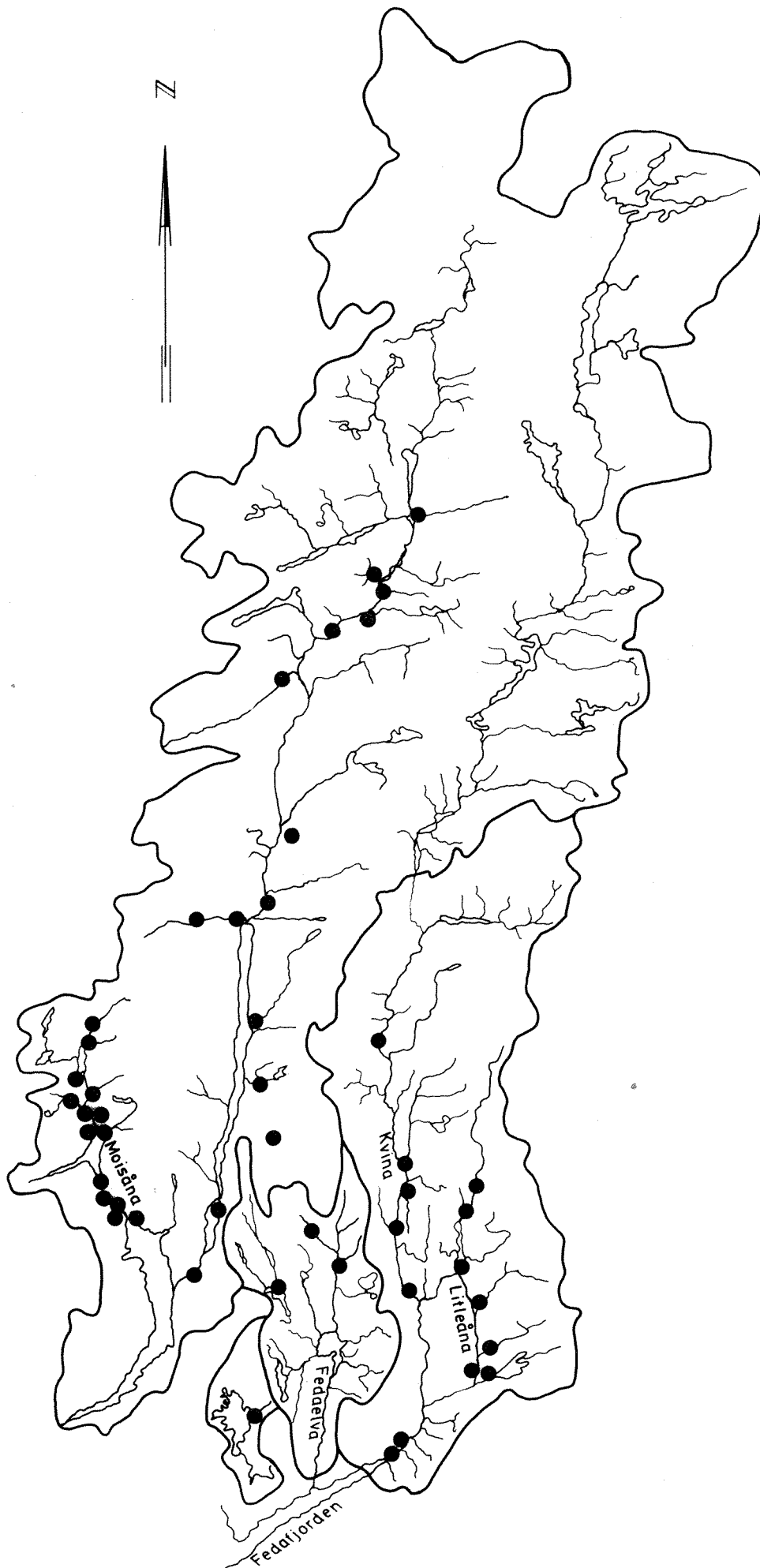
## Siloutslipp i Mandals-, Audnedals- og Lyngdalsvassdragene

● Angir tyngdepunktet for siloer med et samlet volum på ca. 500 m<sup>3</sup>



## Siloutslipp i Kvina-, Feda-, Flekkefjord og Siravassdraget

● Angir tyngdepunktet for siloer med et samlet volum på ca. 500 m<sup>3</sup>





Tabell 2. Arealutnyttelse, bosettingsforhold og siloer i nedbørfeltene. (Omtrentlige tall).

Vassdrag	Nedbørfelt	Vannoverflate		Jordbruksareal (åker og eng)		Produktiv skog		Annet areal		Befolkning	Siloer	Kommentar
	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	Pers.pers./ km <sup>2</sup>	Ant. m <sup>3</sup>	
Mandals- vassdraget	2 000	110	5	27	1	415	21	1 448	73	6 700 3,3	271 14 200	
Audnedals- vassdraget	420	30	7	17	4	172	41	201	48	3 100 7,4	144 11 000	
Lyngjals- vassiraget	760	45	6	14	2	96	13	605	79	4 500 5,9	130 9 400	
Kvina- vassdraget	630	42	7	16	3	114	18	458	72	3 800 6,0	115 7 000	Den del av Kvinas nedbør- felt som er overført til Sira regnes her under Siravass- draget.
Feda- vassdraget	211	18	9	5	2	58	27	130	62	580 2,7	21 1 600	
Sira- vassdraget	2 710	140	5	18	1	136	5	2 414	89	4 100 1,5	284 14 850	
SUN	6 731	385	57	91		991		5 256		22 780	965 58 050	
GJENNOM- SNITT			5,7		1,5		14,7		78,1			3,4

Tabell 3. Fordeling av befolkning, jordbruksareal og siloer langs vassdragene (omtrentlige tall)

Vassdrag	Vassdragsavsnitt	Befolkning pers.	Jordbruks- areal (åker og eng) km <sup>2</sup>	Siloer m <sup>3</sup>
Mandalsvassdraget	Logna	700	2,0	1 100
	Monn		0,5	250
	Mandalselva i Åseral	100	5,7	3 500
	" " Audnedal	200	1,0	350
	" " Marnadal	2 300	11,0	6 500
	" " Mandal	3 400	6,0	2 500
S U M		6 700	26,5	14 200
Audnedalsvassdraget	i Audnedal	1 300	7,4	4 000
	i Lindesnes	1 800	10,0	7 000
	S U M	3 100	17,0	11 000
Lyngdalsvassdraget	Lygna i Høgebostad	1 400	8,1	6 000
	Lygna i Lyngdal	3 100	6,0	2 500
	Møska		0,7	900
	S U M	4 500	14,7	9 400
Kvinavassdraget	Sløåna	360	1,1	550
	Litleåna	630	5,5	4 000
	Kvina ovenfor Sløånas utløp	550	1,7	820
	Kvina nedenfor Sløånas utløp	550	7,7	1 630
	S U M	3 800	16,0	7 000
Siravassdraget	Sira i Sirdal	1 340	9,9	6 550
	Sira i Flekkefjord	660	0,5	1 500
	Moisåna	2 100	7,4	6 800
	S U M	4 100	17,8	14 850

## 2.3 Geologiske forhold

### Berggrunn

Vassdragenes nedbørfelt ligger i det sørnorske grunnfjellsområdet der de dominerende bergarter er gneiss og granitt. Disse bergartene er sure og harde, og forvitrer meget langsomt. Vannet i disse områdene er derfor gjennomgående surt og saltfattig, og har liten bufferevne.

### Løsavleiringer

Den marine grense i landsdelen ligger lavt, ca. 10 m.o.h. Den marine grense markerer de områder som lå under vann under siste istid. I disse områdene finner en sammenhengende masser av finkornige jordarter som sand og leire. Over den marine grense består løsavleiringene stort sett av morénejord og sedimenter avsatt i elver og innsjøer. De kvartær-geologiske forhold i landsdelen er lite undersøkt, bare raet er noenlunde godt kartlagt (4). Denne israndavsettingen kan følges som et sammenhengende bånd gjennom området. Raet demmet opp flere innsjøer: Mannflåvatn, Ytre Ødnavatn, Lygnevattn og Sirdalsvatn.

Følgende data tatt fra (6) karakteriserer løsavleiringene i området:

	Morénejord	Sedimentjord	Forvittr.jord	Organ.jord
Vest-Agder	95,0%	0,7%	1,8%	2,5%

Jorddybden i skogområdene i Vest-Agder:

	% av flatene med jorddybdene		
	0-20 cm	20-70 cm	70 cm og mer
Østre del	27,3	56,2	16,5
Midtre del	25,6	63,2	10,2
Vestre del	18,4	55,2	26,4
Vest-Agder samlet	24,6	59,0	16,4

Sammenliknet med landet for øvrig har Vest-Agder svært liten jorddybde.

Jordartene i området er sure og harde. Disse to forhold gjør at løsavleiringene på samme måte som berggrunnen har liten evne til å nøytralisere sur nedbør.

## 2.4 Meteorologiske forhold

Figur 5 viser månedlige og årlige normalverdier for temperatur og nedbør for de fem meteorologiske stasjonene Tonstad, Lista, Byglandsfjord, Kongsmo og Mandal. Disse dataene skulle gi en god beskrivelse av klimaet i området bortsett fra høyfjellsområdene. Her finnes det ikke meteorologiske stasjoner. De meteorologiske dataene er oppgitt av Meteorologisk Institutt.

### Klimabeskrivelse

Figur 5 viser at gjennomsnittstemperaturen over året er høyest ved kysten, + 7,6 °C på Lista og + 6,9 °C i Mandal. Dette skyldes i stor grad det milde vinterklimaet ved kysten, Lista har f.eks. ingen måneder med gjennomsnittstemperatur under 0 °C. Om sommeren er også gjennomsnittstemperaturen ved kysten noe høyere enn inne i landet, men forskjellen er mindre enn om vinteren. Videre er vintertemperaturen noe lavere øst i området enn lenger vest, uavhengig av avstanden fra kysten. Temperaturen synker med høyden over havet. I høyfjellsområdene mellom Øvre Sirdal og Setesdal er trolig gjennomsnittstemperaturen under 0 °C 6 måneder i året. Det er vanlig å regne tiden med middeltemperatur over 3 °C som vegetasjonsperiode. Vegetasjonsperioden er altså svært kort i høyfjellet, under 6 måneder, mens den ved kysten er lang, trolig 8-9 måneder. I lavere liggende strøk i innlandet er vegetasjonsperioden trolig 7-8 måneder. Nedbøren øker fra de ytterste kyststrøk og innover i landet, og avtar så innover mot høyfjellet. Videre øker nedbørmengden fra øst mot vest. Alle stasjonene har relativt høy årsnedbør. Nedbøren er størst om høsten og tidlig på vinteren. Sammen med den høye vintertemperaturen gjør dette at vi i dette området ikke får en så markert lavvannføring i elvene som det er vanlig f.eks. på Østlandet.

### Værforholdene i undersøkelsesperioden

Figur 6 beskriver klimaet i perioden juni 1972 til juli 1973, mens figur 7 gjelder tidsrommene en måned før de to prøvetakingsperiodene, 10/10 til 11/10 1972 og 28/6 1973.

Fig. 5 Temperatur og nedbör, normalverdier

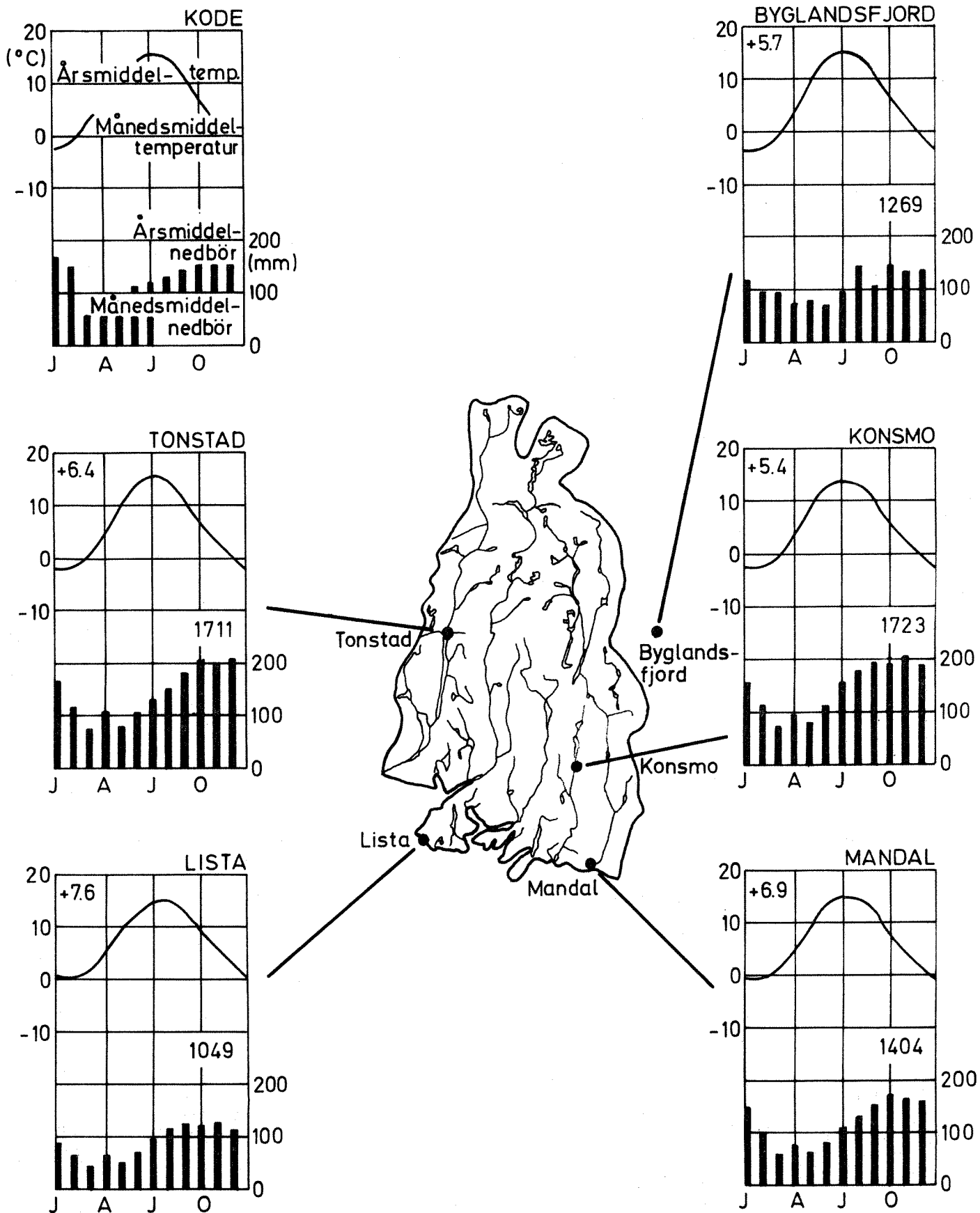


Fig.6 Temperatur og nedbør Månedsmiddel for perioden juni 1972 til juli 1973

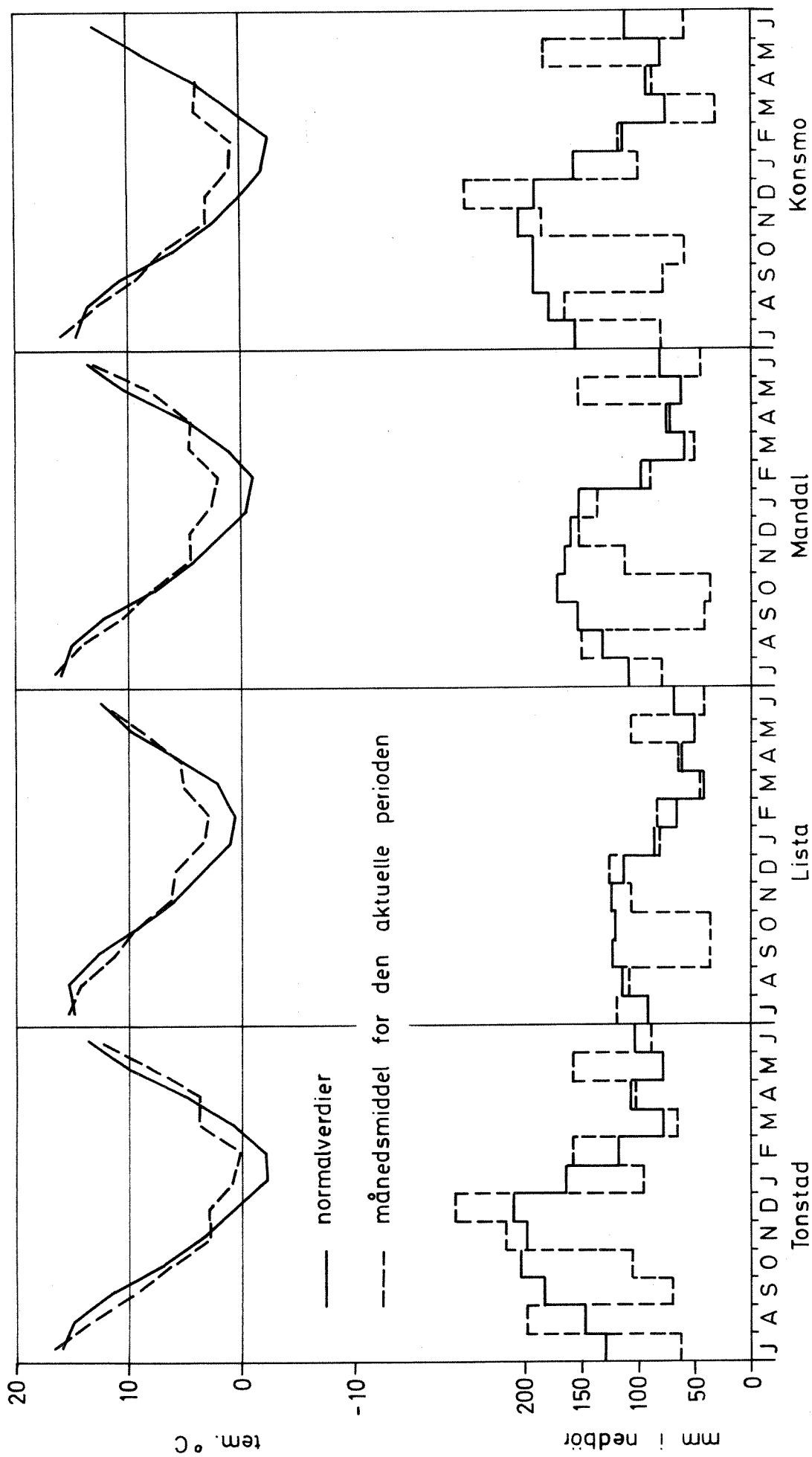
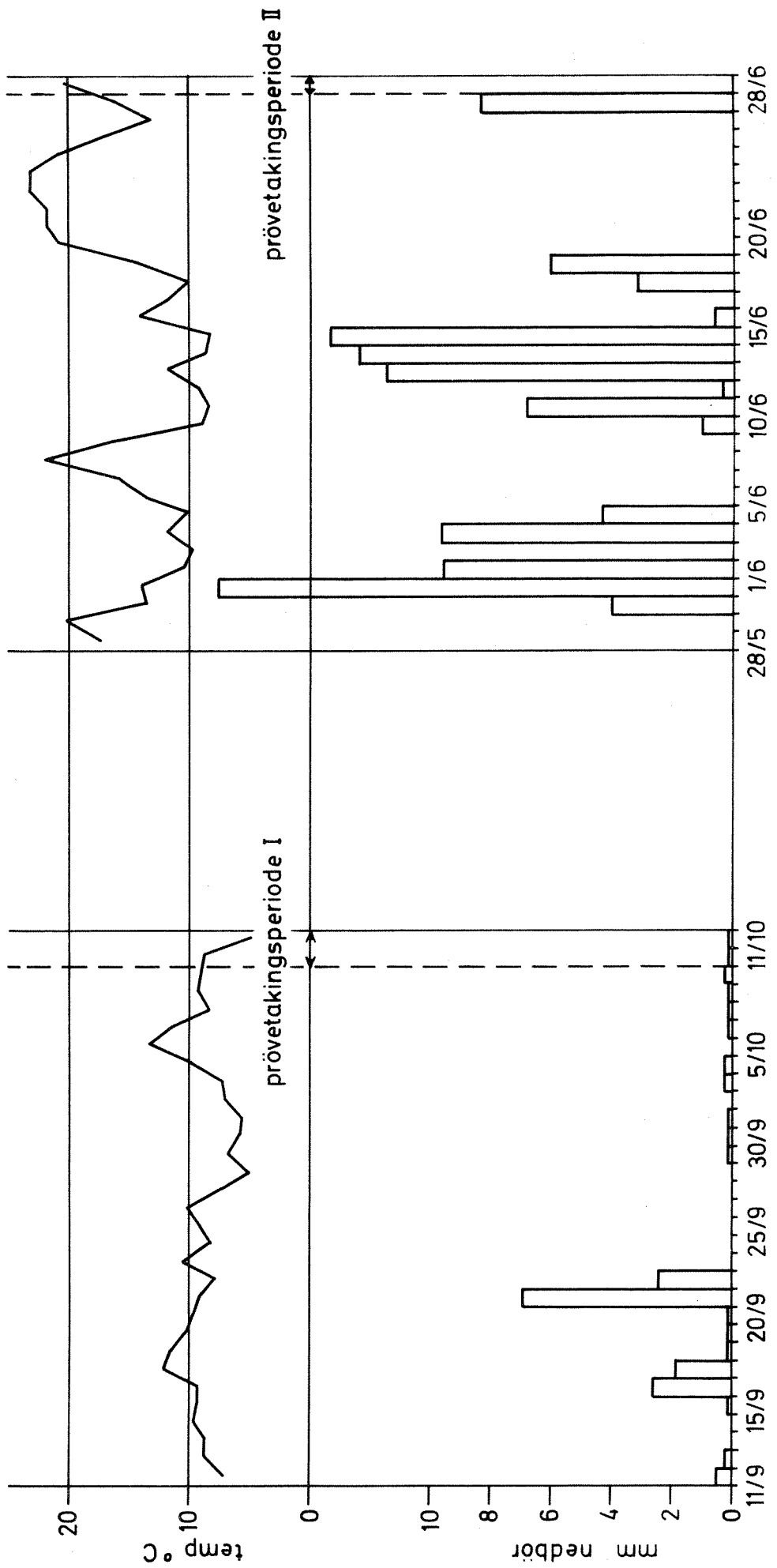


Fig. 7 Temperatur målt kl.19 og daglig nedbørmængde før og i prøvetakingsperiodene



Figur 6 viser at vinteren 1972-73 var mildere enn normalt, ingen av de fire stasjonene på figur 6 hadde månedmiddeltemperatur under 0 °C. Ettersommeren 1972 var kaldere enn normalt. Det samme gjelder forsommeren 1973, men avviket var da mindre.

Nedbøren i perioden juli 1972 til juni 1973 var lavere enn normalt. Spesielt var høsten 1972 svært nedbørfattig.

Figur 7 viser at det måneden før prøvetakingsperioden 10/10-11/10 1972 var stabilt, tørt høstvær i Konsmo, som ligger sentralt i det området som ble undersøkt ved denne befaringen. I Sirdalsområdet der det ble tatt prøver 28/6 1973 var det (i Tonstad) mye nedbør første del av måneden, mens det siste del av måneden var tørt, varmt sommervær.

## 2.5 Hydrologiske forhold

En oversikt over arealet av de enkelte nedbørfelt er gitt i tabell 1. Kraftverksutbyggingen har stor betydning for de hydrologiske forholdene i området. Det er derfor tatt med en kort oversikt over reguleringsforholdene.

### Kraftverksutbygginger

En skisse av kraftverksutbygginger i fylket er vist i figur 8 og 9. Mandalsvassdraget er regulert med oppdemming av Juvvatn i Lognavassdraget og Skjerkamagasinet i Monsvassdraget. I hovedvassdraget er Ørevatn regulert og lenger nede i vassdraget blir elven demmet opp i Tungefossdammen. Mellom magasinet og kraftverket vil elven på disse stedene ha liten vannføring. Det er planlagt ytterligere reguleringer i vassdraget.

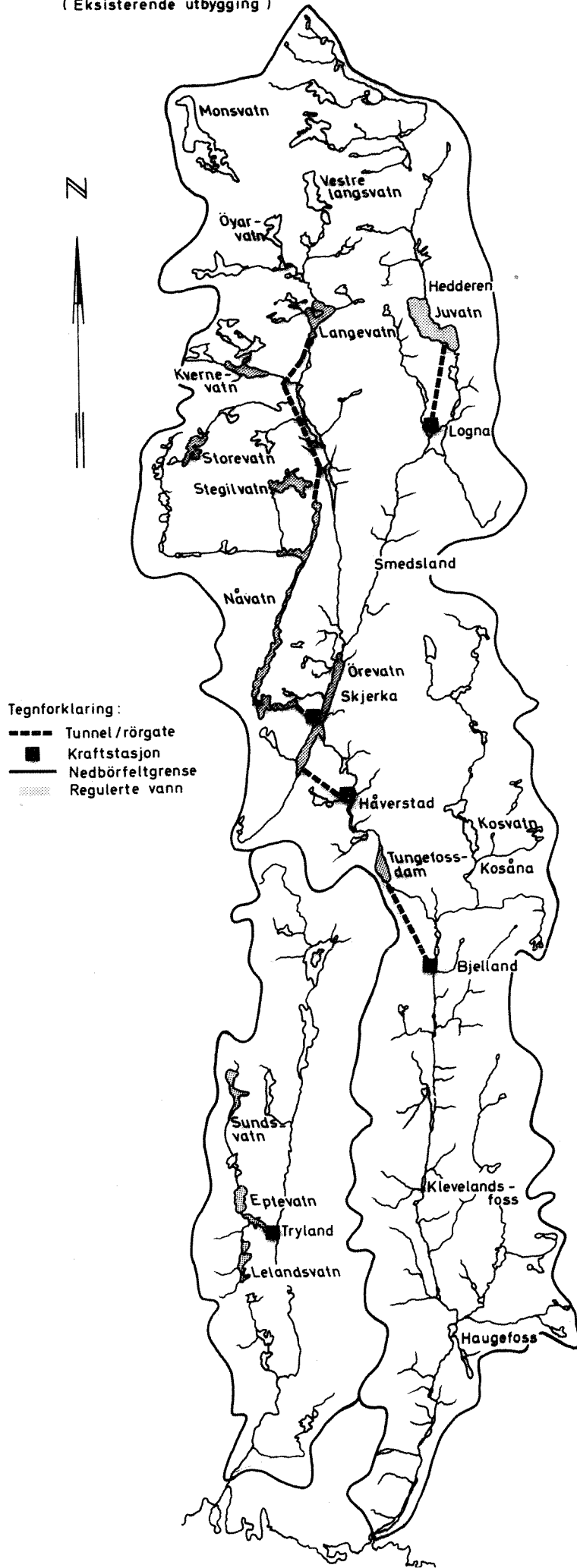
I Audnedalsvassdraget er det ett kraftverk, Tryland kraftverk. Reguleringen omfatter en mindre del av hele vassdraget, og den øvre delen av Audnavassdraget er helt uregulert.

Lyngdalsvassdraget er uregulert.

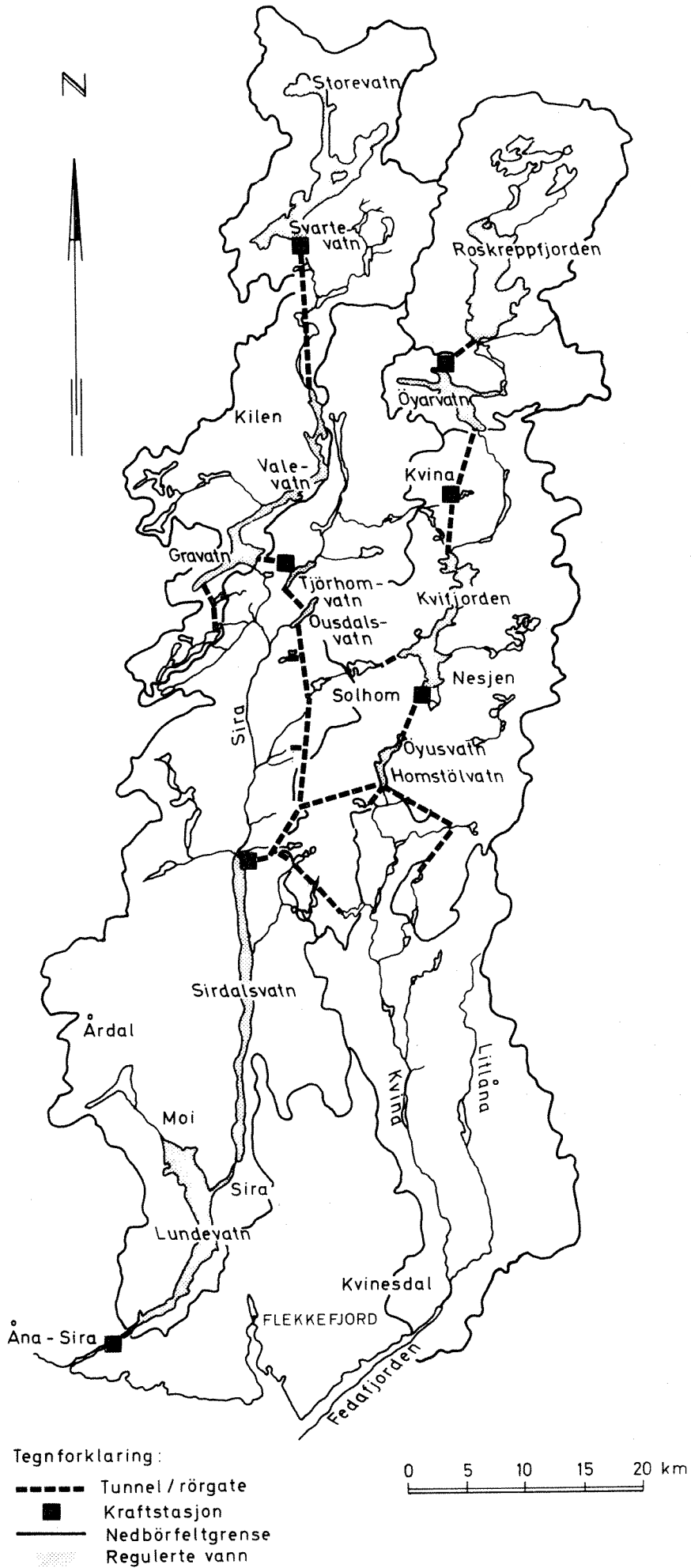
I Fedavassdraget er bl.a. Kumblevollvatn regulert.



Kraftverksreguleringer i Mandals- og Audnedalsvassdraget  
( Eksisterende utbygging )



# Kraftverksreguleringer i Kvina - og Siravassdraget (Full utbygging)



I Kvina- og Siravassdraget er det foretatt omfattende reguleringer og flere er planlagt.

Øvre del av Kvina (935 km<sup>2</sup>) er overført fra Homstølsvatn til Tonstad ved Sirdalsvatn. Også enkelte av Sira's sideelver føres via Homstølsvatn til Tonstad. I øvre deler av Kvina blir det flere store magasiner, bl.a. Roskreppfjorden og Nesjen-Kvifjorden. Øvre deler av Sira blir også demmet opp i flere store magasiner, bl.a. Svartevannsmagasinet og Gravvatn - Valevatn - Kilenmagasinet. Fra Tjørnholm føres vannet i tunnel til Tonstad. Også de to store vannene Sirdalsvatn og Lundevatn vil bli noe regulert. Utbyggingen av Sira-Kvina kraftanlegg er ennå ikke avsluttet. Vest for Tonstad er det også et mindre kraftanlegg, Finså kraftverk.

#### Vannføring i vassdragene i prøvetakingsperioden

I neste avsnitt er det gitt en oversikt over gjennomsnittlig avløp og alminnelig lavvannføring for en del målestasjoner i vassdragene. For Audnedalsvassdraget finnes det ikke tilsvarende tall for hovedvassdraget. På grunn av reguleringene i Sira-Kvina finnes det heller ikke her karakteristiske vannføringstall.

#### Karakteristiske vannføringer for målestasjoner i vassdragene.

	Nedslagsfelt	Gjennomsnittlig avløp		Alminnelig lavvannføring
	km <sup>2</sup>	l/s km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Mandalselva v/Kjøleemo	1 746	49,6	86,6	6,7
Lygna v/Tingvatn	265	59,9	15,9	1,2
Fedaelva v/Refsti	211	48,4	10,2	1,1

I figur 10 er vannføringen i Mandalselva, Lygna, Kvina og Fedaelv i tiden rundt den første prøvetakingsperioden fremstilt. En ser at vannføringen er mindre enn normal. Vannføringen i Lygna, som er uregulert, er spesielt lav.

De andre elvene er delvis regulerte og har derfor noe jevnere vannføring. Audna må antas å ha omtrent tilsvarende vannføringsforhold som Lygna. I Lygna er vannføringen 10-11/10-72 mindre enn alminnelig lavvannføring. For Kvina foreligger det ikke karakteristiske vann-

føringstall, men minimumsvannføringen v/Rafoss (like ved Stegemoen) er fastsatt til  $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$  i sommerhalvåret og  $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$  i vinterhalvåret. I perioden 10-11/10-72 var vannføringen i overkant av minimumsvannføringen for sommerhalvåret.

I figur 11 er vannføringen i Kvina og Sira i den andre prøvetakingsperioden fremstilt. På grunn av reguleringene foreligger det ikke tall for middelvannføringen. I Moisåna, som er uregulert, er vannføringen liten, trolig ned mot alminnelig lavvannføring. I Kvina var vannføringen ned mot minimumsvannføringen. I Sira v/Regevik ovenfor Tonstad var imidlertid vannføringen langt større enn normalt, ca.  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ . Forholdene her var derfor ikke representative. På grunn av skader ved kraftstasjonen på Tonstad ble en stor del av vannet som normalt går gjennom denne sluppet i elven. Sira ovenfor Tonstad har normalt svært liten vannføring.

Fig. 10 Daglige vannføringer i Mandalselva, Lygna, Kvina og Fedaelva i tidsrommet 25/9 - 25/10 1972

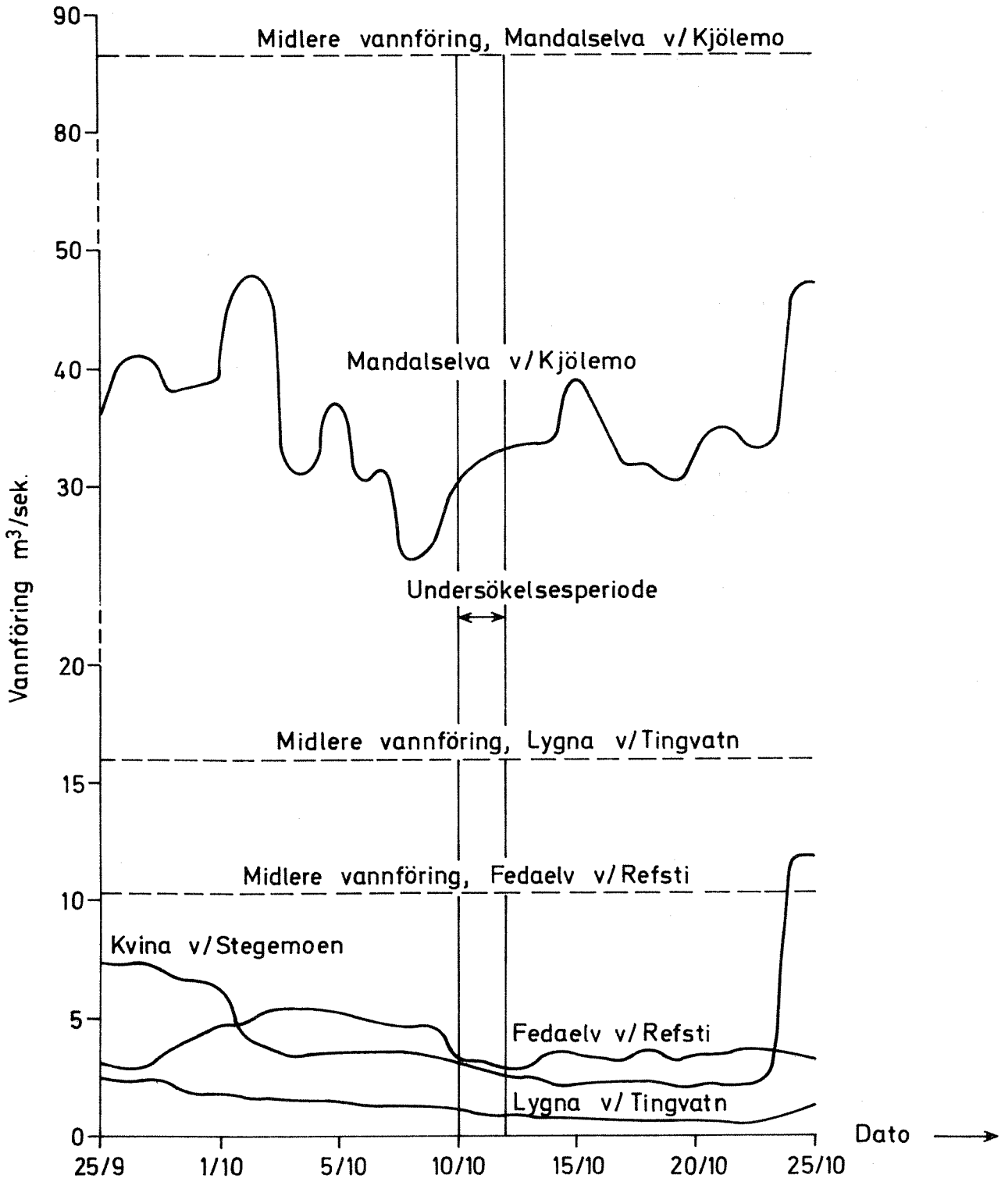
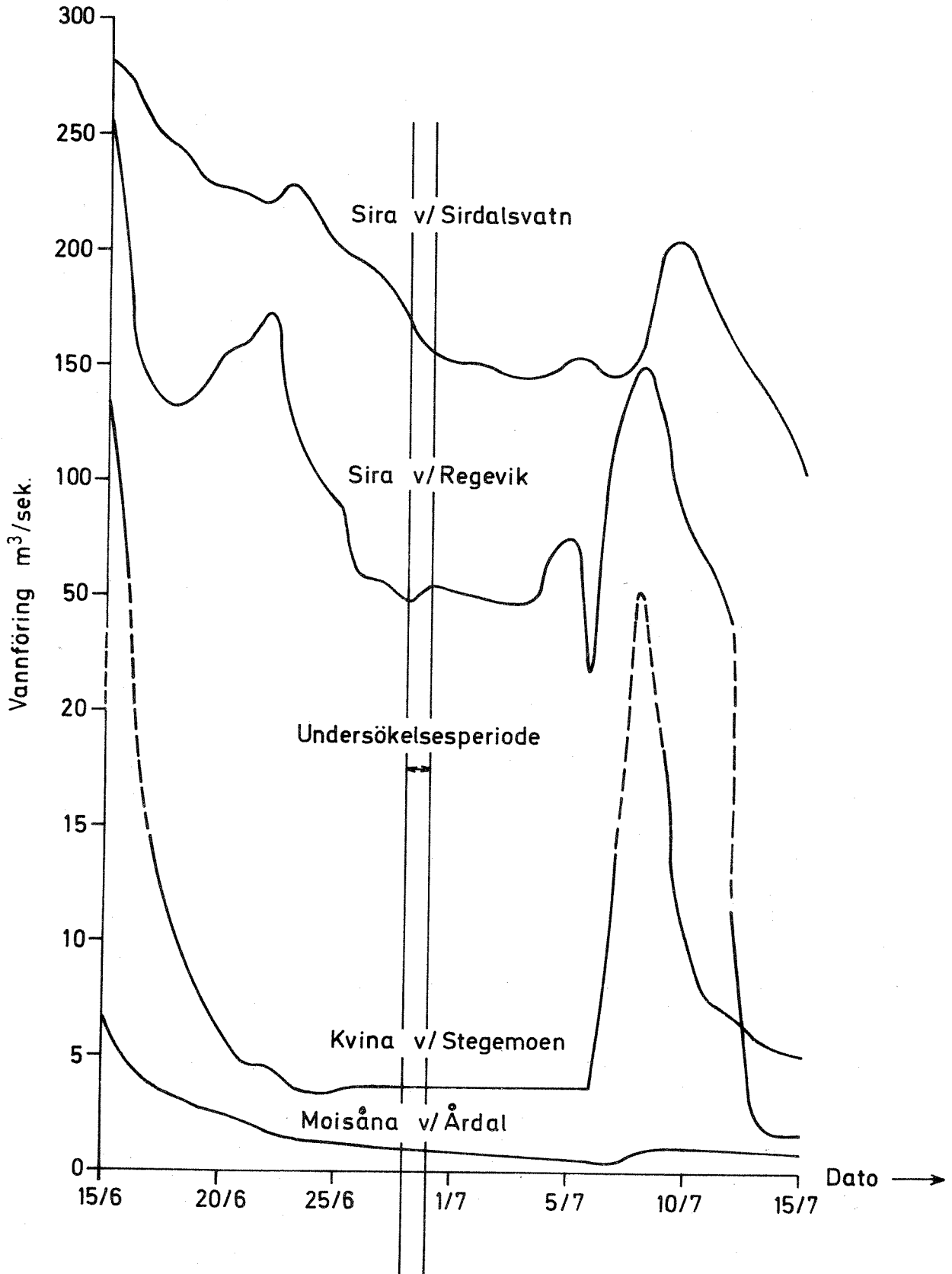


Fig. 11 Daglige vannføringer i Kvina- og Sira-  
vassdraget i tidsrommet 15/6 - 15/7 1973



### 3. DE UTFØRTE VASSDRAGSUNDERSØKELSER

#### 3.1 Stasjoner og prøvetakingssteder 10/10-11/10 1972 OG 28/6 1973

Det ble foretatt to befaringer, der representanter for fylke og region deltok sammen med representanter for NIVA. pH, temperatur og til dels ledningsevne ble målt i felten. Dessuten ble det tatt vannprøver som ble sendt til NIVA's laboratorium for analyse. Tabell 4 viser prøvetakingssteder, dato og hva som ble gjort på de enkelte stedene. Prøvetakingsstedene er vist på kart i figur 12. Stasjonsbetegnelsene er satt opp på grunnlag av (1) der vassdragene i undersøkelsesområdet er nummerert slik:

- VA 3 Mandalsvassdraget
- VA 4 Audnedalsvassdraget
- VA 5 Lyngdalsvassdraget
- VA 6 Kvinavassdraget
- VA 7 Fedavassdraget
- VA 8 Siravassdraget

Ut fra dette er stasjonene i f.eks. Mandalsvassdraget nummerert 3.1, 3.2 osv. idet en begynner øverst i vassdraget. Eventuelle andre stasjoner i nærheten av vassdraget, men utenfor vassdragets nedslagsfelt, nummereres med f.eks. 3.01, 3.02 osv. for Mandalsvassdraget.

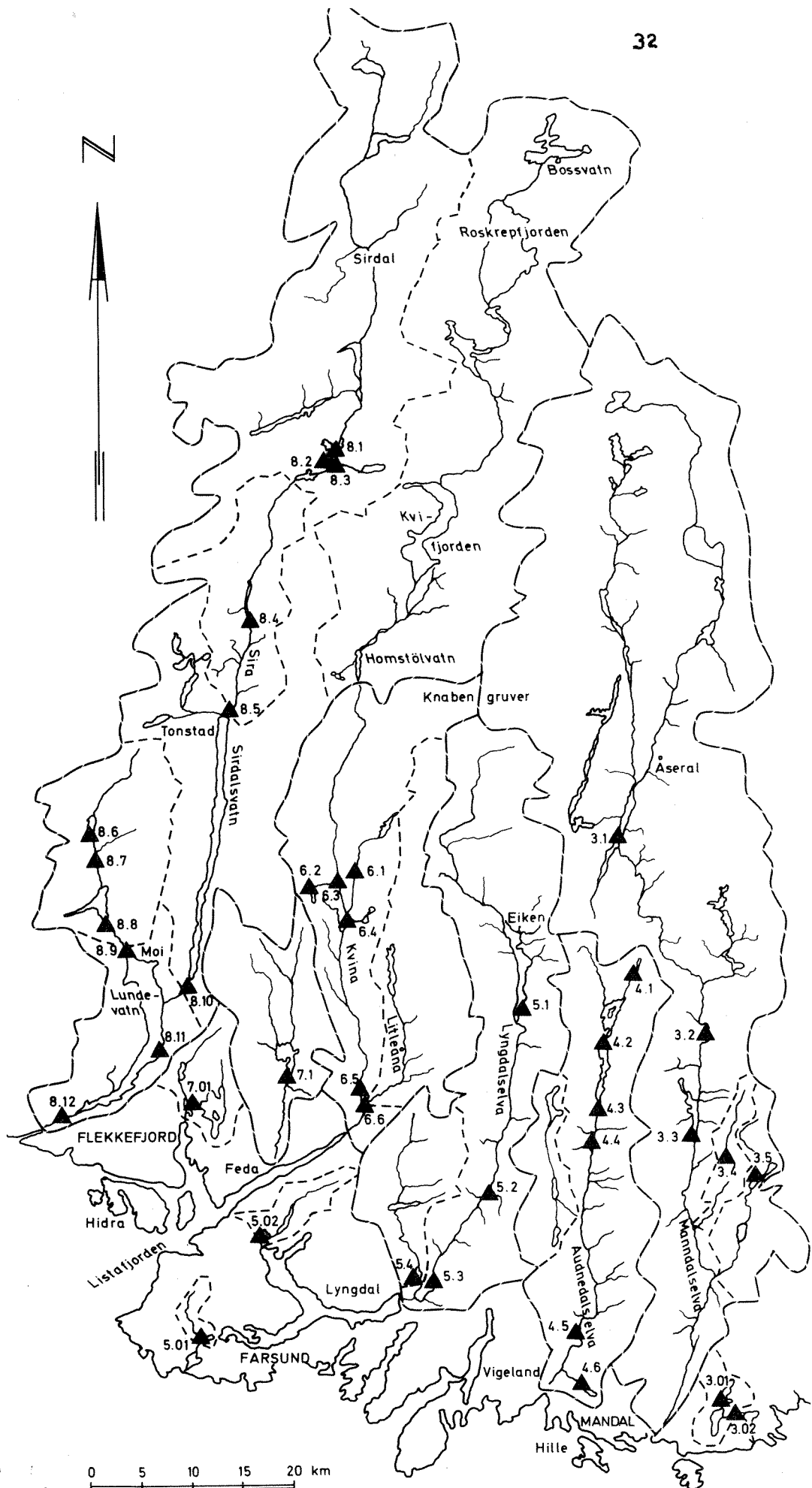


Fig. 12 Oversiktskart med inntegnede prøvetakingssteder

- Hovednedbørfelt
- - - - - Delnedbørfelt eller mindre vassdrag



Tabell 4. Oversikt over prøvetakingssteder ved befaringene.

Stasjon	Prøvetakingssted	Prøvetakingsdato	Temperaturmåling	Innsamlede prøver	
				Kjemi	(Biologi)
3.1	Mandalsvassdraget Ørevatn	10/10-72	x	x	x
3.2	" v/Bjelland	"	x	x	
3.3	" Mannflåvatn	"	x	x	x
3.4	" Finså v/Laus-	"			
	landsmoen	"	x	x	
3.5	" Livatn	"	x	x	x
3.01	Hartmarkvassdraget Skagestadvatn	"		x	x
3.02	" Djubovatn	"		x	x
4.1	Audnedalsvassdraget Grindheims-	"			
	vatn	"	x	x	
4.2	" v/Øydna bro	"		x	
4.3	" utløp Øydna-	"			
	vatn	"	x	x	x
4.4	" v/Konsmo	"		x	
4.5	" v/Fossmo	"		x	
4.6	" utløp Fasse-	"			
	landsvatn	"		x	
5.1	Lyngdalsvassdraget Tingvatn	11/10-72	x	x	x
5.2	" v/Væmestad	"			
	bro	"		x	
5.3	" v/Prest-	"			
	hølen bro	"	x	x	
5.4	" Møska, utløp	"			
	Skolandsvatn	"	x	x	x
5.5	" v/Grøndokka	"			
	bro	"			
5.01	Prestvatn utløp	"		x	x
5.02	Sævelandsvatn	"	x	x	x
6.1	Kvinavassdraget Sløåna v/Kvinlog	"		x	
6.2	" utløp Kråke-	28/6-73			
	landsvatn	"		x	
6.3	" v/Kvinlog	"		x	x
6.4	" v/nedre Kvinlog	11/10-72	x	x	
6.5	" v/Hamre	28/6-73		x	
6.6	" Litleåna oven-	11/10-72			
	for Liknes	"		x	
7.1	Fedavassdraget utløp Kumle-	"			
	vollsvatn	"	x	x	x
7.01	Flekkefjordvassdraget utløp	"			
	Selura	"	x		
8.01	Siravassdraget utløp Sinnes-	28/6-72			
	vatn	"	x	x	
8.2	" v/Tjørhom	"		x	
8.3	" bekk fra	"			
	Raudåvatn	"		x	
8.4	" v/Linland	"	x	x	
8.5	" v/Tonstad skole	"		x	
8.6	" utløp Rusdalsv.	"	x	x	
8.7	" Moisaåna v/Eik	"	x	x	
8.8	" utløp Hovsvatn	"	x	x	
8.9	" Moisaåna v/Moi	"		x	
8.10	" v/Sira	"	x	x	
8.11	" Lundevatn	"			
	v/Flikkeid	"		x	
8.12	" v/Åna Sira	"	x	x	

### 3.2 Kort kommentar til de forskjellige parametre

#### Fysisk/kjemiske parametre

##### Temperatur

Temperaturforholdene 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 innsjøenes og vassdragenes stoffhusholdning. Videre påvirker temperaturen de fysiske-kjemiske prosessene som f.eks. reaksjonshastigheter og metningsverdier for oppløste gasser i vannet - spesielt oksygen.

Ved temperaturmålinger i innsjøer er man spesielt interessert i å få et bilde av de rådende sjiktningforhold. På grunn av at vannets tetthet praktisk talt i sin helhet avhenger av temperaturen slik at tetthetsdifferensen pr. grad øker med stigende temperatur over 4 °C eller synkende temperatur under 4 °C, oppstår en mer stabil termisk sjiktning jo lengre en viss temperaturgradient ligger fra 4 °C.

Våre tempererte innsjøer gjennomgår oftest fire forskjellige termiske perioder pr. år, nemlig to sirkulasjonsperioder (vår og høst), da temperaturen ligger nær 4 °C, og hele vannmassen ved vindpåvirkning lett kan blandes; og to stagnasjonsperioder da vannmassen på grunn av den termiske sjiktning inndeles i to hoveddeler (sommer og vinter). I innsjøer som ikke er så utsatt for vindpåvirkning, uteblir ofte vårsirkulasjonen. Om sommeren har man en stabil lagdeling med relativt varmt vann ovenpå noe kaldere - sommerstagnasjonsperioden. Om vinteren er vannmassene i overflatelaget avkjølt, og vindfaktoren uteblir på grunn av isdekket - da har man altså en stabil lagdeling med kaldt vann ovenpå det noe varmere vannet i dypet - vinterstagnasjonsperioden.

Spesielt er stagnasjonsperiodene av limnologisk interesse på grunn av at vannmassene derved deles i to hovedsjikt, et øvre (epilimnion) hvor temperaturforholdene på det nærmeste er ensartet, og totalsirkulasjon lett oppstår under vindpåvirkning, og et nedre sjikt (hypolimnion) hvor temperaturforholdene er relativt ensartet (en svakt avtakende gradient mot bunnen om sommeren, og en svakt stigende gradient mot bunnen om vinteren). Dette sjiktet ligger derfor mer eller mindre "låst" under

det øvre sjiktet og vil bare kunne påvirkes ved ekstra sterk vindpåvirkning. Normalt er det ikke noen større sirkulasjon og omblending av vannet i dette sjiktet. Videre er vannutskiftingen med de overforliggende vannmassene meget liten, men på grunn av forandringer i de ytre påvirkningskrefter (vind, lufttrykk, tilløpsvann osv.) er det som regel alltid en viss bevegelse også i de dypere liggende vannmasser.

Mellom de to vannsjiktene finnes et overgangsjikt (metalimnion, termoklin, sprangsjikt). Den resulterende tetthetsgradient er iblant så kraftig at betydelige mengder organisk materiale som synker, kan danne en "falsk bunn" i dette nivå. Ved vindpåvirkning oppstår kompliserte turbulensfenomener i dette sjiktet, som delvis kan forårsake en vannutskifting mellom de to hovedsjiktene.

Temperaturstudier gir således verdifulle opplysninger særlig om innsjøenes dynamikk og for beregning av "varmebudsjett", og er av vesentlig verdi når det gjelder tolkningen av øvrige parametre av fysisk-kjemisk og biologisk natur. Videre er temperaturen en brukbar parameter når det gjelder å studere strømforholdene og ved kartlegging av diverse utslipp. Reguleringer i et vassdrag gir ofte store forandringer i temperaturforholdene.

#### Spesifikk elektrolytisk ledningsevne

Vannets elektrolytiske ledningsevne gir et mål for elektrolyttinnholdet, eller enklere, vannets totale saltinnhold. De ioner som fremfor alt er betydningsfulle for vannets saltinnhold, pleier å bli benevnt som hovedkomponenter og omfatter  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  og  $\text{K}^+$  på kationsiden og  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  og  $\text{SO}_4^{--}$  på anionsiden. (Kation - positivt ion, anion - negativt ion). I enkelte tilfeller påvirkes også ledningsevnen av organiske syrer og hydrogenioner (spesielt i sure myrvann). Ionene (elektrolyttene) tilføres vannet med nedbøren (dette gjelder særlig  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$  og  $\text{Cl}^-$ ) og ved utlakingsprosesser i nedbørområdet. Vannets ionesammensetning og saltinnhold er således avhengig av faktorer som nedbørens kjemiske sammensetning, de løse jordlagenes og berggrunnens beskaffenhet i nedbørområdet, forholdet mellom nedbør og avdunsting og bidrag fra menneskelig aktivitet (forurensinger m.m.) Hertil kommer også biologiske og andre forhold.

I de fleste av våre innsjøer utgjør  $\text{Ca}^{++}$  og  $\text{HCO}_3^-$  det dominerende ioneparet, og bare de innsjøer som ligger i områder med særpreget klimatisk eller geologisk karakter, har en naturlig avvikende ionesammensetning. I kystnære vannforekomster eller i vannforekomster som hovedsakelig påvirkes av nedbør, finner en ofte  $\text{Na}^+$  på kationsiden og  $\text{Cl}^-$  på anionsiden som dominanter. I humusrike skogsvann pleier  $\text{SO}_4^{--}$  å dominere på anionsiden.

Når det gjelder å gi en generell karakteristikk av et naturvann, er saltinnholdet av betydning etter som dette gir informasjon om i hvilken grad en vannforekomst påvirkes av nedbørområdet (fjell, skog, dyrket jord osv.), nedbør og eventuelle forurensinger. Videre kan en ved å studere årsvariasjoner i vannets saltinnhold få et visst kjennskap til f.eks. en innsjøes biologiske og kjemiske stoffomsetning. Der det er om å gjøre å kartlegge f.eks. en forurensings spredning i vannmassene, kan ledningsevnen være en brukbar parameter. Målinger av vannets saltinnhold er spesielt viktig ved vurdering av ionebytteprosesser og tap av alger fra nedbørfeltet.

Av de ovenfor nevnte ionene er  $\text{Ca}^{++}$ -ionene mest variable med verdier fra ca. 1 mg/l i sure vann til 100 mg/l i særlig kalkrike vann. Kalsium er av spesiell biologisk interesse etter som flere dyregrupper synes å være direkte avhengig av vannets Ca-innhold for å kunne eksistere. Det har videre vist seg at organismenes (f.eks. fisk) motstandskraft mot unormale forhold (f.eks. giftvirkning av tungmetaller) øker når kalkinnholdet øker. Kalkinnholdet eller vannets hårdhet er av spesiell interesse når det gjelder å vurdere vannets kvalitet som drikke- og industrivann (særlig for vaskerier). kalksaltene bindes til fettsyrene i såpe og reduserer dermed skumdannelsen hvis kalkinnholdet er høyt. Saltinnholdet og særlig kalkinnholdet er dessuten ytterst viktig for vannets bufferevne. Elektrolyttfattig vann finner man i områder hvor nedbørfeltet er bygd opp av harde bergarter og ofte i innsjøer med svært lite nedbørområde. I vannforekomster i skogs- og lavlandsområder ligger verdien for ledningsevnen oftest mellom 20 og 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Avrenningsvann fra kalkrike jordbruksområder eller vann som påvirkes av forurensing, har ofte et elektrolyttinnhold som tilsvarer en elektrolytisk ledningsevne på 100 - 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### Vannets surhetsgrad, pH

pH er et mål for vannets konsentrasjon av hydrogenioner. pH reguleres i de fleste tilfeller av buffersystemet:  $\text{CO}_2$ - $\text{HCO}_3^-$ - $\text{CO}_3^{2-}$  (karbondioksyd-bikarbonat-karbonat-systemet). Vannet betegnes som surt når pH-verdien ligger under 7, og som basisk når verdien overstiger 7. Når karbondioksydverdien ( $\text{CO}_2$ ) øker, avtar pH-verdien, og vannet blir surere. Ved at karbondioksyd ( $\text{CO}_2$ ) forbrukes ved algenes og vannplantenes assimilasjon (solenergi +  $\text{CO}_2 \rightarrow \text{O}_2 + \text{C}$  (organisk)) skjer en relativ økning av bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) og karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ )-verdiene; pH øker samtidig som oksygen ( $\text{O}_2$ ) frigjøres. Ved organismenes respirasjon og i en viss utstrekning ved nedbrytning av organisk materiale forbrukes oksygen, og karbondioksyd frigjøres; pH avtar. Særlig i næringsrike (eutrofe) innsjøer med rikelige alge- og vegetasjonsforekomster der ikke bare den frie karbondioksyden, men også den halvbundne karbon-syren ( $\text{HCO}_3^-$ ) forbrukes ved assimilasjonen, finner man derfor en utpreget døgnvariasjon for pH. Høyeste verdi for pH vil da forekomme om dagen - ofte kan man da måle pH-verdier på 9 - 10 (assimilasjonsperioden). Laveste pH-verdi forekommer om natten, og da spesielt den siste delen av natten.

I kalk- og bikarbonatfattig vann, mer eller mindre påvirket av organisk materiale (humus), spiller humus-syrene dessuten en viktig rolle for pH, og i ekstra sure myrvann (tjern) med høyt humusinnhold synes karbondioksydinnholdet å være av underordnet betydning for pH sammenliknet med humus-syrer og andre organiske syrer. pH henger videre sammen med vannets saltinnhold (ioner, elektrolytter). Jo høyere saltinnholdet er (særlig kalsium), jo mer buffret er vannet. Dette medfører høyere og stabilere pH-verdier.

Ved å måle pH kan man få informasjon om hvilke biologiske forandringer som foregår i vannet. Videre er pH en viktig økologisk faktor idet de forskjellige organismer og organismesamfunn har bestemte toleransengrenser. Stort sett kan man 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 (akvatiske). Når det gjelder fisk har forsøk som er utført på Sørlandet ifølge (7) gitt følgende kritiske pH-verdier for

klekking til utsetningsferdig yngel:

Laks	5,0 - 5,5
Sjøaure og røye	4,5 - 5,0
Innlandsaure	rundt 4,5

pH-verdien har videre betydning når det gjelder å utnytte vannet som drikke- og industrivann, etter som surt vann, i høyere grad enn basisk, virker korroderende på metaller og da spesielt på kobber, som bl.a. gir vannet dårlig smak.

### Farge

Vannets farge forårsakes av flere faktorer, så som egenfarge, oppløste stoffer i vannet, suspenderte partikler, fluorescenseffekter og refleks fra bunnen hvis dypet ikke er for stort. Av disse faktorene er det de oppløste stoffene og suspenderte partiklene som anses å ha størst betydning. Overflatevann inneholder alltid større eller mindre mengder fargede substanser. Disse tilføres til dels fra nedbørområdet, dels er de et resultat av nedbrytning av planter og dyr som produseres i vannforekomstene. Spesielt humusstoffene som i form av sure kolloider av organisk natur blir tilført innsjøene og vassdragene fra skogs- og myrmarker i omgivelsene, brunfarger vannet i høy grad og må derfor kanskje anses som de viktigste faktorer når det gjelder vannets farge. De fargestoffer som oppstår i innsjøen, går noe mer i gulgrønt og setter sjelden sitt preg på vannet i samme grad som humusstoffene gjør det. Unntak fra denne regel er de innsjøer og vassdrag som har en stor forekomst av planteplankton, som i høy grad påvirker fargen på vannet. Innsjøer og vassdrag som får tilført store mengder breslam, blir sterkt påvirket av slampartikler, og vannet får en grønnaktig farge. Erosjonsmateriale fra leirområder gir vannet et grumset og gråaktig utseende. I humusfargede vann spiller også pH-forholdene en viss rolle da lave pH-verdier gir en svakere brunfarge enn høye pH-verdier gjør. Videre synes en kort oppholdstid av vannmassene å gi høyere fargeverdi enn en lang. Dette har sammenheng med at humusstoffene er av organisk natur og blir utsatt for biogen nedbrytning, som igjen er avhengig av tiden. Utfellingsprosesser er også viktige. Fargen gir i en viss utstrekning uttrykk for en innsjøorganiske belastning, og får derved nær forbindelse med f.eks. kalium-

permanganatforbruket ( $\text{KMnO}_4$ ) for så vidt som høye fargeverdier oftest korresponderer med høye permanganattall.

For vannets plante- og dyreliv, spesielt for de lyskrevende plantene, har vannfargen stor betydning etter som lysforholdene raskt blir redusert når vannfargen øker. Derved minker den produktive del av vannmassen/bunnflate. Sterkt brunfargede vannforekomster er i alminnelighet lite produktive.

For å få ytterligere informasjoner kan en filtrere vannet og deretter utføre fargemålinger på nytt. Herved får en forståelsen av i hvilken grad partiklene (alger, leire osv.) i vannet bidrar til fargeverdiene.

Fargen på vannet gir altså informasjoner om vesentlige egenskaper ved vannet med hensyn til lysforhold, omsetningstid, humusinnhold, produksjon m.m. Særlig ved regionale undersøkelser er fargestyrken en betydningsfull faktor for et vanns eller vassdrags karakteristikk. Normalt finner en fargeverdier omkring 10 mg Pt/l i næringsfattige (oligotrofe) innsjøer og vassdrag som ikke påvirkes av myrvann. I skogområdene ligger verdiene ofte omkring 30-40. I små innsjøer og elver (bekker) som er påvirket av myrvann, kan en finne så høye verdier som 200 mg Pt/l.

Vann med høy fargeverdi passer dårlig til drikkevann og industrivann (misfarger bl.a. massen ved celluloseindustrien osv.).

#### Kaliumpermanganatforbruk, $\text{KMnO}_4$

Kaliumpermanganatforbruket i en vannforekomst gir et relativt bilde av innholdet av organisk substans. Normalt regner en med at ca. 40% av det totale organiske stoffinnhold oksyderes ved denne metodikk. En hel del organiske stoffer brytes ned både kjemisk og biologisk, men enkelte substanser oksyderes bare kjemisk og andre bare biologisk. Som eksempel på substanser som hovedsakelig bare nedbrytes kjemisk, kan nevnes humusstoffene i innsjøer og vassdrag som ligger i myr- og skogområder. En direkte forbindelse mellom vannets farge og permanganatforbruk foreligger derfor vanligvis. Når forholdet

$$\frac{\text{KMnO}_4 \text{ mg/l}}{\text{mg Pt/l}}$$

klart overskrider 1, påviser dette som oftest mer eller mindre unormal belastning av ufargede, organiske stoffer (forurensing).

En vannforekomst tilføres organisk substans på to måter, dels ved planktonets og andre levende vannorganismers omsetning av plantenæringsstoffer samt ved nedbrytning av levende organismer, og dels fra nedbørfeltet ved tilførsel av diverse organisk materiale så som humus, løv m.m.

I naturen foreligger den frie organiske substans først og fremst i løst og kolloidal form. En kjenner lite til det organiske materialets betydning for organismelivet, organismenes stoffomsetning og produksjonskapasitet. Normalt finner en permanganatverdier fra 0 - 10 mg O/l i våre upåvirkede naturvann, med de høyeste verdiene i humusrike vannforekomster. Høye verdier tyder oftest på stor organisk belastning (forurensing) med medfølgende oksygenforbruk. Permanganatverdien har derfor betydning ved studier og kartlegging av forurensingsutslipp av organisk stoff fra industri, jordbruk og kommunalt avløpsvann. Drikke- og industrivann bør ikke ha verdier som overstiger 40 mg  $\text{KMnO}_4$ /l (dvs. ca. 10 mg O/l).

### Jern og mangan

Jern og mangan forekommer i naturvann, dels i oksydert, treverdig form (på det nærmeste uløselig), dels i redusert, toverdig form. Spesielt har jerninnholdet interesse fordi det påvirker viktige kjemiske oksidasjonsforløp. For eksempel har jern betydning for vannets innhold av fosfater, ved at treverdig jern binder frigjorte fosfationer i oksygenrikt miljø. Høyt jerninnhold virker skadelig på fisk og andre organismer, da jernflokker (jernhydroksyd) kan avsette seg på fiskens gjeller, f.eks. derved å kvele fisken. Dette opptrer spesielt der jernrikt og surt grunn- eller gruveavløpsvann kommer i kontakt med luft og på den måten oksyderes. Man mener derfor at jerninnholdet i vann som blir brukt ved oppdrett av fisk, ikke bør overstige 0,5 mg Fe/l. I drikkevann bør jern- og manganinnholdet til sammen ikke overstige 0,3 mg/l. Jern- og manganinnhold som overstiger 1 mg/l, er direkte giftig for et stort antall organismer.

I humusrikt vann er innholdet av totaljern som regel betydelig høyere enn i humusfattig vann; dette kan muligens komme av at ferrihydroksydet holdes i kolloidal løsning ved humuskolloidenes "beskyttelsesvirkning" eller ved kompleksdannelse med dem.



### Alkalitet

Ved å titrere med sterk syre kan vannets innhold av sterke anionbaser bestemmes. Alkaliteten i upåvirket ferskvann er identisk med karbonat-alkalitet og bestemmes vanligvis helt av karbonsyresystemet. Alkalitets-titreringer ved siden av pH-målinger er de analytiske utgangspunkter ved bestemmelse av karbonat - bikarbonat - karbonsyre - buffersystemet ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  og  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) og gir derfor informasjon om vannets bufferevne.

Ute i naturen finner man ofte høy alkalitet i hardt vann med høyt kalk-innhold. Slikt vann er ofte høyproduktivt med rik vekst og rikt dyreliv. Vann med høye alkalitetsverdier har høye pH-verdier og påvirkes i mindre grad av syreutslipp og sur nedbør enn vann med lav alkalitet.

Alkalitetsstudier er spesielt viktige når man har å gjøre med utslipp av sterke syrer eller baser. Ved forurensingssituasjoner der vannets innhold av ammonium er høyt, kan endog  $\text{NH}_3$  -  $\text{NH}_4^+$ -systemet påvirke alkaliteten. Planter utnytter som kjent  $\text{CO}_2$  ved sin assimilasjon og påvirker på denne måten karbonsyre-systemet. Alkalitetsstudier er derfor viktige ved produksjonsmålinger av alger og høyere vekster. Lav alkalitet finner man under naturlige betingelser i sure og saltfattige vann, og høy alkalitet i saltrike vann med høy pH, og da spesielt som nevnt i kalkrike vann.

### Næringssalter, nitrogen og fosfor

Næringssaltene eller minimumsstoffene som de også kalles, spiller en avgjørende rolle for en innsjøs eller et vassdrags biologiske balanse og stoffomsetning. Øking av næringssalttilførselen (ved forurensing) har derfor i mange av våre naturvann gitt betydelige gjødselseffekter (eutrofiering), først og fremst med planktonalgeoppblomstring (innsjøer) og igjengroing (grunne innsjøer, vassdrag) som resultat. Dette er effekter som fra menneskelig synspunkt blir sett på som lite ønskelig, da verdien av et vann som kilde for drikkevann, industrivann og rekreasjonsformål (bading, fiske) reduseres sterkt når slike tilstander opptrer. Derfor er det ved våre avløpsrenseanlegg nå aktuelt å satse på reduksjon av næringssalter. Dette er blitt en både betydningsfull og omdiskutert sak. Hittil har man av gode grunner ansett fosfortilførselen som den alvorligste gjødselsfaktor, og derfor i første rekke innrettet rensetiltakene deretter. Det

er først og fremst den sterkt økende algeproduksjonen som har medført de alvorligste ulemper (tilgrumsing og misfarging, lukt og smaksforringelse, tetting av filtre, biologiske ulemper, forgiftning, sterkt økt oksygenforbruk og nedbrytning av alger, forandrede lys- og næringsforhold for andre organismegrupper osv.).

Nitrogen og fosfor i naturvann er nært knyttet til de biologiske og kjemiske prosesser i vannet og slammet og opptre derved i et flertall fraksjoner (løst, bundet osv.) i sitt limnologiske kretsløp. Av spesiell interesse er de fraksjoner som er direkte assimilerbare for plantene, nemlig nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) og fosfat-fosfor ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ). Innholdet av disse er lavt i produksjonsperioden fordi de opptas av plantene, og høyt i nedbrytningsperioden, samt i de vannsjikt der konstant nedbrytning og mineralisering foregår, f.eks. i hypolimnion i de lagdelte innsjøer.

Ved å få kjennskap til innholdet av nitrat og fosfat-fosfor og til totalinnholdet av nitrogen og fosfor, får man derfor både teoretisk og praktisk verdifull informasjon om en innsjøs eller et vassdrags produksjonstilstand, produksjonskapasitet, påvirkning av forurensingsbelastning og dens følger.

Ved naturlige forhold regner en med at hoveddelen av det nitrogeninnhold som finnes i vannet, blir tilført og frigjort i vannmassen og bunnslammet ved nedbrytning av organisk substans som blir tilført fra nedbørområdet. Videre tilføres en betydelig mengde ved nedbøren og ved at enkelte alger (blågrønnalger) og bakterier direkte kan utnytte (forbruke) molekylært nitrogen ( $\text{N}_2$ ). 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. 1:25 mellom fosfor- og nitrogenmengden.

### Biologiske parametre

#### Planteplankton (phytoplankton)

Planteplanktonet som består av mikroskopiske planter (alger) fritt svevende i vannmassen, står ofte i vesentlig grad for innholdet av organisk stoff i våre innsjøer. De er derfor av fundamental betydning både når det gjelder nærings- og oksygenforholdene i vannforekomster. Mange plante-

planktonorganismer er også viktige indikatorer på et vanns næringsinnhold, saltinnhold, pH osv. Ved kvalitative og kvantitative undersøkelser av planteplanktonfloraen kan man derfor få verdifulle opplysninger om innsjøens tilstand, produksjonstatus og innhold av næringssalter. Særlig ved sekundære forurensingsproblemer er planteplanktonundersøkelsene nødvendige.

I en naturlig lavlandsinnsjø finner man en meget lav planteplanktonforekomst om vinteren når lysforholdene er dårlige. Om våren skjer en oppblomstring, først og fremst av små kiselalger (diatoméer), som om sommeren etterfølges av gulalger (chrysophycéer) og senere grønnalger (chlorophycéer). Om høsten (i sirkulasjonsperioden) kommer kiselalgene tilbake igjen og nå med større individer.

Når en innsjø belastes med næringssaltrikt utslipp (kommunalt avløpsvann), forskyves planktonfloraen mot grønn- og blågrønnalger (cyanophycéer) samtidig som algemengden øker kraftig. Ved ekstrem belastning domineres innsjøen av blågrønnalger.

#### Dyreplankton (zooplankton)

Dyreplanktonet består av to hovedgrupper organismer,- hjuldyr (rotatorier) og krepsdyr (crystacéer), som hovedsakelig oppholder seg i de frie vannmasser. Spesielt har krepsdyrene betydning for fiskens yngel- og ungdomsstadier og for flere fiskearter også for hele livet. Fiskefaunaen har derfor stor innvirkning på dyreplanktonets størrelse og forekomst. Det er således først og fremst ved fiskeribiologiske undersøkelser, når det gjelder å bedømme næringsgrunnlaget for fisk, at studiet av dyreplanktonfaunaen er viktig.

Her i landet er dyreplanktonfaunaen relativt ensartet, og noen utpregede indikatorarter i likhet med planteplanktonalgene finnes ikke. Ved kvantitative studier og studier av den kvalitative fordelingen av dyreplanktonet kan man allikevel få god informasjon om en innsjøes næringsforhold og tilstand. Studier av forholdet mellom plante- og dyreplankton gir videre god informasjon om en innsjøes næringsbalanse.

### 3.3 Diskusjon av de kjemiske analyseresultatene

Analyseresultatene er gjengitt i tabell 5 til tabell 9. I figur 13-18 er en del av analyseresultatene for de enkelte vassdragene framstilt grafisk. Det må understrekes meget sterkt at prøvene bare er stikkprøver, og at en må vise stor forsiktighet med å dra generelle slutninger om tilstanden i vassdragene på grunnlag av dette materiale. Denne fremstilling blir mer en beskrivelse av tilstanden i vassdragene på det tidspunkt prøvene ble tatt.

Det var stort sett liten vannføring i elvene under befaringene, og materialet er derfor ikke representativt for normalt tilstanden.

Det vil framgå av analyseskjemaene at det er til dels stor forskjell mellom verdier som er målt i felten og de som er funnet i laboratoriet. Dette gjelder spesielt pH-verdiene. Årsaken er til en viss grad måleuøyaktighet, men pH-verdien kan også forandres når prøven lagres.

Det er ønskelig at tilstanden i vassdragene i framtiden overvåkes ved en oppfølging av befaringene og prøvetakingene som bli gjort i forbindelse med denne rapporten.

#### VA 3 MANDALSVASSDRAGET

Analyseresultatene av prøver tatt 10/10-72 er gjengitt i tabell 5 og figur 13. Det ble tatt tre prøver i hovedvassdraget og to prøver i ~~side-~~vassdragene Finså og Høyeåna.

#### Hovedvassdraget

De tre prøvene ble tatt henholdsvis i Ørevatn (3.1), ved Bjelland (3.2) og ved utløpet av Mannflåvatn (3.3). Stedet hvor prøve 3.2 ble tatt, blir benyttet som badeplass. Under befaringen ble det observert fiskevak i elven på dette avsnitt.

Elektrolyttinnholdet i vassdraget er lavt; den spesifikke lednings-  
evnen var 16  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ved stasjon 3.1 og 17  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ved stasjon 3.3.  
Disse lave verdier har sammenheng med de geologiske og kvartærgeologiske forhold (gneisbergarter til dels dekket med morenegrus).

pH-verdiene er lave, pH 4,8 - 4.9. Dette har sammenheng med nedbør-kjemiske forhold og vannets dårlige bufferevne.

Farge og permanganattall varierer lite og ligger begge på et forholdsvis lavt nivå. Fargen er ca. 20 mg Pt/l og permanganattallet noe over 2 mg O/l.

Næringssaltinnholdet varierer lite og er lavt: total fosfor 5-6 µg P/l og total nitrogen ca. 250 µg N/l.

Konklusjon:

Analyseresultatene synes å tyde på at vannet i Mandalselva er lite påvirket av lokal forurensing. Vannet er bløtt og har en lav pH-verdi.

#### Finså og Høyeåna (sidevassdrag til Mandalselva)

Det ble tatt to prøver, 3.4 Finså ved Lauslandsmoen og 3.5 i Livatn i Højevassdraget.

I området der prøve 3.4 ble tatt er det en skole, noen få bolighus og en del dyrket mark. Ved stasjon 3.5, Livatn, er det en bensinstasjon og bilverksted, trevarefabrikk, butikk, ett nytt boligfelt på 20 boliger samt en del eldre bebyggelse. Fra boligfeltet går kloakken gjennom en slamavskiller før den ledes ut i Livatn. Det var en del begroing langs strendene i Livatn, spesielt ved utløpet.

Analyseresultatene (se tabell 5) viser at forholdene i de to vassdragene er nokså like. Både prøve 3.4 og 3.5 viser omtrent dobbel så stor spesi-  
fikk ledningsevne som i Mandalselva.

pH-verdiene ligger over 6 ( 6,6 i prøve 3.4 og 6,2 i prøve 3.5.). Alkaliteten er betydelig høyere enn i Mandalselva. Prøve 3.4 som har høyest pH har også den høyeste alkaliteten (0,79 ml N/10 HCl/l). Til sammenlikning var alkaliteten i prøve 3.3 (Manflåvatn) 0,03 ml N/10 HCl/l.

Farge og permanganattall er omtrent de samme i prøve 3.4 som i Mandalselva. Prøve 3.5 har atskillig høyere verdier, farge 51 mg Pt/l og

permanganattall 5,6 mg O/l. Prøve 3.5 har dessuten et forholdsvis høyt jerninnhold, 280 µg Fe/l mot under 100 µgFe/l i Mandalselva. Dette tyder på at humusinnholdet i vannet i Livatn er høyt. Dette må skyldes tilsig fra skog og myrområder. Livatn vil neppe uten rensing tilfredsstillende kravene til drikkevannskvalitet kjemisk sett.

Næringssaltinnholdet i Finså og Livatn er høyere enn i Mandalselva, 11 og 17 µg P/l og 465 og 280 µg N/l i h.h.v. prøve 3.4 og 3.5. Den forholdsvis høye verdien for fosfor i Livatn må antakelig ha sammenheng med utslipp fra bebyggelsen.

#### Konklusjon:

Vannet i Finså og i Høyeåna ved Livatn er mindre bløtt og har høyere pH-verdi enn Mandalselva. Vannet er humusholdig. Næringssaltinnholdet, særlig i Livatn, er forholdsvis høyt, noe som etter hvert kan føre til eutrofiutvikling (produksjon av alger). Vassdragene skulle gi gode vekstforhold for fisk. Vannene i området er da også gode fiskevann.

#### Hartmarkvassdraget

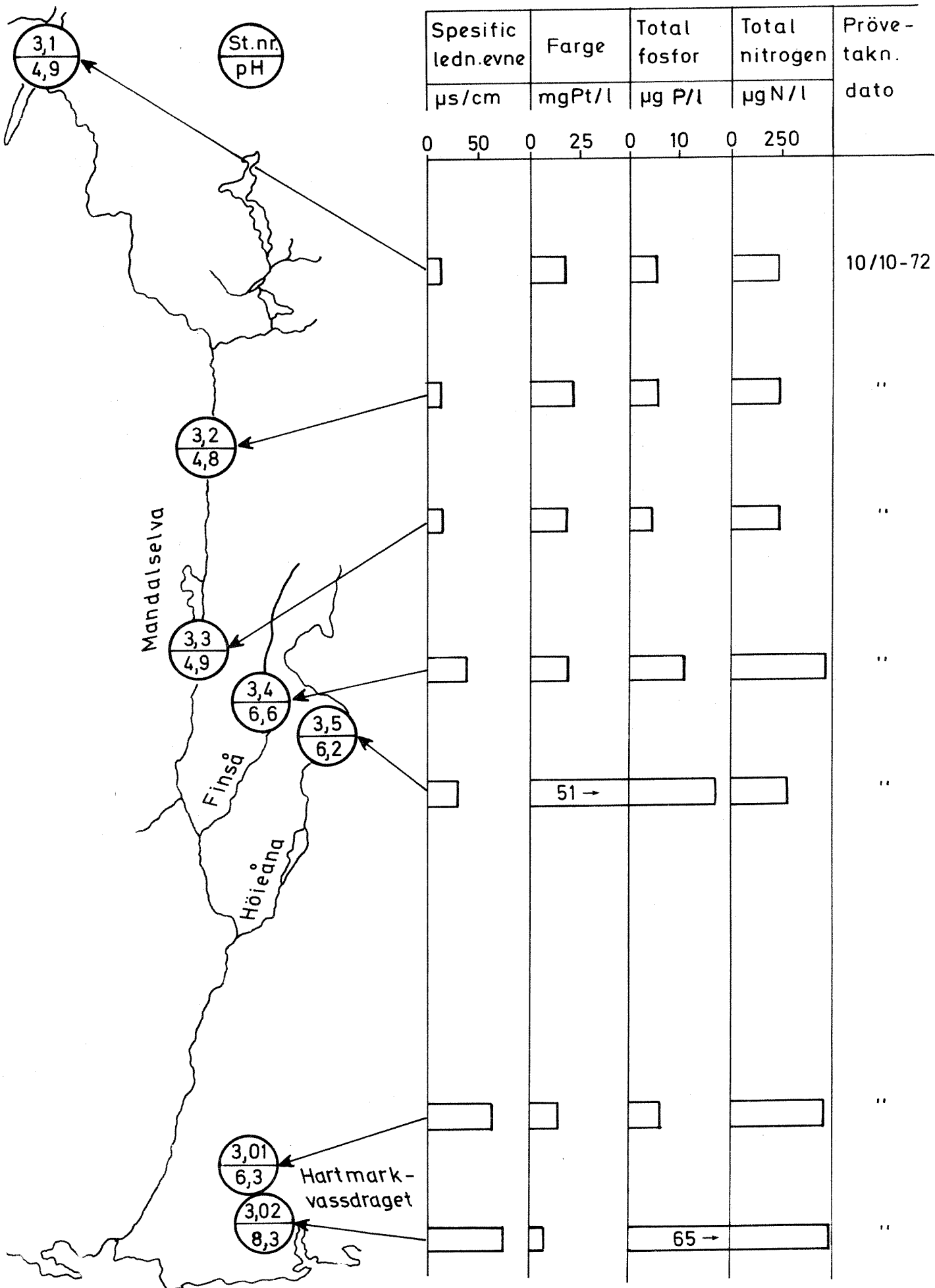
Analyseresultatene er gjengitt i tabell 5 og figur 13.

Hartmarkvassdraget er et mindre vassdrag som munner ut i sjøen i Hartmarkfjorden øst for Mandal. Det ble tatt to prøver, 3.01 ved utløpet av Skagestadvatn og 3.02 ved utløpet av Djubovatn like før vassdraget munner ut i Hartmarkfjorden. Det er et par campingplasser og en del bebyggelse i området, men forholdsvis lite jordbruk.

Vannet i vassdraget har høy spesifikk ledningsevne, 60-70 µS/cm, og relativt høy pH-verdi, 6,3 i prøve 3.01 og hele 8,3 i 3.02. Alkaliteten er også forholdsvis høy, ca. 0,8 ml N/10 HCl/l.

Fargen er lav, ca. 10 mg Pt/l. Permanganattallet er også lavt, ca. 2,5 mg O/l.

Fig. 13 Kjemiske analyseresultater, Mandalsvassdraget



Vassdrag	Mandalsvassdraget					Hartmarkvassdraget				
	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.01	3.02	10/10-1972	10/10-1972	3.02
Stasjonsnummer	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972
Prøvetakingsdato	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972
Feltmålinger										
Temperatur °C	11,1	10,3	10,4	8,3	10,0					
Spesifikk ledningsevne µS/cm	17,5		18,2	41,5	33,8					
Surhetsgrad pH	5,0		4,7	6,6	(5,0)					
Laboratoriemålinger										
Spesifikk ledningsevne µS/cm	16,0	16,3	17,4	38,6	30,2	61,0	74,0			
Surhetsgrad pH	4,88	4,81	4,93	6,57	6,21	6,30	8,30			
Farge ufiltrert mg Pt/l	19	22	19	19	51	13	6			
Permanganattall mg O/l	2,45	1,77	2,61	2,77	5,61	2,69	2,39			
Kalsium mg Ca/l	0,64	0,55	0,59	2,58	1,70	3,70	3,98			
Mangan µg Mg/l	0,20	0,18	0,19	0,67	0,57	1,17	1,37			
Natrium mg Na/l	0,85	0,81	0,89	3,38	2,45	6,5	7,6			
Kalium mg K/l	0,17	0,09	0,13	0,98	0,70	0,79	0,84			
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	2,6	2,4	2,8	4,2	5,1	8,4	7,4			
Klorid mg Cl/l	1,4	1,4	1,4	5,8	4,6	11,2	13,6			
Alkalitet (til pH 4,5) ml N/10 HCl/l	0,16	0,11	0,03	0,79	0,44	0,76	0,81			
Total fosfor µg P/l	6	6	5	11	17	6	65			
Total nitrogen µg N/l	250	245	245	465	280	445	480			
Nitrat µg N/l	100	110	110	280	10	210	250			
Jern µg Fe/l	90	60	70	100	280	40	20			



Det høye innholdet av natrium, klorid etc. må skyldes den korte avstanden til kysten.

Fosforinnholdet i Skagestadvatn er like lavt som i Mandalselva, mens nitrogeninnholdet er høyere. Ved utløpet av Djubovatn er fosforinnholdet svært høyt, 65 µg P/l. Dette, sammen med bl.a. den høye pH-verdien, kan tyde på en viss inntrengning av saltvann fra Hartmarkfjorden og eventuelle tilfeldige forurensinger.

Konklusjon:

Vannet i vassdraget er hardere enn det som er vanlig i landsdelen, og pH-verdien er høyere. Forurensningspåvirkningen er liten. Vannkvaliteter (høytinnhold av  $\text{Na}^+$  og  $\text{Cl}^-$  ioner) bærer preg av at nedbøren inneholder sjøvann.

#### VA 4 AUDEDALSVASSDRAGET

Analyseresultatene av prøver tatt 10/10-72 er gjengitt i tabell 6 og figur 14. Det ble tatt 5 prøver i hovedvassdraget og en prøve i Fosslandsvatn som drenerer til Audnedalselva like før utløpet.

#### Hovedvassdraget

De fem prøvene ble tatt i Grindheimsvatn (4.1), ved Øydna bro (4.2), ved utløpet av ytre Øydnavatn (4.3), ved Konsmo (4.4) og ved Fossmo (4.5).

Ved utløpet av Grindheimsvatn ble det ved befaringen sett fisk i elva. Ved Øydna bro var det gassutvikling fra bunnen av elva. Ved utløpet av nedre Øydnavatn var det sterk begroing i elveløpet.

Flere av sagbrukene i området kvittet seg med sagflis i vassdraget. Nedbrytning av det organiske materiale som sagflisen representerer medfører oksygenforbruk og utvikling av bl.a. metangass i elveløpet. Sagflis bør derfor deponeres på dertil egnede plasser på land, eller tas hånd om på annen måte. I området Audnedal stasjon - Konsmo er det relativt tett bebyggelse, og videre utbyggingsplaner foreligger. Avløpsvannet fra Audnedal sentrum går i dag via slamavskiller til vassdraget.

Vannkvaliteten i vassdraget var forholdsvis jevn. Den spesifikke ledningsevnen lå rundt 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , og pH lå i området 5,3 til 6,3. Begge disse parametrene har høyere verdier enn i Mandalselva. Det samme gjelder alkaliteten med verdier mellom 0,27 og 0,76 ml N/10 HCl/l. pH synker fra stasjon 4.1 til 4.2, stiger så en hel pH-enhet til 6,3 for så å falle jevnt til 5.5 ved 4.5. Alkaliteten har det samme forløpet.

Verdiene for farge og permanganattall er lave.

Også fosfor og nitrogeninnholdet var relativt lavt, omtrent som i Mandalselva. Fosforinnholdet er ca. 6  $\mu\text{g P}/\text{l}$  i hele vassdraget mens nitrogeninnholdet økte fra 180  $\mu\text{g N}/\text{l}$  ved stasjon 4.1 til 355 ved stasjon 4.5.

#### Konklusjon:

Vannet i Audnedalsvassdraget er noe mindre bløtt enn i Mandalselva, og det synes som om vassdraget har større evne til å nøytralisere sur nedbør enn Mandalselva. I øvre og midtre deler av vassdraget er vannet lokalt noe påvirket av utslipp fra sagbruk og bebyggelse. Vassdraget kan i tørrvårsperioder ha svært liten vannføring og er således en følsom resipient.

#### Fasselandsvatn

Det ble også tatt en prøve ved utløpet av Fasselandsvatn, stasjon 4.6. Verdiene for ledningsevne og pH var forholdsvis høye, h.h.v. 59  $\mu\text{S}/\text{cm}$  og 6,2.

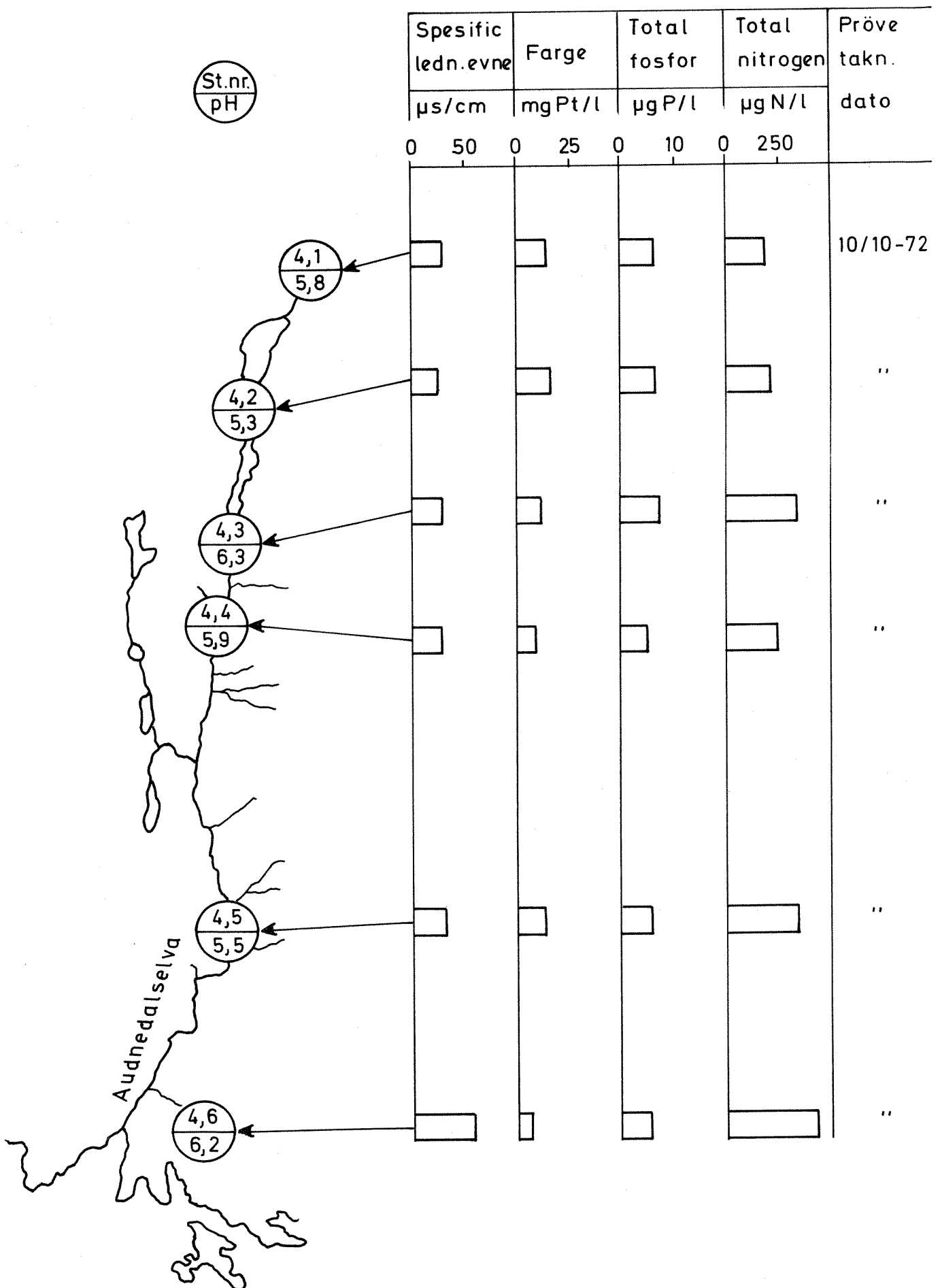
Farge- og permanganattallet var lavt, h.h.v. 7 mg Pt/l og 1,4 mg O/l.

Fosforinnholdet var omtrent som i hovedvassdraget, 6  $\mu\text{g P}/\text{l}$  mens nitrogeninnholdet var noe høyere, 445  $\mu\text{g N}/\text{l}$ .

#### Konklusjon:

Det er vanskelig å bedømme vannkvaliteten ut fra en enkeltprøve, men både elektrolyttinnhold, pH, innhold av organisk stoff og plantnæringsstoffer synes å tyde på at innsjøen i liten grad er påvirket av forurensninger.

Fig. 14 Kjemiske analyseresultater, Audnedalsvassdraget



Audnedalsvassdraget

Vassdrag	Audnedalsvassdraget						
Stasjonsnummer	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	
Prøvetakingsdato	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	10/10-1972	
<b>Feltmålinger</b>							
Temperatur °C	11,0		11,3				
Spesifikk ledningsevne µS/cm			30,2				
Surhetsgrad pH			6,6	5,6			
<b>Laboratoriemålinger</b>							
Spesifikk ledningsevne µS/cm	28,2	24,7	28,5	28,5	32,4	59,5	
Surhetsgrad pH	5,77	5,30	6,26	5,90	5,54	6,19	
Farge, ufiltrert mg Pt/l	13	16	11	9	13	7	
Permanganattall mg O/l	1,74	3,56	2,37	1,82	1,74	1,42	
Kalsium mg Ca/l	1,54	1,20	2,12	1,55	1,67	2,77	
Mangan µg Mg/l	0,49	0,41	0,47	0,46	0,54	1,16	
Natrium mg Na/l	2,41	2,08	2,42	2,50	3,22	7,3	
Kalium mg K/l	0,40	0,30	0,36	0,36	0,51	0,72	
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	4,8	4,2	4,1	4,3	4,6	7,7	
Klorid mg Cl/l	3,8	3,4	3,8	4,0	5,6	11,8	
Alkalitet (til pH 4,5) ml N/10 HCl/l	0,44	0,27	0,76	0,37	0,36	0,56	
Total fosfor µg P/l	6	6	7	5	6	6	
Total nitrogen µg N/l	180	205	330	245	355	445	
Nitrat µg N/l	70	70	80	130	216	180	
Jern µg Fe/l	50	70	40	30	100	36	

## VA 5 LYNGDALSVASSDRAGET

Analyseresultatene av prøver tatt 11/10-72 er gjengitt i tabell 7 og figur 15. Det ble tatt 3 prøver i hovedvassdraget samt en prøve i sideelva Møska. I tillegg ble den spesifikke ledningsevnen målt i to forskjellige dyp nær utløpet av elva.

### Hovedvassdraget

De tre prøvene ble tatt i Lygnevatn ved Tingvatn (5.1), ved Væmestad bro (5.2) og ved Presthølen bro (5.3). Prøven i Lygnevatn ble tatt i overflaten ved land. Det var her en del partikkeldrift langs vannoverflaten. Ved Presthølen bro var det sterk begroing i elva.

Analyseresultatene viser at vannprøvene tatt nederst i vassdraget, 5.2 og 5.3, er forholdsvis like. Disse prøvene gav verdier på 27-29  $\mu\text{S}/\text{cm}$  for spesifikk ledningsevne, pH varierer i området 6,0-6,4 og alkalitet varierer mellom 0,53-0,60 ml N/10 HCl/l. Disse verdiene er forholdsvis like verdiene for Audnedalsvassdraget, og forteller at vannet hadde en viss bufferevne og forholdsvis høy pH. Prøve 5.1 som er tatt i Lygnevatn var atskillig surere (pH = 4,9) og hadde svært lav alkalitet (0,04 ml N/10 HCl/l). Verdien for den spesifikke ledningsevnen var også noe lavere, 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

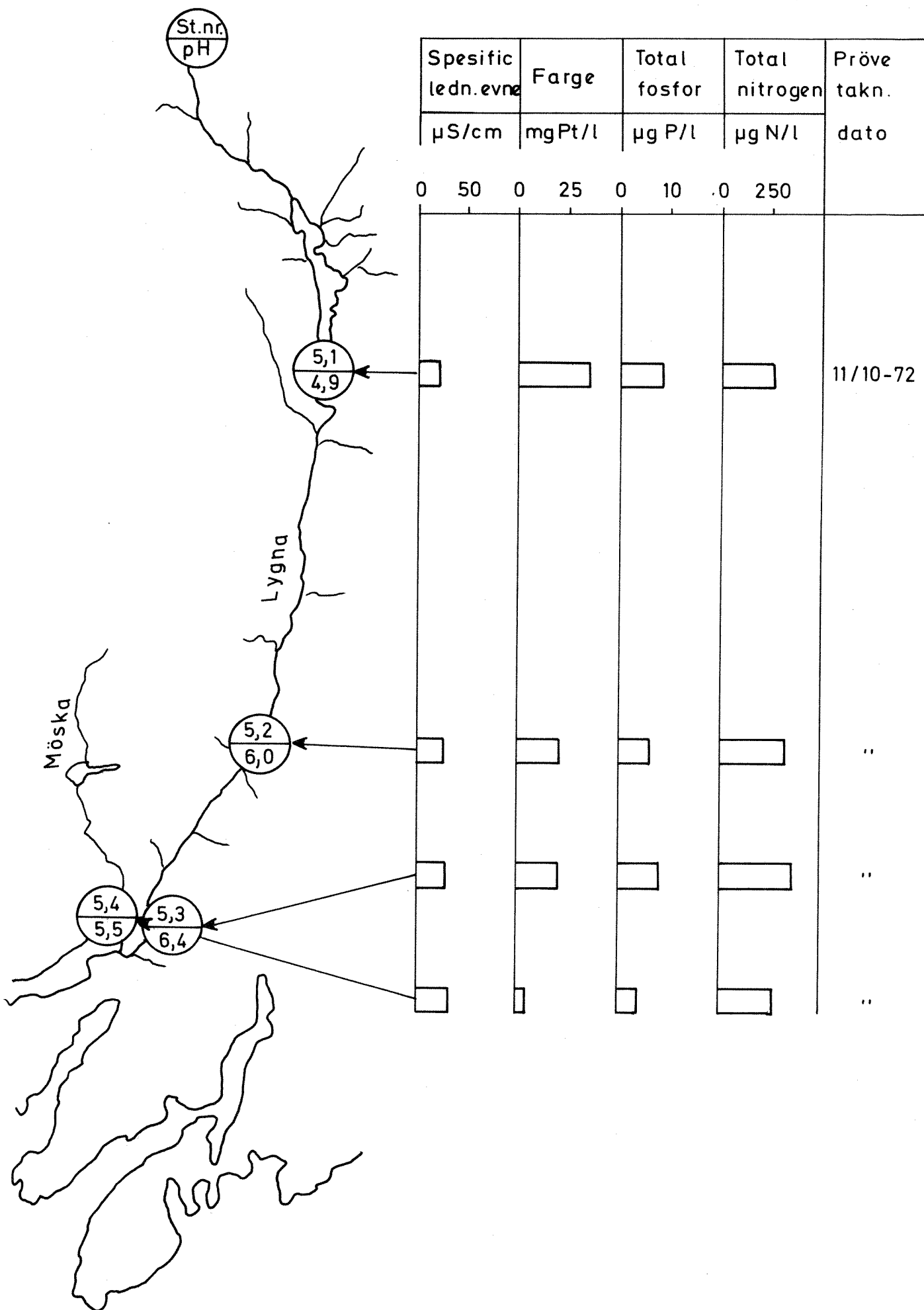
Når det gjelder farge og permanganattall viser imidlertid prøve 5.1 høyere verdier enn 5.2 og 5.3, men forskjellen er ikke så stor. Ved 5.1 er fargetallet 36 mg Pt/l. Dette er et høyt tall med tanke på vannforsyning. Jerninnholdet i 5.1 er forholdsvis høyt, 90  $\mu\text{g}$  Fe/l, det kan tyde på at vannet inneholder en del humusstoffer. Dessuten var det en del sagflis som fløt i overflaten der prøven ble tatt. Vannkvaliteten i Lygnevatn varierer imidlertid med dypet. Vannkvaliteten i en innsjø kan ofte være atskillig bedre 10-20 meter under overflaten enn i overflaten.

Næringssaltinnholdet var omtrent det samme i de tre prøvene, fosforinnholdet er 6  $\mu\text{g}$  P/l i 5.1 og 5.3 og 6  $\mu\text{g}$  P/l i 5.2 Nitrogeninnholdet øker fra 250  $\mu\text{g}$  N/l ved 5.1 til 350  $\mu\text{g}$  N/l ved 5.3.

### Konklusjon:

Analysene viser at vannet i Lygnevatn på den tid prøvene ble tatt var surt og hadde lavt innhold av elektrolytter. Lenger ned i vassdraget

Fig. 15 Kjemiske analyseresultater, Lyngdalsvassdraget



Vassdrag	Lyngdalsvassdraget					Sævelandsvatn		Prestvatn	
	Stasjonsnummer	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.01	5.02	
Prøvetakingsdato	11/10-1972	11/10-1972	11/10-1972	11/10-1972	11/10-1972	11/10-1972	11/10-1972	11/10-1972	
Feltmålinger									
Temperatur °C	10,6		10,1	10,8	10,5				
Spesifikk ledningsevne µS/cm	21,8		47,5	39,5	1800 overfl. 28000 dypet				
Surhetsgrad pH	4,9		6,45	4,6					
Laboratoriemålinger									
Spesifikk ledningsevne µS/cm	20,8	27,6	29,1	33,0	35,6		82,8		
Surhetsgrad pH	4,95	6,03	6,42	5,49	5,11		6,41		
Farge, ufiltrert mg Pt/l	36	21	21	9	13		10		
Permanganattall mg O/l	3,71	3,00	2,21	1,58	-		-		
Kalsium mg Ca/l	0,64	1,70	1,73	1,38	0,95		3,12		
Mangan µg Mg/l	0,25	0,41	0,44	0,44	0,57		1,84		
Natrium mg Na/l	1,35	2,30	2,53	2,78	3,53		9,7		
Kalium mg K/l	0,22	0,39	0,44	0,24	0,28		0,61		
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	2,7	3,7	3,7	4,1	4,5		6,5		
Klorid mg Cl/l	2,0	3,3	4,2	5,2	5,6		16,4		
Alkalitet (til pH 4,5) ml N/10 HCl/l	0,04	0,60	0,53	0,12	0,22		1,25		
Total fosfor µg P/l	8	6	8	4	4		6		
Total nitrogen µg N/l	250	315	350	260	320		275		
Nitrat µg N/l	70	100	100	90	100		76		
Ukjent				40	40		40	76	

var bufferevnen noe større og pH høyere. Vassdraget synes ikke å være alvorlig forurensingspåvirket bortsett fra lokalt like ved kloakkutslipp. Like før utløpet er forurensingspåvirkningen større. De høye verdiene som ble målt for spesifikk ledningsevne like før utløpet ved 5.5 må imidlertid først og fremst skyldes saltvannspåvirkning.

#### Møska

Prøven i Møska (5.4) ble tatt like før samløpet med hovedvassdraget. Den spesifikke ledningsevnen er noe høyere enn i hovedvassdraget, vel 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . pH ble målt til 4,6 i felten, men til 5,5 på laboratoriet, dvs. lavere verdier. Alkaliteten samt tallene for farge, permanganatforbruk og næringssaltinnhold var også lave.

#### Konklusjon:

Vassdraget er ubetydelig påvirket av forurensningsutslipp. Men pH-verdiene er lave, noe som kan få alvorlige konsekvenser for fiskebestanden.

#### Sævelandsvatn

Sævelandsvatn har tilløp fra Oppoftevatn. Prøven (5,01) ble tatt ved utløpet av Sævelandsvatn. Det er litt bebyggelse langs vannet. Analyseresultatene fremgår av tabell 7 og figur 16.

Analyseresultatene er svært like de som ble funnet for Møska, prøve 5.4. Det er naturlig idet de to nedbørfeltene grenser til hverandre. Spesifikk ledningsevne, pH og alkalitet viser lave verdier, h.h.v. 35  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 5,1 og 0,22 ml N/10 HCl/l.

Vannets innhold av fargekomponenter (13  $\mu\text{g Pt}/\text{l}$ ) samt av næringsalter, 4  $\mu\text{g P}/\text{l}$  (fosfor) og 320  $\mu\text{g N}/\text{l}$  (nitrogen) var lave.

#### Konklusjon:

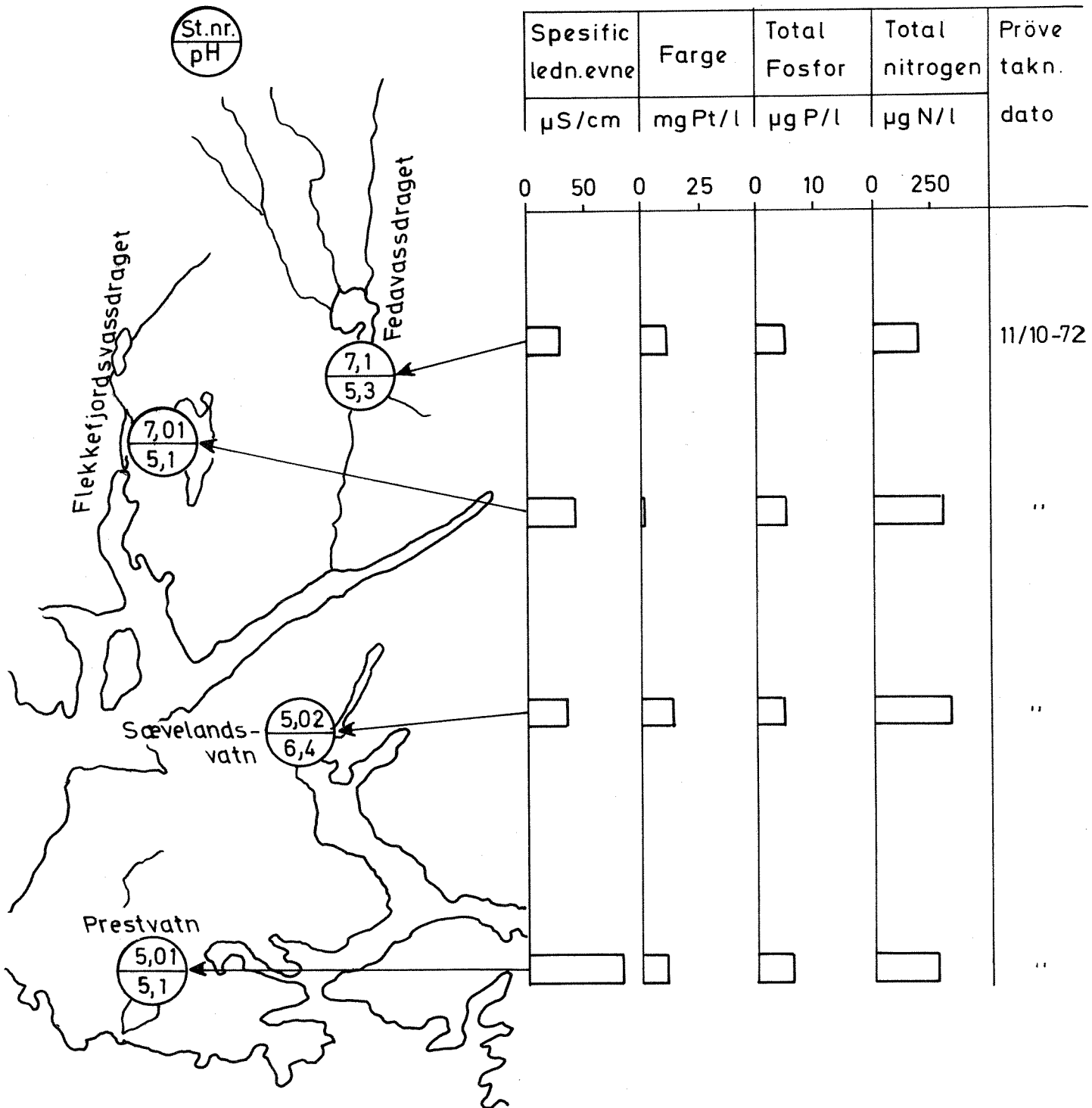
Vannet i Sævelandsvatn har lavt elektrolyttinnhold, lav pH og er i liten grad påvirket av organisk materiale og næringsalter.

#### Prestvatn

Prestvatn ligger like ved Vanse sentrum. Det er en god del bebyggelse rundt vannet. Prøven ble tatt ved utløpet av vannet. Analyseresultatene fremgår av tabell 7 og figur 16.



Fig. 16 Kjemiske analyseresultater, Feda-, og Flekkefjords - vassdraget, Prestvatn og Sævelandsvatn



Analyseresultatene viser at vannet i Prestvann har relativt høy pH- verdi (6,4), ledningsevne (82  $\mu$ S/cm) og alkalitet (1,25 ml N/10 HCl). Innholdet av klorid, natrium etc. er relativt høyt. Dette kan ha sammenheng med den korte avstanden til kysten. Fargen var imidlertid lav, 10 mg Pt/l. Næringssaltinnholdet var omtrent som verdiene i Lyngdalsvassdraget.

Konklusjon:

Vannet i Prestvann har relativ høy pH, og el. ledningsevne. Selv om det ikke fremgår av analyseresultatene, tyder den høyere vegetasjonen langs strendene på at vannet er betydelig eutrofiert.

#### VA 6 KVINAVASSDRAGET

Analyseresultater av prøver tatt 11/10-72 og 28/6-73 er gjengitt i tabell 8 og figur 17. Det ble tatt 3 prøver i hovedvassdraget, to prøver i sidevassdrag i Kvinlog-området og en prøve i Litleåna.

#### Hovedvassdraget

Det ble tatt en prøve 11/10-72, (6.4) ved nedre Kvinlog. 28/6-73 ble det tatt prøve ved øvre Kvinlog (6.3) og ved Hamre (6.5) like ovenfor Liknes. Prøven som ble tatt i Sløåna (6.1) 11/10-72 er også vurdert i dette avsnittet.

Sløåna bar preg av forurensingsbegroing på prøvetakingsstedet. Ved 6.4 var vannet grønnfarget under befaringen 11/10-72. Ved 6.3 hadde vannet 28/6-73 et "rent" utseende, subjektivt bedømt, og det vokste en del grønnalger over vannstanden.

Analyseresultatene viser at vannet var mindre surt ved den første befaringen enn ved den andre. Prøvene tatt 11/10-72 viser pH-verdier på ca. 5,4, mens prøvene tatt 28/6-73 viser pH-verdier på ca. 5,0.

Ledningsevnen er lav, ca. 20  $\mu$ S/cm. Alkaliteten er også forholdsvis lav, ca. 0,3 ml N/10 HCl/l for prøvene tatt 11/10-72 og ca. 0,5 ml N/10 HCl/l for prøvene tatt 28/6-73. Kvina fører fortsatt slam fra den nedlagte gruvevirksomheten på Knaben.

Fargetallet ved stasjon 6.4 var forholdsvis høyt, ved den første befaringen, 40 mg Pt/l. Permanganattallet var lavt, ca. 2,0 mg O/l, bortsett fra Sløåna der det ligger på 3,4 mg O/l.

Fosforinnholdet i Sløåna var også noe høyere (10 µg P/l) enn på de øvrige stasjoner, fra 4 til 7 µg P/l. Nitrogeninnholdet varierte fra 150 til 260 µg N/l.

#### Konklusjon:

Vannet i Sløåna bærer preg av å være tilført forurensinger slik det også ble observert ved befaringen. Vannet i hovedelven var stort sett av bra kvalitet. Vannkvaliteten varierer antakelig med slamdriften i elven fra Knaben Gruver.

#### Littleåna

(Prøve 6.6). Vannet i Littleåna har omtrent samme kvalitet som i hovedvassdraget, bortsett fra at alkaliteten er noe høyere. pH-verdien var bare ubetydelig høyere enn i hovedvassdraget.

#### Kråkelandsvatn

Prøven (6.2) ble tatt ved utløpet av vannet. Rundt vannet ligger det ca. 60 hytter og et turistanlegg. Det er snauffjell med litt myr og skog i området. Det var under befaringen sterk begroing av brune, fastsittende alger ved utløpet.

Analyseresultatene viser at vannet er surt, pH er ca. 4,7. Lednings-  
evnen og alkaliteten er omtrent som ellers i Kvinavassdraget.

Fargen er lav, 15 mg Pt/l, permanganattallet ligger også forholdsvis lavt 1,5 mg O/l. Næringssaltinnholdet er lavt, 4 µg P/l (fosfor) og 160 µg N/l (nitrogen).

#### Konklusjon:

Eventuell forurensing fra hyttene og turistanlegget rundt vannet kan ikke påvises i de kjemiske analyseresultatene. Derimot tyder den sterke begroingen ved utløpet på at vannet er relativt rikt på næringsalter. Analyseresultatene viser at pH i vannet er lav, noe som kan få alvorlige konsekvenser for fiskebestanden.



Tabell 3. Kjemiske analyseresultater, Kvina-, Feda-, og Flekkefjordsvassdraget.

Vassdrag	Kvina svassdraget						Feda svassdraget				Flekkfjordsvassdr.	
	6.1	6.4	6.6	6.2	6.3	6.5	7.1	7.1	7.1	7.1	7.01	
Stasjonsnummer	10/10-1972	11/10-1972	11/10-1972	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	11/10-1972	11/10-1972	11/10-1972
Prøvetakingsdato	10/10-1972	11/10-1972	11/10-1972	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	11/10-1972	11/10-1972	11/10-1972
Feltmålinger												
Temperatur		8,8								11,0		12,1
Spesifikk ledningsevne		16,2								30,8		43,1
Surhetsgrad		5,5		4,60	4,85					5,25		5,0
Laboratoriemålinger												
Spesifikk ledningsevne	24,5	17,2	30,5	30,9	23,2	24,5				30,5		42,0
Surhetsgrad		5,37	5,36	4,71	4,96	5,15				5,29		5,11
Farge, ufiltrert	32	39	27	15	31	31				11		1
Permanganattall	3,40	1,50	2,84	1,54	1,94	2,57				1,66		0,40
Kalsium	1,01	0,88	1,94	0,72	0,98	1,03				1,08		1,07
Mangan	0,37	0,21	0,47	0,44	0,30	0,39				0,51		0,69
Natrium	2,12	1,13	2,55	2,78	1,96	2,46				3,10		4,71
Kalium	0,35	0,23	0,47	0,17	0,20	0,27				0,35		0,42
Sulfat	3,2	2,6	4,1	3,27	3,03	3,15				4,2		6,0
Klorid	3,8	1,8	3,8	5,0	3,4	4,2				5,0		7,6
Alkalitet (til PH 4,5)	0,33	0,23	0,64	0,48/1,47	0,52/1,40	0,46/1,57				2,02		0,30
Total fosfor	10	7	8	4	4	7				5		5
Total nitrogen	150	260	290	160	165	195				195		290
Nitrat	<10	120	140	40	<10	30				90		170
Jern	80	70	100	50	60	110				40		20

#### VA 7 FEDAVASSDRAGET

Prøven ble tatt ved utløpet av Kumlevollvatn. Analyseresultatene, se tabell 8 og figur 16, viser pH-verdi på 5,3. Selv om pH-verdien er forholdsvis lav er alkaliteten høy, over 2 ml N/10 HCL/l. Ledningsevnen er derimot lav, 30  $\mu$ S/cm.

Både farge og permanganattall viser lave verdier, h.h.v. 11 mg Pt/l og 1,6 mg O/l.

Næringssaltinnholdet er også lavt, fosforinnholdet er 5  $\mu$ g P/l og nitrogeninnholdet 195  $\mu$ g N/l.

Konklusjon:

Prøven viser at vannet er klart og næringsfattig. Den elektrolytiske ledningsevne var forholdsvis høy, men pH var lav.

#### Flekkefjordvassdraget

Prøven i Flekkefjordvassdraget ble tatt ved utløpet av Selura, se analyseresultatene i tabell 8 og figur 16. Selura er lite belastet med kloakkutslipp.

Prøven viser at pH ligger på 5,1, mens ledningsevnen er 42  $\mu$ S/cm og alkaliteten 0,30 ml N/10 HCl/l. Vannet er altså surt, og har relativt lav ledningsevne og alkalitet.

Fargen var lav (1 mg Pt/l), det samme gjelder permanganattallet (0,4 mg O/l).

Næringssaltinnholdet er lavt, fosforinnholdet det samme som i Kumlevollsvatn (5  $\mu$ g P/l) og nitrogeninnholdet noe høyere (170  $\mu$ g N/l).

Konklusjon:

Vannet i Selura er svært klart og rent og egnet til drikkevann kjemisk sett. Vannet er imidlertid noe surt og har lav bufferkapasitet.

#### VA 7 FEDAVASSDRAGET

Prøven ble tatt ved utløpet av Kumlevollvatn. Analyseresultatene, se tabell 8 og figur 16, viser pH-verdi på 5,3. Selv om pH-verdien er forholdsvis lav er alkaliteten høy, over 2 ml N/10 HCL/l. Ledningsevnen er derimot lav, 30  $\mu$ S/cm.

Både farge og permanganattall viser lave verdier, h.h.v. 11 mg Pt/l og 1,6 mg O/l.

Næringssaltinnholdet er også lavt, fosforinnholdet er 5  $\mu$ g P/l og nitrogeninnholdet 195  $\mu$ g N/l.

#### Konklusjon:

Prøven viser at vannet er klart og næringsfattig. Den elektrolytiske ledningsevne var forholdsvis høy, men pH var lav.

#### Flekkefjordvassdraget

Prøven i Flekkefjordvassdraget ble tatt ved utløpet av Selura, se analyseresultatene i tabell 8 og figur 16. Selura er lite belastet med kloakkutslipp.

Prøven viser at pH ligger på 5,1, mens ledningsevnen er 42  $\mu$ S/cm og alkaliteten 0,30 ml N/10 HCl/l. Vannet er altså surt, og har relativt lav ledningsevne og alkalitet.

Fargen var lav (1 mg Pt/l), det samme gjelder permanganattallet (0,4 mg O/l).

Næringssaltinnholdet er lavt, fosforinnholdet det samme som i Kumlevollsvatn (5  $\mu$ g P/l) og nitrogeninnholdet noe høyere (170  $\mu$ g N/l).

#### Konklusjon:

Vannet i Selura er svært klart og rent og egnet til drikkevann kjemisk sett. Vannet er imidlertid noe surt og har lav bufferkapasitet.

## VA 8 SIRAVASSDRAGET

Alle prøvene i vassdraget ble tatt 28/6-73. Analyseresultatene er vist i tabell 9 og figur 18. Det er valgt å kommentere analyseresultatene i tre avsnitt: Sira ovenfor Tonstad, Moisåna og Sira mellom Sira og Åna-Sira.

### Sira ovenfor Tonstad

I dette området ble det tatt prøver i utløpet av Sinnesvatn (8.1), i Sira ved Tjørnhom (8.2) i bekk fra Raudåvatn (8.3) ved Linland (8.4) og ved Tonstad skole (8.5).

I nedlagsfeltet til Sinnesvatn er det en mengde hytter, ett hotell og noen fastboende. Det er lite jordbruk. Ved 8.3 er det også en del hytter. Ved Linland er det en campingplass.

Vannføringen i Sira ovenfor Tonstad var som tidligere nevnt svært stor den 28/6-73. Det gjør at analyseresultatene ikke er representative for den vanlige situasjonen i denne del av vassdraget.

Temperaturen i Sinnesvatn var hele 19 °C, mens den i hovedvassdraget var lavere, 12 °C ved Linland.

pH-verdiene målt i felten samsvarer for enkelte stasjoner dårlig med de som ble målt i laboratoriet. Feltmålingene antas å være de mest pålitelige. Disse viser at pH ligger i underkant av 5,0 ved tre av stasjonene, mens de to andre stasjonene viser noe høyere verdier. Ledningsevnen er svært lav, 15-17 µS/cm. Alkaliteten ligger i området 0,41 til 0,66 ml N/10 HCl/l.

Farge- og permanganattallene var også lave, h.h.v. 12-23 mg Pt/l og 0,4-1,6 mg O/l. Sinnesvatn hadde de høyeste verdiene.

Fosforinnholdet var høyest i Sinnesvatn (7 µg P/l) og i bekken fra Raudåvatn (8 µg P/l). I Sira er fosforinnholdet 3 µg P/l. Nitrogeninnholdet er fra 90 µg N/l i Sinnesvatn til 180 µg N/l i bekken fra Raudåvatn.



Konklusjon:

Analyseresultatene viser at vannet i Sira ovenfor Tonstad er surt og har lav bufferkapasitet. Vannet syntes å være like påvirket av forurensinger.

Moisåna

Det ble tatt prøver ved utløpet av Rusdalsvatn (8.6), ved Eik (8.7), ved utløpet av Hovsvatn (8.8) og ved Moi (8.9).

Det er mye jordbruk i området. Ved Eik observerte vi en grøft som var fullstendig gjengrodd p.g.a. siloutslipp. Ved Moi går flere kloakker ut i vassdraget. Disse munner til dels ut over vannstanden i elva, og gir uestetiske forhold rundt utløpet. Temperaturen var høy, 19 °C på alle stasjoner.

pH-verdiene ligger lavt, under 5,0 for 8.6, 8.8 og 8.9. Ved 8.7 viser feltmålingene pH 5.7 og laboratorieanalysen pH 4,4.

Verdiene for den elektrolytiske ledningsevnen var i underkant av 30 µS/cm. Alkaliteten varierte, fra 0,37 til 0,52 ml N/10 HCl/l. Farge og permananattall var lave.

Fosforinnholdet var lavt - bortsett fra prøve 8.8, som har et fosforinnhold på 25 µg P/l. Denne høye verdien kan skyldes en tilfeldighet. Fosforinnholdet øker imidlertid noe nedover i vassdraget.

Konklusjon:

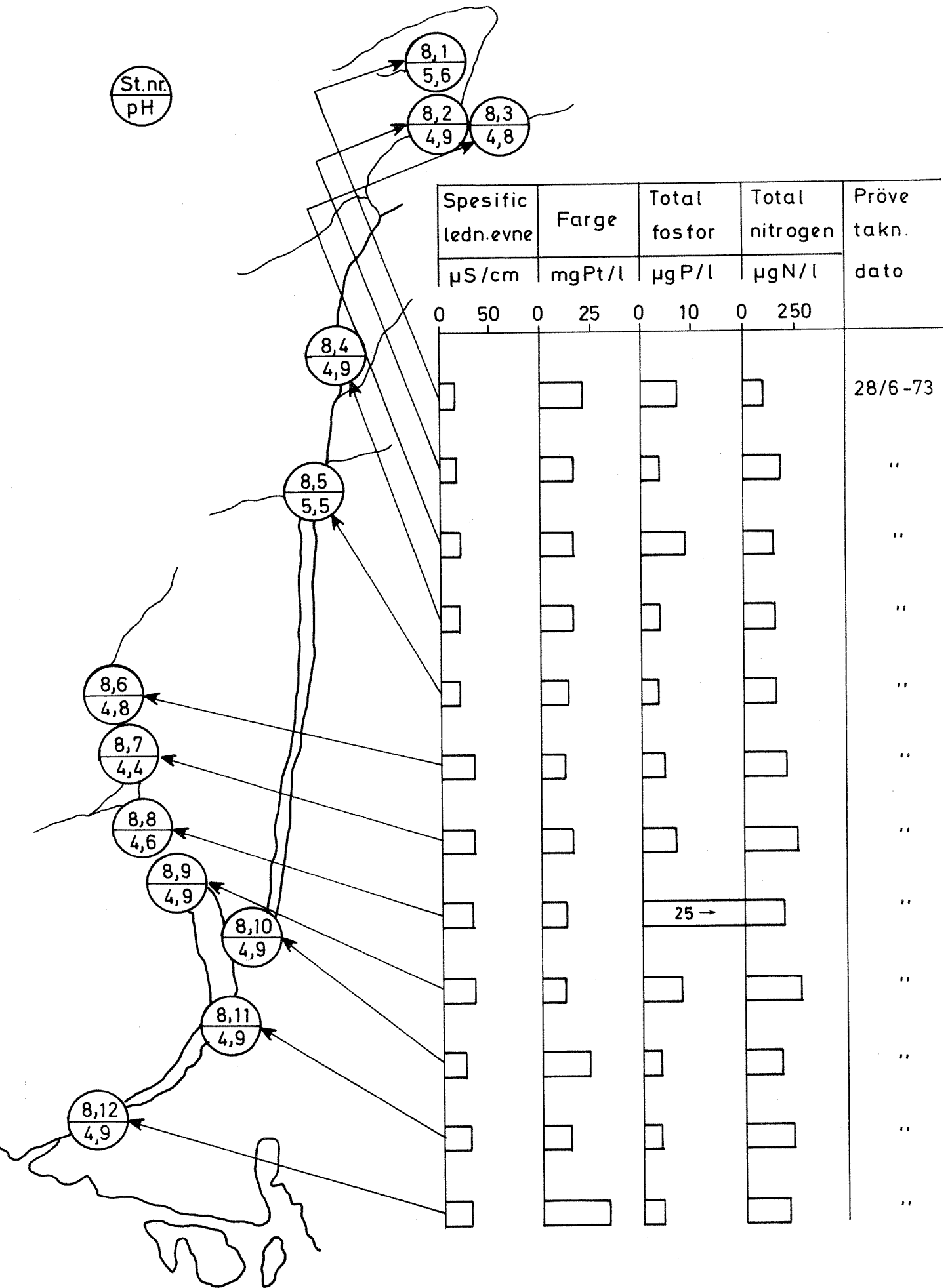
Det ble observert fisk i vassdraget. pH-verdien var imidlertid lav, noe som etter hvert kan virke inn på fiskebestanden. Vannet syntes kjemisk sett å være lite påvirket av forurensinger selv om jordbruk og befolkning hadde en markert påvirkning i vassdraget.

Sira mellom Sira og Åna-Sira

På denne strekningen ble det tatt prøver ved Sira (8.10), Flikkeid (8.11) og Åna-Sira (8.12).

Temperaturen var lav, ca. 8 °C, noe som antakelig skyldes reguleringene.

Fig. 18 Kjemiske analyseresultater, Siravassdraget



Vassdrag		Siravassdraget											
Stasjonsnummer		8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	8.10	8.11	8.12
Prøvetakingsdato		28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973	28/6-1973
Feltmålinger													
Temperatur	°C	19,0			12,0	19,0	19,0	19,0	19,0		8,0		8,5
Spesifikk ledningsevne	µS/cm	5,2	5,2	4,75	4,95	4,90	4,80	5,70	5,00		4,85		
Surhetsgrad	pH												
Laboratoriemålinger													
Spesifikk ledningsevne	µS/cm	14,9	15,2	17,3	15,9	16,1	28,2	28,4	29,0	30,0	20,1	23,4	24,5
Surhetsgrad	pH	5,61	4,89	4,90	5,54	4,78	4,38	4,58	4,93	4,93	4,86	4,95	4,90
Farge, ufiltrert	mg Pt/l	23	15	15	15	12	10	14	10	8	21	12	31
Permanganattall	mg O/l	1,62	0,43	1,51	0,51	0,75	0,99	1,22	1,07	0,99	1,22	0,67	2,57
Kalsium	mg Ca/l	0,56	0,46	0,50	0,47	0,46	0,85	0,99	1,11	0,96	0,64	0,76	1,03
Mangan	µg Mg/l	0,25	0,21	0,24	0,22	0,22	0,48	0,53	0,55	0,55	0,28	0,34	0,39
Natrium	mg Na/l	1,53	1,46	1,48	1,52	1,51	2,39	2,93	3,08	3,13	1,80	2,00	2,46
Kalium	mg K/l	0,17	0,14	0,12	0,12	0,12	0,12	0,23	0,55	0,27	0,15	0,21	0,27
Sulfat	mg SO <sub>4</sub> /l	2,45	< 2	2,47	< 2	< 2	3,72	3,15	4,45	3,15	2,25	2,45	3,15
Klorid	mg Cl/l	2,6	2,4	2,4	2,6	2,6	5,4	5,4	5,6	5,6	3,0	3,4	4,2
Alkalitet (til pH 4,5)	ml N/10 HCl/l	0,66/1,67	0,41/1,41	0,50/1,57	0,51/1,58	0,63/1,70	0,37/1,51	0,47/1,55	0,52/1,60	0,48/1,57	0,41/1,47	0,40/1,53	0,46/1,57
Total fosfor	µg P/l	7	3	8	3	3	4	6	25	7	3	3	7
Total nitrogen	µg N/l	90	180	160	155	165	205	255	180	260	185	220	195
Nitrat	µg N/l	40	80	50	90	80	100	150	60	150	100	130	30
Jern	µg Fe/l	40	20	30	30	30	10	20	30	30	30	20	110

Også her var pH-verdiene lave, ca. 4,9. Verdiene for ledningsevne og alkalitet var lave, omtrent som i Sira ovenfor Tonstad.

Også farge og permanganattall er lave, bortsett fra ved Åna-Sira, der verdiene er noe høyere. Næringsinnholdet var lavt.

Konklusjon:

Vannet i nedre deler av Sira har lav temperatur og pH. Vannet bar preg av å være lite påvirket av forurensinger.

### 3.4 Kommentarer til det biologiske materialet

Innenfor rammen av undersøkelsesopplegget var det bare anledning til å samle inn håvprøver (25 µm) av innsjøplanktonet fra broer eller i utløpene. Materialet er derfor mindre representativt og inneholder til dels organismer som ikke tilhører samfunnet i de frie vannmasser. En enkelt prøve utgjør heller ikke noe grunnlag for sammenlikninger eller kommentarer vedrørende tilstanden i de aktuelle vannforekomster. Materialet kan imidlertid gi en helt foreløpig orientering og i begrenset forstand tjene som referanse. Prøvene er oppbevart på instituttet.

Resultatene av analysearbeidet er stilt sammen i tabell 10.

Artenes mengdemessige forekomst i prøvene er gjort til gjenstand for en skjønsmessig vurdering der følgende skala er benyttet:

Dominerende	5
Hyppig	4
Vanlig	3
Sparsom	2
Sjelden	1
Forekommer	+

Et fellestrekk for majoriteten av prøvene er det fremtredende innslaget av chrysophycéer, og da særlig arter av slekten *Dinobryon*. Blant de egentlige plantep planktonformer er det ellers en hyppig opptreden av grønnalgen *Botryococcus braunii*, til dels også av diatoméene *Asterionella formosa* og *Tabellaria fenestrata*. Dette er organismer som alle er vanlige i norske innsjøer, men den tilsynelatende overvekten av chrysophycéer er noe spesiell. Når det gjelder dyreplanktonet,

Tabell 10. Håvplankton fra utløpet av diverse innsjøer i Vest-Agder 10/10-11/10 1972.

	10/10-72					11/10-72							
	3.1	3.3	3.5	3.01	3.02	4.3	5.1	5.4	5.01	5.02	6.3	7.1	7.01
	Ørevatn v/bro	Utløp Manfåvatn	Utløp Livvatn	Utløp Skagestadvatn	Utløp Bjubovatn	Utløp Øydnavatn	Utløp Lyngvatn	Utløp Skolandsvatn	Utløp Prestvatn	Utløp Sjøvelandsvatn	Kvina v/ Kvinlog	Utløp Kumløvollvatn	Utløp Selura
<b>CYANOPHYCEAE (BLÅGRØNNALGER)</b>													
<i>Arabaena flos-aquae</i>					1							1	
<i>Lynxbya</i> sp.					1		1					1	
<i>Merismopedia cf. glauca</i>													1
<i>tenuissima</i>													
<i>Oscillatoria</i> sp.				+									
Uidentifiserte trådformede blågrønnalger	+			1	1	+	1	1	1	1	+	2	1
<b>CHLOROPHYCEAE (GRØNNALGER)</b>													
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>					2			1					
<i>Botryococcus braunii</i>	1	1			3	3	1	3	1	2	2		
<i>Closterium</i> spp.	+				+				+				
<i>Cosmarium</i> spp.					+							+	
<i>Dichtyosphaerium pulchellum</i>													
<i>Euastrum</i> sp.				1			2			+			
<i>Microspora</i> sp.	1	2											
<i>Mougeotia</i> sp.	2	2		3	1	1	3	2	1	2	1	2	2
<i>Netrium</i> sp.	+	+											
<i>Penium</i> sp.		1			+			+					
<i>Quadrigula</i> sp.				1									
<i>Straurastrum</i> sp.	+				+								
<i>Straurodesmus</i> sp.													
<i>Ulothrix</i> spp.	+	1				1	1	1	1	1		1	
<i>Zygnema</i> sp.									3				
Uidentifiserte trådformede grønnalger								1		1			
<b>BACILLARIOPHYCEAE (DIATOMÉER)</b>													
<i>Achnanthes</i> spp.	1	1	1	2	1	+		1		1			1
<i>Asterionella formosa</i> Hass.	2	+	1	+						+			
<i>Cymbella</i> spp.					1								
<i>Eunotia gracilis</i>		1			+		1						
" spp.				1	1	1	1		+	+		1	
<i>Fragilaria</i> spp.				2					3	2		1	+
<i>Frustulia</i> sp.								+					
<i>Gomphonema acuminatum</i>				1									
" spp.							1						
<i>Melosira</i> sp.		+						+					+
<i>Pinnularia</i> sp.													
<i>Surirella</i> sp.													
<i>Stenopterobia intermedia</i>										+			
<i>Synedra acus</i> var. <i>angustissima</i>										1			+
" spp.				1	1					1			1
<i>Tabellaria binalis</i>	2				+		2	2	1	2	2		+
" <i>fenestrata</i>	3	3		1	2	2	2	2	2	3	2	1	1
" <i>flocculosa</i>	3	1		2	2	1			1	1	1		
Uidentifiserte pennate diatomeer													
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>													
<i>Betrichia chodati</i> (Chodat)		+					+						
<i>Dinobryon acuminatum</i>	1				+		1			+		1	
" <i>cylindricum</i>							1				2		
" <i>divergens</i>		1			1					3			
" <i>pediforme</i>										1			
" <i>sertularia</i> var. <i>protuberans</i>		3					2		2		4	3	2
" <i>sociale</i> var. <i>americanum</i>										1	1		
<i>Synura cf. bioreti</i>			5										
" sp.	1							1					
Uidentifiserte chrysophycé-flagellater		2	1	1		1	+		1		1		
<b>HETEROKONTAE</b>													
<i>Cryptomonas</i> sp.			2										
Uidentifiserte cryptomonader			+								1	2	
<b>DINOPHYCEAE (DINOFLAGELLATER)</b>													
<i>Peridinium cf. willei</i>								+	+	1	2		4
<b>CRUSTACEA (KREPSDYR)</b>													
<i>Bythotrephes longimanus</i>													1
<i>Cyclops cf. scutifer</i>	1				+		3		+			2	
<i>C. strenuus</i>	1												
<i>Cyclops</i> sp.		+											3
<i>Daphnia longispina</i>			+										
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>													
<i>Diantomus gracilis</i>	3			+			3			4		4	4
<i>Diantomus</i> sp.		+			+				+				
<i>Eubosmina longispina</i>	4	+		+	+		4	+	4	+	2	3	3
<i>Eucyclops macrurus</i>													
<i>Eurycercus lamellatus</i>													
<i>Heterocone saliens</i>					1								
<i>Holopedium gibberum</i>										3			2
<i>Mesocyclops cf. oithonoides</i>		+											
<b>ROTATORIA (HJULDYR)</b>													
<i>Conochilus cf. unicornis</i>											4		4
<i>Conochilus</i> sp.	+						+		+				
<i>Kellicottia longispina</i>		+		+	+		4		+	+		+	4
<i>Keratella cochlearis</i>				+									
<i>K. quadrata</i>													
<i>Polyarthra</i> sp.	+		+				4	+	+	+	+	+	4

fremgår det av tabellen at det til sammen er registrert et forholdsvis rikt utvalg av vanlig forekommende arter. En art av ordenen vannloppe - *Eubosmina longispina* er funnet i nesten alle innsjøene. Det samme gjelder hjuldyret *Kellicottia longispina*. Andre arter med betydelig forekomst er krepsdyrene *Cyclops* cf. *scutifer* og *Diaptomus gracilis*, foruten hjuldyr av slektene *Conochilus* og *Polyarthra*.

Materialet gir som nevnt spinkel hjemmel for kommentarer som vedrører de enkelte innsjøer. Et generelt inntrykk fra befaringen var at det dreiet seg om lite eller moderat produktive vannmasser. Unntak fra dette er f.eks. Prestvatnet, som i høyere grad enn de øvrige lokalitetene bærer preg av påvirkning fra omgivelsene. Det kan nevnes at vannet i den sydlige enden av Lygnevatnet var sterkt grumset av saggugg, som også til dels var avsatt langs strendene.

I den opprinnelige befaringsplan var Hanangervatnet på Lista inkludert. Herfra foreligger resultatene fra undersøkelser over 4 år av fysiske, kjemiske og biologiske forhold i forbindelse med uttak av kjølevann til Lista Aluminiumsverk. Hanangervatnet og det tilliggende Kråkenesvatnet kan karakteriseres som moderate eller lite produktive innsjøer som foreløpig ikke bærer noe preg av utnyttelsen for kjølevannsformål.

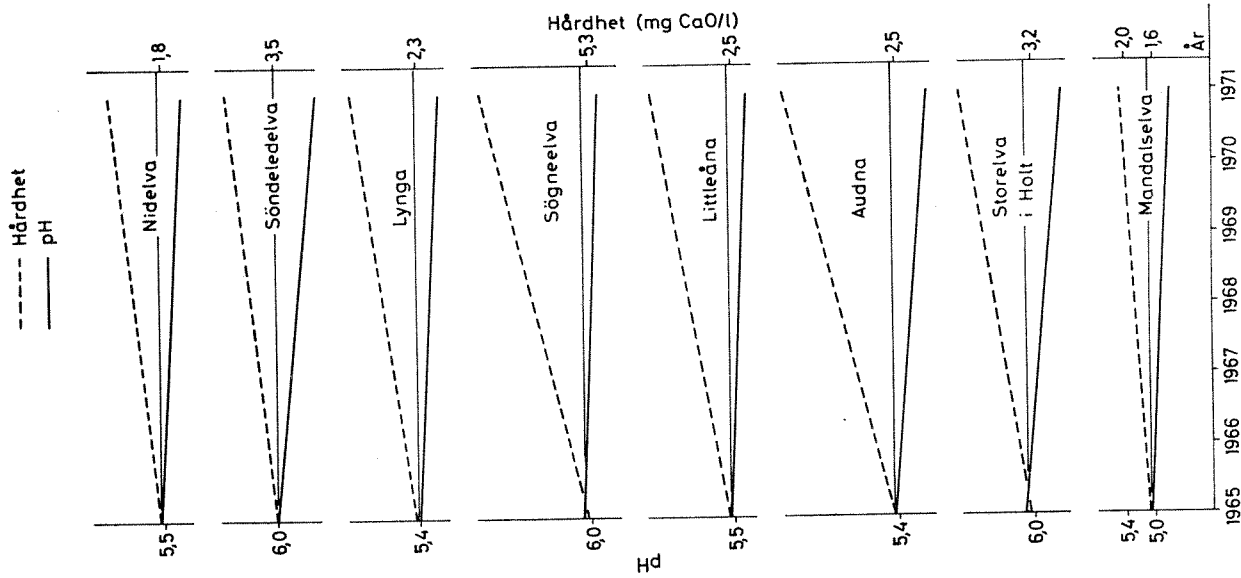
#### 4. DISKUSJON OG KONKLUSJONER

##### 4.1 Sammenlikning av analyseresultatene fra befaringene med andre målinger som er utført i området

Det har tidligere vært foretatt en rekke analyser av vannkvaliteten i vassdragene. Storparten av disse er foretatt av vitenskapelig konsulent Einar Snekvik, Inspektøren for ferskvannsfisket, Ås. I (7) er resultatene av pH-målinger i Sørlandselvene foretatt av Snekvik i perioden 1970-72 presentert, se tabell 11. Disse verdiene bygger på et stort datamateriale og skulle derfor være pålitelige. Snekviks datamateriale er bearbeidet statistisk av cand.real. Arne Henriksen ved NIVA (8), se figur 19. En tilsvarende bearbeiding av pH-målinger foretatt av Sira-Kvina kraftselskap er utført av cand.real. Pål Mellquist (9). I hovedtrekkene stemmer de to datamaterialene overens, selv om en del avvik forekommer. Det finnes også eldre data fra en NIVA-undersøkelse i Mandalsvassdraget (10).

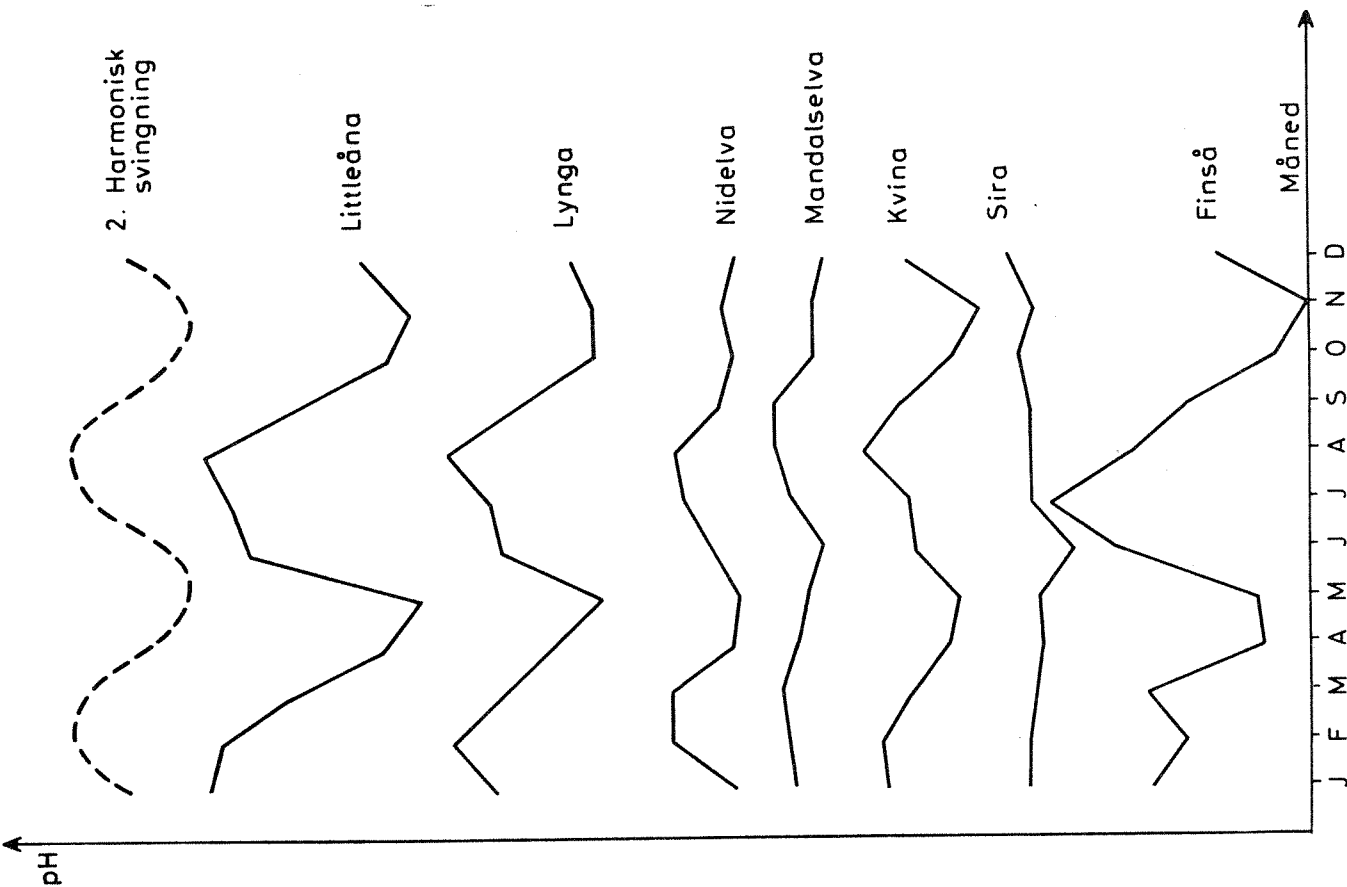
Tabell 11. Surhetsgrad (pH) for elver i det sydlige Norge  
(utdrag av tabell hentet fra (7))

År	Antall prøver	Elv	Intervall	Års-middel	Gruppering av årsmiddel (x) og av laveste pH (0/			
					<5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	>6,0
1970	23	Mandalselva	4,67-4,96	4,80	o-x			
1971	19		4,39-5,16	4,80	o-x			
1972	25		4,62-4,90	4,74	o-x			
1970	22	Finså, bi-	4,88-6,80	5,85	o		x	
1971	19	elv til	4,48-6,63	5,85	o		x	
1972	25	Mandalselva	4,75-6,78	5,81	o		x	
1970	19	Høyeelva,	4,83-5,64	5,22	o	x		
1971	19	bielv til	4,46-6,06	5,24	o	x		
1972	25	Mandalselva	4,84,5,62	5,03	o	x		
1970	24	Audna	4,78-5,50	5,00	o	x		
1971	11		4,47-5,36	4,99	o-x			
1972	12		4,66-5,12	4,97	o-x			
1970	29	Lygna	4,67-5,81	5,08	o	x		
1971	13		4,44-5,66	4,90	o-x			
1972	14		4,69-6,39	5,10	o	x		
1970	25	Kvina	4,72-6,53	5,26	o	x		
1971	17		4,39-5,64	4,98	o-x			
1970	25	Litleåna,	4,69-6,25	5,26	o	x		
1971	17	bielv til	4,44-6,50	5,27	o	x		
1972	18	Kvina	4,57-6,41	5,14	o	x		
1970	23	Feda	4,80-5,81	4,96	o-x			
1971	12		4,73-6,24	5,23	o	x		
1972	12		4,82-5,76	5,15	o	x		
1970	15	Sira	4,96-5,29	5,06	o	x		
1971	12		4,82-5,64	5,11	o	x		
1972	12		4,83-5,08	4,94	o-x			
1970	24	Moisåna	4,84-5,08	4,92	o-x			
1971	12		4,50-5,13	4,91	o-x			
1972	14		4,80-5,12	4,96	o-x			



Regresjonslinjer for pH og hårdhet i noen Sørlandselver for perioden 1965-70.

2. Harmonisk svingning



pH som funksjon av årstiden for noen Sørlandselver. Månedsmiddelværdier av pH for perioden 1965-70.

Fig. 19 Forsurning av Sørlandselvene (Diagrammer hentet fra (8))



Når det gjelder pH-målinger viser målingene foretatt i forbindelse med de to befaringene høyere pH-verdier enn gjennomsnittet av Snekviks målinger i perioden 1970-72. I Mandalsvassdraget er forskjellen ca. 0,1 pH-enhet i hovedvassdraget, men større i Finså og Høyeelva. Også i Audnedalsvassdraget er det forholdsvis stor forskjell. Det samme gjelder Lyngdals- og Kvinavassdraget, men her varierer NIVA's målinger en del. Også i Fedaelv og Sira ligger NIVA's verdier høyere enn Snekviks gjennomsnittstall, mens det motsatte er tilfelle i Moisåna. Ifølge Snekvik er pH-verdien i Sørlandselvene som regel relativt høy ved lavvannføring. Dette kan være forklaringen på avviket mellom NIVA's målinger og Snekviks gjennomsnittsverdier. At pH-verdiene i Moisåna lå under gjennomsnittet, kan muligens ha sammenheng med at det ble sluppet ut silosaft på den tiden befaringen ble foretatt.

Når det gjelder de øvrige analyseparametrene er det ikke mulig å påvise større avvik fra tidligere utførte målinger.

#### 4.2 Konklusjoner - vannforurensingssituasjonen i området

Som tidligere nevnt er det vanskelig å dra sikre konklusjoner uten å ha et bedre datamateriale. Følgende kan likevel sies:

Vassdragene i området sett under ett, er lite påvirket av forurensingen. En ser da bort fra forsureningen av vassdragene, som i følge figur 19, har tiltatt raskt i de senere år.

Spesielt i innlandet tilføres hovedvassdragene små forurensingsmengder i forhold til vannføringen. Ved elveutløpene tilføres det imidlertid relativt store forurensingsmengder.

Selv om utslippene i vassdragene gjennomgående ikke gir problemer for vassdragene som helhet, er det en del steder lokalt rundt utslippene uakseptable forhold.

Kraftverksreguleringene i området har endret forholdene i en del vassdrag totalt, f.eks. når det gjelder vannføring og temperatur. Nedre deler av Kvina og Sira på strekningen Tonstad - Dorgefoss er nå vesentlig mindre egnet som resipient enn før reguleringen. Det er mye som tyder på at minstevannføringen på disse strekningene burde tas opp til ny

vurdering. Befaringene kunne imidlertid ikke påvise at forholdene på disse strekningene var dårlige, I Sira hadde dette sammenheng med at vannføringen var høyere enn normalt.

På enkelte uregulerte vassdragsavsnitt er lavvannføringen også så liten at en økning av utslippene kan være uheldig. Eksempler på slike vassdragsavsnitt er Audnedalselva mellom Øydnavatn og samløpet med Trylandselva, nedre deler av Litleåna og Moisåna. I Moisåna kommer en stor del av belastningen fra siloutslipp. I Audnedalselva og Litleåna er der også en del utslipp fra bebyggelse.

Ved befaringen bar Slåna v/Kvinlog preg av å være tilført for store kloakkmengder i forhold til vannføringen. Det samme kan også gjelde en del andre mindre elver og bekker.

I både Audnedals- og Lyngdalsvassdraget og Moisåna blir det sluppet sagflis i vassdraget, noe som bør påtales.

Ved utbygging av større hytteområder ved mindre vannforekomster kan det være fare for lokale forurensingspåvirkninger. I Kråkelandsvatn kunne en slik påvirkning ikke påvises, men med mange hytter konsentrert rundt en innsjø med så lite avløp, bør en søke å hindre utslipp i selve innsjøen.

Kvina bærer fortsatt i perioder preg av forurensingen fra de nedlagte Knaben Gruver.

#### Oppfølging av undersøkelsene

For å få et bedre materiale om tilstanden i vassdragene samt å holde seg ajour med utviklingen i de enkelte vassdrag, anbefales det for fremtiden å foreta regelmessige målinger i vassdragene. Det bør søkes å engasjere lokale fagfolk i størst mulig utstrekning. Om ønskelig kan NIVA være behjelpelig med å utarbeide forslag til fremtidige undersøkelser og eventuelt delta i disse i den grad det finnes ønskelig.

## 5. FORURENSING AV VASSDRAG, FORVALTNING AV VANNRESSURSENE

### 5.1 Forurensing av vassdrag

Det er alminnelig anerkjent i dag at de mangeartede virksomheter innenfor et moderne samfunn medfører skader og ødeleggelse på vårt naturmiljø. Da vann brukes som resipient (mottaker) for de fleste avfallsstoffer, er denne naturressurs alvorlig utsatt for påvirkninger.

Vi kan dele forurensingsstoffene i følgende 6 hovedgrupper ut fra hvordan de virker på resipienten:

#### 1. Organiske stoffer

danner grobunn for bl.a. bakterier og sopp. Masseforekomst av disse organismene gjør vannet uestetisk i det bunnen dekkes av slimete begroing og vannet ofte inneholder store mengder trådformede partikler. I stilleflytende vassdrag kan organismenes oksygenforbruk forårsake oksygenunderskudd og utvikling av illeluktende gasser i vannet. De fleste norske elver har så god omrøring at oksygenvikt i vannmassene ikke er vanlig, men det kan forekomme i bunnslammet.

#### 2. Plantenæringsstoffer (gjødselstoffer)

fremmer plante- og algevekst. Mens forurensing av organiske stoffer først og fremst er et problem i elver og bekker, er innsjøer mest utsatt for tilførsel av store mengder næringsstoffer (fosfor, nitrogen m.fl.). Store mengder alger gir vannet et uestetisk utseende. Når planter og alger dør synker de til bunns og råtner. Forråtnelsesprosessen krever store oksygenmengder. Spesielt i vinterhalvåret når oksygentilførselen er liten p.g.a. isdekket, kan oksygeninnholdet, særlig i dypet, bli så lite at fisken dør hvis den ikke kan flykte til vann med høyere oksygeninnhold. Næringsstoffer kan bindes i bunnslammet for så siden å bli frigjort. Vi står altså her langt på vei overfor et irreversibelt problem - dersom forurensingsutviklingen i innsjøen når et visst stadium kan det ta svært lang tid før forholdene bedrer seg selv om forurensingstilførselen til innsjøen stoppes.

3. Giftstoffer

virker giftige på vannorganismer, deriblant fisk. De vanligste giftstoffer er biocidene (deriblant DDT), kvikksølv, bly og andre tungmetaller, radioaktive stoffer, syrer, baser, olje og andre giftige kjemikalier. Problemet med mange av giftstoffene er at de akkumuleres i levende organismer og at det er vanskelig å sette grenser for hva som er skadelig.

4. Sykdomsfremkallende bakterier og virus

kan finnes i vassdrag der det er utslipp av ekskrementer fra mennesker og dyr. Flere farlige sykdommer kan spres gjennom drikkevann, bl.a. kolera, dysenteri, poliomyelitt, gulsott og forskjellige tarmsykdommer.

5. Partikulært materiale

kan gi vannet et uestetisk utseende. Spesielt i leireområder kan utvasking av leire gjøre vannet grått og ugjennomsiktig.

6. Termisk forurensing

kan være kunstig oppvarming eller avkjøling av vannet. Utslipp av kjølevann fra atomkraftverk er i ferd med å bli ett problem. Her i landet har reguleringer ført til at temperaturforholdene i mange vassdrag har endret seg vesentlig.

De viktigste vannforurensingskildene er:

utslipp av kloakk fra bolig- og fritidsbebyggelse  
industriutslipp fra  
treforedlingsindustri, overflatebehandlende industri, kjemisk  
industri, gruveindustri, næringsmiddelindustri m.fl.  
forurensning fra jordbruket:  
utslipp fra siloer, gjødselkjellere og halmlutingsanlegg,  
avrenning fra dyrket mark.

Også fra skog, fjell og myrområder tilføres vassdragene stoffer som på en måte også kan betraktes som forurensinger.

## 5.2 Forvaltning av vannressursene

Tidligere var det hovedsakelig de naturlige forholdene som bestemte tilstanden i vannforekomstene. I den senere tid har imidlertid den menneskelige aktivitet endret de naturgitte forhold radikalt. Dette har ført til konflikter mellom ulike interesser som er knyttet til vannressursene, som:

- vannforsyning til husholdning, industri og jordbruk
- fiskeriinteresser
- rekreasjonsinteresser
- båttrafikk og fløting i vassdragene
- kraftutbygging
- vassdraget som resipient for avløpsvann.

Det er blitt nødvendig å betrakte rent vann som en ressurs, og planlegge hvordan vi ønsker at denne ressursen skal utnyttes. Som et ledd i dette arbeidet har vi i Norge fått en egen lov av 26. juni 1970 om vern mot vannforurensinger. I lovens formålsparagraf (paragraf 1) heter det:

"Denne lov har som formål å verne grunnvann, vassdrag og sjøområder mot forurensing samt å redusere eksisterende forurensing, særlig av hensyn til menneskers og dyrs helse og trivsel, vannforekomstenes anvendelse og et effektivt natur- og landskapsvern."

Myndighetene er i gang med å bygge opp organer som skal kontrollere at lovens bestemmelser blir fulgt i praksis. Om arbeidet med å redusere og hindre vannforurensing skal lykkes, er en likevel avhengig av at kommuner, bedrifter, ansatte og privatpersoner bidrar til å løse problemene.

På det kommunale plan er bygging av renseanlegg og sanering av gamle ledninger og utslipp viktige oppgaver. Det finnes en mengde utslipp som ledes ut i eller over vannoverflaten og derved er til stor sjenanse for omgivelsene. Disse må ledes ut på dypt vann og/eller tas inn på en avskjærende ledning. Det er også viktig at det føres et skikkelig tilsyn med renseanlegg og rørsystemer.

Også for bedrifter er det en sentral oppgave å redusere utslippene, dels gjennom interne tiltak i bedriften og dels gjennom renseanlegg for avløpsvannet. Store resultater kan ofte oppnåes ved enkle midler - f.eks. kan slagg, sagflis etc. deponeres på land i stedet for å bli sluppet ut i vassdragene. Det er også viktig at en ikke av ren skjødesløshet slipper ut i vannet olje, gifter etc. som skal tas hånd om på betryggende måte.

I jordbruket kan mye gjøres. Det er nå kommet forskrifter om siloutslipp, og dette problemet vil forhåpentligvis være eliminert i løpet av kort tid. Forurensing fra gjødselkjellere og fra gjødsel som spres på frosset mark kan langt på vei unngås dersom den enkelte gårdbruker sørger for at gjødselkjelleren er tett og lar være å spre gjødsel om vinteren.

Rent generelt kan den enkelte mann i betydelig grad minke forurensningspåvirkningen ved å vise mer omtanke og forståelse for sine omgivelser.

## 6. SAMMENDRAG

Det undersøkte området dekker alle større vassdrag i Vest-Agder fra Mandalselva og vestover samt enkelte mindre vassdrag langs kysten, se figur 1. Det ble foretatt to befaringer, en i oktober 1972 og en i juni 1973.

I kapittel 2 er det gitt en beskrivelse av vassdragene og de tilhørende nedbørfelt. Tabell 2 gir en oversikt over arealutnyttelse, bosettingsforhold og siloer i området. Jordbruksareal utgjør bare 1,5% av nedbørfeltarealene og produktivt skogareal ca. 15%. Hele 78% faller under kategorien "annet areal," som for det meste består av områder over tregrensen.

Befolkningen i nedbørfeltene er nærmere 23 000, som tilsvarer 3,4 pers./km<sup>2</sup>. Området er altså relativt tynt befolket.

Det finnes bare en del mindre industribedrifter langs vassdragene.

Bergartene i området er sure og harde, og det er lite løsavleininger. Vassdragene er derfor følsomme for påvirkning av sur nedbør.

Det er kystklima i de lavere deler av nedbørfeltene. En stor del av

nedbørfeltene ligger imidlertid i høyfjellet og har kaldere klima. Befaringene ble foretatt i tørrvårsperioder. Vannføringen i de fleste av elvene var derfor forholdsvis liten.

En del av elvene er imidlertid regulerte og har en jevnere vannføring. Reguleringene har imidlertid også ført til at enkelte strekninger, spesielt i Sira og Kvina, har svært liten vannføring. Kraftverksreguleringene er vist i figur 8 og 9.

I kapittel 3.2 er det tatt med en kort kommentar til de forskjellige parametre prøvene er analysert på. Sammen med kapittel 5 om forurensing av vassdrag og forvaltning av vannressurser, er dette ment som en generell orientering om forurensingsproblemer i vassdrag.

Under diskusjonen av analyseresultatene er det pekt på at analyseresultatene ikke beskriver den generelle tilstanden i vassdragene, men at de bare i noen grad viser tilstanden i vassdragene ved det tidspunktet befaringene ble foretatt.

De viktigste kjemiske analyseresultatene er fremstilt grafisk i figur 13-18. I alle vassdragene var vannet surt, pH-verdien var lav. Mandalsvassdraget og Siravassdraget viste gjennomgående de laveste pH-verdier (under pH 5) Også i de andre vassdragene ble det målt pH-verdier under 5, men her var det også en del målinger som viste høyere verdier. NIVA's målinger viser noe høyere pH-verdier enn middelverdien av en rekke målinger utført av Inspektøren for ferskvannsfisket (se figur 19). Det kan ha sammenheng med forholdene ved befaringene, årstidsvariasjoner o.l. Det er en generell tendens til at pH-verdiene i vassdragene på Sørlandet stadig blir lavere. Dette har ført til en stor nedgang i fiskebestanden mange steder.

Den spesifikke ledningsevnen, som er et uttrykk for saltinnholdet i vannet, er gjennomgående lav. Vassdragene med lavest pH-verdi har også den laveste ledningsevnen, til dels under 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . I de fleste vassdrag var verdiene i underkant av 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Fargetallet, som bl.a. antyder om vannet er brukbart som drikkevann, er også gjennomgående lavt, d.s.v. under 20 mg Pt/l. Kvinavassdraget

viser noe høyere verdier, dette kan muligens ha sammenheng med at elven er slamførende (slam fra de nedlagte Knaben Gruver). I Selura i Flekkefjordsvassdraget var fargetallet spesielt lavt, 1 mg Pt/l.

Næringssaltinnholdet i vannet, d.v.s. innholdet av fosfor og nitrogen, er lavt. Det er vanskelig å påvise utslipp av forurensinger i vassdragene ut fra analyseresultatene.

Enkelte av de mindre vassdragene som ble undersøkt avvok en del fra hovedvassdragene. Blant annet var pH-verdiene i Finså, Høyeåna, Hartmarkvassdraget og Prestvann til dels betydelig høyere.

Det biologiske materialet stadfestet inntrykket om at vassdragene er lite eller moderat produktive, d.v.s. de er relativt fattige på næringsstoffer. Unntak fra dette er Prestvatn på Lista som bærer preg av påvirkning fra omgivelsene. Vann fra Hanangervatn på Lista brukes som kjølevann ved Lista Aluminiumsverk. Dette har foreløpig ikke endret forholdene i vannet.

I konklusjonen i kapittel 4.2 er det pekt på at vassdragene gjennomgående er lite påvirket av forurensinger bortsett fra lokale påvirkninger rundt utslipp spesielt fra tettbebyggelsene langs kysten. Hovedvassdragene har stor vannføring i forhold til forurensingsmengdene som slippes ut i dem.

Kraftverksreguleringene har imidlertid ført til at vannføringen i bl.a. nedre deler av Kvina og Sira på strekningen Tonstad - Dorgefoss vanligvis er svært lav, og vassdragene her har dårlig evne til å ta imot forurensinger.

En bør trolig søke å unngå ytterligere utslipp i vassdrag med liten minstevannføring, f.eks. deler av Audnedalselva, Litleåna og Moisåna. Sløåna, en sideelv til Kvina, bar ved Kvinlog preg av å være tilført for store kloakkmengder i forhold til vannføringen. Det samme kan også gjelde en del andre mindre elver og bekker.

Enkelte sjenerende forhold er påpekt, så som utslipp av sagflis i vass-



dragene, slam i Kvina fra de nedlagte gruvene på Knaben, og at det forekommer utslipp fra fritidsbebyggelse til mindre vannforekomster som lett lar seg påvirke.

Behovet for videre undersøkelser der lokale fagfolk er engasjert i størst mulig grad er påpekt. NIVA kan bidra med hjelp til planlegging og gjennomføring av videre undersøkelser i den grad det er ønskelig.

LJA

31.10.1973