

OR-0204

VANNFORSYNING OG AVLØPSFORHOLD I ØSTLANDSFYLKENE

Utredning for Østlandskomiteén 1967

Rapport I

Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster

Del 3.

Mjøsa. Hurdalsjøen. Øyeren. Randsfjorden. Tyrifjorden. Norsjø.

Redigert

av

cand. real. Hans Holtan

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

UTREDNINGEN BESTÅR AV:

RAPPORT I. Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster.

Del 1. Generell oversikt over arbeidsopplegg og metodikk.

- » 2. Glåma.
- » » Gudbrandsdalslågen.
- » » Drammensvassdraget.
- « « Begnavassdraget.
- » » Hallingdalselva.
- » » Numedalslågen.
- » » Skiensvassdraget.
- » 3. Mjøsa. Hurdalsjøen. Øyeren. Randsfjorden. Tyrifjorden. Norsjø.
- » » Hydrografiske tabeller.
- » 4. Andre vassdrag og innsjøer.
- » 5. Ferskvannsfisket og skadevirkninger av forurensning.

RAPPORT II. Tekniske og økonomiske vurderinger av vannforsynings- og avløpsforhold.

Del 1. Utredningsoppgave og arbeidsopplegg.

- » 2. Forutsetninger for beregninger og vurderinger.
- » 3. Generell vurdering av vannforsynings- og avløpsforhold i de enkelte fylker.
- » 4. Sammendrag. Eksisterende forhold — utbyggingsbehov og beregnede kostnader.

Bilag A Oslo og Akershus fylker.

- » B 1 — B 4. Buskerud fylke.
- » C 1 — C 5. Hedmark fylke.
- » D 1 — D 6. Oppland fylke.
- » E 1 — E 5. Telemark fylke.
- » F 1 — F 3. Vestfold fylke.
- » G 1 — G 4. Østfold fylke.

RAPPORT III. Hovedrapport.

VANNFORSYNING OG AVLØPSFORHOLD I ØSTLANDSFYLKENE

Utredning for Østlandskomiteén 1967

Rapport I

Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster

Del 3.

Mjøsa. Hurdalsjøen. Øyeren. Randsfjorden. Tyrifjorden. Norsjø.

Redigert

av

cand. real. Hans Holtan

**NORSK INSTITUTT FOR
VANNFORSKNING
BIBLIOTEKET**

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

INNHALDSFORTEGNELSE:

	Side:
FORORD	12
1 INNLEDNING	13
2 GENERELL BESKRIVELSE AV NORSKE INNSJØER	15
2.1 Litt om geomorfologiske innsjøtyper	15
2.2 Hydrologiske forhold	15
2.3 Litt om vannets fysiske forhold	17
2.4 Temperaturforhold i norske innsjøer	18
2.5 Oksygenforholdene i norske innsjøer	19
2.6 Kjemiske forhold i norske innsjøer	20
2.7 Innsjøtyper	22
3 MJØSA	24
3.1 Geografiske forhold	24
3.2 Nedbørfeltet. Utnyttelse og virksomheter	27
3.3 Morfometriske og hydrologiske forhold	30
3.4 Observasjonsmateriale og observasjonsstasjoner	36
3.4.1 Tidligere undersøkelser	36
3.4.2 Undersøkelser utført av Norsk institutt for vannforskning	37
3.5 Hydrografiske forhold	38
3.5.1 Temperaturforhold	38
3.5.2 Kjemiske forhold	45
3.5.2.1 Oksygenforhold	46
3.5.2.2 pH	48
3.5.2.3 Elektrolyttinnhold	48
3.5.2.4 Partikulært og organisk materiale	48
3.5.2.5 Andre kjemiske forhold	50
3.5.3 Tilløpselver. Kjemiske forhold	51
3.5.3.1 pH	51
3.5.3.2 Spesifikk ledningsevne	51
3.5.3.3 Partikulært og organisk materiale	54

INNHALDSFORTEGNELSE (forts.):

	Side:
MJØSA (forts.)	
3.5.3.4 Jern- og manganforbindelser	54
3.5.3.5 Plantenæringsalter (fosfor- og nitrogenforbindelser)	54
3.5.4 Diskusjon av de hydrografiske forhold	56
3.6 Biologiske forhold	58
3.6.1 Mjøsplanktonet sammenliknet med resultater fra tidligere undersøkelser	62
3.7 Sammenfattende diskusjon	64
4 HURDALSJØEN	69
4.1 Beskrivelse av nedbørfeltet	69
4.2 Morfometriske forhold	74
4.3 Hydrologiske forhold	74
4.4 Feltobservasjoner	75
4.5 Hydrografiske forhold	76
4.5.1 Temperaturforhold	76
4.5.2 Kjemiske forhold	77
4.5.2.1 Oksygenforhold	77
4.5.2.2 Andre kjemiske forhold	77
4.6 Biologiske forhold	83
4.7 Bakteriologiske forhold	86
4.8 Sammenfattende diskusjon	87
5 ØYEREN	89
5.1 Undersøkelser	89
5.2 Geografiske forhold	90
5.3 Nedbørfeltet. Utnyttelse og virksomheter	90
5.4 Morfometriske forhold	95
5.5 Hydrologiske forhold	97

INNHALDSFORTEGNELSE (forts.):

	Side:
ØYEREN (forts.)	
5.6 Hydrografiske forhold	101
5.6.1 Temperaturforhold	101
5.6.2 Kjemiske forhold	105
5.6.2.1 Oksygenforhold	105
5.6.2.2 Andre kjemiske forhold	105
5.6.3 Diskusjon av de hydrografiske forhold	108
5.7 Biologiske forhold	109
5.8 Bakteriologiske forhold	113
5.9 Sammenfattende diskusjon	114
6 RANDEFJORDEN	118
6.1 Undersøkelser	118
6.2 Geografiske forhold	118
6.3 Nedbørfeltet. Utnyttelse og virksomheter	120
6.4 Morfometriske og hydrologiske forhold	121
6.5 Hydrografiske forhold	125
6.5.1 Temperaturforhold	126
6.5.2 Kjemiske forhold	130
6.5.2.1 Oksygenforhold	130
6.5.2.2 Andre kjemiske forhold	132
6.5.3 Diskusjon av de hydrografiske forhold	136
6.6 Biologiske forhold	139
6.7 Bakteriologiske forhold	143
6.8 Sammenfattende diskusjon	144
7 TYRIFJORDEN	147
7.1 Undersøkelser	147
7.2 Geografiske forhold	148
7.3 Nedbørfeltet. Utnyttelse og virksomheter	148
7.4 Morfometriske og hydrologiske forhold	152

INNHALDSFORTEGNELSE (forts.):

	Side:
TYRIFJORDEN (forts.)	
7.5 Hydrografiske forhold	155
7.5.1 Temperaturforhold	155
7.5.2 Kjemiske forhold	158
7.5.2.1 Oksygenforhold	158
7.5.2.2 Andre kjemiske forhold	160
7.5.3 Diskusjon av de hydrografiske forhold	161
7.6 Biologiske forhold	163
7.7 Bakteriologiske forhold	169
7.8 Sammenfattende diskusjon	171
8 NORSJØ	175
8.1 Undersøkelser	175
8.2 Geografiske forhold	175
8.3 Nedbørfeltet. Utnyttelse og virksomheter	175
8.4 Morfometriske og hydrologiske forhold	179
8.5 Hydrografiske forhold	179
8.5.1 Temperaturforhold	182
8.5.2 Kjemiske forhold	182
8.5.2.1 Oksygenforhold	182
8.5.2.2 Andre kjemiske forhold	182
8.5.3 Diskusjon av de hydrografiske forhold	184
8.6 Biologiske forhold	185
8.7 Bakteriologiske forhold	185
8.8 Sammenfattende diskusjon	186
9 SAMMENLIKNEDE DISKUSJON	189

TABELLFORTEGNELSE:

	Side:
MJØSA: Tabellene 1 - 14.	
1 Mjøsas nedbørfelt. Utnyttelse og virksomheter	27
2 Nedbørfeltene ovenfor og nedenfor Fåberg. Arealutnyttelser og befolkning utregnet som % av de respektive størrelser for hele nedbørfeltet	28
3 Mjøsa. Morfometriske og hydrologiske data	30
4 Månedlige middelvannføringer i m ³ /sek ved Losna og utløp Mjøsa	33
5 Større tilløpselver til Mjøsa. Nedbørfelt og midlere vannføring	36
6 Mjøsa. Observasjonssteder og prøvetakingstidspunkt	38
7 Kjemiske analyseresultater. Middelerverdier og variasjonsbredde	45
8 Middelerverdier for fosfor- og nitrogenforbindelser	50
9 Tilløpselver til Mjøsa. Kjemiske analyseresultater	52
10 Fytoplankton i Mjøsa og Øyeren i august 1967	59
11 Seston i Vorma og Glåma 28/8 og 7/9 1967	60
12 Sammenlikning av materiale fra håvtrekk i Mjøsa, Glåma og Øyeren	61
13 Resultater av fytoplanktonundersøkelser i Mjøsa 1896 - 1967	63
14 Teoretiske belastningstall for Lågen ved Fåberg og Vorma ved Minnesund	66
HURDALSJØEN: Tabellene 15 - 22.	
15 Hurdalsjøen. Morfometriske data	74
16 Hurdalsjøen. Hydrologiske data	75
17 Vannstand i tommer på de forskjellige observasjonsdager	75
18 Kjemiske analyseresultater. Middelerverdier	78
19 Plankton i Hurdalsjøen 1965 - 1966	79
20 Hurdalsjøen. Oversikt over kvantitativt viktige arter. (Utdrag av tabell 19)	82
21 Plankton i Hurdalsjøen 1926 - 1927	84
22 Bakteriologiske analyseresultater 16. november 1965	87

TABELLFORTEGNELSE (forts.):

	Side:
ØYEREN: Tabellene 23 - 31.	
23 Øyerens nedbørfelt. Utnyttelse og bosettingsforhold	93
24 Arealer og antall mennesker og husdyr i nedbørfeltet ovenfor og nedenfor Nestangen. Regnet i % av de respektive størrelser for hele nedbørfeltet	95
25 Morfometriske og hydrologiske data	97
26 Månedsmidler for vannføring (m ³ /sek) i Glåma ved Rånåsfoss og Solbergfoss (september 1961 - august 1962 og september 1966 - august 1967) samt normalvannføring ved Mørkfoss (1921 - 1950)	98
27 Middelerverdier for kjemiske komponenter	105
28 Plankton i Øyeren 24/7 1958 - 4/6 1959	110
29 De viktigste planteplanktonartene i håvtrekk fra Øyeren 1961 - 1964	112
30 Hydrokjemiske data fra håvtrekkstasjonene i tabell 29	112
31 Teoretiske belastningstall for Glåma ved Bingsfoss og ved utløp Øyeren	116
RANDSFJORDEN: Tabellene 32 - 48.	
32 Oversikt over virksomheter i Randsfjordens nedbørfelt	120
33 Virksomheter i Gran og Jevnaker kommuner	121
34 Randsfjorden. Morfometriske og hydrologiske data	125
35 Randsfjorden. Data for innsamling av prøver	125
36 Temperaturforhold i Randsfjorden 1967	126
37 Oksygenmetning i Randsfjorden 1967	130
38 Kjemiske analyseresultater. Middelerverdier	131
39 pH-observasjoner i Randsfjorden 1967	132
40 Spesifikk ledningsevne. Observasjoner i Randsfjorden 1967	133
41 Vannets farge i Randsfjorden 1967	134
42 Jern- og manganobservasjoner i Randsfjorden 1967	135
43 Organismer i planktonprøver fra Randsfjorden	139
44 Plankton i Randsfjorden ved Jevnaker 30/8 1927	142
45 Randsfjorden, stasjon 1. Bakteriologiske analyseresultater 22/9 1966	143

TABELLFORTEGNELSE (forts.):

	Side:
RANDSFJORDEN (forts.)	
46 Randsfjorden, stasjon 1. Bakteriologiske analyseresultater 10/2 1967	143
47 Randsfjorden, stasjon 1. Bakteriologiske analyseresultater 25/8 1967	144
48 Teoretiske belastningstall for Randsfjordens hovedtilløp og Randselva ved utløp fra Randsfjorden	146
TYRIFJORDEN: Tabellene 49 - 62.	
49 Oversikt over virksomheter i Tyrifjordens nedbørfelt	150
50 Arealer og antall mennesker og husdyr i nedbørfeltet ovenfor og nedenfor utløpet fra Randsfjorden og Sperillen. Regnet i % av de respektive størrelser for hele nedbørfeltet	151
51 Tyrifjorden. Morfometriske og hydrologiske data	152
52 Tyrifjorden. Prøvetakingstidspunkt	155
53 Temperaturforhold på 5 stasjoner i Holsfjorden i tidsrommet 30/8 - 1/9 1967	157
54 Temperaturforhold på 5 stasjoner i Holsfjorden i tidsrommet 14/2 - 16/2 1967	157
55 %-oksygenmetning på 5 stasjoner i Holsfjorden i februar og august 1967	158
56 Tyrifjorden. Kjemiske analyseresultater. Middelerverdier	159
57 pH-resultater fra 5 stasjoner i Holsfjorden i februar og august 1967	160
58 Spesifikk ledningsevne, $\mu\text{S}/\text{cm}$, på 5 stasjoner i Holsfjorden i februar og august 1967	161
59 Organismer funnet i håvtrekk fra Holsfjorden	164
60 Planktonorganismer i Holsfjorden juni - september 1930	166
61 Bakteriologiske analyseresultater	170
62 Teoretiske belastningstall for Randselva ved utløp fra Rands- fjorden, Adalselva ved utløp fra Sperillen, utløp Storelva i Tyrifjorden og Dramselva ved Vikersund	173

TABELLFORTEGNELSE (forts.):

Side:

NORSJØ: Tabellene 63 - 71

63	Oversikt over virksomheter i Norsjøns nedbørfelt	177
64	Morfometriske og hydrologiske data	179
65	Observasjonssteder og prøvetakingstidspunkt	179
66	Kjemiske analyseresultater. Middelerverdier	181
67	Spesifikk ledningsevne 1967	182
68	Verdier for total nitrogen 1967	184
69	Bakteriologiske analyseresultater fra prøver tatt i pumpe- stasjonen for vannverket til Norsk Hydro	185
70	Arealutnyttelse, bosettingsforhold og middelvannføring for de viktigste tilløpselver og for avløpselven	187
71	Kjemiske data for de viktigste tilløpselver og for avløpselven	188

SAMMENLIKVENDE DISKUSJON: Tabellene 72 - 73.

72	Mjøsa, Hurdalsjøen, Øyeren, Randsfjorden, Tyrifjorden, Norsjø. Geografiske forhold. Teoretisk belastning. Hydrografi	190
73	Mjøsa og Hurdalsjøens nedbørfelter. Befolkningsutvikling og jord- bruksforhold ved århundreskiftet og i slutten av 1950-årene	193

FIGURFORTEGNELSE:

MJØSA: Figurene 1 - 17.

1	Oversiktskart over nedbørfelt med stasjonsplassering	25
2	Geologisk oversiktskart. Østlandsområdet	26
3	Dybdekart	31
4	Vannstandsvariasjoner 1966 - 1967	32
5	Losna og utløp Mjøsa. Vannstandsobservasjoner i m ³ /sek	34
6	Større tilløpselver. Stasjonsplassering ved innsamling av prøver i tiden 20. - 22. september 1967	35
7	Stasjon 1. Hydrografiske forhold 1967	39
8	Stasjon 2. Hydrografiske forhold 1967	40
9	Stasjon 3. Hydrografiske forhold 1967	41
10	Stasjon 4. Hydrografiske forhold 1967	42

FIGURFORTEGNELSE (forts.):

	Side:
MJØSA (forts.)	
11 Stasjon 5. Hydrografiske forhold 1967	43
12 Isolinjer for temperatur (°C) 8/3 og 23/8 1967	44
13 Isolinjer for oksygenmetning 8/3 og 23/8 1967	47
14 Isolinjer for spes. ledningsevne 8/3 og 23/8 1967	49
15 Tilløpselver. Spes. ledningsevne og geologiske forhold	53
16 Tilløpselver. Total nitrogen, nitrater og BFA i µg N/l	55
17 Nedbørfelt. Arealutnyttelse og bosettingsforhold	65
HURDALSJØEN: Figurene 18 - 21.	
18 Nedbørfelt	70
19 Dybdekart	71
20 Arealkurve og volumkurve	72
21 Vannstandsvariasjoner 1/8 1965 - 31/8 1966	73
ØYEREN: Figurene 22 - 29.	
22 Oversiktskart over nedbørfelt med stasjonsplassering	91
23 Geologisk oversiktskart. Østlandsområdet	92
24 Dybdekart	96
25 Vannstandsvariasjoner 1966 - 1967	99
26 Isotermer 1961 - 1962	102
27 Temperatur i Glåma ved Fetsund, og overflatetemperatur i Øyeren, stasjon 1 1961 - 1962	103
28 Oksygenisopleter 1961 - 1962	104
29 Arealutnyttelse og bosettingsforhold	115
RANDSFJORDEN: Figurene 30 - 38.	
30 Oversiktskart over nedbørfelt med stasjonsplassering	119
31 Dybdekart	122
32 Areal- og magasinkurve	123
33 Vannstandsvariasjoner 1966 - 1967	124

FIGURFORTEGNELSE (forts.):

	Side:
RANDSFJORDEN (forts.)	
34 Stasjon 1. Hydrografiske forhold 1967	127
35 Stasjon 2. Hydrografiske forhold 1967	128
36 Stasjon 3. Hydrografiske forhold 1967	129
37 Lengdesnitt. Spesifikk ledningsevne	137
38 Nedbørfelt. Arealutnyttelse og bosettingsforhold	145
TYRIFJORDEN: Figurene 39 - 43.	
39 Oversiktskart over nedbørfelt med stasjonsplassering	149
40 Dybdekart	153
41 Vannstandsvariasjoner 1966 - 1967	154
42 Stasjon 1. Hydrografiske forhold	156
43 Nedbørfelt. Arealutnyttelse og bosettingsforhold	172
NORSJØ: Figurene 44 - 46.	
44 Oversiktskart over nedbørfelt med stasjonsplassering	176
45 Dybdekart	178
46 Stasjon 1. Hydrografiske forhold 1967	180
SAMMENLIKVENDE DISKUSJON: Figur 47.	
47 Mjøsa, Hurdalsjøen, Øyeren, Randsfjorden, Tyrifjorden, Norsjø. Nedbørfelt, morfometriske forhold, personer, husdyr og industri	191

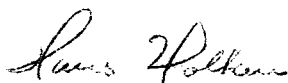
FORORD

I forbindelse med utredningsarbeidet for Østlandskomiteén, har Norsk institutt for vannforskning etter ønske fra komitéens vann- og kloakkutvalg foretatt relativt omfattende beskrivelser av innsjøene: Mjøsa, Hurdalsjøen, Øyeren, Randsfjorden, Tyrifjorden og Norsjø. I henhold til Sekretariatets vurderinger, spiller disse innsjøene en sentral rolle for løsningen av vann- og avløpsproblemene i landsdelens viktigste befolknings- og utbyggingsområder.

Arbeidet er i det vesentligste utført på grunnlag av tidligere og igangværende undersøkelser, men for Mjøsas og Tyrifjordens vedkommende, ble det funnet nødvendig å foreta supplerende observasjoner. Med den tid som ble stilt til rådighet for gjennomføringen av oppdraget, har det ikke vært mulig å samle inn tilstrekkelig materiale for en bred vurdering av forholdene, og rapporten må derfor betraktes å være av orienterende art.

Ved undersøkelsene i 1967 er feltarbeidet i det vesentligste utført under ledelse av cand.mag. Lars Lillevold. De biologiske forhold er vurdert av avdelingssjef Olav Skulberg og cand.real. Jon Knutzen, mens undertegnede har forestått utarbeidelsen av de generelle og hydrografiske beskrivelser.

Blindern i februar 1968



Hans Holtan

1 INNLEDNING

Innsjøene som er beskrevet i denne rapport er store og tildels svært dype. På grunn av sin geografiske beliggenhet har de derfor gjennom tidene vært gjenstand for mangesidige bruksinteresser f.eks. ferdsel, transport, fiske, badeliv, drikkevannsformål og resipientutnyttelse. Som følge av velstandsutviklingen blir de fleste av disse bruksinteresser stadig sterkere. De forskjelligartede bruksmåter kan imidlertid ha betydning for innsjøenes vannkvalitet og almene tilstand, og det er derfor ved enhver utnyttelsesmåte nødvendig å ta hensyn til andre bruksinteresser.

For å kunne vurdere i hvilken grad de forskjellige bruksinteresser kan realiseres, er det nødvendig å ha kjennskap til en rekke forhold vedrørende den aktuelle innsjø samt dens nedbørfelt.

De fleste av de innsjøer som er behandlet i denne rapport er tidligere relativt lite undersøkt. Dessuten har som regel eventuelle slike undersøkelser vært av mer akademisk karakter, og de har derfor en begrenset verdi for den vurdering det her gjelder. De viktigste av slike undersøkelser er nevnt i forbindelse med hver enkelt innsjøbeskrivelse, og i den grad det er funnet formålstjenlig, er resultatene av undersøkelsene brukt i helhetsvurderingen.

I de senere år har Norsk institutt for vannforskning etter oppdrag gjennomført en del undersøkelser i tilknytning til flere av innsjøene. Således foreligger det helårsundersøkelser av de hydrografiske forhold i Øyeren. Videre har instituttet undersøkt de hydrografiske forhold ved 4 forskjellige årstider i Mjøsas, Hurdalsjøens og Tyrifjordens hovedvannmasser. Ellers er det i flere av innsjøene blitt gjennomført undersøkelser av mer begrenset eller lokal karakter. Dette er det også gjort nærmere rede for under hver enkelt innsjøbeskrivelse. De undersøkelser som har hatt størst betydning for dette arbeid er:

1. Undersøkelser for Den internasjonale hydrologiske dekadé (fortløpende undersøkelser i perioden 1965 - 1974): Mjøsa, Øyeren og Tyrifjorden.
2. Ikke avsluttede undersøkelser (undersøkelsesperiode 1967 - 1968) etter oppdrag fra Samarbeidskomitéen for Akershus fylke og Oslo kommune: Randsfjorden, Tyrifjorden, Hurdalsjøen og Øyeren.

3. Øyeren inngår som en del av undersøkelsen av Glåmas nedre del (undersøkelsesperiode 1965 - 1967). Oppdragsgivere er kommunene langs elvestrekningen.
4. Undersøkelse av Norsjø etter oppdrag fra Skien og Porsgrunn kommuner (undersøkelsesperiode 1967).

Dessuten er de undersøkelser som er utført i forbindelse med vassdragsbeskrivelsene, rapport I, Del 2, vært av betydning også for dette arbeid.

Arbeidet har tatt sikte på å gi en generell beskrivelse av de hydrografiske og biologiske forhold i de forskjellige innsjøers hovedvannmasser, samt av forhold i nedbørfeltet som kan ha betydning for innsjøenes forurensningstilstand. Undersøkelsen har således ikke tatt sikte på å belyse mer lokale problemer i forbindelse med drikkevannsforsyninger og utslipp av avløpsvann o.l.

Som det ble fremhevet i notat av 11. oktober 1966 ved Norsk institutt for vannforskning, er undersøkelsene ment å være av orienterende art, slik at de kunne danne grunnlaget for en vurdering av i hvilken grad det senere vil bli nødvendig med mer spesielle og omfattende undersøkelser av de forskjellige lokaliteter.

2 GENERELL BESKRIVELSE AV NORSKE INNSJØER

2.1 Litt om geomorfologiske innsjøtyper i Norge

I Norge er det med smått og stort minst 200000 innsjøer. De fleste norske innsjøer er et produkt av isbreers arbeid, men i motsetning til forholdene i mange andre innsjørike områder som har vært dekket med is, er de norske innsjøer dype. Dette har sammenheng med de geologiske forhold, som f.eks. harde og løse bergarter, forkastninger og svakhetssoner i fjellet og isaktivitetens intensitet.

De dype sjøer er gravet ut av meget aktive dalbreer eller partier av is-skjold som har arbeidet og beveget seg hurtig i allerede eksisterende daler. Slike sjøer er gjerne lange og smale og har fått et fjordliknende utseende. De kalles gjerne fjordsjøer. Sjøer som er gravet ut ved svak isaktivitet, enten av lite aktive dalbreer eller av isskjold som beveger seg langsomt, er vanligvis grunne og har fått en mer uregelmessig utforming. Slike sjøer finner man f.eks. i Finland og i store områder i Nord-Amerika. Av andre norske innsjøtyper kan nevnes sjøer som er dannet ved bortsmelting av ismasser på eller i løsmaterialet og sjøer som er demmet opp av isavleiringer eller breer. Alle innsjøtyper kan mer eller mindre være demmet opp av morenemateriale. Den opprinnelige innsjøtype kan også ha forandret karakter som følge av sedimentering av materiale transportert med tilsigsvannet. I den nordlige delen av Øyeren er det således avsatt store mengder løsmateriale som i stor utstrekning er tilført ved tilsigselvene Glåma, Leira og Nitelva.

2.2 Hydrologiske forhold

Den årlige nedbørhøyde i Norge varierer mellom ca. 250 mm i de nedbørfattige områder til ca. 3000 mm i de nedbørrikeste områder på Vestlandet. I Østlandsområdet varierer årsnedbøren fra 250 - 300 mm i Lesja - Vågå, Skjåk-området, til ca. 1000 mm i de vestlige deler av Telemark. Fordampningen i dette området er ca. 300 mm årlig i lavlandet, mens den er 200 - 250 mm i høyfjellsområder.

I høyfjellet faller den største årsnedbøren som snø, men også de lavere strøk av landet er snødekket i atskillige måneder hver vinter. Den avløpende del av nedbøren vil derfor være forsvinnende liten på denne årstid.

For øvrig vil en stor del av tilsiget fryse bort og derfor får man vanligvis om vinteren de minste spesifikke avløp.

Når våren kommer, smelter snøen og bevirker en årvisss vårflom i elvene. I tillegg til denne opptrer også i mange vassdrag en høstflom av sterk nedbør. Denne kan i enkelte vassdrag, og til sine tider, bli ganske stor, sogar større enn vårflommen.

Lavvannsperioden, som er av forskjellig lengde i de forskjellige år og i de forskjellige distrikter, begynner vanligvis i oktober - november og strekker seg ut til april - mai, idet de minimale avløp inntreffer i februar - mars. I et vassdrag som er lite regulert, dvs. har forholdsvis små magasiner, vil vintervannføringen bli relativt liten og flommen stor, mens i vassdrag som har store magasiner, vil kanskje flommen i sin helhet medgå til magasin-fylling.

Vårflommen, som i de fleste vassdrag er temmelig årvisss, inntreffer vanligvis i tiden mai - juli og varierer i størrelse fra år til år og fra det ene vassdrag til det andre. Vassdragets sjøprosent eller reguleringsevne spiller en stor rolle idet sjøene bidrar til å utjevne flommen. I vassdrag med stort nedbørfelt som f.eks. Glåma, kan vårflommen opptre med to flomtopper. Dette skyldes at snøsmeltingen i lavlandet gjerne inntreffer før snøsmeltingen på høyfjellet. Enkelte år foregår snøsmeltingen samtidig både på høyfjellet og i lavlandet, og da kan vårflommen bli spesielt stor.

Variasjoner i vassdragenes vannføring bevirker selvsagt parallelle variasjoner i innsjøenes vannstand. I innsjøer som ligger langt nede i de større vassdrag som f.eks. Øyeren, Mjøsa og Tyrifjorden, kan vannstanden under flomperioder bli temmelig stor.

Forholdet mellom nedbørfeltet og innsjøenes størrelse, eller forholdet mellom mengde tilsigsvann og innsjøenes volum, kan bl.a. ha betydning for innsjøenes vannkvalitet og brukbarhet til f.eks. kloakkresipienter. Det nevnte forhold kan uttrykkes på flere måter, men vanligst uttrykkes det som vannets teoretiske oppholdstid i en innsjø (innsjøens volum/tilsig i m^3 pr. tidsenhet). Den teoretiske oppholdstid kan til en viss grad legges til grunn for vurderinger av innsjøens selvrensningsevne. Generelt øker selvrensningseffekten med lengden av den teoretiske oppholdstid. I våre store sjøer har dette stor positiv betydning for nedbrytning av organisk materiale.

Når det gjelder de forskjellige lokaliteters brukbarhet som kloakkresipient, stiller forholdet seg noe annerledes. Det organiske materiale blir som nevnt mest effektivt nedbrutt ved lang teoretisk oppholdstid, men samtidig blir kloakkvannets innhold av næringssalter i langt større grad lagret i en slik innsjø i motsetning av hva som er tilfelle for en innsjø med kort teoretisk oppholdstid. Innsjøenes evne til lagring av næringssalter øker altså med vannets teoretiske oppholdstid. I en innsjø med relativt kort teoretisk oppholdstid, som f.eks. Øyeren (19 døgn), vil eventuelle tilførsler av forurensninger, også næringssalter, relativt hurtig passere innsjøen slik at de tilgjengelige plantenæringsstoffer i vannet praktisk talt ikke er større enn de til enhver tid tilførte.

2.3 Litt om vannets fysiske forhold

Tettheten av vannet i våre elver og innsjøer er ikke den samme på de forskjellige steder og til forskjellige tider. Tetthetsdifferansene er i seg selv meget små, men de er likevel av den største betydning for forholdene i vannlokalitetene. De viktigste årsakene til tetthetsdifferansene er vannets temperatur og saltholdighet. Tettheten er også avhengig av trykket, og ved 1 atmosfæres trykk har vannet størst tetthet ved 3,94 °C (temperaturen for maksimum tetthet: tmt). Når trykket øker, avtar tmt. Vannets tetthetsforhold er bl.a. årsak til at våre innsjøer bare fryser på overflaten og at temperaturen i de dypere lag vanligvis ligger i området av 4 °C hele året i gjennom. Imidlertid er det ikke lineær avhengighet mellom temperatur og tetthet. Det faktum at tetthetsforandringene er større ved høye temperaturer enn ved lave er av stor betydning for stabiliteten i våre vannlokaliteter.

Varmeforholdene i vann har i størst utstrekning sammenheng med vannets direkte absorpsjon av solens varmestraler. I mindre utstrekning blir vannet tilført varme fra luften og bunnen. Kondensasjon av vanddamp på vannoverflaten kan også ha betydning for vannets varmeinnhold.

Vannets tap av varme skjer i størst utstrekning ved utstråling, fordampning og varmeledning til luft og bunn. Innsjøer taper også varme ved de vannmasser som strømmer gjennom lokalitetene i overflatelagene.

I et vannbasseng med en helt uforstyrret overflate og uniforme transparensforhold vil varmestraler som passerer vannoverflaten forårsake en eksponentiell temperaturkurve, dvs. temperaturen i denne hypotetiske innsjø vil av-

ta meget raskt fra overflaten mot dypet. To prinsipielle faktorer vil hindre en slik utvikling. For det første fører fordampningen til en avkjøling av overflatelagene med etablering av konveksjonsstrømninger som følge. Dette forøker varmetapet ved utstråling, særlig om natten. Videre vil vinden frembringe strømninger og turbulente bevegelser som fører til transport av varme mellom overflatelagene og de dypere lag.

2.4 Temperaturforhold i norske innsjøer

Temperaturforholdene i norske innsjøer følger i store trekk følgende variasjonsmønster:

Om vinteren når innsjøene er tilfrosset ligger kaldere vann oppå noe varmere (ca. 4 °C). Denne tilstand blir betegnet som invers temperatur-stratifikasjon. Ved stabilt kaldt vintervær vil ikke forholdene forandres nevneverdig i løpet av vinteren. Innsjøen befinner seg i vinterstagnasjonsperioden. Etter ismeltingen om våren blir overflatelagene mer og mer oppvarmet. Konveksjonsstrømninger og vindbetingede strømninger fører det oppvarmede vannet ned til dypere lag. Innsjøen befinner seg på dette tidspunkt i en delsirkulasjonsperiode som går over i en fullsirkulasjonsperiode når hele vannmassen har samme temperatur.

Når overflatevannet blir varmet opp over 4 °C, blir det lettere enn de dypereliggende vannmasser som følgelig blir liggende stille. Denne temperaturlagdeling eller såkalte stratifikasjon blir opprettholdt gjennom hele sommerstagnasjonsperioden.

Når høstavkjølingen begynner, blir det avkjølte overflatevann tyngre enn det som ligger under. Dermed oppstår konveksjonsstrømninger som forårsaker en gjennomblanding av overflatevannmassene ned til et visst dyp. Innsjøens vannmasser befinner seg i delsirkulasjonsperioden. Når dypvannmassene har antatt den samme temperatur som overflatelagene, befinner vannmassene seg i høstfullsirkulasjonsperioden. Denne periode fortsetter til temperaturen i alle lag er 4 °C. Ved videre avkjøling blir de kaldere vannmasser liggende oppå noe varmere, og til slutt vil overflatevannet fryse til. Innsjøen befinner seg i vinterstagnasjonsperioden.

En mengde faktorer bevirker avvikelse fra dette skjema. Vind og vindstrømmer vil således bevirke at overflatevannet blir blandet med dypereliggende,

slik at selv i temmelig dype innsjøer vil temperaturen om sommeren ligge betydelig over og om vinteren under 4 °C.

Om sommeren er det ingen jevn temperaturovergang fra overflatelagene til de dypereliggende lag. Mellom overflatelagene, som har en ensartet eller kontinuerlig avtakende temperatur, og dypvannsmassene, er det et relativt skarpt temperaturskille. Dette overgangssjikt blir kalt temperatursprangsjikt eller termoklin. Under dette sjikt avtar igjen temperaturen langsomt mot dypet. Termoklinen som er en grense for de daglige temperatursvingningene, har en dybdebeliggenhet som varierer med tiden og fra innsjø til innsjø. Termoklinens beliggenhet er i det vesentligste betinget av hvor effektiv den mekaniske gjennomblending av vannmassene er. Om høsten synker den stadig dypere, og samtidig avtar temperaturforskjellen mellom overflate- og dyp lagene. Til slutt er det ensartede temperaturforhold gjennom hele vannmassen. Temperaturstratifikasjonen om sommeren er karakteristisk for de fleste av våre dype innsjøer. I grunne innsjøer forsvinner en eventuell termoklin temmelig raskt.

2.5 Oksygenforholdene i norske innsjøer

En av de viktigste gasser som er løst i vann er oksygen. Oksygenet blir tilført overflatevannmassene fra atmosfæren og ført til større dyp ved strømninger. Den vertikale diffusjon er liten og spiller derfor ingen rolle. Vannets oksygeninnhold kan også ha sammenheng med livsprosessene til vannorganismene og ved spalting av organisk materiale.

Oksygenets løselighet i vann avtar med stigende saltholdighet og også med stigende temperatur. Temperaturens betydning for oksygenets løselighet går frem av følgende tabell (målt ved 1 atm. trykk):

Temperatur	0°	+ 10°	+ 20°
Oksygen mg/l	14.16	10.92	8.84

Vannplantenes oksygenproduksjon ved fotosyntesen kan bli betydelig. I produktive innsjøer kan det under vannblomstringsperioder (produksjon av alger) når betingelsene er gunstige bli en overmetning av oksygen på opptil 200-300% i overflatelagene.

Oksygen blir forbrukt ved vannorganismenes åndingsprosesser. Videre blir det forbrukt oksygen ved forråtning (nedbrytning) av organisk materiale. Det organiske materialet er tildels produsert i innsjøer som planter og dyr (autoktont materiale) og tildels tilført fra lokalitetens nedbørfelt (alloktont materiale). I de øverste slamslag på bunnen av vannlokaliteten dekomponeres organisk materiale og forårsaker forbruk av oksygen. I mange tilfeller kan det således oppstå anaerobe (oksygenfrie) forhold i lokalitetens dypeste vannmasser. Når slike forhold er etablert vil det på grunn av reduksjonsprosesser vanligvis utvikles hydrogensulfid i disse lag.

Innsjøenes oksygenfordeling under sommerstagnasjonsperioden er i første rekke preget av den termiske stratifikasjon. Vannets oksygeninnhold i uproduktive innsjøer vil være noe mindre i epilimnion enn i hypolimnion. I produktive innsjøer fordeler oksygenet seg etter et annet mønster. Planteplanktonets fotosyntese fører nemlig til produksjon og overmetning av oksygen i de epilimnioniske vannmasser. I hypolimnion derimot avtar oksygenet i løpet av sommerstagnasjonsperioden, og i de fleste tilfeller vil det være en avtakende gradient mot dypet. Dette skyldes forbruk av oksygen p.g.a. nedbrytning av organisk materiale i selve vannmassene og i bunnsedimentene. Det samme er tilfelle med innsjøer som er belastet med alloktont organisk materiale.

Også under vinterstagnasjonsperiodene vil det i lokaliteter hvor vannmassene er mer eller mindre belastet med organisk materiale, forbrukes oksygen som følge av dekomponeringsprosesser. I disse perioder er det liten biologisk oksygenproduksjon i overflatelagene, og samtidig hindrer isdekket vannmassene i å komme i kontakt med luft. Oksygenet fremviser derfor gjerne en avtakende gradient fra overflate til bunn. I næringsrike innsjøer er tilgangen på organisk materiale om vinteren mindre og følgelig er oksygenforbruket mindre enn under sommerstagnasjonsperiodene. I innsjøer som i størst utstrekning belastes med alloktont organisk materiale er gjerne oksygenforbruket noe større om vinteren enn om sommeren. Dette henger sammen med stagnasjonsperiodenes varighet samt isdekkets isolerende effekt.

2.6 Kjemiske forhold i norske innsjøer

Innsjøvannets karakter bestemmes i høy grad av nedbørfeltets geologi. Regnvannet er klart og med litt sur reaksjon, men dets karakter forandres hurtig ved de stoffer som oppløses fra bergarter og jordsmonn. I Norge er det imid-

lertid store områder der bergartene er nesten uoppløselige. Her har innsjøvannet bevart nesten samme egenskaper som regnvannet. Stort sett er overflatevannet i Norge bløtt (saltfattig) og relativt surt. Bare i enkelte områder av Oslofeltet er det kalksteinsområder eller kalkholdig morene som betinger et større innhold av karbonater og nøytral eller alkalisk reaksjon.

Vannets innhold av partikulært materiale er også avhengig av forholdene i nedbørfeltet. En innsjø som f.eks. mottar brevann, vil bli preget av det. Det kalde brevannet holder overflatetemperaturen nede. Brevannet minsker gjennomsiktigheten i vannet - noe som virker hemmende på produksjonen av planktonalger. På den annen side kan viktige stoffer (f.eks. fosfater) for produksjonen bli utløst fra breslammet.

Lengre nedover et slikt brevassdrag vil vannet varmes opp både i innsjøer og elver, og i innsjøer vil breslammet etterhånden synke til bunns. Men om sommeren kan endog Mjøsa være farget av slam fra Jotunheimens breer. Den farge slammet kan sette på vannet bestemmes til å begynne med av bergartsmineralenes farge, men når de grovere partikler er bunnfelt er den grønne fargen et rent fysisk fenomen.

Andre såkalte argillotrofe innsjøer har gjerne store områder med løsavsetninger i nedbørfeltet. Dette gjelder særlig innsjøer som ligger under den marine grense (f.eks. Øyeren). Slike lokaliteter blir idag i særlig grad belastet med partikulært materiale under flomperioder. Den biologiske betydning av dette materiale er stort sett den samme som nevnt ovenfor.

Vannets karakter kan også preges av nedbørområdene ved tilførsel av humusstoffer fra jord eller myr. Disse gir vannet en mer eller mindre sterk brun farge og liten gjennomsiktighet. De fleste lavlandssjøene i Østlandsområdet er noe brunfarget. Humusstoffene kan på flere måter innvirke på innsjøens karakter. De er utvilsomt giftige for en lang rekke organismer, og de tærer dessuten på det i vannmassene oppløste oksygen. Endelig kan vannet bli for surt for mange organismer, deriblant fiskeyngel.

Vann er et av de mest effektive oppløsningsmidler som finnes. Allerede regnvannet er ikke helt rent, men inneholder bl.a. karbondioksyd fra luften, nitrogenforbindelser, svovelforbindelser dannet ved forbrenning av svovelholdig kull og olje, klorider og en rekke sporstoffer. Selv om vannet drenerer fjellområder som er tungt oppløselige, vil det utvilsomt utløses spor-

stoffer, og i enhver ferskvannlokalitet er de fleste grunnstoffer tilstede. For produksjonen i ferskvann og i havet regner man især med fosfor- og nitrogenforbindelser som minimumskomponenter, men man er klar over at også de såkalte sporstoffer kan være begrensende for produksjonen.

Næringssaltene tilføres innsjøene primært gjennom tilsigsvannet. Avhengig av vannets teoretiske oppholdstid tjener innsjøene som feller for slikt materiale - næringsstoffer blir mer eller mindre lagret i innsjøene. Innsjøenes produksjonsevne vil altså stige selv om tilførselen av næringsalter holdes konstant. Næringssaltenes kretsløp i en innsjø er betinget av de termiske forhold. De oppstår ved nedbrytning av organisk stoff, særlig i dypet av innsjøen, men blir brakt til overflatelagene under sirkulasjonsperiodene. Grunne innsjøer er under ellers like forhold mer utsatt for produksjon enn dype. I disse innsjøer sirkulerer gjerne vannmassene fra bunn til topp hele sommeren igjennom, hvilket medfører at næringsstoffene hele tiden er lett tilgjengelig for produksjon.

2.7 Innsjøtyper

Det er vanlig å inndeles innsjøene i tre typer, i forhold til deres produksjonsevne og vannets belastning med organisk materiale. Disse tre typer er følgende:

1. Oligotrofe eller næringsfattige innsjøer
2. Dystrofe eller humuspregede innsjøer
3. Eutrofe eller næringsrike innsjøer

Mellom disse hovedtyper er det en rekke overgangstyper.

De oligotrofe innsjøer er gjerne store og dype. Vannmassene i slike innsjøer har gjerne stor klarhet og fargen er blågrønn eller blå. Som følge av mangel på næringsalter er det liten eller ingen utvikling av høyere vannplanter i strandregionene (litoralsonen). På grunn av vannets store gjennomsiktighet når produksjonssonen ned til relativt store dyp. Hypolimnions mektighet er relativt stor. Vannets kjemiske sammensetning er i høy grad avhengig av nedbørfeltets geologiske beskaffenhet. Innsjøens organiske liv griper i liten grad inn i dens fysisk-kjemiske forhold. Bunnvleiringene består overveiende av mineralsk og i liten utstrekning av organisk materiale. P.g.a. at vannet er lite belastet med organisk materiale, er dekomponeringsprosessene av

liten betydning, og følgelig er det lite eller intet oksygenforbruk i dyp-lagene under stagnasjonsperiodene.

Vannet i dystrofe innsjøer er fattig på alle uorganiske salter. Disse innsjøer skiller seg ut ved sin store belastning av humusstoffer som bevirker at vannet får en brunaktig farge. Bunn sedimentene i slike sjøer er også rike på organisk materiale og kalles gjerne dy. Dette organiske materiale er gjerne forbundet med jern, mangan og andre uorganiske komponenter. Nedbrytningen av det organiske materiale medfører et stort oksygenforbruk. Planteplanktonet i slike lokaliteter er som regel fattig, mens det dyriske plankton ofte er rikt. De dystrofe innsjøer er som regel relativt grunne og er omgitt av skog- og myrområder.

De eutrofe innsjøer er gjerne fremtredende i lavlandet der hvor jorden er intensivt dyrket og sterkt gjødslet. Karakteristisk for slike lokaliteter er deres rike planktonproduksjon. Når oppblomstringen inntreffer avtar gjennomsiktigheten sterkt. Det døde planktonmateriale synker ned i hypolimnion og når før eller senere bunnen som næringsregn. Ved oksydasjon eller nedbrytning av dette organiske materiale blir det forbrukt oksygen, og ofte kan det oppstå anaerobe forhold i dyplagene av slike lokaliteter. Dette har betydning for reduksjon og utløsning av bl.a. næringsalter fra bunnsedimentene. I overflatelagene er det under produksjonsperiodene overmetning av oksygen - noe som har sammenheng med planteplanktonets fotosyntese. De eutrofe innsjøer er som regel grunne, men ved sterk belastning av forurensningsmateriale kan også dype innsjøer relativt raskt utvikles i eutrof retning.

M J Ø S A

3 MJØSA

3.1 Geografiske forhold

Mjøsa har et totalt nedbørfelt på 16420 km² hvorav Gudbrandsdalslågens nedbørfelt ned til Fåberg utgjør 11459 km² (fig. 1).

Berggrunnen i nedbørfeltet har forskjelligartet opprinnelse og sammensetning (fig. 2). I nord-vest hører berggrunnen med til det nord-vestlandske grunnfjellsområde, og består i det vesentligste av gneiser. Berggrunnen i selve Gudbrandsdal utgjøres av mer eller mindre sterkt omdannede eokambriske og kambrosiluriske sedimentbergarter. De kambrosiluriske bergarter her er leirskifre "glinsende skifre", fyllitter og glimmerskifre. De eokambriske bergarter, sparagmittene, består av sandsteiner, hvor utgangsmaterialet kan være noe forskjellig både med hensyn til mineralsammensetning og kornstørrelse. I disse områder kan det også opptre serpentiner, olivinstein, kleberstein o.l.

Store deler av bergartsmassene i Jotunheimen består av mørke bergarter, gabbroer, som er blitt skjøvet på plass under den kaledonske jordskorpebevegelse. Under dette skyvedekke ligger det et lag med "Valdres-sparagmitt", og lengre nede i lagrekken kambrosiluriske sedimentbergarter, fyllitter og glimmerskifre.

I områdene rundt Mjøsa består berggrunnen i det vesentligste av sparagmitter i nord og kambrosiluriske bergarter i syd. I disse områder er bergartene ikke så sterkt omdannet som lengre nord.

Det eldste ledd av sparagmittformasjonen i Mjøstraktene er en mørk grå, temmelig finkornet sparagmitt (Brøttumsparagmitt) som forekommer bl.a. ved og sør for Lillehammer. I Biskopåsen, syd for Brøttum stasjon, forekommer konglomeratlag i flere hundre meters tykkelse (Birikonglomerat). Høyere oppe i lagrekken kommer så bergarter av en helt annen karakter, nemlig kalksteiner (Birikalk) av forskjellige slag, mest av en sterk skiferblandet type. Yngre enn Birikalken er en grovkornet, rødlig sparagmitt - Moelvsparagmitt. Feltspat- og særlig kvartskornene kan i denne bergarten ofte være så store at den får konglomeratisk karakter.

Syd for sparagmittområdet, i områdene rundt Ringsaker, Hamar, Gjøvik osv. består fjellgrunnen av kambrosiluriske sedimentbergarter, som er relativt lite omdannet. Nærmest over grunnfjellet ligger det gjerne et tynt konglomeratlag, et lag som representerer strandgrusen som sjøen vasket og

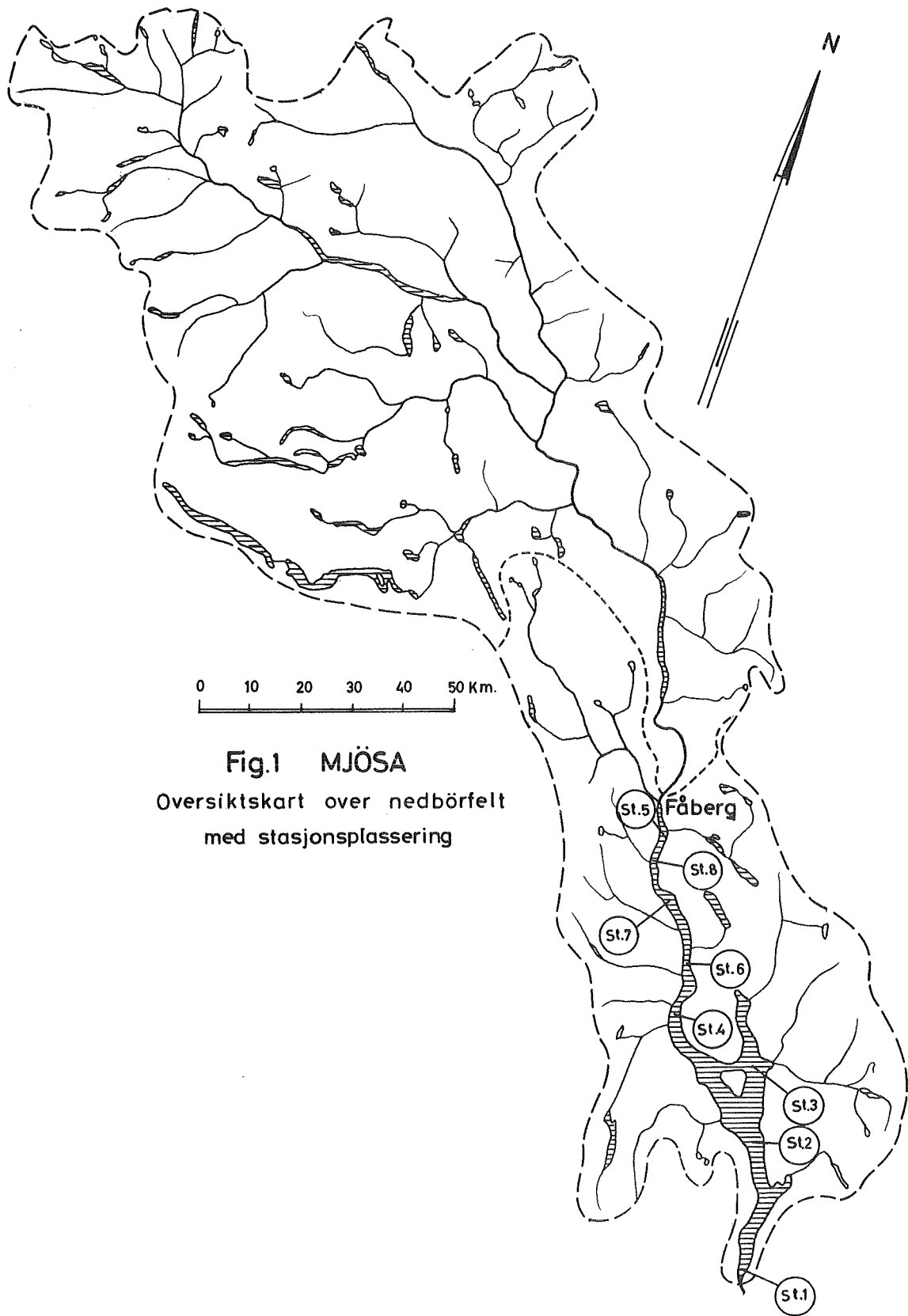
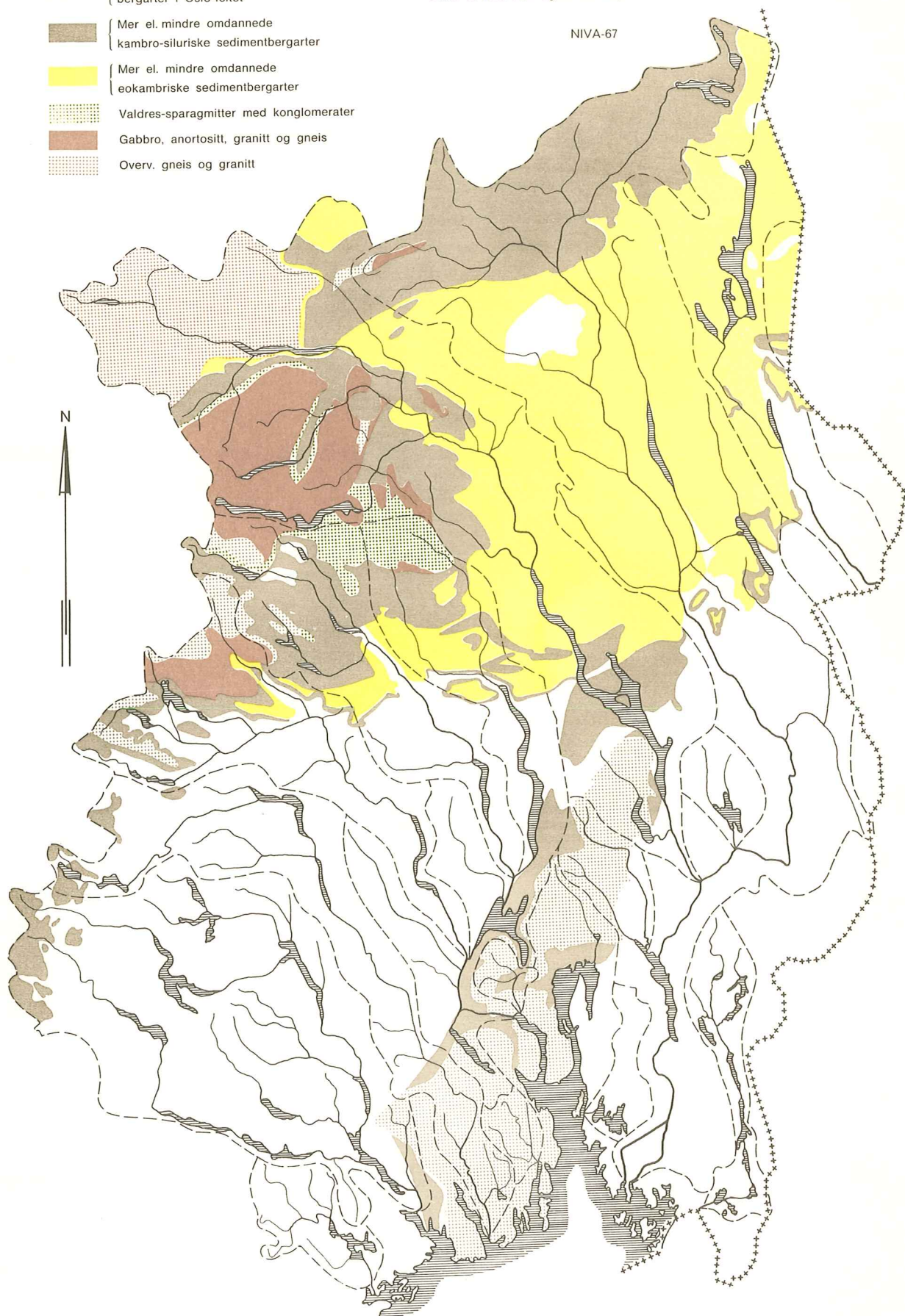


Fig.1 MJÖSA
Oversiktskart over nedbørfelt
med stasjonsplassering

-  Grunnfjell
-  Granitt og permiske eruptiv-bergarter i Oslo-feltet
-  Mer el. mindre omdannede kambro-siluriske sedimentbergarter
-  Mer el. mindre omdannede eokambriske sedimentbergarter
-  Valdres-sparagmitter med konglomerater
-  Gabbro, anortositt, granitt og gneis
-  Overv. gneis og granitt

Geologisk oversiktskart
Østlandsområdet
(etter O. Holtedahl og J. A. Dons)

NIVA-67



Målestokk
0 20 40 60 80 100 km

rullet etterhvert som den ble ført innover land. Det lag som så følger, er svarte skifre, hvis mørke farge skyldes innhold av karbonstoff. Dette kommer av organisk substans, hvorav bare karbonstoffet nå er tilbake. Disse svarte skifre kalles alunskifre som tildels kan inneholde betydelige mengder svovel, bl.a. i form av svovelkis. I disse skifrene finner man meget alminnelige rundaktige "boller" av svart kalkstein som også inneholder svovel. Høyere oppe i lagrekken forekommer enkelte steder, som f.eks. ved Hamar og Toten, tykke og kompakte lag med kalkstein. Denne kalkstein består i stor utstrekning av de uorganiske rester av kalkalger.

I Skreia, på vestsiden av Mjøsa, består fjellgrunnen av nordmarkitt som er en kvartsførende, blekt rødlig syenitt.

Løsavsetningene i Mjøsas nedbørfelt består av et jevnt dekke av bunnmorene-typen. Tildels kan det øverst være et tynnere eller et tykkere lag av overflatemorenene som er oppstått ved at stein og grus, som lå inne i eller oppå isen, har sunket ned under ismeltingen. Enkelte steder finner man store mengder morenemateriale hvis opprinnelse stammer fra bredemmede sjøer, sidemorener osv.

Innlandsisen forårsaket en nedtrykning av landet, slik at havets nivå sto betydelig høyere da enn nå. Mjøsbassenget var i denne periode fylt med sjøvann. Rundt Mjøsa er det således også en del marine avsetninger.

3.2 Nedbørfeltet. Utnyttelse og virksomheter

Tabell 1 gir en oversikt over skog- og jordbruksaktiviteter i Mjøsas samlede nedbørfelt, samt i Gudbrandsdalslågens nedbørfelt ned til Fåberg og i Mjøsbygdenes nedbørfelt (Gausdal medregnet) (se fig. 1).

Tabell 1 Mjøsas nedbørfelt. Utnyttelse og virksomheter *

Faktorer	Mjøsas nedbørfelt	Lågens nedbørfelt	Mjøsbygdenes nedbørfelt
Nedbørfelt, km ²	16420	11459	4961
Skog, km ²	3380	1256	2124
" i % av nedbørfeltet	20,6	11,0	42,8
Myr, km ²	509	83	426
" i % av nedbørfeltet	3,1	0,7	8,6
Dyrket mark, km ²	966	231	735
" " i % av nedbørfeltet	5,9	2,0	14,8

Tabell 1 (forts.)

Faktorer	Mjøsas nedbørfelt	Lågens nedbørfelt	Mjøsbygdenes nedbørfelt
Uproduktivt område, km ²	11565	9889	1676
" " i % av nedbørfeltet	70,4	86,3	33,8
Antall innbyggere	186700	39000	147700
" " pr km ²	11,4	3,4	31,8
Antall storfe	99200	37000	62100
" " pr. km ²	6,0	3,2	12,5
Antall småfe	163400	81400	82000
" " pr. km ²	10,0	7,1	16,5
Antall fosforekv. husdyr	1236600	492500	744200
" " " pr. km ²	75,3	43,0	150,0

* Se rapport I Del 1 angående utarbeidelsen av denne tabell.

Arealutnyttelsen og befolkningstettheten i Gudbrandsdalsområdet og i Mjøsbygden er videre illustrert ved tabell 2.

Tabell 2 Nedbørfeltene ovenfor og nedenfor Fåberg. Arealutnyttelser og befolkning utregnet som % av de respektive størrelser for hele nedbørfeltet

Faktorer	Nedbørfelt ovenfor Fåberg	Nedbørfelt nedenfor Fåberg
Nedbørfelt	69,8	30,2
Skog	37,2	62,8
Myr	16,3	83,7
Dyrket mark	23,9	76,1
Uproduktivt område	85,5	14,5
Innbyggere	20,9	79,1
Storfe	37,4	62,6
Småfe	49,8	50,2
Fosforekvivalenter for husdyr	39,8	60,2

Gudbrandsdalslågens nedbørfelt består i stor utstrekning (86,3%) av høyfjell og uproduktive områder. Hoveddalføret og noen av sidedalene er imidlertid relativt tett befolket. Næringsgrunnlaget er i det vesentligste skog- og jordbruk. Husdyrhold er den vanlige driftsmåte i jordbruket.

Av industri i Lågens nedbørfelt er det i første rekke bedrifter med nær tilknytning til jordbruket som har betydning.

Det ligger i området 16 meierier og liknende bedrifter, som mottar og tildels videreføder ca. 100 millioner liter melk pr. år. 6 halm-luterier lutet i sesongen 1966/1967 4338 tonn halm. Slakteriet på Otta mottok for slakting i 1966 en mengde som svarer til ca. 1700 tonn. Det må antas at industrien ellers i området spiller mindre rolle for forurensningssituasjonen.

Områdene rundt Mjøsa (Mjøsbygdene) representerer et av Norges viktigste jordbruksdistrikter. Den hovedsakelige driftsmåte i jordbruket er korn- dyrking, men som tabell 1 viser er det også betydelig husdyrhold her. Husdyrantallet tilsvarer således i dette området ca. 150 fosforekvivalenter pr. km² mens det i Lågens nedbørfelt tilsvarer 43 fosforekvivalenter pr. km² (se I Del 1). Jordbruksarealene i prosent av nedbørfeltene er i de samme områder henholdsvis 14,8 og 2,0. Rundt innsjøene ligger 3 byer, nemlig Hamar med 14712 innbyggere, Gjøvik med 24256 innbyggere og Lillehammer med 19808 innbyggere, og dessuten flere tettbebyggelser f.eks. Stange, Brumunddal, Moelv m. fl. Folketettheten i Mjøsbygdene er 31,8 innbyggere pr km², mens det for Lågens nedbørfelt bare er 3,4 innbyggere pr. km². Byene og de fleste tettbebyggelser bruker Mjøsa som resipient for kloakkvann og industrielt avløpsvann. Den intensive jordbruksdrift er også en viktig faktor med hensyn til vannets belastning med plantenæringsstoffer.

Rundt Mjøsa er en rekke typer av industribedrifter representert, og et stort antall av disse kan ha betydning for forurensningssituasjonen i innsjøen både generelt og mer lokalt. De som i første rekke har betydning er bedrifter knyttet til treforedling (cellulose, papir, wallboard o.l.). Utslipp av organisk stoff i avløpsvannet fra treforedlingsbedriftene rundt Mjøsa kan anslås å svare til ca. 230000 industriekvivalenter (se I Del 1). Videre kan bedrifter innen nærings- og nytelsesmiddelindustrien spille en viss rolle for forurensningen. Av slike bedrifter kan nevnes potetmel-fabrikker, spritbrennerier, meierier, bryggerier og konserverfabrikker for frukt- og grønnsaker. For de fleste av disse bedrifter foreligger det ikke tilstrekkelige opplysninger til å anslå utslipp av organisk stoff. Det kan nevnes at det rundt Mjøsa ligger 12 meierier o.l. som i 1966 mottok ca. 75 millioner liter melk for salg og videre foredling. Avløp fra anlegg for halmluting og siloer gir også bidrag til vannforurensningene i dette området.

Bedrifter som ellers kan nevnes, tilhører jern- og metallforarbeidende industri. Avløpsvann fra slike bedrifter har først og fremst betydning

på grunn av sin giftighet, og kan ikke på noen måte sammenliknes med kommunalt kloakkvann. Av større slike bedrifter er Raufoss ammunisjonsfabrikker og O. Mustad & Søn - begge ved Hunnselva.

3.3 Morfometriske og hydrologiske forhold

I begynnelsen av dette århundre ble Mjøsa loddet opp av H. Huitfeldt-Kaas som i 1906 publiserte dette materiale i form av et dybdekart over innsjøen. Fig. 3 er utarbeidet på grunnlag av dette kart.

De viktigste morfometriske og hydrologiske data for Mjøsa er satt opp i tabell 3.

Tabell 3 Mjøsa, Morfometriske og hydrologiske data

Høyde over havet	122	m
Største lengde	117	km
Største bredde	14	km
Største målte dyp	449	m
Overflateareal	365	km ²
Volum	56244	mill.m ³
Middel dyp	153	m
Nedbørfelt	16420	km ²
Midlere avrenning	320	m ³ /sek
Teoretisk oppholdstid	ca. 6	år

Med et overflateareal på 365 km² er Mjøsa Norges største innsjø. Innsjøen som er lang og smal, er en typisk norsk fjordsjø, og bassenget er blitt dannet ved intens isaktivitet. Bortsett fra en bukt inn mot Tangen samt Furnesfjorden er strandlinjen lite innskåret. Innsjøens litoralsone er som regel steil og i liten grad preget av høyere akvatisk vegetasjon. Innsjøen har sin største dybde, 449 m, ca. 8 km syd for Helgøya, midt i sjøen utenfor Skreia. Bunnen er overalt noenlunde jevn og regelmessig. Ved Gjøvik smalner sjøen av nordover, samtidig blir den grunnere. Like nord for Moelv er det en terskel med en terskeldybde på ca. 30 m. I bassenget nordenfor er den største dybde (utenfor Brøttum) oppgitt til ca. 80 m.

Mjøsa har vært regulert flere ganger. Da hovedbanen fra Oslo til Eidsvoll ble åpnet i 1854, var det ønskelig å gjøre Vormsøen seilbar fra Eidsvoll til Mjøsa (ca. 10 km) slik at Mjøsbåtene kunne gå til jernbanens endepunkt. I årene 1854 - 1858 ble det derfor bygget en dam ved Sundfossen, like nordenfor Eidsvoll, slik at vannstanden på elvestrekningen ovenfor til enhver tid lå i Mjøsas nivå. Dette var forøvrig Norges første større damanlegg.

Fig. 3

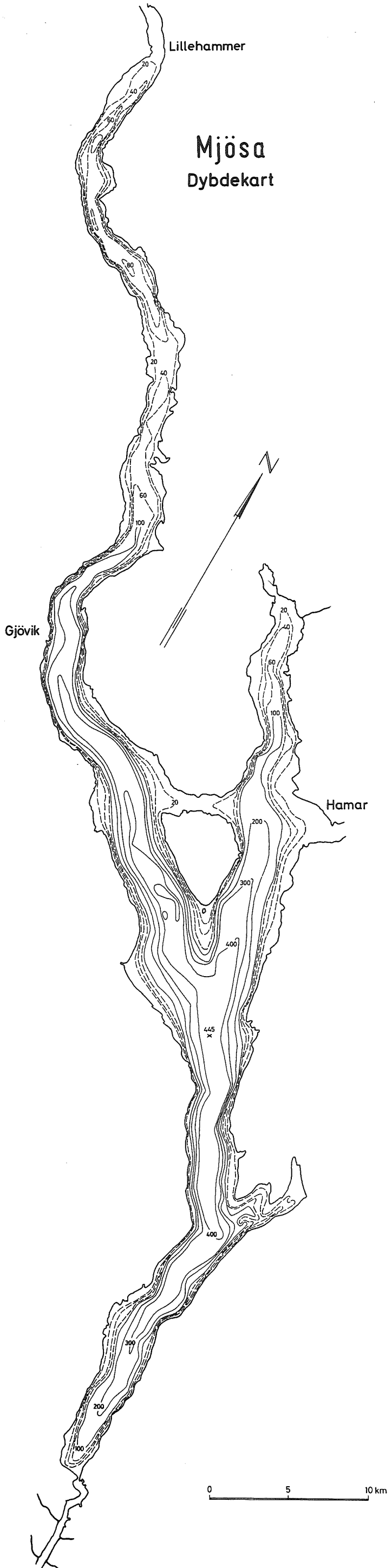
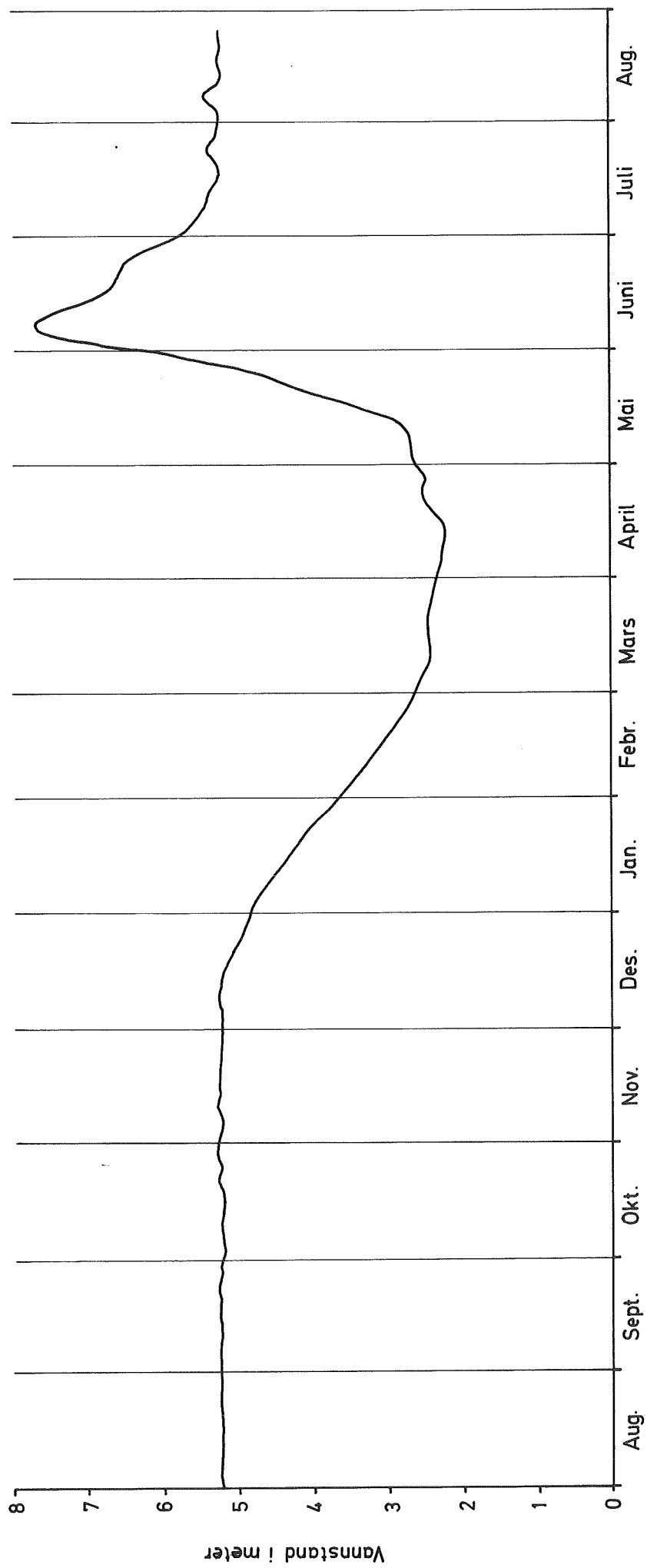


Fig. 4
Mjösa

Vannstandsvariasjoner 1966 - 1967



I 1906 ble det gitt konsesjon på å regulere Mjøsa. Da Sundfosdammen var blitt noe gammel, ble det bygget en ny dam 13 km lengre nede, ved Svanfossen, for å skaffe et magasin med 1,5 m reguleringshøyde. Sundfossen ble så revet i 1911. Senere er konsesjoner gitt på økte reguleringshøyder, etappevis til 2,20; 2,86 og senest i 1961 til 3,61 m mellom kotene 123,19 og 119,58 m.o.h.

Vannstandsvariasjonene i Mjøsa er gjengitt i fig. 4. Flomvannstanden i Mjøsa kan være stor og i 1927 var f.eks. høyeste vannstand 126,25 m.o.h., mens median flomhøyde er 124,20 m.o.h. Med de nye reguleringer lengre oppe i vassdraget, er det ventet at flomvannstanden skal bli mindre enn før. Når vannstanden etter en flom er sunket ned til høyeste regulerte vannstand, stenges flomløpene, og vannstanden holdes deretter konstant frem til magasintappingen begynner under lavvannsperioden.

Den laveste regulerte vannstand i Mjøsa, 119,58 m.o.h. svarer omtrent til den tidligere naturlige lavvannstand.

Tabell 4 og fig. 5 viser den månedlige midlere vannføring i Lågen ved Losna i perioden 1921 - 1950 samt den månedlige vannføring ved Losna og ved utløp Mjøsa i 1966 - 1967. Fig. 5 viser at vannføringen ved Losna vinteren 1966 - 1967 var noe høyere enn hva som er normalt for denne årstid. Dette kan skyldes de nye reguleringstiltak lengre oppe i vassdraget. Den relativt høye vannføring ved utløpet av Mjøsa under siste vinterperiode skyldes relativt stor tapping ved Svanfoss. Fig. 5 viser forøvrig at vårflommen 1967 inntraff omtrent på samme tidspunkt som normalt. Flomtoppen var større enn normalt, men den var noe mer kortvarig.

Tabell 4 Månedlige middelvannføringer i m³/sek ved Losna og utløp Mjøsa

Måned	Losna		Utl. Mjøsa Månedsmid- ler 1966/67
	Månedsmidler 1/1 1921-31/12 1950	Månedsmidler 1966/1967	
Sept.	297	235	285
Okt.	184	132	211
Nov.	78	-	212
Des.	48	98	215
Jan.	34	105	298
Feb.	25	91	282
Mars	29	92	207
April	56	84	197
Mai	437	423	361
Juni	736	865	1131
Juli	677	583	672
Aug.	430	439	466

Fig. 5
Losna og utløp Mjösa
Vannføringsobservasjoner i m³/sek.

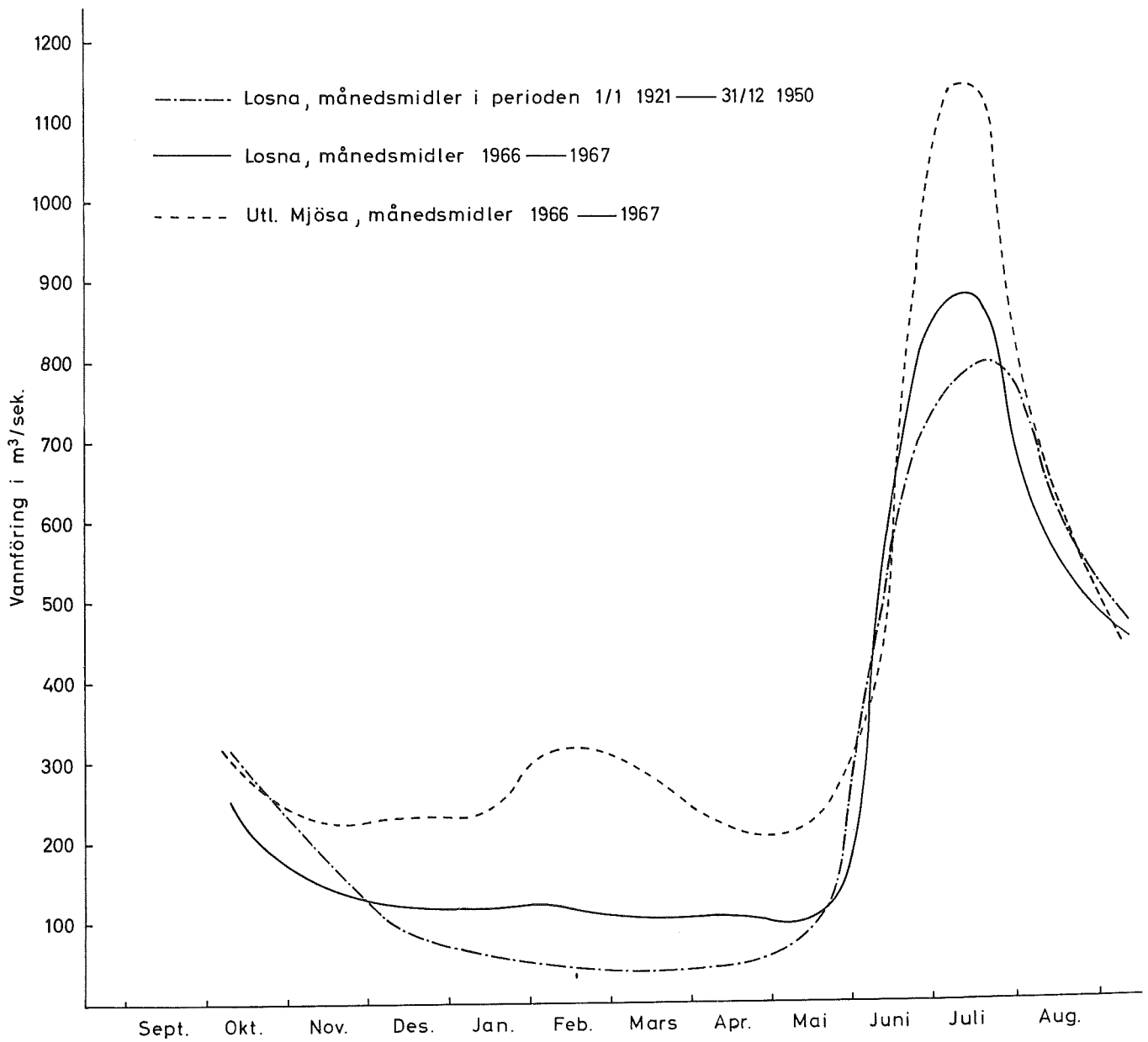
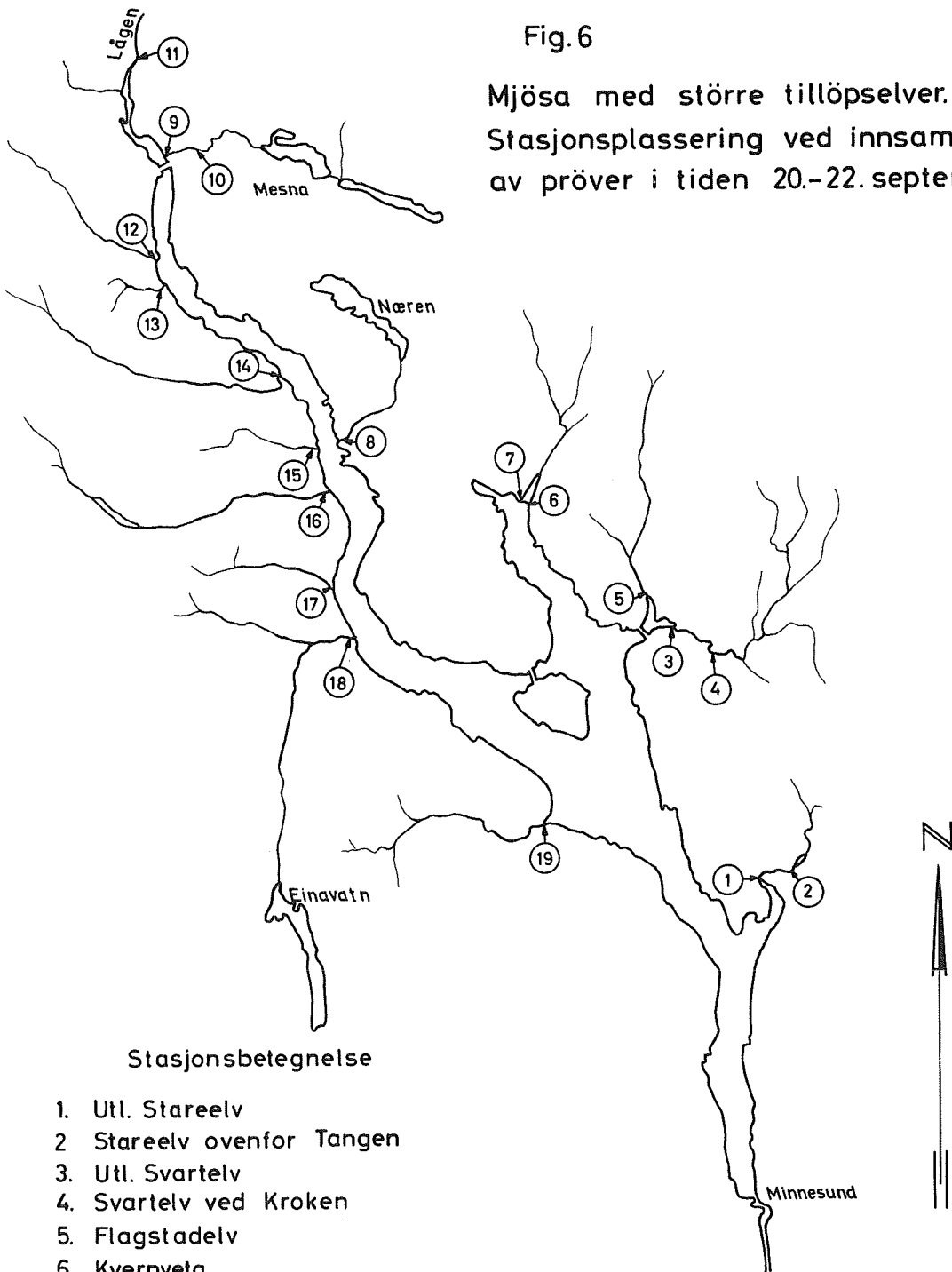


Fig. 6

Mjösa med större tillöpselver.
Stasjonsplassering ved innsamling
av prøver i tiden 20.-22. september 1967.



Stasjonsbetegnelse

1. Utl. Stareelv
2. Stareelv ovenfor Tangen
3. Utl. Svartelv
4. Svartelv ved Kroken
5. Flagstadelv
6. Kvernveta
7. Brumunda
8. Moelv
9. Utl. Mesna
10. Mesna ovenfor Lillehammer
11. Lågen ovenfor Fåberg
12. Rinda
13. Björnstadelv
14. Vismunda
15. Skulhuselv
16. Stokkelv
17. Braastadelv
18. Hunnselv
19. Lena

De viktigste tilløpselver til Mjøsa samt deres nedbørfelt og midlere vannføring er stilt sammen i tabell 5. Fig. 6 viser elvenes beliggenhet.

Tabell 5 Større tilløpselver til Mjøsa. Nedbørfelt og midlere vannføring

Navn	Lengde i km	Nedbørfelt i km ²	Midlere vannføring i m ³ /sek
Starelv	20,1	149	1,9
Svartelv	43,0	487	6,3
Flagstadelv	26,3	170	2,2
Kvernveta	-	-	-
Brumunda	29,0	215	3,0
Moelv	22,0	196	2,7
Mesna	35,0	246	4,7
Lågen	197,0	11459	256,0
Rinda	20,0	95	1,4
Bjørnstadelv	7,5	18	0,3
Vismunda	40,0	196	2,9
Skulhuselv	11,5	29	0,4
Stokkelv	23,6	225	3,4
Braastadelv	13,5	43	0,6
Hunn selv	20,9	376	6,4
Lena	35,0	303	4,5

3.4 Observasjonsmateriale og observasjonsstasjoner

3.4.1 Tidligere undersøkelser

Mjøsa har vært gjenstand for betydelig vitenskapelig interesse særlig når det gjelder fysiske og fiskeribiologiske forhold. Allerede i 1887 utkom en publikasjon av O.E. Schjøtz: "Resultatet af en del undersøkelser over temperaturforholdene i dypet av Mjøsen". Fork. Skand. Naturf. 13 Møde 1886 (1887). I 1890-årene gjennomførte dr. Huitfeldt-Kaas en undersøkelse som omfattet temperatur- og planktonobservasjoner i Mjøsa. Dette arbeid ble tildels publisert i 1905: "Temperaturmessungen in dem See Mjøsen und in drei anderen tiefen Norwegischen Seen". Archiv for Mathematik og Naturvidenskab. Bd. XXVII, og i 1906 publiserte samme forfatter et dybdekart over Mjøsa. I 1907 fulgte: "Studier over den projekterte Mjøsregulerings indflydelse paa Mjøsens isforholde", og i 1916: "Mjøsens fisker og fiskerier", Kgl. N. Vid. Selsk. skr. 1916. 2. De biologiske undersøkelser som dr. Huitfeldt-Kaas gjennomførte i tidsrommet 1899 til 1901 ble først publisert i 1946 av dr. Birgithe Føyn. I 1927 gjennomførte

professor H.H. Gran og hans assistenter en undersøkelse av plankton- og hydrografiske forhold i en rekke innsjøer på Østlandet, deriblant Mjøsa (T. Braarud, B. Fjølven og H.H. Gran, 1928, henv. rapport I, Del 3. Randsfj.).

Professor K. Strøm gjennomførte i 1936 en undersøkelse av Mjøsa.

Kåre Münster Strøm: "Limnological Notes 1 - 3, 1938". I begynnelsen av 1960-årene utførte student Lien en hydrografisk undersøkelse av Mjøsa som hovedfagsarbeid i limnologi ved Universitetet i Oslo.

3.4.2 Undersøkelser utført av Norsk institutt for vannforskning

Instituttet har siden 1958 foretatt flere undersøkelser som kan ha betydning både for en generell vurdering av Mjøsa og for vurdering av mer lokale problemer:

- 1) 0-155. Undersøkelse av forurensningen i Hunnselva. Rapport avsluttet 20. desember 1961.
- 2)* 0-213. Forurensning av Akersvika. Rapport avsluttet 29. mai 1963.
- 3) 0-346. Undersøkelse av Furnesfjorden som drikkevannskilde for Brumunddal vannverk. Utført i tidsrommet november 1961 - september 1962. Rapport avsluttet oktober 1962.
- 4)* 0-9/66. Hydrografiske undersøkelser i Brumunda. Rapport ikke avsluttet.
- 5) 0-63/65. Hydrobiologiske undersøkelser i Moelva. Rapport ikke avsluttet.
- 6) 0-127/64. Undersøkelser av vannprøver fra Lågen og Mesna. Rapport avsluttet 26. mai 1966.
- 7) 0-16/66. En undersøkelse av drikkevannsforsyningen til Toftes Gave, Helgøya. Rapport avsluttet august 1966.

Fra områdene utenfor Skreia (st. 2) ble det samlet inn hydrografisk observasjonsmateriale den 30. november 1961 og den 17. september 1965.

I forbindelse med NIVA's deltakelse i Den internasjonale hydrologiske dekadé, er det blitt opprettet en hydrografisk stasjon over det dypeste område av Mjøsa (st. 2) hvor det 4 ganger pr. år, nemlig mars, mai, august og desember blir samlet inn hydrografiske og biologiske prøver fra forskjellige dyp. Denne undersøkelse kom i gang i mars 1966 og skal vare ut året 1974. I forbindelse med oppdraget fra Østlandskomiteén, fant

imidlertid instituttet det nødvendig å foreta en noe mer omfattende undersøkelse av hele Mjøsa. I 1967 er det således blitt samlet inn hydrografisk og biologisk materiale fra i alt 8 stasjoner i innsjøen. Prøvetakingsstedene er avmerket på fig. 1. Observasjonssteder og tidspunkt er satt opp i tabell 6.

Tabell 6 Mjøsa. Observasjonssteder og prøvetakingstidspunkt

Stasjon	Prøvetakingssted	Dato 1967		
1	Ca. 2 km fra Minnesund	7/3	22/5	21/8
2	Ut for Skreia (Vingnes - Rotlien)	7/3	23/5	22/8
3	Mellom Hamar og Helgøya	8/3	23/5	22/8
4	Mellom Gjøvik og Tangnesodden	8/3	24/5	23/8
5	Ut for Vingerum kirke	8/3	25/5	23/8
6	Ut for Stensborgen, Ringsaker	13/3		
7	Ut for Brøttum	13/3		
8	Ut for Rinddal	13/3		

3.5 Hydrografiske forhold

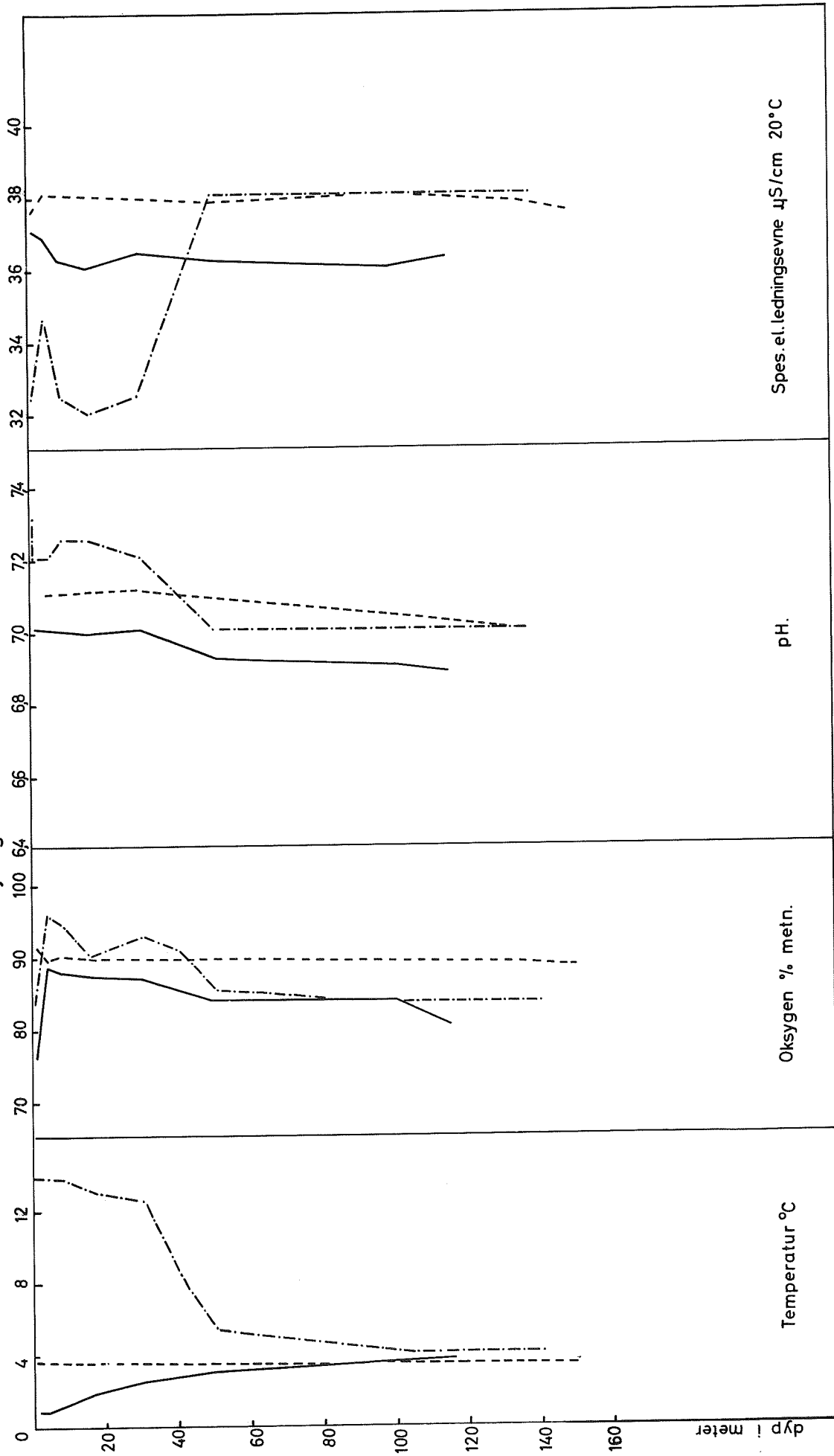
Observasjonsresultatene for de hydrografiske forhold er gjengitt i rapport I, Del 3. Hydrografiske tabeller nr. 1 - 18. Fig. 7, 8, 9, 10 og 11 viser variasjoner i temperatur, oksygen, pH og spesifikk ledningsevne på de forskjellige stasjoner.

3.5.1 Temperaturforhold

Isolinjer for temperatur ($^{\circ}\text{C}$) under vinter- og sommerstagnasjonsperiodene er tegnet inn på fig. 12. Om vinteren har overflatevannet i Mjøsa relativt lave temperaturer. Dette henger for det første sammen med en lang og effektiv avkjølingsperiode om høsten og tidlig på vinteren. Isleggingstidspunktet for en innsjø er nemlig avhengig av innsjøens overflateareal, dybde og vindeksponerthet. Disse faktorer er avgjørende for hvor mye vann som skal avkjøles før overflatetemperaturen er blitt så lav at isdannelse er mulig. Størrelsen og dybden av Mjøsa, samt vindforholdene betinger at isen sjelden legger seg før i januar - februar. I enkelte år er de sentrale områder isfrie. Vindpåvirkningen er dessuten årsak til en relativt stor mektighet av de øverste avkjølte vannmasser. Ned til 8 meters dyp var temperaturen vinteren 1967 ca. 1°C eller lavere de fleste steder. Mektigheten av de avkjølte overflatesjikt økte da nordover (fig. 12) - noe som også kan henge sammen med de gjennomstrømmende kalde vannmasser.

Fig. 7

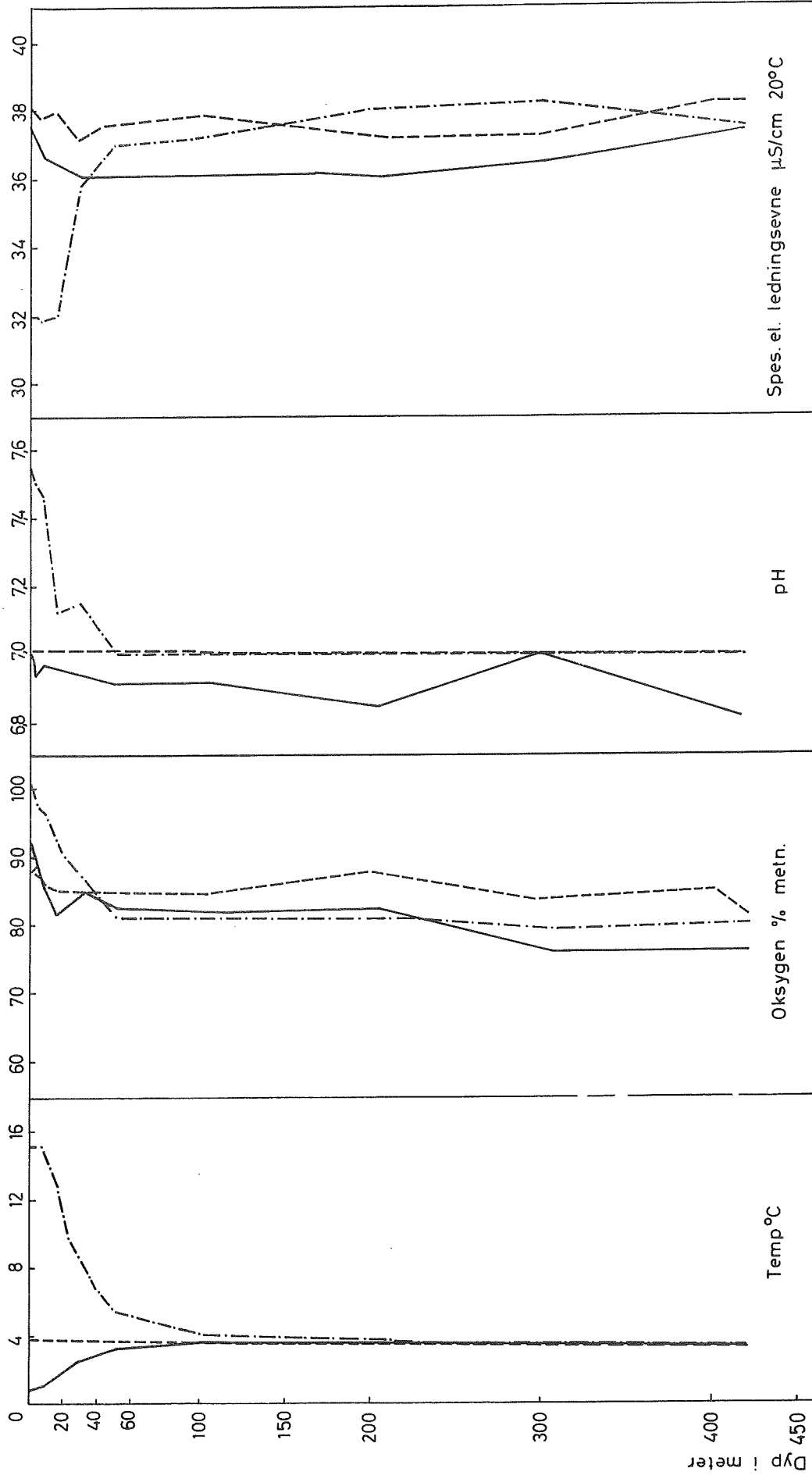
MJÖSA st. 1
Hydrografiske forhold 1967



- 7/3 67
- - - 22/5 67
- · - · 21/8 67

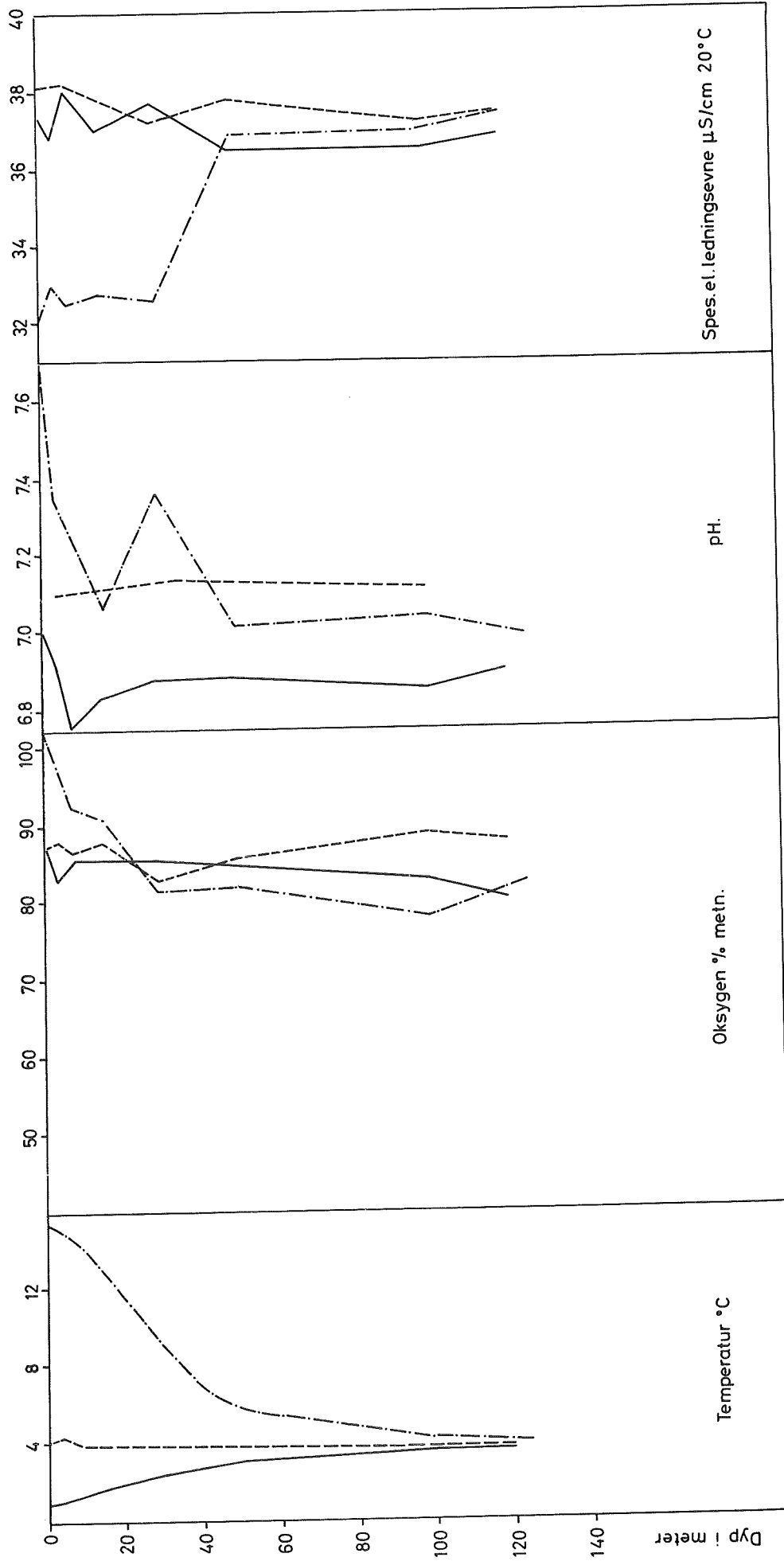
Fig. 8 MJÖSA st. 2

Hydrografiske forhold 1967



- 8/3 67
- 23/5 67
- 22/8 67

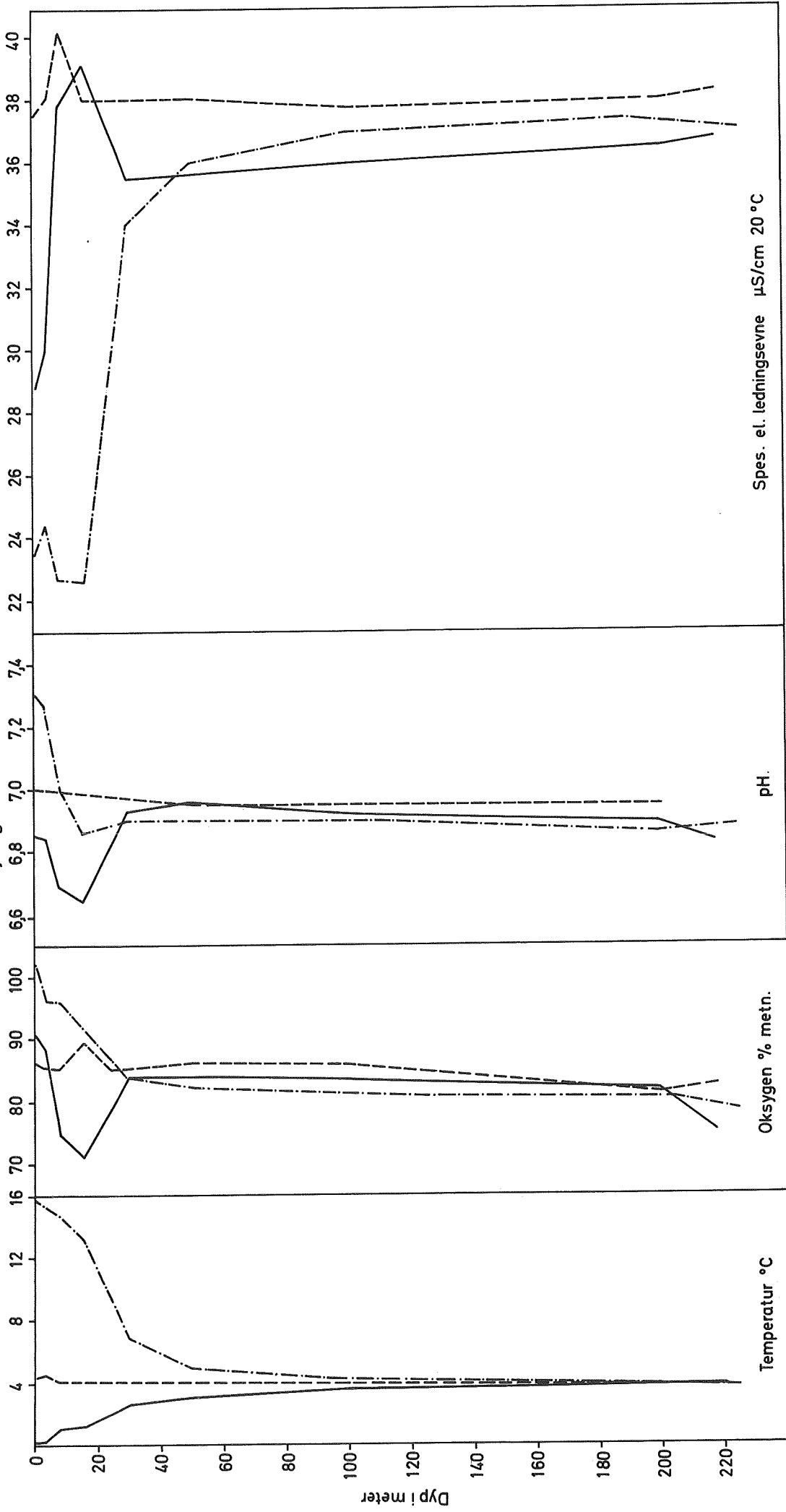
Fig.9
 MJÖSA st.3
 Hydrografiske forhold 1967



- 8/3-67
- - - 23/5-67
- · - · 22/8-67

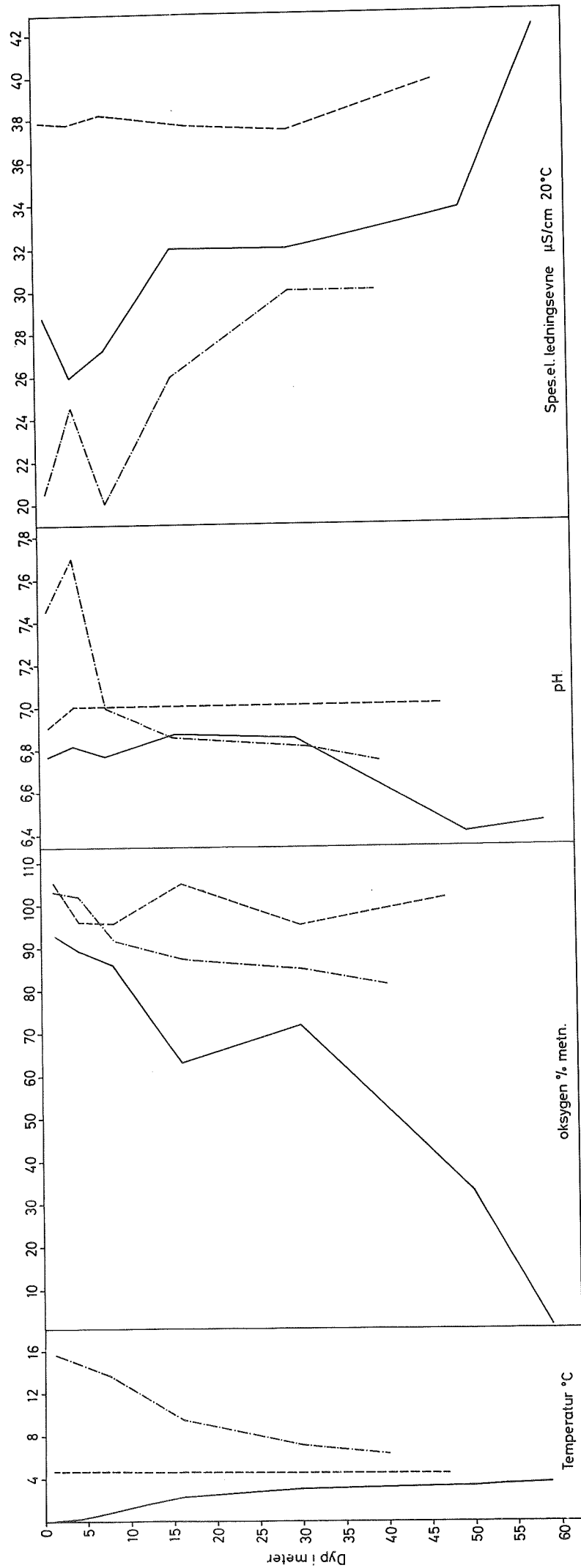
Fig. 10

MJÖSA st. 4
Hydrografiske forhold 1967



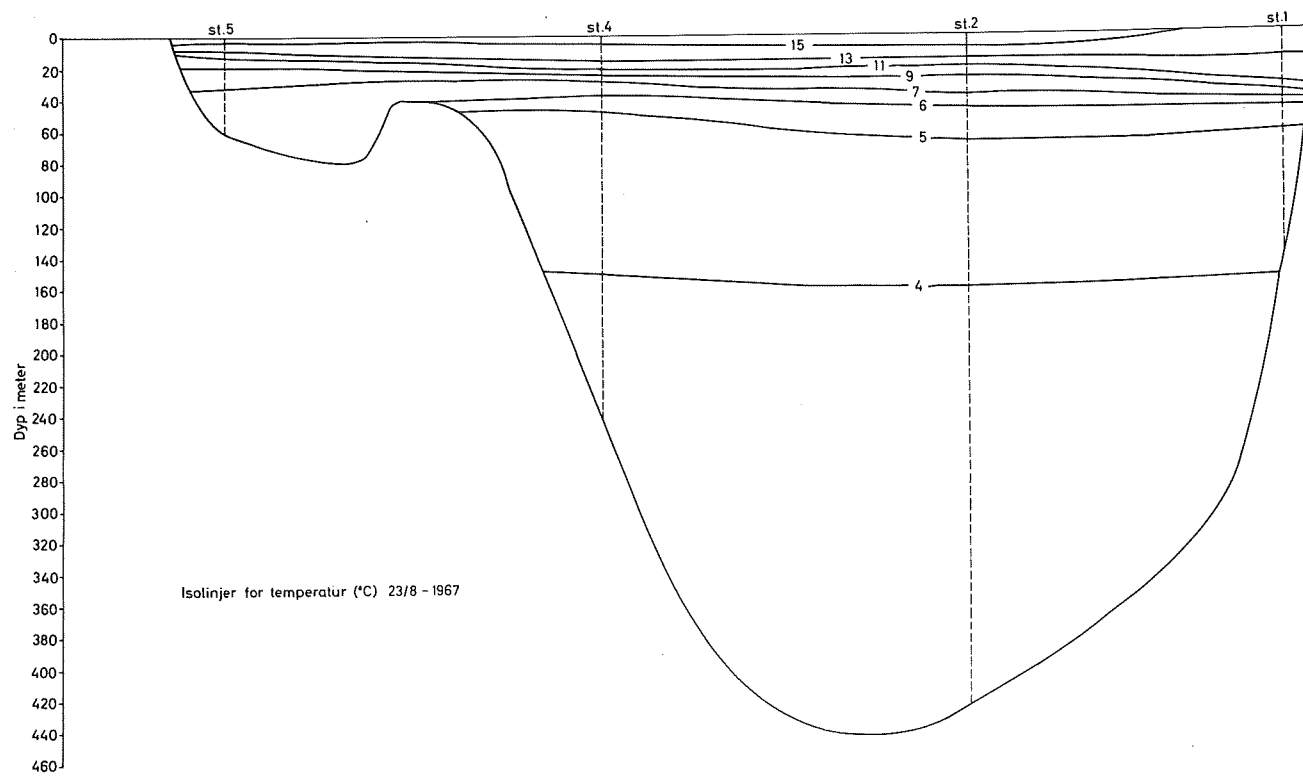
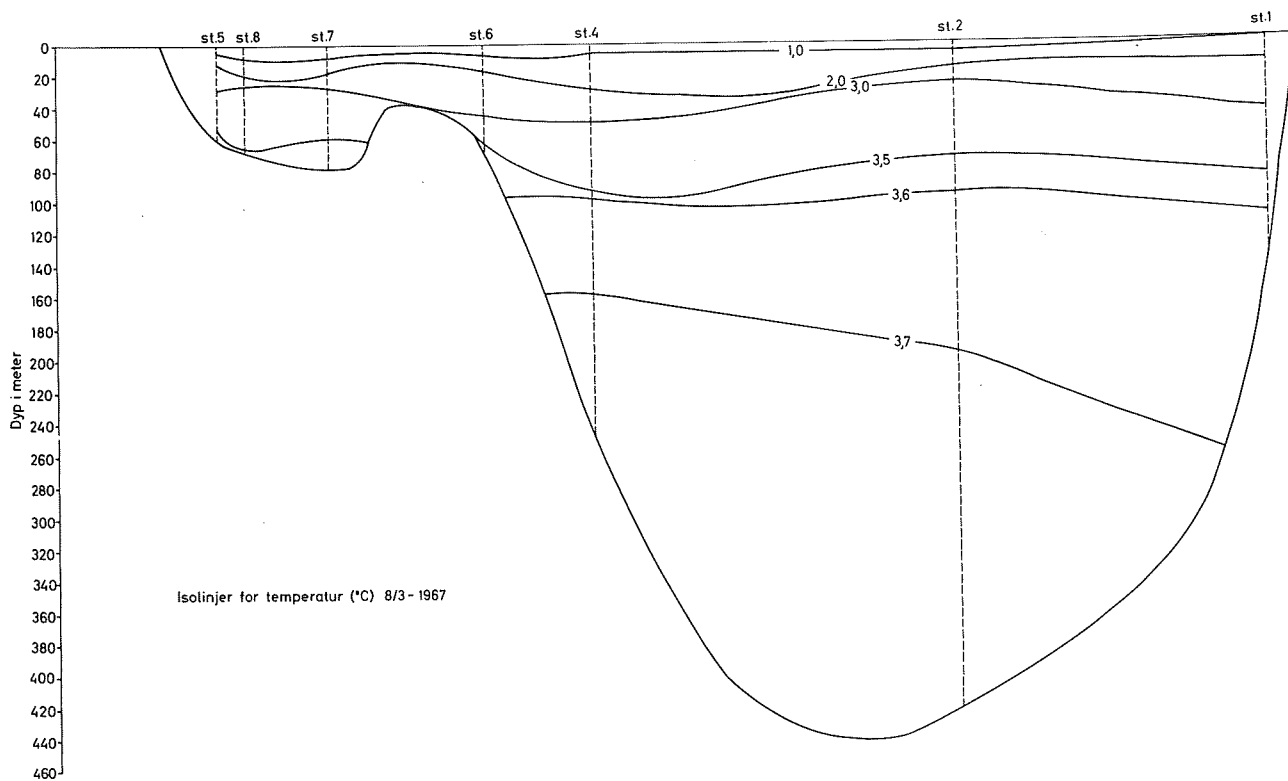
- 8/3 - 67
- - - 24/5 - 67
- · - 23/8 - 67

Fig. 11
 MJÖSA st. 5
 Hydrografiske forhold 1967



— 8/3 - 67
 - - - 25/5 - 67
 - · - · 23/8 - 67

Fig. 12 Mjösa. Lengdeprofil utl. Lågen - Minnesund



Vinteren 1967 fant isløsningsen sted i siste halvdel av mars. Hvor lenge den påfølgende sirkulasjonsperiode varte, er ikke kjent, men ennå i slutten av mai, da neste observasjonsserie fant sted, var det isoterme forhold på alle stasjoner. Temperaturen i de nordlige områder var imidlertid noe høyere enn lengre syd - noe som er betinget av innsjøens dybdeforhold.

Under den neste undersøkelsesperiode, som fant sted i siste halvdel av august, befant innsjøen seg i sommerstagnasjonsperioden. Det var på dette tidspunkt ikke noe skarpt skille mellom epi- og hypolimnion, men temperaturen avtok gradvis fra 10 meters dyp og ned til ca. 35 meters dyp (fig. 12). I dyplagene var det relativt konstante temperaturforhold over hele innsjøen. På stasjonene 2, 3, 4 og 5 var det noenlunde samme temperatur i de øverste lagene. De noe avvikende temperaturforhold i de epilimniske vannmasser på st. 1 har sannsynligvis sammenheng med vindforholdene og oppstuing av de øverste vannmasser i dette sydlige område.

3.5.2 Kjemiske forhold

Tabell 7 viser middelerverdier samt variasjonsbredde for kjemiske komponenter på hovedstasjonen, stasjon 2.

Tabell 7 Kjemiske analyseresultater. Middelerverdier og variasjonsbredde

Stasjon	Middelerverdi	Variasjonsbredde	Antall målinger	
Dato		14/3 1966 - 22/8 1967		
Surhetsgrad	pH	7,0	6,7 - 7,6	63
Spes.ledningsevne	20°C, µS/cm	36,9	31,9 - 43,0	71
Farge	mg Pt/l	13	9 - 23	70
Turbiditet	mg SiO ₂ /l	0,5	0,1 - 1,9	70
Permanganattall	mg O/l	2,2	1,4 - 4,2	70
Alkalitet	ml N/10 HCl/l	2,57	2,19 - 3,60	48
Fosfat, orto	µg P/l	5	2 - 12	48
- " -, total	µg P/l	19	8 - 78	49
Klorid	mg Cl/l	1,3	0,9 - 2,0	49
Nitrat	µg N/l	252	108 - 318	49
Sulfat	mg SO ₄ /l	6,4	2,1 - 8,1	44
Total hårdhet	mg CaO/l	9,0	8,5 - 9,8	47
Kalsium	mg Ca/l	4,9	3,64 - 5,46	49
Magnesium	mg Mg/l	0,70	0,63 - 0,80	49
Jern	µg Fe/l	44	13 - 95	47
Mangan	µg Mn/l	<5	0 - 28	48
Kalium	mg K/l	0,60	0,48 - 0,75	49

Tabell 7 (forts.)

Stasjon		Middel- verdi	Variasjonsbredde	Antall målinger
Natrium	mg Na/l	1,03	0,85 - 1,44	49
Kobber	µg Cu/l	29	10 - 39	10
Sink	µg Zn/l	95	17 - 333	11
Silisium	mg SiO ₂ /l	1,8	0,4 - 2,3	49
Bundet og fri ammonium	mg N/l	0,16	0,11 - 0,21	16

3.5.2.1 Oksygenforhold

Isolinjer for oksygenmetningen under vinter- og sommerstagnasjonsperioden er tegnet inn på fig. 13.

I de dypere lag av Mjøsas hovedbasseng er det liten forandring i oksygenforholdene fra årstid til årstid. Metningsverdiene ligger stort sett i området 80 - 85%. I overflatelagene er også oksygenmetningen relativt stabil, men vannets oksygeninnhold i mg/l varierer i samsvar med temperaturforandringene fra tid til tid. En slik oksygenfordeling og variasjon er typisk for norske innsjøer av den oligotrofe type.

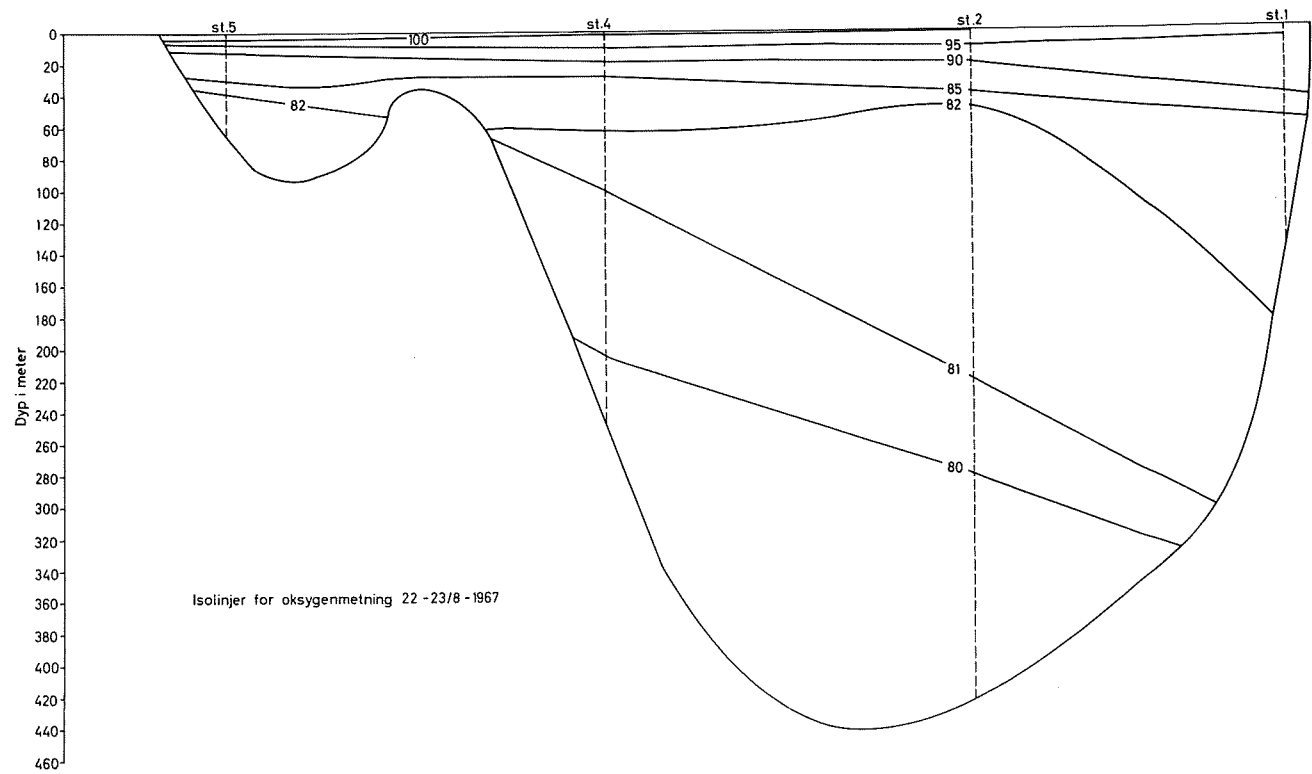
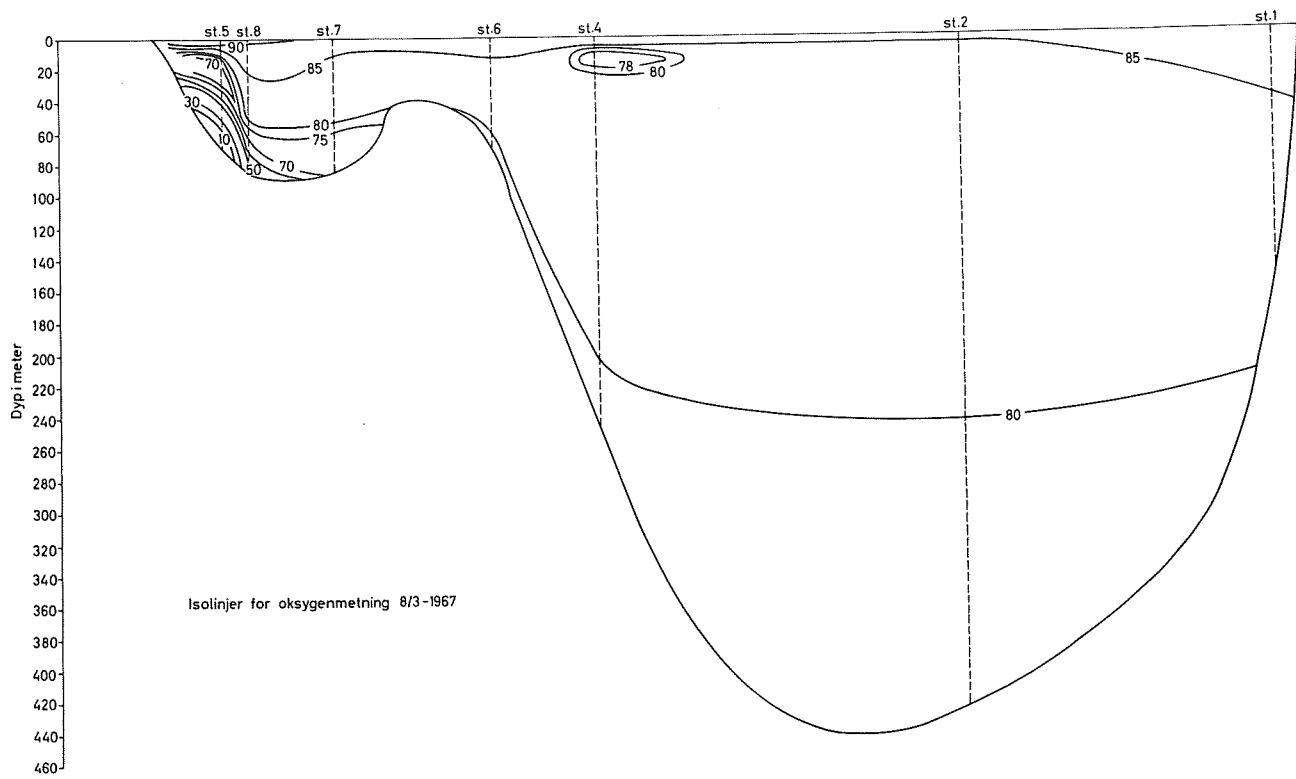
Allikevel er det til sine tider visse lokale avvik fra den generelle oksygenfordeling. Under vinterstagnasjonsperioden 1967, ble det observert lave verdier for oksygenmetningen i dyplagene i den nordlige del av Mjøsa, særlig på stasjon 5, men også på stasjonene 8, 7 og 6.

I samme observasjonstidsrom (mars 1967) ble det også observert relativt lave verdier for oksygenmetningen i 8 og 16 meters dyp på stasjon 4 like nord for Gjøvik. I de samme dyp ble det også målt avvikende verdier for andre kjemiske komponenter, nemlig lavere pH og høyere verdier for spesifikk ledningsevne, farge, turbiditet og permanganattall.

I april 1966 ble det foretatt en liten undersøkelse av vannmassene i sundet mellom Nes og Helgøya (0-16/66: En undersøkelse av drikkevannsforsyningen til Toftes Gave, Helgøya). I dette område er innsjøen 10 - 15 meter dyp. Også her var det lite oksygen i dyplagene.

Ved undersøkelsen av Furnesfjorden i 1962, ble det ikke påvist vesentlig oksygensvikt i dyplagene av denne fjordarm, hverken under sommer- eller vinterstagnasjonsperioden.

Fig. 13 Mjösa. Lengdeprofil utl. Lågen - Minnesund



3.5.2.2 pH

Mjøsvannets pH varierte stort sett rundt nøytralitetspunktet på alle stasjoner, men likevel var det en svak, men tydelig høyere pH i den sydlige delen enn i den nordlige. I dyplagene var pH relativt stabil og lå i underkant av pH 7,0 hele året i gjennom. I overflatelagene varierte pH noe med årstidene. Om sommeren var overflatevannet nøytralt i de nordlige og svakt alkalisk i de sydlige områder av innsjøen, mens det om vinteren overalt var nøytralt eller svakt surt.

3.5.2.3 Elektrolyttinnhold

Fig. 14 viser lengdeprofiler for Mjøsa hvor isolinjene for spes. ledningsevne under vinter- og sommerstagnasjonsperiodene, er tegnet inn.

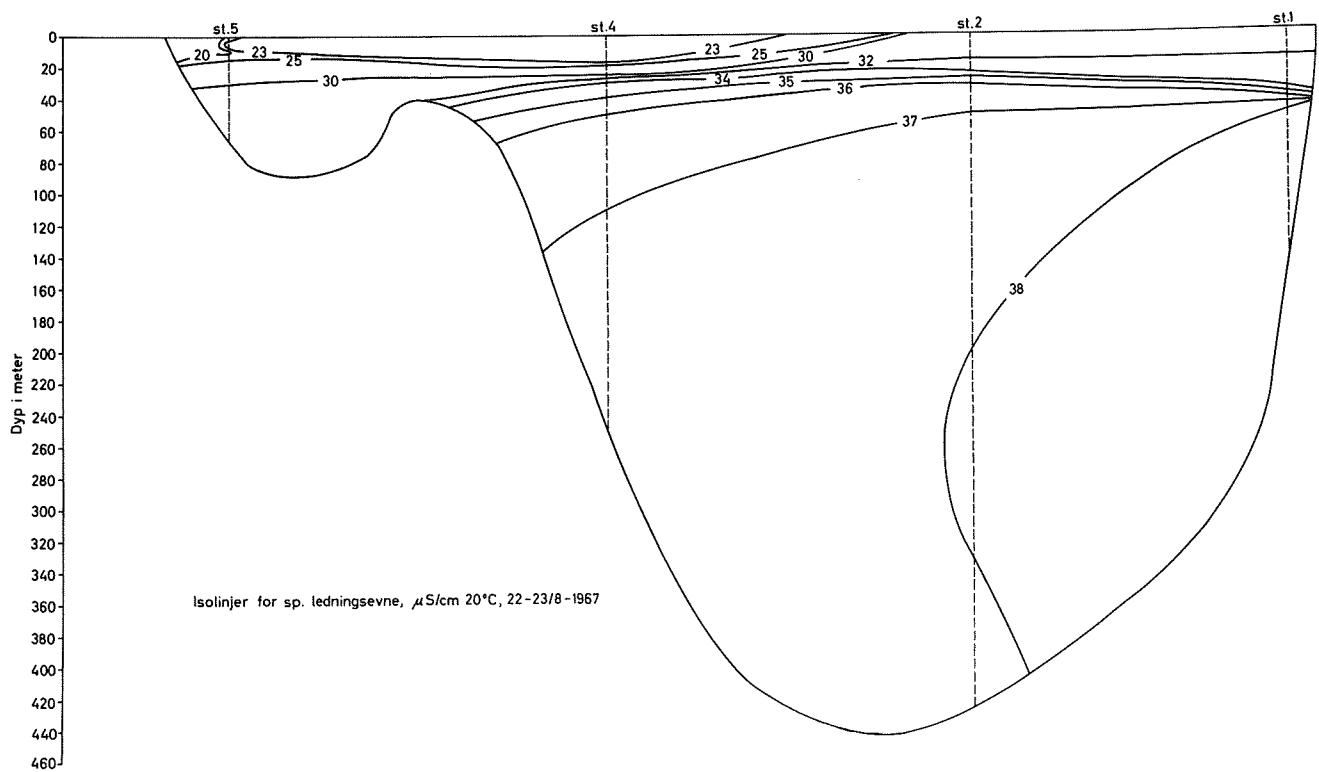
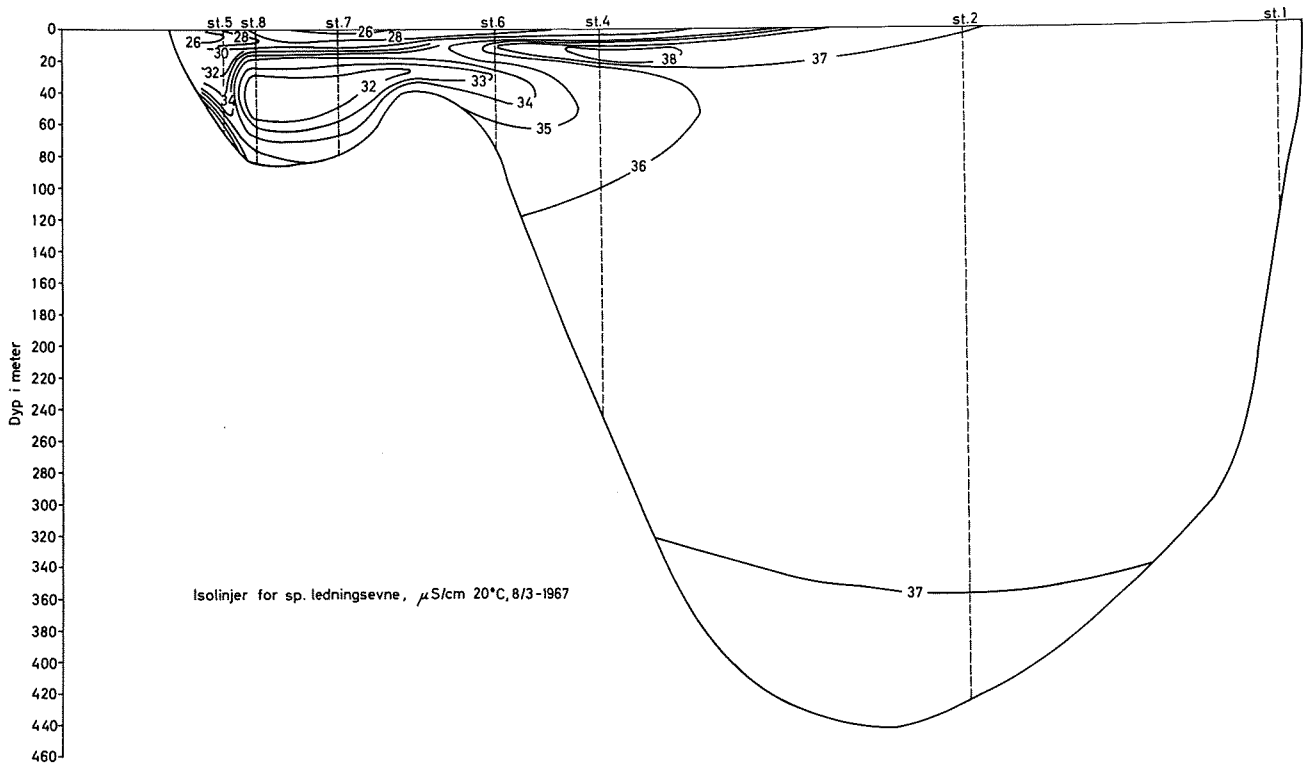
I Mjøsa er den spesifike ledningsevne relativt lav og viser at vannet er bløtt og saltfattig. Under stagnasjonsperiodene økte den spesifike ledningsevne fra nord mot syd og likedan fra overflate mot bunn (fig. 14). Denne økningen fant særlig sted syd for Gjøvik der innsjøen vider seg ut både med hensyn til bredde og dybde. Om sommeren var det således i 20 - 30 meters dyp et tydelig sprang fra lavere verdier i epilimnion til noe høyere verdier i dypet. Om vinteren var ledningsevnen relativt ensartet fra overflate til bunn i de sydlige områder, mens det i de nordlige områder (smalere og grunnere del) var markert lavere verdier i overflatelagene, ned til 15 - 20 meters dyp, enn i dyplagene. På stasjon 4 (like nord for Gjøvik) hadde ledningsevnen sin maksimumsverdi i 8 - 16 meters dyp. På stasjon 5 var det markert høyere verdier i de dypestliggende vannmasser.

Under vårfullsirkulasjonsperioden var det liten variasjon i den spesifike ledningsevne både med hensyn til sted og dyp.

3.5.2.4 Partikulært og organisk materiale

I de dypere lag av Mjøsas hovedvannmasser (syd for Gjøvik) var turbiditeten stort sett < 1 på alle observasjonsdager, men påvirkningen syntes å være noe større om sommeren enn om vinteren. I de øverste vannmasser var også turbiditeten om vinteren (< 1) noe mindre enn om sommeren ($1 < \text{turbiditet} < 2$) i dette området. De høyeste turbiditetsverdiene ble observert på stasjonene nord for Gjøvik, særlig var verdiene høye på stasjon 5 under vårfullsirkulasjonsperioden.

Fig.14 Mjösa. Lengdeprofil utl. Lågen - Minnesund



I dyplagene var vannets farge relativt lav og konstant på alle observasjonsdager. Verdiene varierte stort sett mellom 10 og 15 mg Pt/l. I overflate-lagene var fargeverdiene om sommeren (vel 20 mg Pt/l) noe høyere enn om vinteren. På stasjon 5 var fargeverdiene henimot 40 mg Pt/l under vårfullsirkulasjonsperioden. Fargen ble målt på ufiltrerte prøver, og de høye verdier kan derfor tildels skyldes vannets turbiditet.

Vannets innhold av organisk materiale var relativt lavt, og i Mjøsas hovedvannmasser varierte permanganattallene stort sett mellom 2,0 og 2,5 på alle observasjonsdager. Under vårfullsirkulasjonsperioden var det noe høyere verdier på stasjonene 3 og 4 og spesielt på stasjon 5.

Under vinterstagnasjonsperioden var det på stasjon 4 (litt nord for Gjøvik) relativt høye verdier både for turbiditet, farge og permanganattall i 8 og 16 meters dyp.

3.5.2.5 Andre kjemiske forhold

Innholdet av jern- og manganforbindelser er lavt i Mjøsas hovedvannmasser, og middelverdiene for observasjonsresultatene er lavere enn henholdsvis 50 µg/l og 15 µg/l. I de nordlige områder var innholdet av disse komponenter noe høyere, særlig under vårfullsirkulasjonsperioden. Vannets innhold av silisium var relativt konstant gjennom hele observasjonsperioden og lå stort sett i området 2,0 - 2,5 mg SiO₂/l.

Fosfor- og nitrogenforbindelsenes variasjon med tid og sted er satt opp i tabell 8.

Tabell 8 Middelverdier for fosfor- og nitrogenforbindelser

Stasjon	Måned	Nitrat µg N/l	BFA µg N/l	Fosfat, orto µg P/l	Fosfat, total µg P/l
1	Mars	290	70	8	12
	Mai	295		7	9
	August	187			
2	Mars	308		8	8
	Mai	305		5	8
	August	328			
3	Mars	303		9	9
	Mai	313		5	9
	August	175			

Tabell 8 (forts.)

Stasjon	Måned	Nitrat µg N/l	BFA µg N/l	Fosfat, orto µg P/l	Fosfat, total µg P/l
4	Mars	226	80	7	8
	Mai	302		4	9
	August	204			
6	Mars	175		5	18
7	Mars	173		6	30
8	Mars	180		5	10
5	Mars	117	310	9	15
	Mai	168		6	15
	August	89			

Som tabell 8 viser var vannets innhold av nitrater noe høyere syd for Gjøvik enn lengre nord. Verdiene for BFA (bundet og fri ammonium) var i mars av samme størrelsesorden på stasjonene 1 og 4, mens innholdet på stasjon 5 var betydelig høyere. Vannets innhold av total- og ortofosfat var relativt lavt og av samme størrelsesorden på stasjonene 1, 2, 3 og 4. I mars var vannets innhold av totalfosfat på stasjonene 6, 7, 8 og 5 noe høyere enn på de andre stasjonene.

3.5.3 Tilløpselver. Kjemiske forhold

I tiden 20. - 22. september ble det samlet inn prøver for kjemisk bearbeidelse fra 16 av de viktigste tilløp til Mjøsa. Prøvetakingsstedene ble valgt ved elvenes utløp, men i enkelte tilfeller ble det også tatt prøver lengre oppe i vassdraget (Starelv, Svartelv og Mesna). Prøvetakingsstedene er avmerket på fig. 6. Analyseresultatene er gjengitt i tabell 9.

3.5.3.1 pH

Vannets pH i de forskjellige tilløpselver lå i området av pH 7,0 med min. og maks. på henholdsvis pH 6,2 (Kvernsveta) og pH 7,7 (Brumunda).

3.5.3.2 Spesifikk ledningsevne

Den spesifikke ledningsevne var relativt lav i de fleste elver som munnet ut nord for Gjøvik. I Vismunda (14) og Moelv (8) samt i de elver som munnet ut i innsjøens midtre og sydlige områder var ledningsevnen betydelig høyere.

Tabell 9

Dato: 20. - 22/9 1967

Kjemiske analyseresultater

Lokalitet: Tilløpselver til Mjøsa

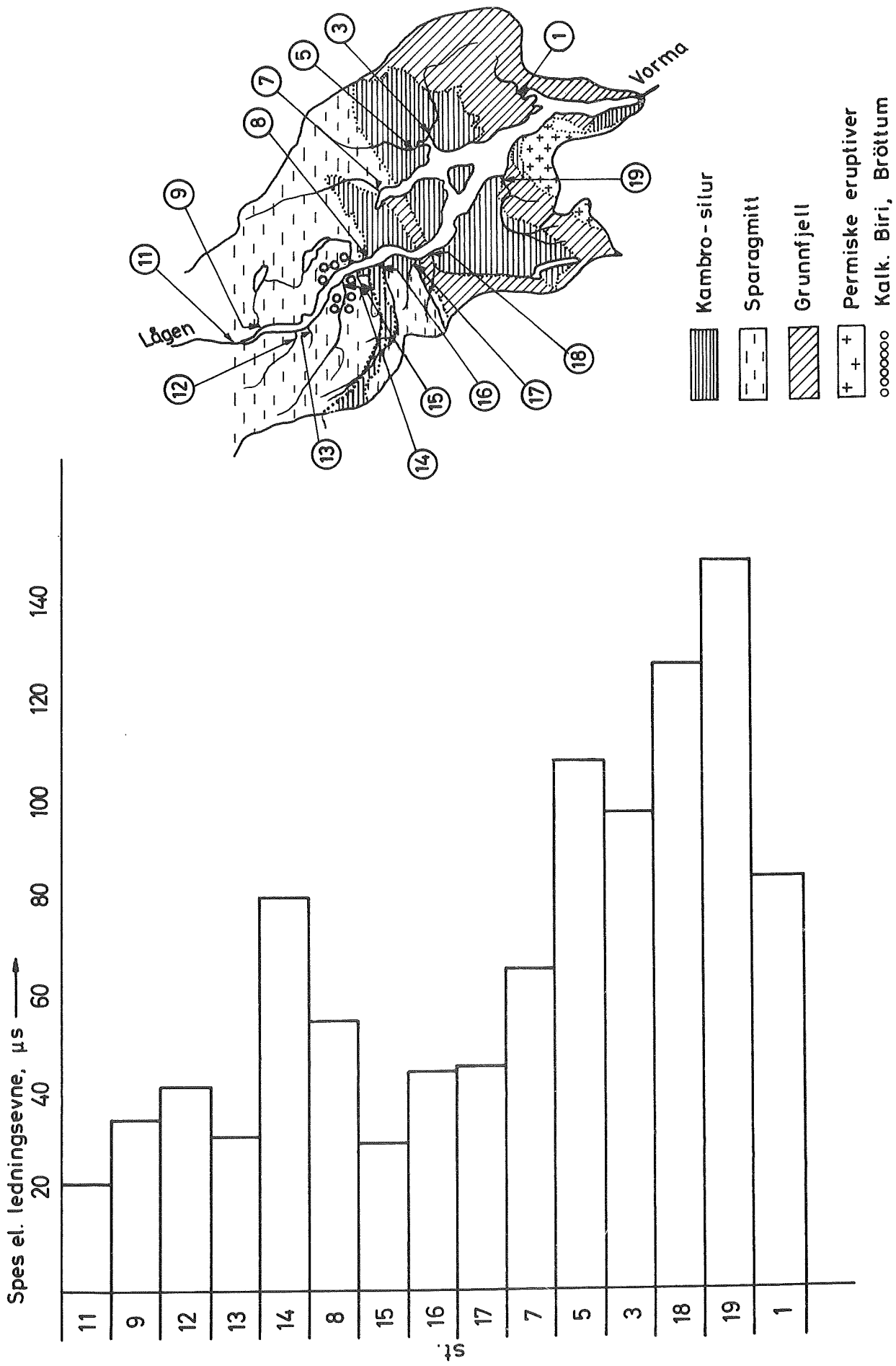
Stasjon Komponent	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	7,4	6,9	7,3	7,4	7,2	6,2	7,7	7,2	6,8	7,1
Spes.ledningsevne 20°C, $\mu\text{S/cm}$	83,4	85,0	96,8	90,0	107,0	99,2	64,3	54,4	34,7	33,7
Farge mg Pt/l	60	63	79	75	33	1076	46	35	30	17
Turbiditet mg SiO_2/l	4,9	6,5	3,9	4,9	2,9	340	3,6	2,7	2,3	0,6
Permanganattall mg O/l	7,2	6,5	10,2	11,3	4,6	110	5,6	5,3	3,5	2,3
Klorid mg Cl/l	5,2	5,5	4,2	3,7	5,2	9,2	1,8	2,4	2,3	0,8
Sulfat mg SO_4/l	7,4	8,2	11,2	10,5	7,0	9,7	4,7	6,9	3,9	4,8
Fosfat, orto $\mu\text{g P/l}$	16		24	8	87	15		14	26	
Fosfat, total $\mu\text{g P/l}$	19	16	61	26	106	328	10	19	32	10
Nitrat $\mu\text{g N/l}$	55	35	100	50	640	17	38	95	175	105
BFA mg N/l	0,40	0,40	0,58	0,52	0,65	1,48	0,27	0,33	0,18	0,07
Alkalitet ml N/10 HCl/l	5,78	5,73	6,61	6,00	8,24	6,93	6,36	4,15	2,33	2,61
Total hårdhet mg CaO/l	21,4	21,9	21,5	19,8	27,7	26,8	19,8	13,9	8,0	8,6
Kalsium mg Ca/l	10,80	11,10	10,50	9,62	14,50	10,70	8,59	6,75	3,68	3,88
Magnesium mg Mg/l	1,67	1,73	1,16	1,10	1,54	2,08	1,73	1,20	0,63	0,82
Kalium mg K/l	1,12	0,98	1,40	1,26	1,54	2,38	0,42	0,84	0,42	0,49
Natrium mg Na/l	2,49	2,34	6,35	5,86	3,66	4,48	1,56	1,51	1,42	0,88
Jern $\mu\text{g Fe/l}$	850	950	420	380	140	455	130	135	95	57
Mangan $\mu\text{g Mn/l}$	45	41	14	9	49	540	< 5	13	21	17
Kobber $\mu\text{g Cu/l}$	19	42	35	27	31	46	23	19	31	15
Sink $\mu\text{g Zn/l}$	20	15	15	15	28	77	18	15	23	11
Silisium mg SiO_2/l	1,6	1,3	1,5	1,6	3,5	3,5	3,6	3,4	1,0	1,7

Tabell 9 (forts.)
 Kjemiske analyseresultater

Stasjon	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Komponent									
pH	7,0	7,2	7,0	7,2	6,5	7,1	7,0	7,3	7,5
Spes. ledningsevne 20°C, µS/cm	21,4	41,2	30,8	79,7	29,3	44,0	44,7	127,0	148,0
Farge mg Pt/l	16	61	95	99	146	143	193	420	145
Turbiditet mg SiO ₂ /l	2,5	5,9	16,0	17,0	24,0	31,0	41,0	78,0	32,0
Permanganattall mg O/l	0,7	8,2	14,0	11,3	28,0	12,8	16,0	54,0	6,6
Klorid mg Cl/l	0,8	1,4	1,2	2,8	1,6	2,2	2,4	16,5	8,3
Sulfat mg SO ₄ /l	1,7	5,6	4,5	9,7	3,6	5,3	5,2	20,3	11,8
Fosfat, orto µg P/l		7	3	4	40	8	6	7	40
Fosfat, total µg P/l	11	20	21	33	52	38	62	166	93
Nitrat µg N/l	35	100	55	940	100	220	150	232	940
BFA mg N/l	0,22	0,34	0,49	0,45	0,39	0,71	0,66	2,72	0,79
Alkalitet ml N/10 HCl/l	2,61	3,34	2,52	5,08	1,93	3,24	3,24	7,34	10,96
Total hårdhet mg CaO/l	8,6	11,8	11,3	21,7	12,4	15,8	12,6	41,2	41,5
Kalsium mg Ca/l	2,46	5,53	4,71	10,4	3,68	5,94	6,35	15,0	19,6
Magnesium mg Mg/l	0,57	1,04	0,66	1,38	0,72	0,82	0,82	5,96	2,45
Kalium mg K/l	0,42	0,42	0,28	1,26	0,56	0,84	1,12	1,40	3,50
Natrium mg Na/l	0,64	0,83	0,54	1,47	0,68	0,98	0,88	2,24	2,88
Jern µg Fe/l	52	160	455	280	1100	430	1300	1885	570
Mangan µg Mn/l	14	<5	<5	15	73	22	324	144	37
Kobber µg Cu/l	23	31	23	27	38	27	27	65	25
Sink µg Zn/l	12	15	15	15	20	18	18	77	38
Silisium mg SiO ₂ /l	2,1	2,1	3,3	4,8	3,3	3,4	3,4	4,2	2,3

1	Starelva utløp Mjøsa	11	Gudbrandsdalslågen ovenfor Fåberg
2	Starelva ovenfor tettbebyggelse Tangen	12	Rinda utløp Mjøsa
3	Svartelva utløp Mjøsa	13	Bjørnstadelva utløp Mjøsa
4	Svartelva ved Kroken	14	Vismunda " "
5	Flakstadelva utløp Mjøsa	15	Skulhuselva " "
6	Kvernveta " "	16	Stokkelva " "
7	Brumunda " "	17	Braastadelva utløp Mjøsa
8	Moelv " "	18	Hunnselva utløp Mjøsa
9	Mesna utløp Mjøsa	19	Lena utløp Mjøsa
10	Mesna ovenfor Lillehammer		

Fig.15 MJÖSA, tillöpselver spes.el. ledningsevne ($\mu\text{s}/\text{cm}$) og geologiske forhold.



Den viktigste årsak til forskjellen i elvenes elektrolyttinnhold er de geologiske forhold i de respektive nedbørfelt. Sammenhengen mellom ledningsevnen og de geologiske forhold kan vurderes ut fra fig. 15.

Elvene i nord drenerer i stor utstrekning sparagmittområder som er relativt kalkfattige. Den noe høyere ledningsevne i Vismunda og Moelv har sin årsak i at det i disse elvers nedbørfelt er betydelige kalkforekomster (Biri, Brøttum). Elvene som munner ut i Mjøsas midtre områder: Hunnselv (18), Lena (19), Flagstadelv (5), Svartelv (3) og Brumunda (7), drenerer områder hvis berggrunn i større eller mindre grad er bygd opp av lite omdannede kambrosiluriske sedimentbergarter. Berggrunnen i Starelvass nedbørfelt består i det vesentligste av grunnfjell. I hvilken grad marine avsetninger og kulturpåvirkning har betydning for elvenes elektrolyttinnhold er det vanskelig å ha noen formening om.

3.5.3.3 Partikulært og organisk materiale

Elvenes belastning av partikulært og organisk materiale varierte sterkt fra vassdrag til vassdrag. Spesielt høye verdier ble registrert i Kvernveta (6) og Hunnselv (18) som begge i utstrakt grad brukes som resipienter for kloakk- og industrielt avløpsvann. Ellers hadde tilsigselvene på vestsiden av Mjøsa gjennomgående større belastning av partikulært og organisk materiale enn de på østsiden. Dette kan ha sammenheng med jordbunn, vegetasjonsforholdene i og utnyttelsen av nedbørfeltet samt i hvilken grad vassdragene benyttes som resipienter for kloakk- og industrielt avløpsvann. Elvenes vannføring spiller også en betydelig rolle i denne sammenheng.

3.5.3.4 Jern- og manganforbindelser

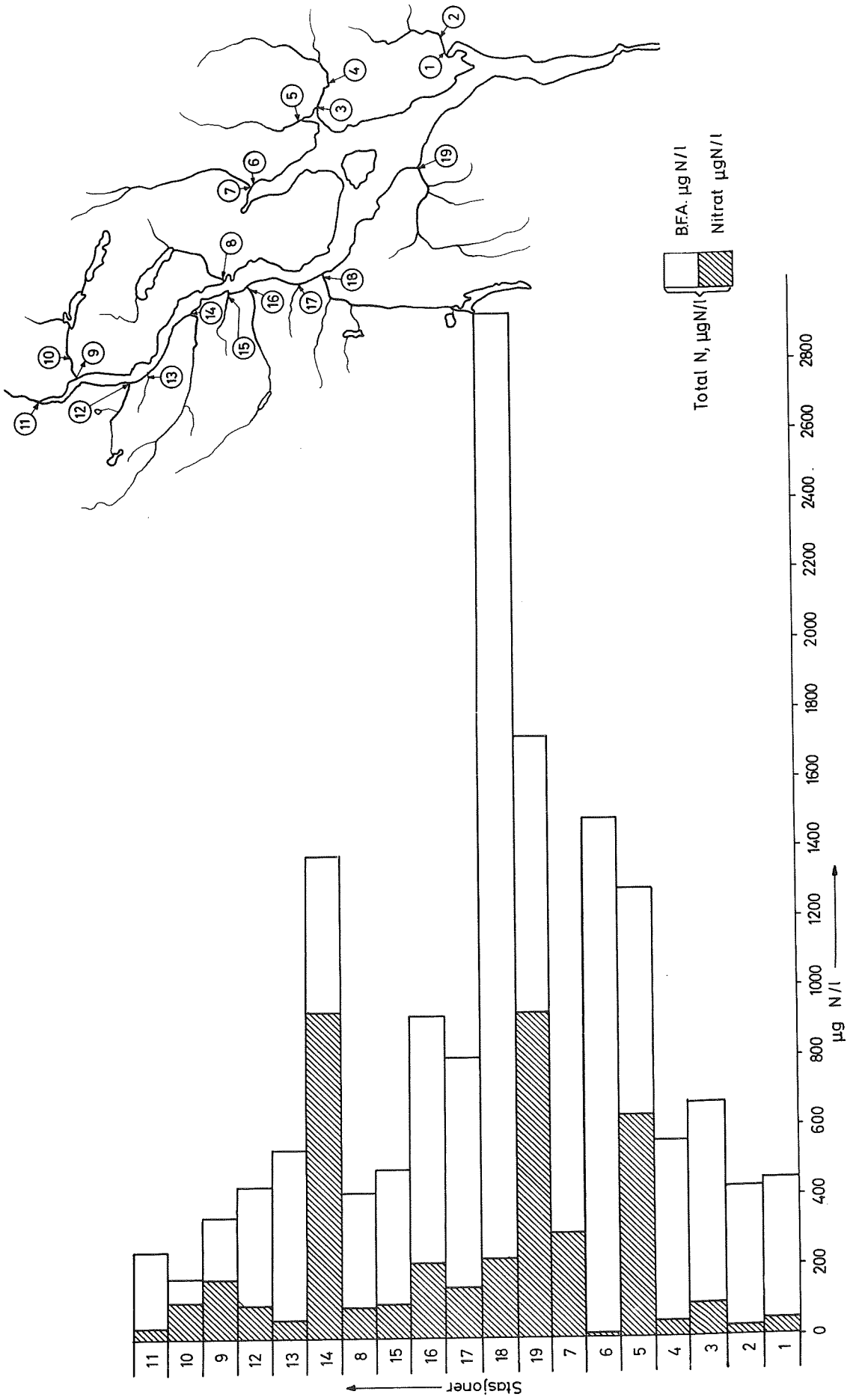
Mange av elvene hadde et relativt høyt innhold av jern- og manganforbindelser. Elvene på vestsiden av Mjøsa var også i denne sammenheng sterkere belastet enn elvene på østsiden. Dette skyldes sannsynligvis at jern- og manganforbindelser i stor utstrekning er komplekst bundet til det partikulære og organiske materiale.

3.5.3.5 Plantenæringsalter (fosfor- og nitrogenforbindelser)

Analyseresultatene (fig. 16) viser at de fleste tilløpselvene er relativt sterkt belastet med plantenæringsalter. De høyeste nitratverdier ble observert i elvene 14, 19 og 5, som alle drenerer utpregede jordbruksområder. Elvene 6 og 18 står også i denne forbindelse i en særstilling i og med at de i utstrakt grad brukes som resipienter for avløpsvann. Vannets totale nitrogeninnhold, som på disse stasjoner var forholdsvis høyt, forelå således i det vesentligste som ammoniumforbindelser.

Fig.16 Mjösas tillöpselver.

Total nitrogen, nitrat og BFA i $\mu\text{gN/l}$



Fosfatverdiene var relativt høye på de fleste stasjoner, og særlig var elvene 3, 5, 6, 15, 17, 18 og 19 sterkt belastet. I samsvar med det som er nevnt ovenfor er det også i denne sammenheng grunn til å fremheve forholdene på stasjonene 6 og 18.

3.5.4 Diskusjon av de hydrografiske forhold

I dyplagene av Mjøsas hovedbasseng synes de fysisk-kjemiske forhold å være relativt stabile gjennom hele året. Temperaturforskjellene sommer og vinter dreier seg således bare om tiendedels grader, og oksygenmetningen varierte stort sett mellom 80 og 85 prosent.

Overflatelagene eller de epilimniske vannmasser i de sydlige områder er i første rekke preget av de klimatiske variasjoner, men også i en viss grad av de gjennomstrømmende vannmasser. Vannmassene er i disse lag godt mettet med oksygen (ca. 90%). Sprangsjiktet synes normalt i august - september å ligge i 20 - 40 meters dyp. Gudbrandsdalslågen har lavere spesifikk ledningsevne enn de øvrige tilsig til Mjøsa. I slutten av august 1967 var den spesifikke ledningsevne ved Fåberg og ved Svanfoss henholdsvis 15,7 og 31,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 20°C . Hvis disse tall er representative ved normal vannføring (tabell 4 og 5) kan middelverdiene for den spesifikke ledningsevne (x) i Mjøsas øvrige tilsig beregnes etter følgende likning:
 $x \cdot 64 = 320 \cdot 31,2 - 256 \cdot 15,7$ dvs. $x = 93,2 \mu\text{S}/\text{cm}$. Ved å bruke tallene for midlere vannføring og ledningsevneobservasjonene (20. - 22. september) fra de forskjellige tilløpselver (Lågen ikke medregnet) blir $x = 85,3 \mu\text{S}$. Regnes også Lågen med blir den midlere ledningsevne 29,6 μS som altså skulle tilsvare ledningsevnen i Vormå. Dette viser at de beregnede og målte verdier er av samme størrelsesorden.

Lågens elektrolyttinnhold er sannsynligvis minst under flomperioder, særlig om våren, men hele året i gjennom er den betydelig lavere enn i Mjøsas øvrige større tilsigselver. Disse forhold er årsak til at de epilimniske vannmasser i Mjøsa har lavere spesifikk ledningsevne enn de hypolimniske. Dessuten forårsaker de at den spesifikke ledningsevnen stiger sydover i innsjøen under de samme perioder (kfr. fig. 14). Under vårfullsirkulasjonsperioden var den spesifikke ledningsevne av samme størrelsesorden på alle stasjoner.

Den merkbare høyere turbiditet i de nordlige deler av Mjøsa er en effekt av Lågens materialtransport. Syd for Gjøvik synes imidlertid ikke denne transport å ha noen nevneverdig betydning for vannets turbiditetsinnhold. Turbiditeten er også årsak til noe høyere fargeverdier i de nordlige områder. Fargeverdiene i de dypere lag av Mjøsa er relativt lave til alle

årstider. De noe høyere fargeverdier i overflatelagene under sommerstagnasjonsperioden kan tildels skyldes Lågens turbide vannmasser, men planktonproduksjonen i selve Mjøsa kan muligens også spille en viss rolle. Oksyderbarhetsverdiene (permanganattallene) var relativt lave på alle observasjonsdager.

Som nevnt tidligere er det like nord for Moelv en terskel som atskiller dyplagene i nord fra hovedbassenget. Under vinterstagnasjonsperioden ble det særlig i den nordlige del av dette basseng observert spesielle kjemiske forhold. Dette har sammenheng med biologisk nedbrytning av organisk materiale i de dypereliggende vannmasser og i bunnsedimentene. Vannets oksygeninnhold avtar etterhvert som disse oksydasjonsprosesser griper om seg. Den samtidige produksjon av karbondioksyd bevirker en avtakende pH. Miljøet som oppstår forårsaker også reduksjonsprosesser slik at vannets elektrolyttinnhold øker. Bunnsedimentenes innhold av organisk materiale kan ha sin årsak i Lågens transport av slikt materiale, men det kan også til en viss grad skyldes industribelastning fra Lillehammerområdet.

Det samme fenomen: Lavt oksygeninnhold, lavere pH, høyere verdier for spesifikk ledningsevne, farge, turbiditet og permanganatforbruk gjorde seg også gjeldende i 8 og 16 meters dyp på stasjon 4 (like nord for Gjøvik) under vinterstagnasjonsperioden. Vannets belastning med organisk materiale må også her være forklaringen. Sannsynligvis er årsaken organisk belastet avløpsvann fra Gjøvik og Hunnselva, som p.g.a. temperaturen er lagret inn i dette sjikt. De spesielle kjemiske forhold som ble observert i sundet mellom Helgøya og Neslandet vinteren 1966, skyldtes et relativt stort meieriutslipp. I hvilken grad slike lokale påvirkninger har betydning for Mjøsas hovedvannmasser, er det vanskelig å ha noen formening om uten mer vidtgående undersøkelser.

Vannets innhold av jern- og manganforbindelser er lavt, men også disse komponenter opptrer i størst konsentrasjon i de nordlige områder. Dette har sannsynligvis sammenheng med vannets turbiditetsbelastning.

Som tabell 8 viser ble det målt større nitratmengder i de sydligere områder av Mjøsa enn i de nordligere. Det motsatte var tilfelle med total-fosfat.

Ut fra de geologiske forhold i Lågens nedbørfelt er det rimelig å anta at breslammet inneholder fosfater, og dette kan være årsaken til de noe høyere verdier for total-fosfat i den nordlige del av Mjøsa enn i den sydlige (Rapport I, Del 2. Gudbrandsdalsl.). Nitratene er lett løselige i vann, og ut fra det som tidligere er beskrevet om utnyttelsen av nedbørfeltet, samt

av de observerte nitratforhold i tilløpselvene, er det naturlig at vannets nitratinnhold øker sydover i innsjøen.

Ut fra de undersøkelser som ble utført i 1961 og 1962 i Furnesfjorden, samt forholdene på stasjon 3 mellom Hamar og Helgøya, er det ingen vesentlig dårligere vannkvalitet kjemisk sett i dette fjordområdets sentrale deler enn ellers i Mjøsa.

3.6 Biologiske forhold

Denne kortfattede behandling av planktonet i Mjøsa er basert på en spesiell undersøkelse av forholdene i innsjøen og elvestrekningen ned til Øyeren høsten 1967. Det er dessuten benyttet resultater av tidligere spredte observasjoner som er gjort av Norsk institutt for vannforskning. Fremgangsmåten ved prøvetaking og metodene ved bearbeidelsen av materiale er beskrevet i rapport I, Del 1. Resultatene av instituttets undersøkelse er sammenliknet med beskrivelse av planktonforholdene i Mjøsa fra tidligere undersøkelser.

Hovedresultatene av planktonbearbeidelsen er gjengitt i tabellene 10, 11 og 12. Det fremgår av disse at det er en utpreget dominans av diatoméer i vannmassenes vegetasjon. Dette er særlig typisk for materialet som representerer Mjøsa og Vormå - Glåma. I Øyeren gjør det seg gjeldende et noe større innslag av grønnalger, men den mengdemessige overvekten av diatoméer er likevel tydelig.

Resultatene som belyser forholdene på stasjonene i Mjøsa kan tyde på at planktonet er forholdsvis ensartet nord og syd i innsjøen. Spesielle undersøkelser er nødvendige for å få kjennskap til den horisontale og vertikale fordeling av planktonet med årstidene.

Av tabellene fremgår også den kvalitative likhet som det er mellom planktonet i Mjøsa og på elvestrekningen ned til Øyeren. På alle stasjonene på denne elvestrekning dominerer Fragilaria crotonensis og ledsages av Asterionella formosa, Tabellaria fenestrata, Diatoma elongatum, Rhizosolenia-artene, Melosira-artene og andre. I denne forbindelse kan man merke seg forskjellen fra planktonet i Glåma før elvenes forening. I prøven fra Fundifossen er Fragilaria crotonensis sjelden, og artene av Rhizosolenia og Melosira er fraværende. Forøvrig ser det ut til å finne sted bare uvesentlige forandringer i planktonets kvalitative og kvantitative sammensetning fra utløpet av Vormå til innmunningen av Glåma i Øyeren. Dette fremgår ved å sammenlikne resultatene fra Minnesund med de fra Fetsund. På hele elvestrekningen er det typiske representanter for Mjøsplanktonet som dominerer.

Tabell 10. Fytoplankton i Mjøsa og Øyeren i august 1967.

Organismer	Mjøsa					Øyeren
	St. 5	St. 4	St. 3	St. 2	St. 1	
	23/8-67	23/8-67	27/8-67	22/8-67	21/8-67	14/8-67
CYANOPHYCEAE						
<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Breb.		2	3	2	2	2
<i>Oscillatoria</i> Vaucher sp. (6-7 μ)	2	3	3	3	3	4
CHLOROPHYCEAE						
<i>Actinastrum</i> Hantzschii Lagerh.						1
<i>Arthrodesmus incus</i> Hass.		1	2			2
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli		1		1		
<i>Cosmarium</i> Corda Ralfs spp.					1	
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood		1	2	2		1
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenb.		1	3	1	1	1
cf. <i>Gemmellicystis neglecta</i> Teiling em. Skuja	2	2	2-3	3	3	3
<i>Gloeococcus</i> A. Braun sp.	2	1	1	1	1	1
<i>Gloeocystis</i> cf. <i>planctonica</i> (W.&G.S.West) Lemm.					1	
<i>Gloeocystis</i> Nägeli sp.	1	2	2	1		1
<i>Kirchneriella</i> cf. <i>lunaris</i> (Kirch.) Moebius		1	2	1		
<i>Kirchneriella</i> Schmidle sp.				2	2	1
<i>Mougeotia</i> Ag. sp.					2	2
<i>Pandorina morum</i> Bory	1		2		1	
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Breb.						3
<i>Spondylosium planum</i> (Wolle) W. & G.S. West		2	3	2	1	3
<i>Staurastrum</i> cf. <i>apiculatum</i> Breb.	1		1			
<i>Staurastrum</i> Meyen spp.	2	3	3	2	2	2
BACILLARIOPHYCEAE						
<i>Asterionella formosa</i> Hass.	4	4	4	4	3	4
<i>Diatoma elongatum</i> Ag.	2	3	3	3	2	3
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	4	4	4	5	5	5
<i>Fragilaria</i> Lyngb. sp.	2	2	1	2	2	3
<i>Melosira ambigua</i> (Grun.) O. Müller	1	1	1	2	2	2
<i>Melosira granulata</i> (Ehrenb.) Ralfs		2	3	3	3	1
<i>Melosira</i> cf. <i>islandica</i> O. Müller		1				
<i>Rhizosolenia eriensis</i> H.L. Smith	2	3	2	3	3	3
<i>Rhizosolenia longiseta</i> Zach.		1	1	2	2	2
<i>Synedra acus</i> Kütz.	2	2	2	2	2	2
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	4	4	3	4	3	3
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kütz.	1	1			2	
<i>Tabellaria flocculosa</i> var. <i>Teilingii</i> Knudson	1	1	1		1	1
CHRYSOPHYCEAE						
<i>Mallomonas</i> Perty sp.					2	2
DINOPHYCEAE						
<i>Peridinium</i> Ehrenb. sp.	1					
PROTOZOA						
<i>Epistylis rotans</i> Svec			2	2		
ROTATORIA						
<i>Filinia</i> (=Triarthra) <i>longiseta</i> Ehrenb.						2
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	2	2	2	1	2	3
<i>Notholca longispina</i> Kell.	2				1	2
<i>Polyarthra</i> cf. <i>platyptera</i> Ehrenb.	3		2	2	3	3
<i>Trichocerca</i> Lammarck sp.						2
Ubestemte rotatorier	2				3	2
CHRUSTACEA						
<i>Bosmina coregoni</i> Baird	2		2		2	3
Calanoide copepoder			1			
Cyclopoide copepoder			2			
Nauplier	1		2			2
VARIA						
Pollen av bartrær						1
Fibre (trachéer og trachéider)						1
Humuspartikler med utfelt jern						2
Sand						2

Tabell 11. Seston i Vormo og Glåma 28/8 og 7/9 1967.

Organismer	Minnesund 7/9-67	Eidsvoll 7/9-67	Svanfoss 28/8-67	Svanfoss 7/9-67	Vormsund 7/9-67	Fundifoss 7/9-67	Arnes 7/9-67	Bingsfoss 28/8-67	Bingsfoss 7/9-67	Fetsund 7/9-67
CYANOPHYCEAE										
Anabaena flos-aquae Breb.			2				1			
Merismopedia cf. glauca (Ehrenb.) Nägeli					1		1			1
Oscillatoria Vaucher sp.		1	2	2	1	1	2	2	2	1
CHLOROPHYCEAE										
Arthrodesmus incus (Breb.) Hass					2		1	1	1	
Closterium Nitzsch. sp.										1
Cosmarium Corda sp.							1	2		
Desmidium cf. Swartzii Ag.										1
Dictyosphaerium pulchellum Wood			2			1		2		
Eudorina elegans Ehrenb.			1							1
Cf. Gemellicystis neglecta Teiling em. Skuja			3				1	3		1
Gloeococcus A. Braun sp.	1	1	2		1	3	2	3	1	1
Gloeocystis Nägeli sp.			1			1	1		1	1
Hyalotheca Ehrenb. sp.						2	1			
Microspora Thuret sp.		1		2	2			1	1	2
Mougeotia Ag. sp.					2	1				
Oedogonium Link sp.		1							1	1
Pandorina morum Bory			1		2	1	2	1	2	1
Quadrigula lacustris (Chod.) G.M. Smith										1
Spirogyra Link sp.					1	3				
Spondylosium planum (Wolle) W. & G.S. West			2					1	1	1
Staurastrum Meyen spp.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Cf. Trochischia Kütz. sp.							1			
Ulothrix cf. zonata (Web. & Mohr) Kütz.	3									
Ulothrix Kütz. sp.							1			1
Zygnema Ag. sp.						2				
BACILLARIOPHYCEAE										
Achnanthes Bory sp.	2	2		2	2			1	1	
Asterionella formosa Hass.	4	3	4	3	3	3	4	4	3	4
Ceratoneis arcus Kütz.						1			1	
Diatoma elongatum Ag.	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2
Didymosphenia geminata (Lyngb.) M. Schmidt	1				1		1		2	1
Fragilaria crotonensis Kitton	5	5	5	5	5	1	5	5	4	4
Fragilaria Lyngb. sp.	2	2		3	2	3	3		3	2
Gyrosigma Hass. sp.				1						
Melosira ambigua (Grün.) O. Müller	2	3	2	2	2		2	1	2	
Melosira granulata var. angustissima O. Müller	3	3	2	3	3		3	1	3	2
Melosira islandica O. Müller	2	1			1					
Rhizosolenia eriensis H.L. Smith	3	2	3	2	3		2	2	2	2
Rhizosolenia longiseta Zach.	2	2	2	2	3		2	2	2	2
Surirella Turpin sp.		2				1			1	1
Synedra cf. acus Kütz.	1		1		2		1	2	1	
Synedra Ehrenb. sp.				3						
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	2	1		2	2	2	2			1
CHRYSOPHYCEAE										
Dinobryon divergens Imhof				1		2				
DINOPHYCEAE										
Peridinium Ehrenb. sp.									1	
RHODOPHYCEAE										
Chantransia (D.C.) Schmitz sp.						1				1
ROTATORIA										
Keratella cochlearis Gosse	3	2	3	2	2	2	1	3	1	2
Notholca longispina Kell.			2	2		2	1			2
Polyarthra cf. platyptera Ehrenb.								2		
Uidentifiserte rotatorier	2						2		1	
CRUSTACEA										
Bosmina coregoni Baird	2	2								
Calanoide copepoder			1							
Nauplier	2	3	1		2					
PROTOZOA										
Epistylis cf. rotans Svec.								1		
VARIA										
Fibre (trachéer og trachéider)	2	2		3	3	4	3		2	2
Rester av moseblader						3			2	
Pollen av bartrær	2				2	2	2		2	
Sopphyfer					2		2		2	2
Humuspartikler med utfelt jern	3	3	2	3	4	4	3	1	3	3
Sand	3	3	2	3	4	3	4	2	4	3

Sammenlikning av materiale fra håvtrekk i Mjøsa, Glåma og Øyeren.

Organismer	Mjøsa 23/8 1967	Glåma, Fetsund 7/9 1967	Øyeren 14/8 1967
CYANOPHYCEAE			
<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Breb.			2
<i>Oscillatoria</i> Vaucher sp (6-7)	2		4
BACILLARIOPHYCEAE			
<i>Asterionella formosa</i> Hass.	4	4	4
<i>Diatoma elongatum</i> Ag.	2	2	3
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	4	4	5
<i>Fragilaria</i> Lyngb. sp.	2	2	3
<i>Melosira ambigua</i> (Grun.) O. Müller	1	2	2
<i>Melosira granulata</i> (Ehrenb.) Ralfs		2	2
<i>Rhizosolenia eriensis</i> H.L. Smith	2	2	3
<i>Rhizosolenia longiseta</i> Zach.		2	2
<i>Synedra acus</i> Kütz.	2		2
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	4	3	3
CHLOROPHYCEAE			
<i>Arthrodesmus incus</i> (Bréb.) Hass.			2
cf. <i>Gemellicystis neglecta</i> Skuja	2	1	3
<i>Gloeococcus</i> A. Braun sp.	2	1	1
<i>Microspora</i> Thuret sp.		2	
<i>Mougeotia</i> Ag. sp.			2
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Breb.			3
<i>Spondylosium planum</i> (Wolle) W. & G.S. West		1	3
<i>Staurastrum</i> Meyen spp.	2		2
CHRYSOPHYCEAE			
<i>Mallomonas</i> Perty sp.			2
ROTATORIA			
<i>Filinia</i> (<i>Triarthra</i>) <i>longiseta</i> Ehrenb.			2
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	2	2	3
<i>Notholea longispina</i> Kell.	2	2	2
<i>Polyarthra platyptera</i> Ehrenb.	3		3
<i>Trichocerca</i> Lamarck sp.			2
CRUSTACEA			
<i>Bosmina coregoni</i> Baird	2		3

Likeledes er de samme organismene så fremtredende i Øyeren at de nærmest preger også denne innsjøens plankton. I stor utstrekning er det således Mjøsplankton som finnes i Øyeren. Dette er et vitnesbyrd om betydningen av tilførte utgangsbestander for planktonsamfunnets sammensetning.

Det var kvantitetsmessig stor oppblomstring av alger i Mjøsa ettersommeren og høsten 1967. Bestandene av plankton farget vannmassene i utstrakte områder. I august og september fant det sted en betydelig transport av alger ut av Mjøsa. Det har ikke vært anledning til å gjøre en kvantitativ bearbeidelse av materialet, men av de observasjonene som er gjort fremgår det at bestandene av planteplankton var særlig store.

3.6.1 Mjøsplanktonet sammenliknet med resultater fra tidligere undersøkelser

I tabell 13 er funnene fra stasjonene i Mjøsa slått sammen og sammenliknet med registreringer fra tidligere planktonundersøkelser i Mjøsa. Litteraturen som er benyttet er ført opp i listen nedenfor. Mengdeangivelsene som er satt til i tabellen for de eldre undersøkelser er basert på opplysninger i de angjeldende arbeider. For Braarud, Fjøl og Gran (1928) og Huitfeldt-Kaas (1946) er dessuten autornavnene blitt tilføyet. Fra Holmboe (1900) er bare de artene tatt med som denne forfatter selv har skilt ut som planktoniske.

Som man ser, er det temmelig stor forskjell i det som er funnet ved de ulike undersøkelsene. De fleste av disse forskjellene kan uten videre antas å skyldes forhold som ufullstendig materiale, ulike tidspunkter i året for prøvetakingen, forskjellige innsamlingsmetoder, den ulike tid prøvene har vært lagret og ulike bearbeidelsesmetoder.

Inidlertid kan man merke seg det fullstendige fraværet av Rhizosolenia-artene, Diatoma elongatum og Fragilaria crotonensis i de tidligere undersøkelsene. For Rhizosolenia-artenes vedkommende kan forklaringen være at disse formene er så tynnveggete at de kan være vanskelige å oppdage, foruten at de lettere kan ødelegges ved lagring. Ingen av disse forklaringer er aktuelle for Diatoma elongatum eller Fragilaria crotonensis.

Det er særlig mangelen på registreringer av den sistnevnte arten som er bemerkelsesverdig, på bakgrunn av de mengder som er observert i 1967 og ved tidligere undersøkelser utført av Norsk institutt for vannforskning i 1960-årene. Intet ved tidspunktene for innsamlingen av materialet til de ovennevnte eldre arbeider kan forklare at denne arten i det hele tatt ikke er påvist. Både omkring århundreskiftet og i 1927 - 1928 er det tatt prøver

Tabell 13. Resultater av fyttoplanktonundersøkelser i Mjøsa 1896 - 1967.

Organismer	1896 (Strøm 1927)	1896, 1899 (Holmboe 1900)	1899 - 1901 (Huitfeldt-Kaas 1946)	1927 (Braarud & al. 1928)	1928 (Huitfeldt-Kaas 1946)	1967
CYANOPHYCEAE						
<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Breb.	+		3	+		2
<i>Anabaena</i> Bory sp.			+			
<i>Coelosphaerium</i> Nägeli sp.			+		+	
<i>Merismopedia</i> Meyen sp.			+			
<i>Microcystis</i> Kütz. sp.			3			
<i>Oscillatoria</i> Vauch. sp. (6-7 μ)						3
CHLOROPHYCEAE						
<i>Arthrodesmus incus</i> Hass.						+
<i>Botryococcus Braunii</i> Kütz.			+		3	
<i>Closterium setaceum</i> Ehrenb.	+					
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli						+
<i>Cosmarium</i> (Corda) Ralfs spp.					+	+
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood						+
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenb.					+	+
cf. <i>Gemelliscystis neglecta</i> Teiling em. Skuja						2-3
<i>Gloeococcus Schroeteri</i> (Chod.) Lemm.			2-3	+	+	
<i>Gloeococcus</i> A. Braun sp.						+
<i>Gloeocystis</i> cf. <i>planctonica</i> (Nägeli) Lemm.						+
<i>Gloeocystis</i> Nägeli sp.						+
<i>Kirchneriella</i> cf. <i>lunaris</i> (Kirch.) Moebius						+
<i>Kirchneriella</i> Schmidle sp.						+
<i>Micrasterias</i> Ag. sp.			+			
<i>Mougeotia</i> Ag. sp.						+
<i>Pandorina morum</i> Bory						+
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen			+		+	
<i>Pediastrum pertusum</i> Kütz. ¹⁾			+			
<i>Spirogyra</i> Link sp.	+					
<i>Sphaerosoma vertebratum</i> (Breb.) Ralfs			2-3		+	
<i>Sphaerosoma</i> Corda sp.			2-3		+	
<i>Spondylosium planum</i> (Wolle) W. & G.S. West			+			1-3
<i>Staurastrum lunatum</i> Ralfs						+
<i>Staurastrum</i> Meyen spp.			+		+	2-3
BACILLARIOPHYCEAE						
<i>Asterionella formosa</i> Hass.		+	+		+	4
<i>Asterionella gracillima</i> Heib. ²⁾	4	4	5	3	5	
<i>Campylodiscus</i> Ehrenb. sp.			+			
<i>Cyclotella catenata</i> Brun.				+		
" <i>compta</i> (Ehrenb.) Kütz.		4	1-3	+	+	
" <i>Kützingiana</i> Thwaites		3				
<i>Diatoma elongatum</i> Ag.						2-3
<i>Diplocheis elliptica</i> (Kütz.) Cleve		+				
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton						4-5
" <i>virescens</i> Ralfs	+		+		+	
" <i>Lyngb.</i> spp.			+		+	2
<i>Melosira ambigua</i> (Grun.) O. Müller						1-2
" <i>crenulata</i> (Ehrenb.) Kütz. ³⁾		4				
" <i>distans</i> (Ehrenb.) Kütz.				+		
" <i>granulata</i> (Ehrenb.) Ralfs		3				2-3
" <i>islandica</i> col.			3		3	
" cf. <i>islandica</i> O. Müller						+
" <i>islandica</i> var. <i>helvetica</i> O. Müller				3		
" Ag. sp.			+		+	
<i>Rhizosolenia eriensis</i> H.L. Smith						2-3
" <i>longiseta</i> Zach.						1-2
<i>Stephanodiscus Hantzschii</i> Grun.		+				
<i>Surirella splendida</i> (Ehrenb.) Kütz. ⁴⁾		4	+		+	
<i>Synedra acus</i> Kütz.						2
" <i>ulna</i> var. <i>longissima</i> (W. Smith) Brun.		3				
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.		4	3-4	+	3-4	3-4
" <i>flocculosa</i> (Roth) Kütz.	+	3	2-3	+	+	+
" " var. <i>pelagica</i> Holmboe ⁵⁾				+		
" " var. <i>Teilingii</i> Knudson						+
CHRYSOPHYCEAE						
<i>Cryptomonas</i> Ehrenb. sp.				+		
<i>Dinobryon cylindricum</i> Imhof	+					
" <i>sertularia</i> Ehrenb.				+		
" <i>stipitatum</i> Stein ⁶⁾				+		
" Ehrenb. sp.			+			
<i>Mallomonas acaroides</i> Zach.				+	3	
<i>Mallomonas</i> Perty sp.						+
DINOPHYCEAE						
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Schrank	4		1-3	+	+	
<i>Gymnodinium</i> Stein sp.				+		
<i>Peridinium Willei</i> Huit.-Kaas			+		+	
<i>Peridinium</i> Ehrenb. sp.				+		+

1) Synonym for *P. duplex* Meyen (Lemmermann, Brunnthaler og Pascher 1915).

2) Inkluderer *A. formosa* Hass. hos Strøm (1927). Hos Holmboe (1900) og Huitfeldt-Kaas (1946) er det sondret mellom de to artene. Dette er ikke forsøkt gjort med materialet fra 1967.

3) Utgått artsnavn. Sannsynligvis *M. italica* (Ehrenb.) Kütz.

4) Samme som *S. robusta* var. *splendida* (Ehrenb.) van Heurck. (Hustedt 1930).

5) Sannsynligvis *T. flocculosa* var. *Teilingii* Knudson (= *F. Teilingii* (Knudson) Bjørk) å dømme etter illustrasjonen i Braarud & al. (1927).

6) Utgått artsnavn. Muligens *D. sociale* var. *stipitatum* (Stein) Lemm.

vår, sommer og tidlig på høsten. Den gjenstående forklaring er at Fragilaria crotonensis er en nykommer i Mjøsplanktonet siden ca. 1930, i hvertfall som dominerende innslag.

LITTERATURLISTE

- BRAARUD, T., FØYN, B. og GRAN, H.H.: Biologische Untersuchungen in einigen Seen des östlichen Norwegens, August - September 1927. Avh. utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. I. Mat.-Naturv. Kl. 1928. No. 2, s. 1 - 37, Oslo 1928.
- HOLMBOE, J.: Undersøgelser over norske ferskvannsdiaatoméer. Archiv f. Math. og Naturw. B. 22, s. 1 - 72, Kristiania 1900.
- HUITFELDT-KAAS, H.: The plankton in Mjøsa. Nytt Mag. f. Naturvitenskapene B. 85, s. 161 - 222, Oslo 1946.
- STRØM, K.M.: The phytoplankton of some Norwegian lakes. Videnskabs-selskabets Skr. I. Mat.-Naturv. Kl. 1921, No. 4, s. 1 - 51. Kristiania 1921.

3.7 Sammenfattende diskusjon

De geologiske forhold i Mjøsas nedbørfelt er svært varierende. I nord består berggrunnen av eruptiver og sterkt omdannede sedimentbergarter: Grunnfjell, gabbroer, omdannede kambrosilurbergarter, sparagmitter m.m. Disse bergarter er harde og motstandsdyktige både mot fysisk og kjemisk forvitring. Rundt Mjøsa består berggrunnen i det vesentligste av sparagmitter og mindre omdannede kambrosilurbergarter som tildels inneholder kalk. Resultatet av disse forskjelligartede bergartstyper er at avrenningsvannet i de nordlige områder har betydelig lavere elektrolyttinnhold enn i de sydlige. Dette har betydning for Mjøsas vannkvalitet ved at vannets elektrolyttinnhold øker sydover i innsjøen. At de nordlige områder som dreneres av Lågenvassdraget utgjør ca. 70% av det totale nedbørfelt, samt innsjøens langstrakte utforming, bevirker at økningen gjør seg sterkest gjeldende i de epilimniske vannmasser under stagnasjonsperiodene. Gjennomstrømningseffekten er forøvrig årsak til lavere elektrolyttinnhold i epilimnion enn i hypolimnion. Forskjellen er størst i flomperiodene om sommeren.

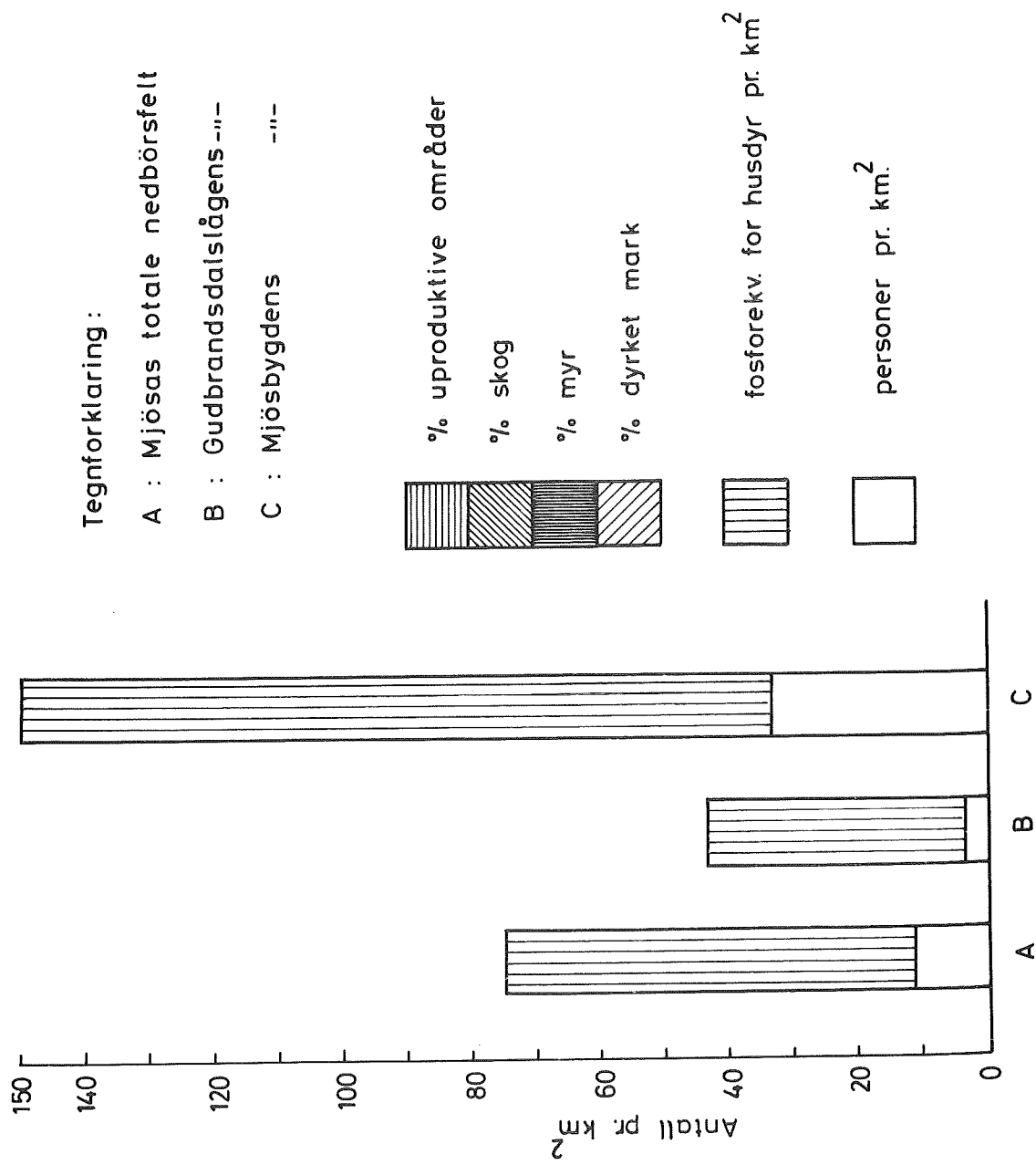


Fig. 17 Mjösas nedbörsfelt. Arealutnyttelse og bosetningsforhold.

Jotunheimens breer har betydning for Mjøsas vannkvalitet ved at det stadig tilføres breslam. Denne materialtransport til Mjøsa er størst under avsmeltingsperiodene om sommeren, men den gjør seg neppe vesentlig merkbar i de sydlige områder av innsjøen.

Fig. 17 fremstiller arealutnyttelse og bosetningsforhold m.m. i Mjøsas nedbørfelt. 11565 km² eller ca. 70% av Mjøsas nedbørfelt består av uproduktive områder hvorav ca. 86% tilhører Gudbrandsdalslågens nedbørfelt, og resten, ca. 14%, tilhører områdene rundt Mjøsa. Størsteparten av disse områder består av høyfjell med kvantitetsmessig sparsom vegetasjon. Bare ca. 20% av nedbørfeltet er bevokst med skog hvorav ca. 60% ligger i den nederste del av feltet. Jordbruksvirksomheten er også av større omfang i Mjøsbygdene enn lengre oppe i nedbørfeltet. Videre bor det ca. 147700 personer eller hele 79% av hele nedbørfeltets befolkning i områdene rundt Mjøsa. Her er dessuten industrivirksomheten av langt større betydning enn i de fjernere og perifere områder av nedbørfeltet.

Tabellen nedenfor, som viser vannets teoretiske belastning i Lågen ved Fåberg og Vorma ved Minnesund, illustrerer disse forhold.

Tabell 14 Teoretiske belastningstall for Lågen ved Fåberg og Vorma ved Minnesund

Sted	Personer pr. 1/sek	Husdyrfosforekv. pr. 1/sek	Mål dyrket mark pr. 1/sek	Industriekv. pr. 1/sek
Lågen	0,152	1,924	0,903	0,154
Vorma	0,583	3,864	3,020	0,968

I Gudbrandsdalslågens nedbørfelt er den vesentligste del av virksomheten og bebyggelsen konsentrert langs de store vassdrag, og særlig da langs den nedre del av hovedvassdraget (Otta - Lillehammer).

Forurensningsbelastningen av Mjøsa stammer etter dette vel i overveiende grad fra områdene som grenser opp til innsjøen. Derved er forurensningene heller ikke i den grad gjenstand for nedbrytning og mineralisering før de når innsjøen slik som tilfelle er med forurensninger som tilføres vassdragssystemet i de perifere områder. Det er i denne sammenheng grunn til å påpeke den forurensningsbelastning de store industribedrifter ved Mjøsa, samt byenes og befolkningssentrene kloakkavløp representerer.

I dyplagene av Mjøsas hovedbasseng synes de hydrografiske forhold å være relativt stabile gjennom hele året. Oksygenmetningen varierte mellom 80 og 85%. Basert på dette kriterium kan det sies at Mjøsa er en oligotrof

innsjø. Enkelte steder ble det imidlertid om vinteren observert betydelig oksygenforbruk i dyplagene. Dette må i stor grad tilskrives lokal tilførsel av organisk forurensningsmateriale som ved dekomponeringsprosesser berøver vannet oksygen. Likeledes ble det i 8 og 16 meters dyp midt i fjorden utenfor Gjøvik observert spesielle kjemiske forhold som tyder på forurensningsbelastning sannsynligvis fra Hunselva og Gjøvik.

Undersøkelsen viste at vannets fosfatinnhold var noe høyere i den nordlige del av Mjøsa, enn i den sydlige, mens vannets innhold av nitrater økte sydover i innsjøen. Forklaringen på disse forhold kan være at breslammet som tilføres via Lågen, ifølge rapport I, Del 2 inneholder betydelige fosfatmengder. Dette slammene vil etterhvert sedimentere, og følgelig avtar fosfatmengden sydover i innsjøen. Nitratene kan derimot muligens i vesentlig grad stamme fra jordbruket som i dette området drives intensivt med bl.a. sterk gjødsling. I så fall er det rimelig at vannets innhold av denne komponent øker sydover.

Vegetasjonen i Mjøsas fri vannmasser er i første rekke preget av forekomster av diatoméer. Undersøkelsen har vist at det kan være en betydelig algeoppblomstring om sommeren. Fragilaria crotonensis er den dominerende art. Viktige arter i samfunnet er forøvrig Asterionella formosa, Tabellaria fenestrata og arter av slektene Melosira og Rhizosolenia. Det kan til sine tider gjøre seg gjeldende en kvantitetsmessig stor transport av plankton ut av Mjøsa med Vorma. Det er Mjøsialger som utgjør hovedkomponenten av seston i elvevannet, og danner utgangsbestanden for planktonutviklingen i Øyeren.

En sammenlikning med tidligere undersøkelser av plankton i Mjøsa gir gode indikasjoner på at det har funnet sted kvalitative endringer i diatomévegetasjonen i Mjøsa. Denne forandring har funnet sted fra ca. 1930. Masseutviklingen av Fragilaria crotonensis som er påvist i de senere år, er det grunn til å sette i sammenheng med påvirkningen av Mjøsas vannmasser gjennom belastningen med plantenæringsstoffer.

Undersøkelsen har i store trekk vist at det i forbindelse med sivilisatorisk virksomhet har oppstått lokale forurensningsproblemer i Mjøsa. Hovedvannmassene i de sydlige områder synes foreløpig kjemisk sett å være lite berørt av forurensningsbelastning. De biologiske forhold i overflatevannet viser imidlertid at det er en frodig algevegetasjon. Det er grunn til å regne med at forurensningspåvirkningene i Mjøsa vil gjøre seg først og fremst gjeldende gjennom endringer av biologiske forhold i overflatevannet.

Observasjonsmaterialet som foreligger, er utilstrekkelig for en vurdering av Mjøsas forurensningstilstand både generelt og lokalt. Det er mange-

artede og betydelige interesser som knytter seg til denne Norges største innsjø. Behovet for å bruke Mjøsa som råvannskilde til vannforsyning for husholdning og industri er stort og vil sannsynligvis øke i fremtiden. Samtidig stiger behovet for å nytte innsjøen som resipient for kloakkvann og annet avløpsvann. Bruksinteressene må også sees i sammenheng med landbruksutviklingen i nedbørfeltet. Et inngående kjennskap til innsjøen og hvordan den er utsatt for påvirkninger er en forutsetning for å regulere utviklingen i en slik retning at Mjøsa blir bevart i en så god forfatning som ønskelig.

Foreløpig er dypvannsmassene i det store og hele av tilfredsstillende kvalitet for drikkevannsforsyningen, og det vil sannsynligvis ikke være nødvendig med omfattende rens tiltak. Med den forurensningsbelastning innsjøen er utsatt for er det ikke mulig på grunnlag av denne undersøkelse å antyde hvordan forholdene vil utvikle seg og vurdere hvilke rens tiltak eller utslippsanordninger som etterhvert vil bli nødvendige.

HURDAL SJØEN

4 HURDALSJØEN

4.1 Beskrivelse av nedbørfeltet

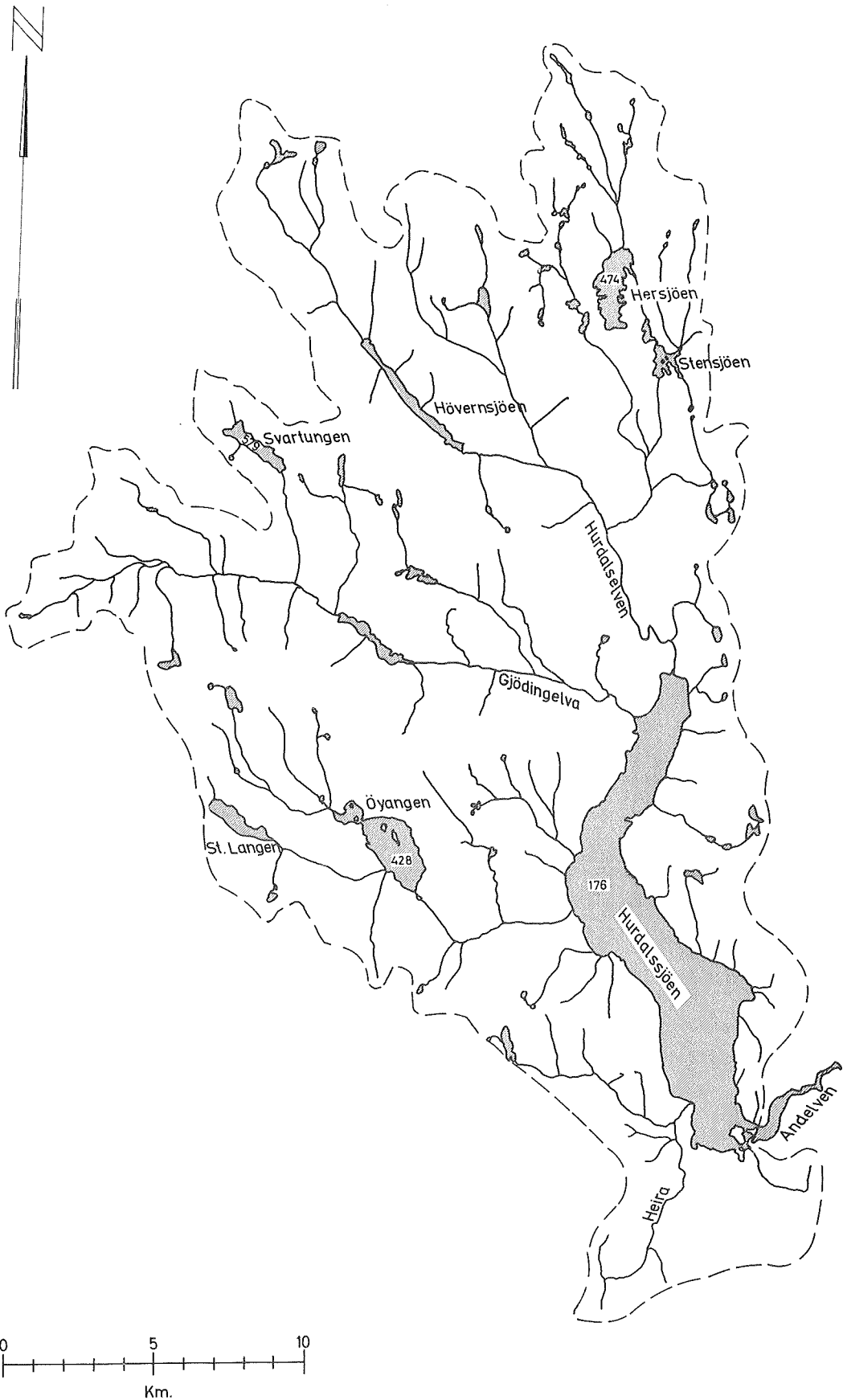
Hurdalsjøens nedbørfelt (fig. 18) ligger i det vesentligste i det såkalte Oslofeltet, og berggrunnen består hovedsakelig av de permiske dyperuptiver tilhørende nordmarkitt og ekerittrekken, som begge er syenitter med stort islett av kalifeltspat. I den sydøstlige delen av feltet er det grunnfjell som vesentlig består av gneiser og granitter. I den sydvestlige delen er det kambrosiluriske bergarter bestående av leirskifer og kalkstein.

Et tverrsnitt av Hurdalsjøen gir et U-formet profil. Dette viser at innsjøbassenget er blitt uterodert av isen under siste istid. I sydenden ligger store mengder løsmateriale som demmer opp sjøen. Det er glaci-fluvialt materiale som er blitt avsatt i havets nivå engang i senglacial tid. Dette stadiet for isens tilbaketreking blir betegnet med Hauer seterstadiet.

Ca. 67% av Hurdalsjøens nedbørfelt er dekket med skog, særlig gran- og furuskog, som enkelte steder er isprengt noe løvskog. Ca. 7% av nedbørfeltet består av myr og ca. 4% er dyrket mark. De fleste gårder ligger nord - nordvest for innsjøen. Særlig er det store områder dyrket mark i Hurdalen.

I området bor det i alt ca. 3500 mennesker hvorav ca. 1000 har ordnede kloakkforhold, der Hurdalsjøen eller dens tilløpselver er resipienter for avløpsvannet. Hurdal kommune har i følge opplysninger fra kommuneingeniøren i alt 6 kloakkutslipp i innsjøen eller dens tilløpselver:

1. Et utslipp fra ca. 200 personer via septiktanker og sandfilter ved Hurdal kirke i Gjødningelva.
2. Tre utslipp i Hurdalselva via septiktanker i området av Hurdal verk. Hvert utslipp representerer kloakkvann fra ca. 200 personer.
3. Videre er det søkt om utslippstillatelse fra Røde Kors leirskole ved Hammeren (på østsiden av innsjøen vis-a-vis Hurdal kirke). Kloakkvannet skal renses ved Hykon høygradige renseanlegg som har en kapasitet på ca. $25 \text{ m}^3/\text{døgn}$.
4. Det er også søkt om utslippstillatelse fra Norsk lektorlags kongresshotell, like syd for utløpet av Gjødningelva. Det maksimale antall gjester og betjening vil bli ca. 120 personer. Kloakkvannet skal passere 3 septiktanker i serie på tilsammen 60 m^3 . Kapasiteten er ca. $25 \text{ m}^3/\text{døgn}$.



HH/1g

NORSK INSTITUTT FOR
VANNFORSKNING
BLINDERN

Hurdalssjøen med nedbørfelt

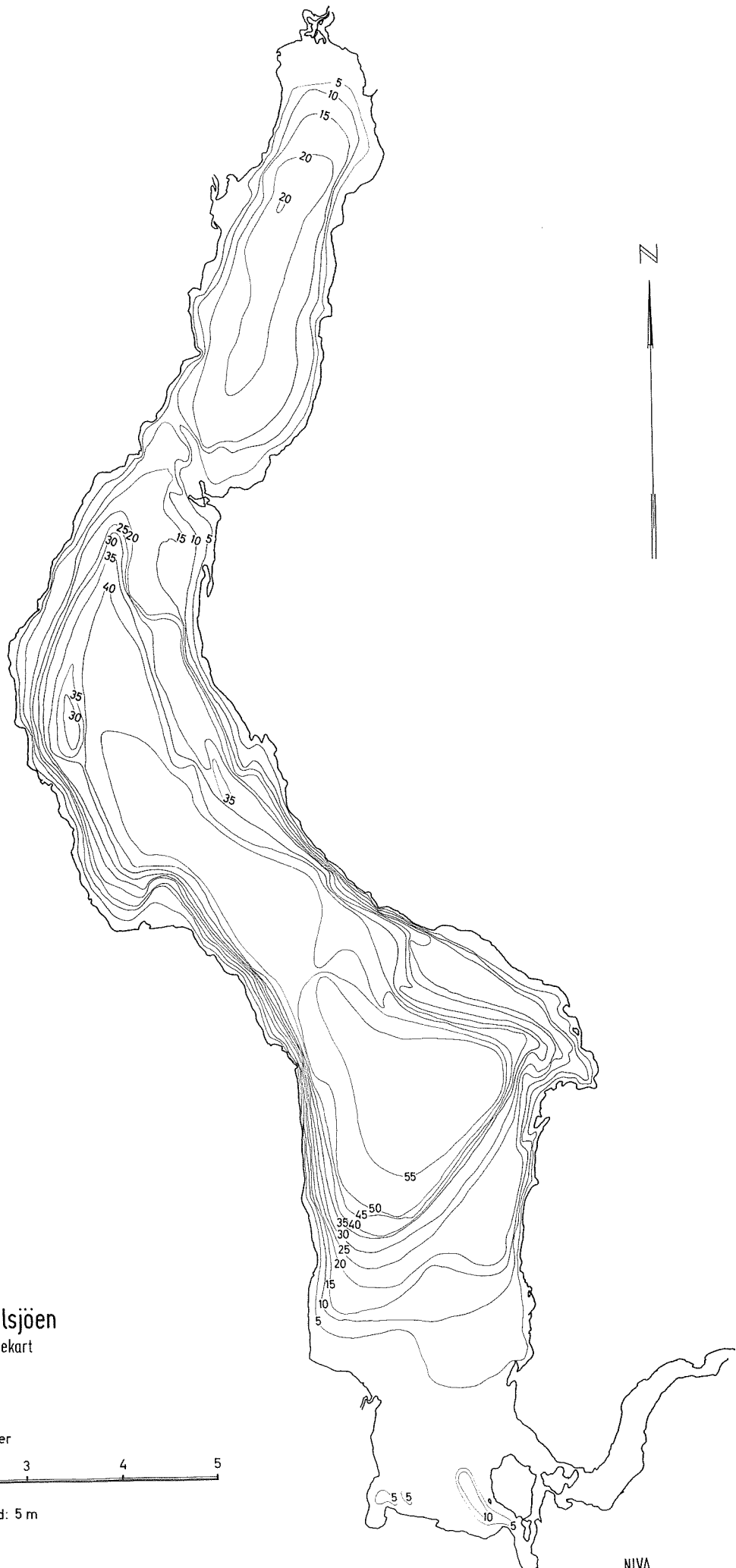
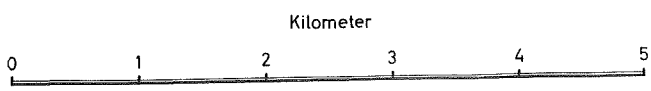


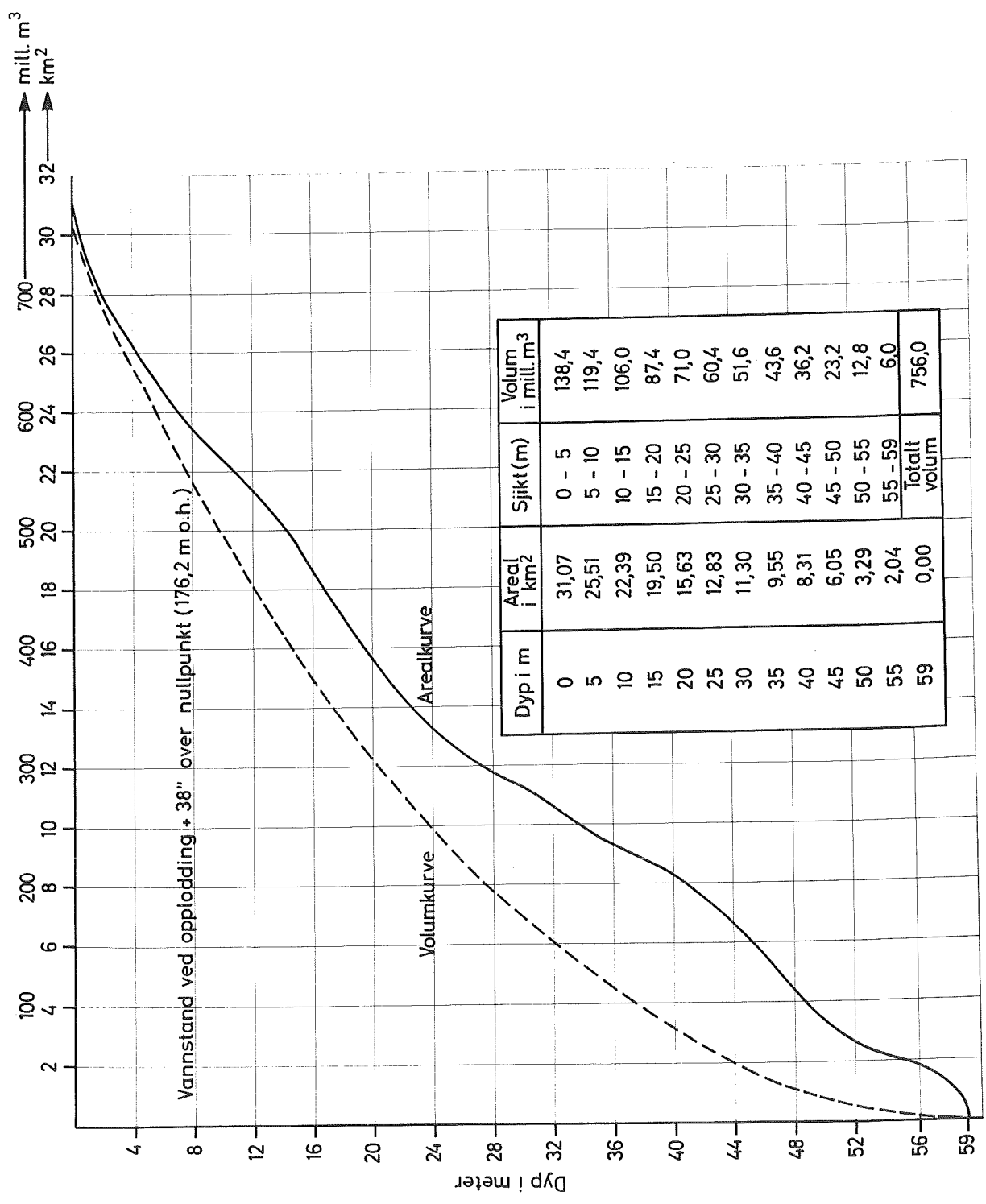
Fig. 19 Hurdalsjøen
Dybdekart



Koteavstand: 5 m

Vannstand under opplodding + 38" over nullpunkt (176,2 m o. h.)

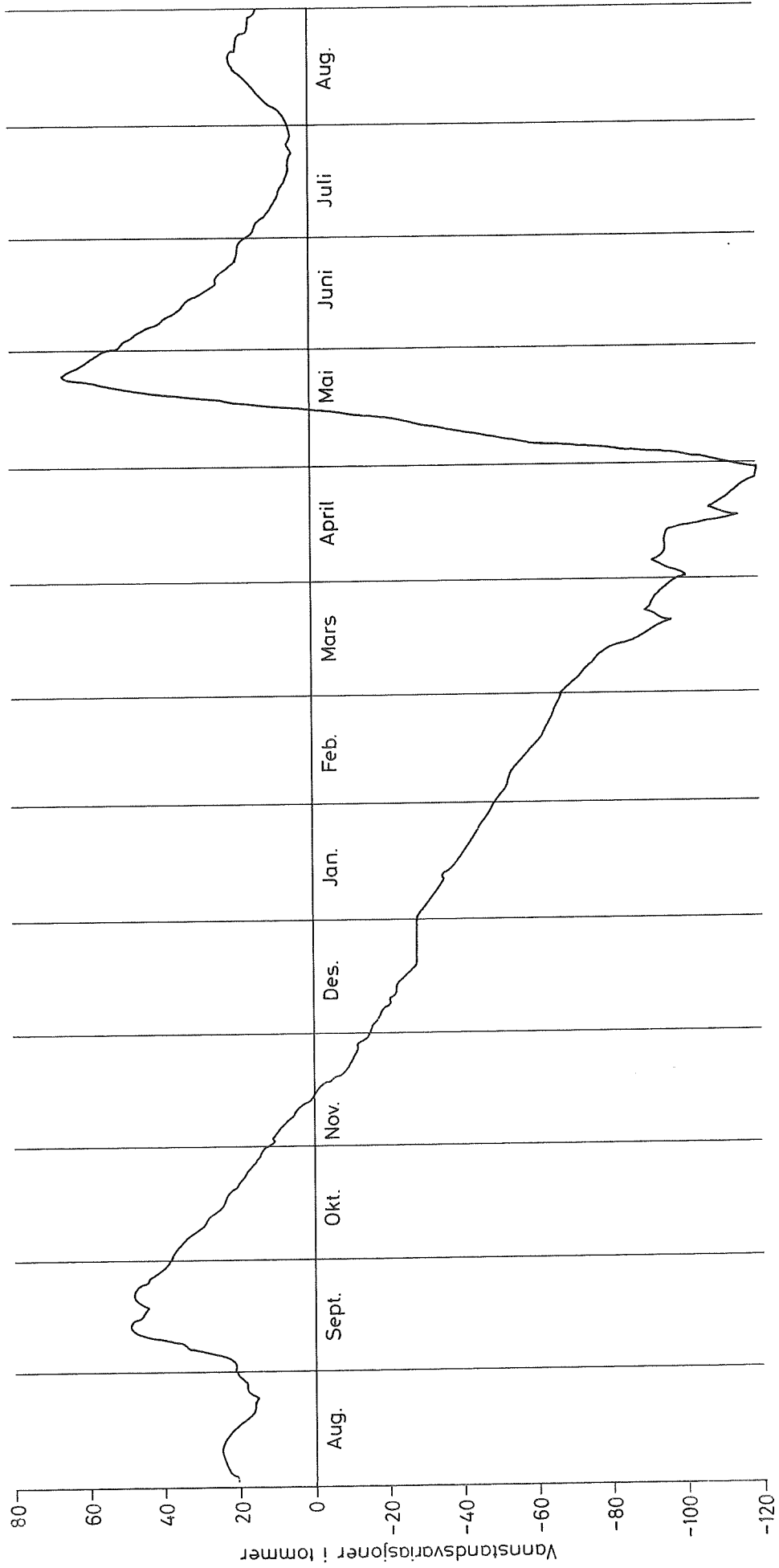
NIVA



H.H./k.h.b.

Fig.21 Hurdalsjø

Vannstandsvariasjoner 1/8-65 - 31/8-66



Videre mottar innsjøen forurensningsmateriale fra en rekke hytter i området samt fra gårdsbruk med tilhørende innretninger - siloer osv. Denne forurensningsbelastning er imidlertid ikke registrert.

4.2 Morfometriske forhold

Høsten 1965 ble Hurdalsjøen loddet opp med ekkolodd. Som kartgrunnlag ved opploddingen ble brukt vertikale flybilder i målestokk ca. 1 : 18000. Vannstanden under opploddingen var ca. 1 m over normal vannstand. Arbeidet ble utført ved at det ble stukket ut kurser mellom karakteristiske punkter ved strendene. Disse ble avmerket på kartet. Profilene mellom disse punkter ble nedtegnet ved å kjøre med motorbåt som hele tiden hadde jevn fart. Dybdekartet er tegnet i målestokk ca. 1 : 18000 med 5 meters ekvidistanse. Fig. 19 viser fotografisk forminskelse av dette kart. Areal- og magasin- kurver er tegnet inn på fig. 20.

Av dybdekartet går det frem at Hurdalsjøen praktisk talt er delt i to bassenger. Tærskelen består av en morenerygg. Det nordlige bassenget er grunt med et største dyp på ca. 25 m. Det andre bassenget har et største dyp på ca. 59 m. Østbredden av innsjøen er gjennomgående mer steil og har færre strandflater og bukter enn vestbredden. I det sydvestlige område er det store sandflater som strekker seg langt ut i innsjøen. Her er det således meget grunt, og om vinteren, når innsjøen er sterkt nedtappet, ligger store områder tørrlagt.

Innsjøens morfometriske forhold går frem av følgende tabell:

Tabell 15 Hurdalsjøen. Morfometriske data

Høyde over havet ved normal vannstand (0 m)	176,2 m
Overflateareal	31,1 km ²
Største dyp	59 m
Totalt volum	756 mill.m ³
Middel dyp	24,4 m

4.3 Hydrologiske forhold

De viktigste tilløpselver er Hurdalselva og Gjødingelva som begge munner ut i de nordvestlige områder. P.g.a. kraftverksutbygging i Andelva har Hurdalsjøen vært regulert siden 1907. Vannstanden er regelmessig blitt målt med en fast tomme skala med 0-merket for full sjø. Den tillatte heving av vannstanden er + 25" (ca. 0,63 m). Over denne vannstand har innsjøen fritt

avløp. I avhandlingen: Den høiere vegetasjon i Hurdalsjøen av Trygve Braarud (Publisert i Nyt magasin for naturvidenskapene. Bind 67, 1927), går det frem at vannstanden i 20-årsperioden 1906 - 1927 har variert mellom yttergrensene -138,5" og 82", en differanse på 5 3/4 m. Den største variasjonen i løpet av et år var på 4,6 m (1906), og den minste var på 1,24 m (1921). Mathiesen, Eidsvold Værk har stilt sine vannstandsobservasjoner for undersøkelsesperioden 1965 - 1966 til disposisjon. Disse observasjonsdata er illustrert i fig. 21. I denne periode varierte vannstanden 4,87 m fra 120" (-3,14 m) i slutten av april til 66" (1,73 m) den 25. mai 1966. Vannstanden gjennom sommerhalvåret var større enn normalt, og det var to maksimaltopper, nemlig om våren og høsten. Gjennom hele vinterperioden avtok vannstanden og fikk sin minimumsverdi straks før vårflommen satte inn. De hydrologiske forhold er gjengitt i tabell 16.

Tabell 16 Hurdalsjøen. Hydrologiske data

Nedbørfelt	572,2 km ²
Midlere avrenning (NVE)	18 l/sek/m ²
dvs.	10,3 m ³ /sek
Teoretisk oppholdstid	2 1/3 år

4.4 Feltobservasjoner

I undersøkelsesperioden ble det samlet inn observasjonsmateriale fra Hurdalsjøen i alt 5 ganger, nemlig 17. september og 16. november 1965, 15. mars, 25. mai og 12. august 1966. Prøvetakingsstasjonen ble henlagt til innsjøens dypeste område, og det ble samlet inn prøver for fysisk-kjemiske og biologiske undersøkelser fra flere dyp. I den isfrie periode ble det også samlet inn håvtrekksmateriale fra innsjøens overflatelag. Temperaturen ble målt i alle dyp med et Richter og Wiese vendetermometer med oppgitt nøyaktighet innenfor $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$. Vannprøvene ble samlet inn med en 1/1 liters Ruthner vannhenter.

Vannstanden på de forskjellige observasjonsdager er gjengitt i tabell 17.

Tabell 17 Vannstand i tommer på de forskjellige observasjonsdager

År	1965		1966		
Dato	17/9	16/11	15/3	25/5	12/8
Vannstand	+44	-3	-89	+66	+16

4.5 Hydrografiske forhold

Vannets fysisk-kjemiske forhold er gjengitt i rapport I, Del 3. Hydrografiske tabeller nr. 19 - 23. Observasjonene ble utført til forskjellige årstider og under forskjelligartede forhold, og resultatene skulle derfor være representative for eventuelle årsvariasjoner i innsjøens vannkvalitet.

4.5.1 Temperaturforhold

Som de fleste innsjøer i Norge hører Hurdalsjøen med til de såkalte tempererte og holomiktiske innsjøer. Den gjennomløper 4 forskjellige termiske perioder i løpet av et år, nemlig sommerstagnasjonsperioden, høstfullsirkulasjonsperioden, vinterstagnasjonsperioden og vårfullsirkulasjonsperioden.

Observasjonsresultatene den 17. september 1965 viser forholdene i slutten av sommerstagnasjonsperioden. På dette tidspunkt var det i 12 - 16 meters dyp etablert et sprangsjikt mellom et relativt varmt overflatevann og kaldere vann i dypet. Dypvannsmassene hadde en temperatur på mellom 5 og 6°C, mens temperaturen i overflatelagene lå i intervallet 12 - 13°C.

Den neste observasjonsserie, 16. november 1965 viser de isoterme forhold under høstfullsirkulasjonsperioden. Vannets temperatur lå da i området 5 - 6°C i alle dyp. Denne periode varte frem til isleggingen fant sted i begynnelsen av desember. Vannet var sannsynligvis da avkjølt til en temperatur noe lavere enn 4°C.

Forholdene under den påfølgende vinterstagnasjonsperiode illustreres ved de observasjoner som ble foretatt den 15. mars 1966. Vannets temperatur som overalt var lavere enn 4°C, steg fra vel 1°C i en meters dyp til ca. 2°C i 4 meters dyp og til 3 - 4°C dypere nede. I de dypeste lagene var temperaturen mellom 4 og 5°C. Denne stabile lagdeling, som er typisk for norske innsjøer om vinteren, vedvarte frem til isløsningen. Under den etterfølgende vårfullsirkulasjonsperiode var det isoterme forhold i vannmassene, slik observasjonsserien den 25. mai 1966 viser. Denne periode varte til temperaturen overalt i vannmassene var $> 4^{\circ}\text{C}$.

Observasjonene den 12. august 1966 viser på ny forholdene under sommerstagnasjonsperioden med relativt varmt vann i overflatelagene over noe kaldere i dypet. Sprangsjiktet lå i 10 - 15 meters dyp.

4.5.2 Kjemiske forhold

4.5.2.1 Oksygenforhold

Oksygenets løselighet i vann er bl.a. avhengig av vannets temperatur. Dette forhold er illustrert ved observasjonsserien den 17. september 1965. Vannets oksygeninnhold var da lavere i de øverste vannmasser sammenliknet med dyplagene, mens det motsatte var tilfelle med metningsverdiene som avtok fra ca. 90% i overflatelagene til ca. 80% i dypet.

Under høstfullsirkulasjonsperioden som medførte en luftning av hele vannmassen, hadde vannets oksygeninnhold steget noe (se observasjonsresultatene 16. november 1965). Metningsverdiene lå også på dette tidspunkt i området 80 - 90%.

Observasjonsmaterialet fra 15. mars 1966 viser at vannets oksygeninnhold ikke hadde endret seg vesentlig under vinterstagnasjonsperioden. Oksygenforbruket i det aller dypeste lag skyldtes nedbrytning av organisk materiale i bunnsedimentene. Under vårfullsirkulasjonsperioden ble vannmassene på nytt luftet. Oksygeninnholdet var jevnt fordelt i hele vannmassen og lå på henimot 11 mg O₂/l eller ca. 85% metning.

Oksygenforholdene under sommerstagnasjonsperioden er illustrert ved observasjonsverdiene den 12. august 1966. I overflatelagene var det ca. 100% metning, mens det i dyplagene var ca. 90%. De høye metningsverdiene i overflatelagene kan tildels skyldes planteplanktonets fotosyntese.

Observasjonsmaterialet viser altså at Hurdalsjøen hadde et relativt høyt oksygeninnhold både i overflatelagene og i dypet gjennom hele undersøkelsesperioden. Metningsverdiene var imidlertid hele tiden lavere enn 100%. Denne oksygenfordeling indikerer en oligotrof (næringsfattig) innsjø, med relativt liten tilførsel av organisk materiale.

4.5.2.2 Andre kjemiske forhold

Middelverdier for kjemiske analyseresultater er fremstilt i tabell 18, neste side.

Tabell 18 Kjemiske analyseresultater. Middelerverdier

Komponent	17/9 1965	16/11 1965	15/3 1966	25/5 1966	12/8 1966	Års- middel
pH	6,4	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Spes.ledningsevne 20°C, µS/cm	24,7	25,6	24,8	24,8	23,5	24,8
Farge mg Pt/l	18	13	11	15	16	14
Turbiditet mg SiO ₂ /l	0,6	0,5	0,2	0,6	0,5	0,5
Permanganattall mg O/l	2,5	3,1	2,0	3,0	2,3	2,6
Jern µg Fe/l	14	31	25	32	58	32
Mangan µg Mn/l	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Total hårdhet mg CaO/l	4,7		4,6	4,9	4,7	4,7
Alkalitet ml N/10 HCl/l			1,21	1,06	1,54	1,26
Fosfat, orto µg P/l		7				7
Fosfat, total µg P/l		16				16
Nitrat µg N/l		168				168
Antall prøver	9	14	10	10	9	52

I observasjonsperioden varierte vannets pH i området 6,2 - 6,9. De laveste verdier forekom i dyplagene under vinterstagnasjonsperioden. Dette henger sammen med nedbrytning av organisk materiale i bunnsedimentene. De høyeste verdier for pH forekom i de øverste vannlag om sommeren. Det kan skyldes planteplanktonets fotosyntese, og forbruk av karbondioksyd. Under sirkulasjonsperiodene lå pH i intervallet 6,5 - 6,6 i alle dyp.

Den spesifikke ledningsevne i Hurdalsjøen er lav og varierte i observasjonsperioden stort sett mellom 23 og 25 µS/cm. Den totale hårdhet var vanligvis <5 mg CaO/l (<0,5 dH).

Vannets jerninnhold var lavt og varierte mellom 20 og 80 µg Fe/l. Manganforbindelser ble vanligvis ikke påvist og var alltid <50 µg Mn/l.

Humusforholdene: Gjennom hele observasjonsperioden lå praktisk talt alle verdiene for farge i intervallet 10 - 20 mg Pt/l. Oksyderbarhetsverdiene (kaliumpermanganattallene varierte stort sett i området 2 - 3 mg O/l).

Turbiditetsverdiene var lave gjennom hele perioden. Dette viser at Hurdalsjøen i liten grad er påvirket av organisk og partikulært materiale.

Fosfor- og nitrogenforbindelser: Ut fra det foreliggende observasjonsmateriale synes vannets innhold av fosfater og nitrater å være lavt.

Tabell 19.

Plankton i Hurdalsjøen 1965-66 (Håvtrekk og kvantitative prøver)

Arter som bare er funnet i håvtrekk er merket *

Bacteriophyta

Planktomyces Bekefii Gimesi
Siderocapsa Molisch sp.
Fe-bakterie

Cyanophyceae

Aanabaena flos-aquae (Lyngb.) Brebisson (kolonier)
Merismopedia tenuissima Lemmermann
Oscillatoria Vaucher sp.
Ubestemte blågrønnalger

Chlorophyceae

Actinastrum Lagerheim sp.
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs
Arthrodesmus queriferus W & G.S. West
Botryococcus Braunii Kützing
Characium A. Braun sp.
cf. Clamydomonas Ehrenberg sp.
Closterium Nitzsch. sp.
* Cosmarium Corda sp.
Crucigenia quadrata Morren
Crucigenia Morren sp.
Dichtyosphaerium Nägeli sp.
cf. Dispora Printz sp.
Elakatothrix gelatinosa Wille
* Euastrum Ehrenb. sp.
Gloeococcus A. Braun sp.
Glococystis Nägeli sp.
* Micrasterias Agardh sp.
Nephrocytium Nägeli sp.
Oocystis Nägeli sp.
Ophiocytium cf. capitatum Wolle
cf. Scenedesmus Meyen sp.
Selenastrum Reinsch sp.

Chlorophyceae (forts.)

- * Spondylosium planum (Wolle) W. & G.S. West
- Staurastrum cf. cuspidatum Brebisson
- Staurastrum cf. gracile Ralfs
- Staurastrum cf. jaculiferum W. West
- Staurastrum cf. lunatum Ralfs
- Staurastrum cf. pseudopelagicum W. & G.S. West
- Singulære, coccale grønnalger
- Kolonidannende coccale grønnalger

Chrysophyceae

- cf. Chrysococcus cordiformis Naumann
- Dinobryon bavaricum Imhof
- Dinobryon Borgei Lemmermann
- Dinobryon divergens Imhof
- Dinobryon sertularia Ehrenberg
- Dinobryon suecicum Lemmermann
- Kephyrion Rubri-claustri Conrad
- Kephyrion spirale (Lackey) Conrad
- Kephyrion Pascher sp. III
- Kephyrion Pascher sp. IV
- cf. Kephyrion Pascher spp.
- Mallomonas Perty sp.
- Stenokalyx Schiller sp.
- Chrysophycécyster og -skall
- Ubestemte chrysophyceflagellater

Dinophyceae

- cf. Gymnodinium Stein sp.
- Peridinium Ehrenberg sp.
- Ubestemt dinoflagellat

Bacillariophyceae

- Cyclotella Kützing sp. I (små)
- Cyclotella Kützing sp. II (store)
- Cyclotella Kützing sp. III (i bånd)
- Cymbella Agardh sp.
- Melosira granulata (Ehrenb.) Ralfs
- Melosira italica (Ehrenb.) Kützing

Bacillariophyceae (forts.)

Gyrosigma Hassall sp.
Naviculoide diatomeer
cf. Nitzschia Hassall sp.
cf. Pinnularia Ehrenberg sp.
Synedra cf. acus Kützing
cf. Synedra Ehrenberg sp.
Tabellaria flocculosa var. Teilungii Knudson
Tabellaria flocculosa (Roth) Kützing
Ubestemte pennate diatomeer

Protozoa

Epistylis rotans Svec
Tintinnidium fluviatile Stein.
Ubestemte ciliater

Rotatoria

Conochilus volvox Ehrenberg
Keratella cochlearis (Gosse)
Notholca longispina Kellicott
Polyarthra platyptera Ehrenberg
Ubestemte rotatorier

Crustacea

Calanoide copepoder
Nauplier

Varia

Pollen av bartrær
Sand

Tabell 20. HURDALSJØEN. Utdrag av tabell 19. Oversikt over kvantitativt viktige arter. Mengdeangivelser i celler/1.

Dato	16/11 1965																																			
	17/9 1965			15/3 1966			25/5 1966			12/8 1966																										
	1	2	50	8	2	50	20	2	50	8	2	50	1	2	50	8	2	50	20	2	50															
Meter dyp	2	50	2	50	2	50	2	50	2	50	20	2	50	2	50	2	50	20	2	50																
Sylinderstørrelse, ml	1	50	2	50	2	50	2	50	2	50	20	2	50	2	50	2	50	20	2	50																
CYANOPHYCEAE	258000			27000	11000			207500	154000				157000																							
Merismopedia tenuissima Lemmermann				21000	7000			2000	4000				2500																							
CHLOROPHYCEAE	32500	1500	580	21000	1000	880	1000	8000	18000	360		19000	640																							
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs				21000	1000	880	1000	8000	18000	360		19000	640																							
Arthrodesmus queriferus W.&G.S.West				21000	1000	880	1000	8000	18000	360		19000	640																							
cf. Dispora Printz sp.				21000	1000	880	1000	8000	18000	360		19000	640																							
Ubestemte coccale				11000	2000			5000	6000																											
CHRYSOPHYCEAE	5500			8500	5500			2500	6000			5000																								
cf. Chrysococcus cordiformis Naumann				8500	5500			2500	6000			5000																								
Dinobryon Ehrenberg spp.				30000	11000			4500	3000			6000																								
Kephyrion Pascher sp. III				4500	11000			5500	6000			7000																								
BACILLARIOPHYCEAE	9000			18500	8000			12000	13000			2500																								
Cyclotella Kützing spp. (I + II)				18500	8000			12000	13000			2500																								
Melosira italica (Ehrenberg) Kützing				3500	1900	1000	1760	500	2080			2000																								
Tabellaria flocculosa var. Teilingii Knudson				1400	580		1440	1500	2300			1280																								
500				1400	580		1440	1500	2300			1280																								
2440				1400	580		1440	1500	2300			1280																								
Dato	15/3 1966												25/5 1966												12/8 1966											
Meter dyp	2	50	2	50	2	50	2	50	2	50	20	2	50	2	50	2	50	20	2	50																
Sylinderstørrelse, ml	1	50	2	50	2	50	2	50	2	50	20	2	50	2	50	2	50	20	2	50																
CYANOPHYCEAE	8000			20500	68500			35000	36000				3284000																							
Merismopedia tenuissima Lemmermann				20500	68500			35000	36000				3284000																							
CHLOROPHYCEAE	1000			1500	1500	500	500	5000	4500			112000																								
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs				1500	1500	500	500	5000	4500			112000																								
Arthrodesmus queriferus W.&G.S.West				1500	1500	500	500	5000	4500			112000																								
cf. Dispora Printz sp.				1500	1500	500	500	5000	4500			112000																								
Ubestemte coccale				500	500			2500	1000			26000																								
CHRYSOPHYCEAE	1000			500	500			1500	1000			7000																								
cf. Chrysococcus cordiformis Naumann				500	500			1500	1000			7000																								
Dinobryon Ehrenberg spp.				500	500			5000	4500			4500																								
Kephyrion Pascher sp. III				500	500			2500	1000			26000																								
BACILLARIOPHYCEAE	1000			1500	1500			1500	1000			7000																								
Cyclotella Kützing spp. (I + II)				1500	1500			1500	1000			7000																								
Melosira italica (Ehrenberg) Kützing				1500	1500			1500	1000			7000																								
Tabellaria flocculosa var. Teilingii Knudson				1000	1000	440	1140	1000	720			2000																								
1000				1000	1000	440	1140	1000	720			2000																								
1500				1000	1000	440	1140	1000	720			2000																								
480				1000	1000	440	1140	1000	720			2000																								
80				1000	1000	440	1140	1000	720			2000																								

4.6 Biologiske forhold

Bestanden av planteplankton i Hurdalsjøen er undersøkt til ulike årstider i 1965 og 1966. Tabell 19 gir en oversikt over alt som er registrert, mens tabell 20 viser hvilke organismer som opptrådte i størst antall.

Som man ser er det et relativt lavt antall arter som er funnet og mengden av planktonet er gjennomgående liten. Dette gjenspeiler innsjøens oligotrofe karakter. Det samme gjør planktonets sammensetning, idet grønnalger og små chrysophycéarter er dominerende. Dessuten er det registrert flere arter som anses knyttet til oligotrofe forhold: Arthrodesmus queriferus, Staurastrum jaculiferum, Staurastrum cuspidatum og Tabellaria flocculosa var. Teilingii.

Et karakteristisk trekk ved planktonet er det betydelige innslaget av små chrysophycéflagellater, bl.a. er det funnet flere Kephyrion-arter.

Om sesongvekslingen i planktonmengden gjennom året er det vanskelig å uttale noe bestemt på grunn av at observasjonene er fåtallige. Særlig er det mangelen på data fra sommertiden som vil gjøre betraktningene usikre. Imidlertid kan man konstatere den vanlige lille bestanden om vinteren. En sen vårutvikling i 1966 kan ha sammenheng med den særlig strenge vinteren dette året. Stor forekomst av Merismopedia tenuissima 12/8 1966, samtidig med betydelig forekomst av grønnalger, viser muligheten av sommermaksima for arter av grønnalger og blågrønnalger. Bestanden av diatoméer antyder at disse spiller en underordnet rolle gjennom hele året, men med et mulig maksimum i september. Imidlertid er observasjonsdatoene for spredd til å si noe sikkert. Chrysophycéene er funnet i størst mengde i august (1966) og september (1965). Dybdefordelingen kan her tyde på at maksimum er blitt passert tidligere på sommeren.

Sammenlikning med tidligere undersøkelser

Hurdalsjøens plankton har tidligere vært undersøkt i 1926 av Gran og Ruud (1927) og i 1927 av Braarud, Føyn og Gran (1928). Et sammendrag av registreringene ved disse to undersøkelsene finnes i tabell 21. Mengdeangivelsene er her utelatt, men de registrerte bestandene var små, og tallene gjennomgående markert lavere enn det som ble funnet i 1965 - 1966. Direkte kvantitative sammenlikninger er det imidlertid vanskelig å gjøre på grunn av ulike metoder ved innsamling og bearbeiding av materialet.

Tabell 21.

Plankton i Hurdalsjøen 1926-27.

(Omarbeidet etter Gran & Ruud (1927) og Braarud, Fjølun og Gran (1928).) Arter som bare er funnet i håvtrekk er merket *.

Cyanophyceae

Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Brebisson
Coelosphaerium Nägelianum Unger
Merismopedia elegans A. Braun

Chlorophyceae

Crucigenia irregularis Wille
Elakatothrix gelatinosa Wille
Gloeococcus Schroeteri (Chod.) Lemmermann
Oocystis Nägeli sp.
Spondylosium planum (Wolle)
Staurastrum jaculiferum W. West
* Staurastrum lunatum var. planctonica W. & G.S. West
Staurastrum paradoxum Meyen
Staurastrum pseudopelagicum W. & G.S. West

Chrysophyceae

Cryptomonas Ehrenberg sp. I
Cryptomonas Ehrenberg sp. II
Dinobryon divergens Imhof
Dinobryon sertularia Ehrenberg
Dinobryon stipitatum Stein
Dinobryon-cyster
Mallomonas acaroides Perty
Mallomonas Perty sp.
Stichogloea olivaceae Chodat

Dinophyceae

Peridinium Ehrenberg sp.

Bacillariophyceae

Cyclotella catenata Brunow
Cyclotella compta (Ehrenb.) Kützing
Melosira distans (Ehrenb.) Kützing

Bacillariophyceae (forts.)

Rhizosolenia Guldbergiana n.sp.

cf. *Synedra* Ehrenberg sp.

Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kützing

Protozoa

Lohmaniella elegans Wulff

Lohmaniella minor (?)

Tintinnidium fluviatile Stein

Infusoria

Stromboidier

Rotatoria

Notholca longispina (Kellicott)

Crustacea

Nauplier

Når det gjelder artssammensetningen, er det også sannsynlig at forskjeller i metoder og undersøkelsenes relativt beskjedne omfang er årsak til de tilsynelatende store ulikhetene. Således kan man anta at de manglende registreringene av små chrysophycéer i 1926 og 1927 skyldes at de dengang ikke ble bearbeidet. Det samme gjelder tildels grønnalgene. Ser man bort fra disse ulikhetene, gjenstår det som viktigste konklusjon at planktonet i Hurdalsjøen ikke har forandret seg vesentlig på de siste 40 årene, og at innsjøens oligotrofe preg er bevart.

LITTERATURLISTE

BRAARUD, T., FØYN, B. og GRAN, H.H.: Biologische Untersuchungen in einigen Seen des östlichen Norwegens, August - September 1927. Avh. utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. I Mat.-Naturv. Kl. 1928 No. 2, s. 1 - .Oslo 1928.

GRAN, H.H. og FØYN, B.: Über die Planktonproduktion im Hurdal-See. Avh. utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. I Mat.-Naturv. Kl. 1927. No. 1, s. 1 - 33, Oslo 1927.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING: 0-79/65. Undersøkelse av Hurdalsjøen. Rapport ikke avsluttet.

4.7 Bakteriologiske forhold

Coliforme bakterier blir benyttet som indikatorer på forurensninger fra menneskers og varmblodige dyrs tarmkanaler. Disse bakterier vil i alminnelighet ikke forårsake sykdommer, og en vannkilde som inneholder disse bakterier behøver ikke være smitteførende eller helsefarlig. Men sannsynligheten for forurensninger som har uønskede helsemessige konsekvenser, er større når vannkildens innhold av coliforme bakterier er stort. Selv om vannkilden inneholder lite coliforme bakterier, kan den derfor ikke betraktes som hygienisk sikker. Det er nødvendig spesielt å vurdere hvilken betydning eventuelle forurensningskilder vil ha for vannkildens hygieniske tilstand. Denne vurdering må foretas av helsemyndighetene, som må ta det endelige standpunkt til de hygieniske forhold.

På observasjonsdagen den 16. november 1965 ble det samlet inn vannprøver fra Hurdalsjøen for bakteriologiske undersøkelser. Resultatene er gjengitt i tabell 22, neste side.

Tabell 22 Bakteriologiske analyseresultater 16. november 1965

m dyp	1	8	16	25	40	59
Coliforme bakterier pr. 100 ml	0 - 1	0 - 1	0 - 0	1 - 2	1 - 2	1 - 2
Kimtall pr. ml	11 -13	6 - 9	8 -14	13 -15	9 -11	0 -10

Bakterietallene var lave og viser at vannet i liten grad er bakteriologisk forurenset.

4.8 Sammenfattende diskusjon

Den vesentligste del av Hurdalsjøens nedbørfelt ligger i det såkalte Oslo-feltet hvor berggrunnen hovedsakelig består av permiske dyperuptiver. Bare i den sydvestlige delen er det kambrosilurbergarter bestående av leir-skiifer og kalkstein. I syd er innsjøen demmet opp av store masser av morenemateriale.

Ca. 67% av innsjøens nedbørfelt er dekket med skog, mens ca. 7% består av myr og ca. 4% er dyrket mark, som i det vesentligste ligger nord og nord-øst for innsjøen. I nedbørfeltet bor det ca. 3500 mennesker hvorav ca. 1000 har ordnede kloakkforhold der Hurdalsjøen eller dens tilløpselver er resipienter for avløpsvannet. Belastningen er størst i de nordlige områder. Videre mottar innsjøen forurensningsmateriale fra en rekke hytter i området samt fra gårdsbruk med tilhørende innretninger.

Hurdalsjøen er praktisk talt delt i to bassenger. Det nordlige basseng har et største dyp på 25 m, mens det sydlige basseng er 59 m dypt. Innsjøen er regulert p.g.a. kraftverksutbygging i Andelva, og den største og minste registrerte årlige vannstandsvariasjon er henholdsvis 4,6 og 1,2 m.

Observasjonsresultatene viser at temperatursprangsjiktet om sommeren er etablert i 12 - 16 meters dyp. Den årlige temperaturvariasjon i dyplagene er ca. 3°C, fra ca. 3°C om vinteren til ca. 6°C om sommeren. Vanmassene er i alle dyp og til alle årstider godt mettet med oksygen, og innsjøen må derfor karakteriseres som en typisk oligotrof innsjø.

Vannet er svakt surt, bløtt og er i relativt liten grad belastet med partikulært og organisk materiale. Fargeverdiene varierte således stort sett mellom 10 og 20 mg Pt/l. Vannets innhold av næringssalter er også relativt lavt.

Grønnalger og chrysophycéer er dominerende arter i Hurdalsjøens fytoplankton. Undersøkelsene har vist at det er små bestander av alger i innsjøens fri vannmasser. Ved å sammenlikne resultatene med tidligere undersøkelser av planktonforholdene i Hurdalsjøen, er det gode indikasjoner på at det er ubetydelige forskjeller i planktonets kvalitative sammensetning fra 1926 - 1927 frem til i dag.

Som drikkevann betraktet har Hurdalsjøen god vannkvalitet kjemisk sett. Vannet vil sannsynligvis i dag bli godkjent som drikkevann uten vesentlig rensing, men hvis forholdene skulle forandre seg med hensyn til vannets kvalitet eller at kravene til drikkevann skulle skjerpes i fremtiden, kan det bli nødvendig med mer omfattende rensing. De bakteriologiske og hygieniske problemer i forbindelse med bruk av Hurdalsjøen som drikkevannskilde må forelegges helsemyndighetene til vurdering.

Hvis innsjøen skal benyttes som drikkevannskilde er det imidlertid nødvendig å utvise den største forsiktighet med hensyn til bruken av lokaliteten og dens tilløpselver som resipienter for kloakk- og annet avløpsvann. Det er også nødvendig å følge med en eventuell utvikling av vannkvaliteten i innsjøen ved løpende kontrollundersøkelser, slik at man til enhver tid kan treffe de nødvendige foranstaltninger både med hensyn til de rensetekniske tiltak for avløpsvann og for drikkevann.

Ø Y E R E N

5 ØYEREN

5.1 Undersøkelser

Øyeren har vært undersøkt flere ganger tidligere. I 1954 - 1955 ble det foretatt en limnologisk undersøkelse av nåværende cand.real. Tore Nilsen. Det ble gjort rede for innsjøens størrelse og form. Videre ble det gjort rede for variasjoner i temperatur, oksygen, pH og spesifikk ledningsevne i løpet av et år.

Ellers er det ved flere anledninger foretatt sporadiske biologiske undersøkelser i Øyeren.

I tidsrommet juni 1958 - juli 1959 ble det utført en regional undersøkelse av Nitelvvassdraget og Øyeren for Institutt for Atomenergi. I det omfattende arbeidsprogram inngikk en generell beskrivelse av Øyerens topografi og hydrologi, hovedtrekkene av innsjøens hydrografi og biologi. Det ble utarbeidet et dybdekart av innsjøen i målestokken 1 : 20000 av Magne Lund. Beskrivelsen av de morfologiske og hydrologiske forhold nedenfor bygger vesentlig på resultatene fra undersøkelsene i 1958 - 1959.

Norsk institutt for vannforskning har deretter gjennomført følgende undersøkelser av Øyeren: I tidsrommet september 1961 - august 1962 ble det gjennomført en limnologisk undersøkelse av Øyeren: Norsk institutt for vannforskning, rapport nr. 325, "Undersøkelse av Øyeren som drikkevannskilde for Eidsberg vannverk". I undersøkelsesperioden ble det på 8 forskjellige tidspunkt samlet inn prøver fra forskjellige dyp der Øyeren er dypest. Prøvetakingsstedet er avmerket på oversiktskart (fig. 22).

Videre ble det i tidsrommet oktober 1961 - august 1962 forholdsvis regelmessig samlet inn prøver 2 ganger i uken på omtrent samme sted som nevnt ovenfor. Disse prøvene ble tatt i 0, 20, 30 og 40 meters dyp. Prøvene ble innsamlet og sendt til instituttet hver måned, hvorpå de ble analysert. I samme tidsrom ble det også 2 ganger pr. uke gjort innsamling av prøver i Glåma ved Fetsund. Temperaturen ble her målt daglig.

Øyeren inngår i instituttets program for innsjøundersøkelser i forbindelse med oppdrag for Den internasjonale hydrologiske dekadé. Arbeidet kom i gang i mars 1966. Det omfatter en limnologisk undersøkelse basert på prøvetaking i innsjøen 4 ganger pr. år, nemlig vinter, vår, sommer og høst. Prøvetakingsstedet er dypområdet av Øyeren.

I forbindelse med instituttets oppdrag nr. 217: "Undersøkelse av Glåma nedenfor Øyeren", er det i tidsrommet august 1966 - juli 1967 blitt samlet inn månedlige prøver for kjemisk bearbeidelse fra nevnte stasjon i Øyeren.

Den følgende beskrivelse av Øyeren er basert på materiale fra samtlige undersøkelser.

5.2 Geografiske forhold

Øyerens nedbørfelt, som omfatter store deler av Østlandsområdet er ved Mørkfoss 39964 km² (fig. 22). Feltets geologiske oppbygging er forskjelligartet (fig. 23). I nord er berggrunnen bygd opp av sterkt omdannede kambrosiluriske sedimentbergarter. I nordvest strekker feltet seg inn i det nordvestlandske grunnfjellsområde som vesentlig består av gneiser. Lengre sør er sparagmitten den dominerende bergart. Lengst i nord er denne sterkt omdannet, men lengre sørover har den vært mindre utsatt for metamorfose. Enkelte steder i sparagmittområdet finnes det kalkstein. Store deler av bergartsmassene i Jotunheimen består av mørke bergarter, gabbroer, som er blitt skjøvet på plass under den kaledonske jordskorpebevegelse. Under dette skyvedekke ligger det et lag med "Valdressparagmitt", og lengre nede i lagrekken kambrosiluriske sedimentbergarter, fyllitter og glimmerskifre.

I Mjøsområdet er berggrunnen stort sett bygget opp av lite omdannede kambrosiluriske sedimentbergarter. Øst og sør for Mjøsa består fjellgrunnen av grunnfjell, i det vesentligste av gneiser og gneisgranitter.

Løsavsetningene i feltet er for det meste et jevnt dekke av bunnmorenetyper. Enkelte steder finner man store mengder morenemateriale, hvis opprinnelse stammer fra breddemede sjøer, sidemorener osv. Sør for Mjøsa har løsavsetninger i stor utstrekning blitt avsatt i havet, og her er store områder dekket med marin leire. Da isen trakk seg tilbake hadde den et lengre opphold i Romeriksområdet. Her ble det derfor dannet en endemorene med betydelige dimensjoner (Hauertertrinnet).

5.3 Nedbørfeltet. Utnyttelse og virksomheter

Tabell 23 gir en oversikt over skogs- og jordbruksvirksomheten i Øyerens totale nedbørfelt, og i nedbørfeltet ovenfor og nedenfor Årnes (samløp Vormå - Glåma).

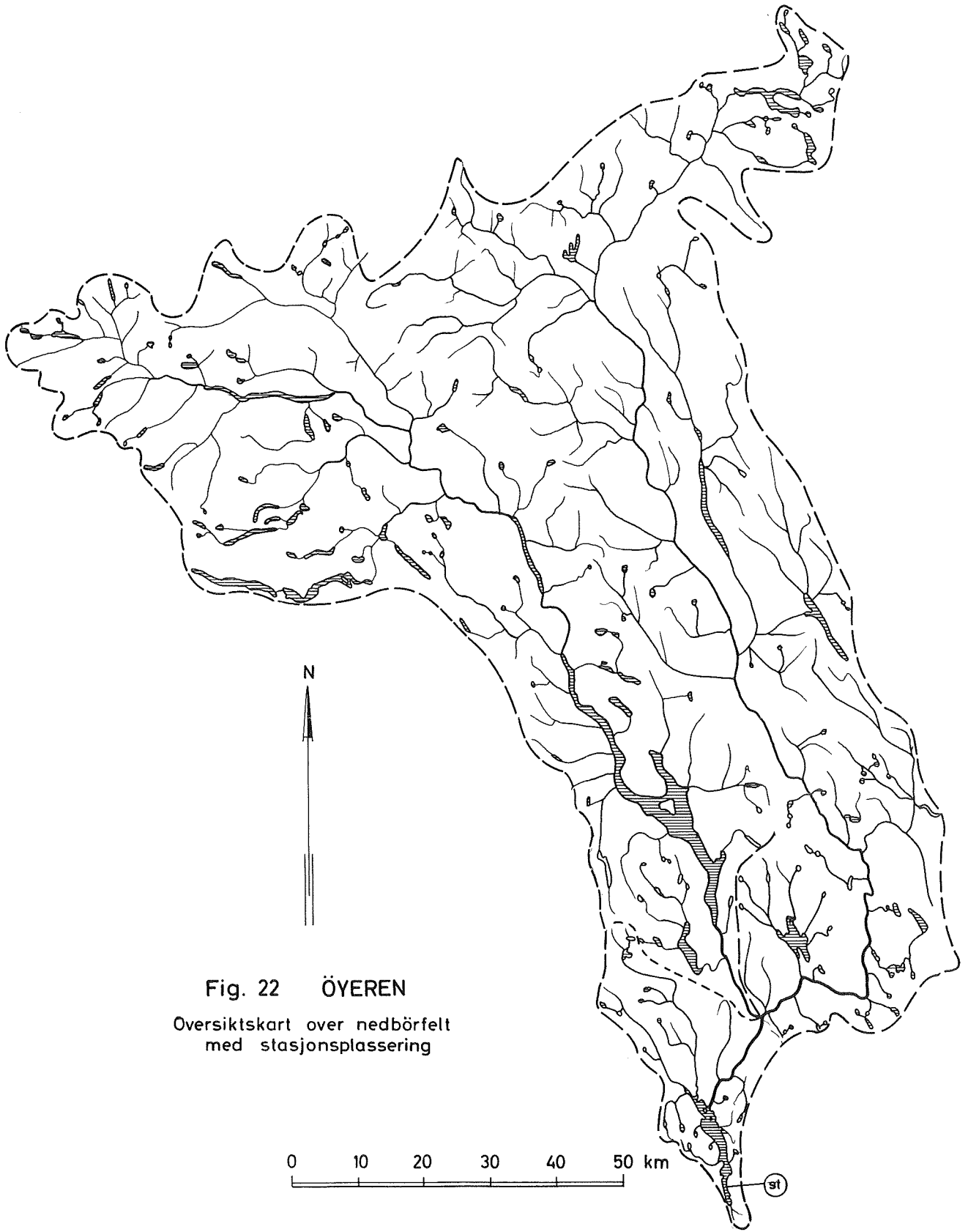







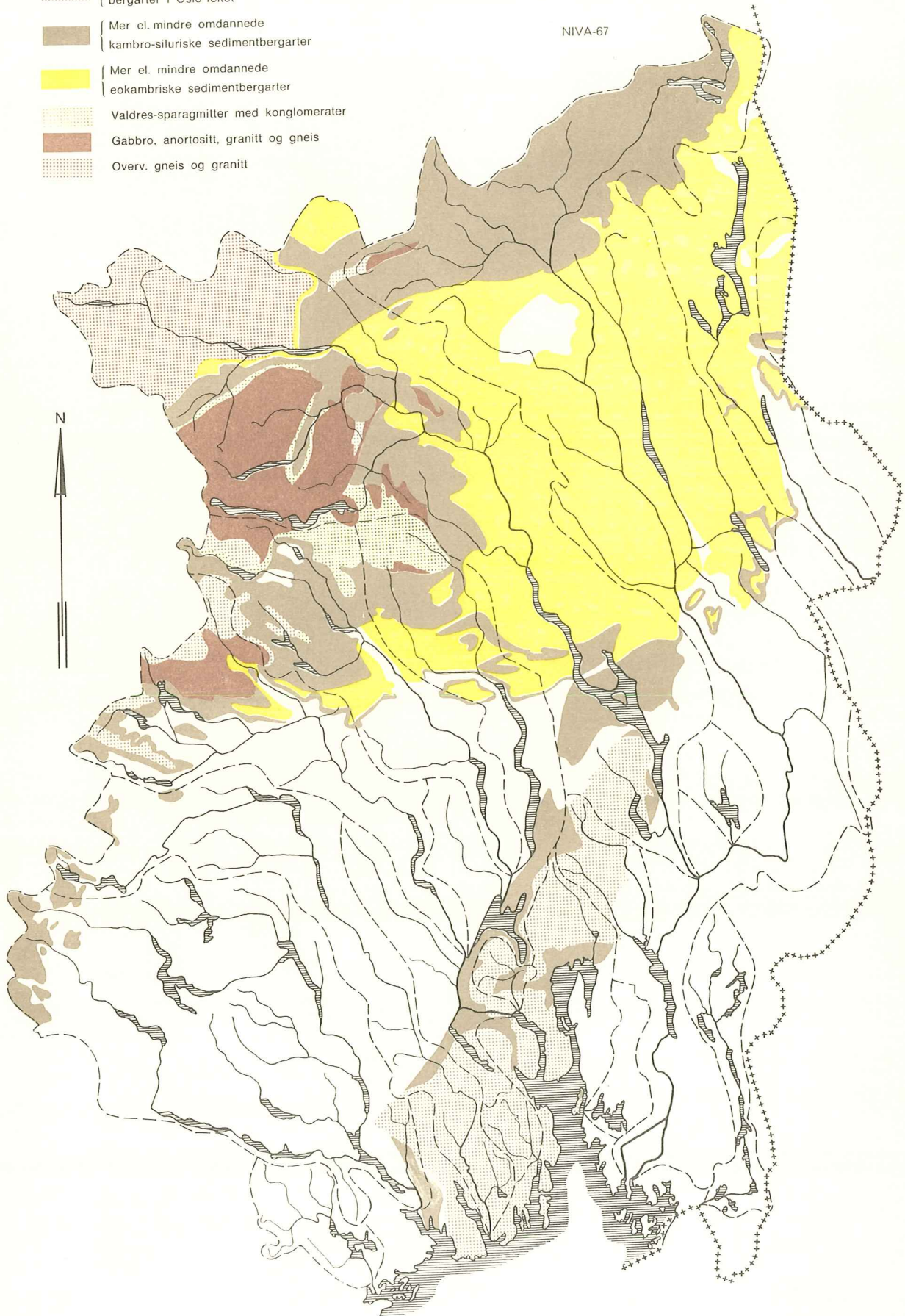


Fig. 22 ÖYEREN
Oversiktskart over nedbørfelt
med stasjonsplassering

Geologisk oversiktskart
Østlandsområdet
(etter O. Holtedahl og J. A. Dons)

NIVA-67

-  Grunnfjell
-  Granitt og permiske eruptiv-bergarter i Oslo-feltet
-  Mer el. mindre omdannede kambro-siluriske sedimentbergarter
-  Mer el. mindre omdannede eokambriske sedimentbergarter
-  Valdres-sparagmitter med konglomerater
-  Gabbro, anortositt, granitt og gneis
-  Overv. gneis og granitt



Målestokk
0 20 40 60 80 100 km

Tabell 23 Øyerens nedbørfelt. Utnyttelse og bosettingsforhold

Faktorer		Øyerens nedbørfelt	Nedbørfelt ovenfor Nestangen	Nedbørfelt nedenfor Nestangen
Nedbørfelt,	km ²	39964	37964	2000
Skog,	km ²	12929,7	11734,5	1195,2
"	i % av nedbørfelt	32,4	30,9	59,8
Myr,	km ²	2242,2	1927,3	314,9
"	i % av nedbørfelt	5,6	5,1	15,7
Dyrket mark,	km ²	1887,5	1669,4	228,1
"	i % av nedbørfelt	4,7	4,3	11,4
Uproduktivt område,	km ²	22904,6	22632,8	261,8
"	i % av nedbørfelt	57,3	59,6	13,1
Antall mennesker		398500	296600	101900
"	pr. km ²	10,0	7,8	51,0
Antall storfe		199900	160600	39300
"	pr. km ²	5,0	4,2	19,7
Antall småfe		298900	268400	30500
"	pr. km ²	7,5	7,1	15,3
Antall fosforekv. for husdyr		2447500	2008500	439000
"	pr. km ²	61,2	52,9	219,5

Av Glåmavassdragets (Glåma og Vorma) nedbørfelt ved Nestangen (samløp Glåma og Vorma) er ca. 59% vann og lite produktivt område. De viktigste jordbruksområder og tettbebyggelser i dette område ligger rundt Mjøsa og Vorma. I Glåmadalføret er det også betydelig jordbruksvirksomhet og bosetting, særlig i den nederste delen (nedenfor Rena). I de beste jordbruksområder er korndyrking den viktigste driftsmåte, i mer perifere områder dominerer husdyrholdet. I feltet ligger det store skogområder som også kan ha betydning for vannmassenes kvalitative egenskaper.

I Øyerens lokale nedbørfelt (nedenfor Nestangen) er det pr. arealenhet betydelig større virksomhet innenfor jord- og skogbrukssektoren sammenliknet med forholdene i det øvrige nedbørfelt. Korndyrking er den viktigste driftsmåte i jordbruket også i dette området, men som tabell 23 viser er det også et betydelig husdyrhold. Jordbruksarealene i prosent av nedbørfeltet i områdene ovenfor og nedenfor Nestangen er henholdsvis 11,4 og 4,3%. Befolkningstettheten og husdyrantallet er her henholdsvis ca. 6,5 ganger og ca. 4 ganger så stort som i den ovenforliggende del av feltet. Befolkningstettheten er størst like nord for innsjøen. Skedsmo kommune, som også

omfatter Lillestrøm, hadde således pr. 1. januar 1967 28487 innbyggere. Øyeren og dens tilløpselver brukes i utstrakt grad som resipient for kloakkvann og avløpsvann fra jordbruket og innretninger i tilknytning til jordbruket (halmlutingsanlegg, siloer o.l.) samt for industriavløpsvann.

I Øyerens totale nedbørfelt er en rekke forskjellige industrigrener representert. Av industrier som er årsak til organisk belastning har antakelig treforedlingsindustrien størst betydning. 8 slike bedrifter har tilsammen utslipp som svarer til ca. 475000 industriekvivalenter, hvorav 216000 ekvivalenter tilføres Vormo via Andelva. I det lokale nedbørfelt for Øyeren er det imidlertid bare en bedrift av denne type, med et utslipp svarende til ca. 2500 personer.

Lokalt kan enkelte av de 6 halmluterier i området omkring Øyeren ha betydning for forurensningssituasjonen, særlig på grunn av sin plassering ved mindre resipienter som renner ut i Øyeren. I alt lutet disse fellesanlegg for halmluting 1985 tonn halm i sesongen 1966/1967, den organiske stoffmengde svarer til 6930 industriekvivalenter. I hele nedbørfeltet ligger det i alt 23 slike anlegg for halmluting, og i sesongen 1966/1967 ble det her lutet 12343 tonn halm, tilsvarende 43190 industriekvivalenter regnet som organisk stoff.

De lokale meierier har neppe vesentlig betydning for forurensningssituasjonen i Øyeren. 9 meierier i det lokale nedbørfelt mottok ca. 21,5 millioner liter melk. Denne virksomhet svarer til et utslipp av organisk stoff omtrent ekvivalent med organisk belastning for 2000 personer. I hele nedbørfeltet er det 52 meierier som mottar mer enn 260 millioner liter melk pr. år. Utslippene fra disse meierier kan med hensyn til organisk stoff settes ekvivalent med ca. 50000 personer.

I Øyerens lokale nedbørfelt ligger ingen større slakterier, men i hele nedbørfeltet ligger 5 slakterier med slaktemengde på tilsammen 11800 tonn. Dette svarer til utslipp av organisk stoff ekvivalent med belastningen fra 3700 personer.

Av andre mulige kilder for organisk belastning må Gullaug Kjemiske Fabrikker A/S nevnes. Dessuten er det en rekke bedrifter innen næringsmiddelindustrien både i det lokale nedbørfelt og i hele nedbørfeltet.

I det lokale nedbørfelt ligger en del tekstilindustri. Dette er imidlertid først og fremst konfeksjon og trikotasjefabrikker, og de har vel en underordnet betydning når det gjelder organisk belastning av resipientene.

Bedrifter innen jern- og metallindustrien er rikt representert både i det lokale og i det totale nedbørfelt. Her kan nevnes flere bedrifter for elektriske artikler, større mekaniske verksteder f.eks.: Strømmen mekaniske verksted A/S, galvanotekniske bedrifter, fabrikker for stålrørsmøbler osv. Fordi disse bedrifter dekker et såvidt bredt spektrum av produkter, er det vanskelig å fastslå betydningen av utslippene ut fra forurensningssynspunkt, men slike bedrifter kan i det minste lokalt ha betydning for forholdene i vassdraget.

Tabell 24 Arealer og antall mennesker og husdyr i nedbørfeltet ovenfor og nedenfor Nestangen. Regnet i % av de respektive størrelser for hele nedbørfeltet

Faktorer	Nedbørfelt ovenfor Nestangen	Nedbørfelt nedenfor Nestangen
Nedbørfelt	95,0	5,0
Skog	90,9	9,1
Myr	86,0	14,0
Dyrket mark	87,8	12,1
Mennesker	74,4	25,6
Storfe	80,3	19,7
Småfe	89,8	10,2
Fosforekvivalenter for husdyr	82,1	17,9

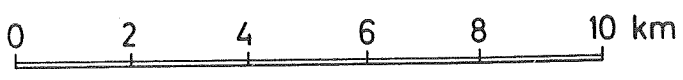
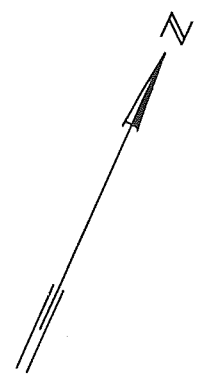
De forskjellige områders betydning for forurensningssituasjonen i Øyeren kan til en viss grad vurderes ut fra tabell 24. På grunn av vassdragenes selvrensningsevne, spiller tilførselen av forurensninger til fjernereliggende deler av vassdraget mindre direkte rolle for Øyerens forurensningstilstand enn den forurensningsbelastning innsjøen får fra sitt lokale nedbørfelt. Eventuelle forurensninger fra Gudbrandsdalen og Mjøsbygdene må passere Mjøsa før de når Øyeren, og det er grunn til å regne med en betydelig kvalitetsendring av vannmassene i denne innsjø, hvor den teoretiske oppholdstid er ca. 6 år. Konklusjonen må altså bli at Øyerens forurensningstilstand i høy grad er betinget av forholdene i innsjøens lokale nedbørfelt.

5.4 Morfometriske forhold

Øyeren er en ca. 33 km lang fjordsjø (fig. 24). I den nordligste og bredeste delen av Øyeren, fra utløpet av Glåma og 9 - 10 km sørover, varierer dybden mellom 1 og 6 m. De største dypene ble målt i rennen som danner fortsettelsen av elveløpene. Deltaflaten senker seg ca. 0,6 m pr. km.



Fig.24 Öyeren
Dybdekart



Den søndre halvdel av sjøen danner et langstrakt trau med forholdsvis jevn bunn som heller svakt mot øst. Professor Høltedahl (1907) har påvist forkastninger langs Øyeren og at alunskiferfeltet ved nordvestsiden er et relativt innsunket parti. Høltedahl antar som sannsynlig at alunfeltet har betydelig utbredelse også under Øyerens overflate.

Forkastningene og det større eller mindre innsunkne parti av lite motstandsdyktig alunskifer må antas å være den primære grunn for bassengets dannelse, uansett hvilke eroderende krefter som har vært virksomme. Årsaken til de grunne områder i nord er sedimentasjon av elvetransportert materiale.

Noen morfometriske data for Øyeren er angitt i tabell 25.

Tabell 25 Morfometriske og hydrologiske data

Høyde over havet	101	m
Overflate (kote 101)	85,2	km ²
Nedbørfelt ved Mørkfoss	39964	km ²
Sjøens overflate som % av nedbørfelt	0,21	%
Største lengde	33,2	km
Største dyp	70,5	m
Samlet volum	1121,15	mill.m ³
Middel dyp: Volum/overflate	13,16	m
Volumet av vannmassene ned til 10 meters dyp	ca. 369	mill.m ³
Volumet av vannmassene ned til 15 meters dyp	" 463	mill.m ³

5.5 Hydrologiske forhold

Avløpet fra Øyeren er regulert gjennom en dam ved Mørkfoss. Siste regulering fant sted i 1934. I følge Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen er Øyeren regulert 2,4 m mellom 102,65 og 100,25 m.o.h. Den oppmagasinerte vannmengde er ca. 157 mill.m³. Tappingsreglementet for Øyeren bestemmer at magasinet skal holdes fullt til 1. desember og deretter senkes 45 cm pr. måned til 1. april såfremt ikke flom inntreer før.

Flomvannstanden i Øyeren varierer relativt meget. Dette skyldes vesentlig at Glåmavassdraget har få innsjøer og at utløpet ved Mørkfoss er trangt. Denne variasjon av vannstanden har gjennom tidene medført ulempe og skader for jordbruk, ferdsel og tømmerfløtning. For å minske ulempene og skadene ble det i tidsrommet 1857 - 1862 foretatt utsprenninger ved

Mørkfoss. Da de beregnede senkninger av flommen ikke ble oppnådd, ble det senere foretatt ytterligere sprengninger. Reguleringsreglementet har stort sett vært det samme helt fra 1862.

Variasjonen i Glåmas vannføring er som for typisk sørøstnorske elver: En stor og årvisst vårflom, forholdsvis stor vannføring om sommeren, en mindre og mer tilfeldig høstflom og endelig en lavvannsperiode om vinteren. Lavlandsflommen har vanligvis ingen utpreget kulminasjon i hovedvassdraget, men går jevnt over i den egentlige vårflom som er forårsaket av snøsmelting i høyfjellet. Vårflommen opptrer ofte med to kulminasjoner, idet Østerdalsflommen kommer før Gudbrandsdalsflommen, som forsinkes gjennom Mjøsa. Inntrer de to flommene av en eller annen grunn samtidig eller blir langvarige, kan flommen i hovedvassdraget og i Øyeren bli særlig stor.

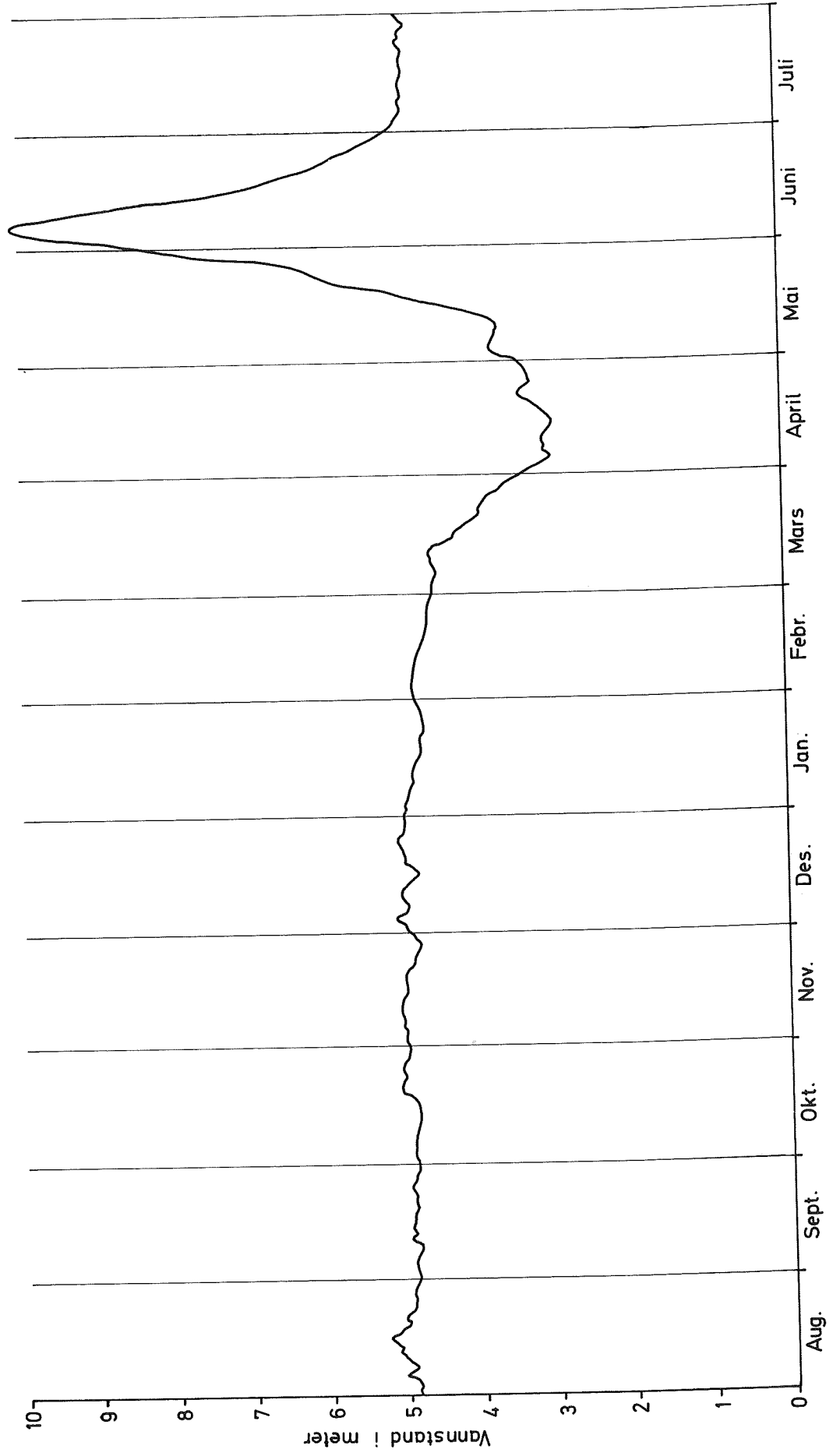
Ved Mørkfoss kulminerer vårflommen i gjennomsnitt 1. juni. I perioden 1901 til 1959 inntraff tidligste og seneste kulminasjonstid henholdsvis 6. mai 1959 og 7. juli 1927. I 1962 kulminerte vårflommen 28. mai. Gjennomsnittlig avløp i perioden 1911 til 1950 var $683 \text{ m}^3/\text{sek}$, hvilket tilsvarer et midlere avløp på $17,1 \text{ l}/\text{sek}$ pr. km^2 og en nedbør på 540 mm i Glåmas nedbørfelt. Normalt er tilsiget ved Mørkfoss minst i februar og størst i juni, Fig. 25 viser vannstandsvariasjoner i Øyeren fra juli 1966 til august 1967 og tabell 26 viser månedsmidler for vannføringen i Glåma ved Rånåsfoss og ved Solbergfoss i periodene september 1961 til august 1962, og september 1966 til august 1967. Normalvannføringen (1921 til 1950, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen) ved Mørkfoss er også angitt.

Tabell 26 Månedsmidler for vannføring (m^3/sek) i Glåma ved Rånåsfoss og Solbergfoss (september 1961 - august 1962 og september 1966 - august 1967) samt normalvannføring ved Mørkfoss (1921 - 1950)

Måned	Rånåsfoss		Solbergfoss		Mørkfoss
	1961 - 1962	1966 - 1967	1961 - 1962	1966 - 1967	
September	528	515	581	571	755
Oktober	1048	508	1192	598	635
November	1107	521	1330	636	452
Desember	396	404	438	468	280
Januar	390	438	424	482	196
Februar	368	414	427	462	148
Mars	297	405	360	563	172
April	378	455	460	561	500
Mai	1245	1411	1403	1437	1551
Juni	1178	2136	1296	2447	1563
Juli	993	914	1085	961	1155
August	771	643	871	677	902
Arsmiddel	725	730	822	821	695

Fig. 25 Öyeren

Vannstandsvariasjoner 1966 - 1967



Tabellen viser at den årlige middelvannføring i begge perioder var betydelig høyere enn normalt. I 1961 - 1962 var særlig høstflommen stor, mens vårflommen var noe lavere enn normalt. I perioden 1966 - 1967 var imidlertid høstflommen noe lavere enn normalt, mens vårflommen var spesielt stor. Vannføringstallene fra begge observasjonsserier viser en noe høyere vintervannføring enn hva som var normalt i perioden 1921 - 1950. Dette henger sammen med de nye reguleringstiltak lengre oppe i vassdraget. Mjøsreguleringen spiller sannsynligvis en betydelig rolle i denne sammenheng.

Foruten Glåma renner bl.a. Nitelva og Leirelva ut i de nordligste områder av Øyeren. Vannføringen i de sistnevnte elver er imidlertid små i forhold til vannføringen i Glåma, men i flomperiodene er de svært slampførende og har derfor betydelig interesse.

Leirelva har et nedbørfelt på 685 km^2 . I følge Vassdragsvesenets kart over gjennomsnittlig avløp, kan man anslå at den gjennomsnittlige avrenning fra Leirelvas nedbørfelt er ca. 20 l/sek/km^2 . Den gjennomsnittlige vannføring ved elvens utløp i Øyeren skulle da anslagsvis bli ca. $14 \text{ m}^3/\text{sek}$. Den gjennomsnittlige minste og største vannføring er henholdsvis 1,7 og $102 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Nitelvas nedbørfelt er 484 km^2 . Da det ikke har vært foretatt vannføringsmålinger i Nitelva, har man ikke noen sikre verdier for vannføringen og dens variasjoner i denne elv. I følge Vassdragsvesenet er den gjennomsnittlige avrenning i Nitelvas nedbørfelt ca. 19 l/sek/km^2 . Dette skulle gi et gjennomsnittlig avløp på ca. $8,8 \text{ m}^3/\text{sek}$. Den alminnelige lavvannsføring anslås til ca. $1,4 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Strømforholdene i den nordligste del av Øyeren, særlig mellom øyene og over bankene i nord, varierer med vannstanden. Under snøsmeltingen i lavlandet stiger gjerne Leir- og Nitelva forholdsvis raskere enn Glåma. Etter denne lavlandsflommen fortsetter imidlertid Glåma å stige. Strømforholdene kan p.g.a. materialtransporten bli anskueliggjort i slike perioder. Under store flommer kan man nemlig merke at hovedstrømmen sydover i Øyeren oftest går i to slyng mellom breddene før den når Mørkfoss.

På grunn av Glåmas relativt store vannføring i forhold til Øyerens størrelse, må gjennomstrømningen bli stor. Strømhastigheten i den nordlige, grunne del lar seg vanskelig beregne, da hovedmengden av vannet følger markerte renner. Antar man at strømmen i den dype del av sjøen følger det øvre 5 m tykke sjikt og jevnt fordelt på en bredde av 2,4 km, vil gjennomsnittshastigheten

i februar være ca. 1,5 cm/sek og i mai ca. 15 cm/sek.

Teoretisk fornyelse av Øyeren er effektivt 19 ganger i året. Den teoretiske tid for total skifting av vannet vil bli 19 dager.

Hvis det antas at gjennomstrømningen foregår i de øverste 20 meters sjikt av innsjøen under stagnasjonsperiodene, vil vannets oppholdstid bli ca. 17 og 8 døgn når Glåmas vannføring er henholdsvis 500 m³/sek og 1000 m³/sek.

5.6 Hydrografiske forhold

I instituttets rapport 0-325 er følgende fysisk-kjemiske komponenter beskrevet: Temperatur, oksygen, pH, spesifikk ledningsevne (20°C), farge, turbiditet, oksyderbarhet (permanganattall), jern og mangan. I de undersøkelser som er blitt foretatt senere er også en rekke andre kjemiske komponenter bestemt, bl.a. total fosfat, orto fosfat, nitrat, BFA (bundet og fri ammonium), klorid, sulfat m.fl.

5.6.1 Temperaturforhold

Temperaturvariasjonene i Øyeren under observasjonsperioden september 1961 - august 1962 er gjengitt i fig. 26. Fig. 27 viser temperaturforholdene i Glåma ved Fetsund og overflatetemperaturen i Øyeren på prøvetakingsstedet i tidsperioden oktober 1961 til august 1962.

I sommerperiodene 1961 og 1962 lå temperaturen i overflatelagene (ned til 20 - 25 m) stort sett i området 13 til 15°C. Temperatursprangsjiktet var forholdsvis lite utpreget, og i dypet under 50 m var temperaturen ca. 6°C. Sommerstagnasjonsperioden og delsirkulasjonen om høsten varte sannsynligvis til i begynnelsen av november. Den 15. november ble det nemlig observert isoterme forhold med en temperatur på 5°C. Den neste observasjonsserie ble foretatt den 14. desember noen dager etter at isen hadde lagt seg. Ned til 12 meters dyp var temperaturen på dette tidspunkt <1°C. Herfra steg den gradvis, og på 30 meters dyp var den ca. 3°C. Under dette nivå lå temperaturen i området 3 til 4°C.

I slutten av februar var situasjonen omtrent den samme. Isløsningen fant sted i månedsskiftet april - mai, og den 8. mai var det isoterme forhold med en temperatur i underkant av 3°C. I juni og august var temperaturen i dypet, under 40 m, omtrent den samme. Temperatursprangsjiktet lå på observasjonsdagene i henholdsvis 12 - 20 m og 25 - 35 m dyp.

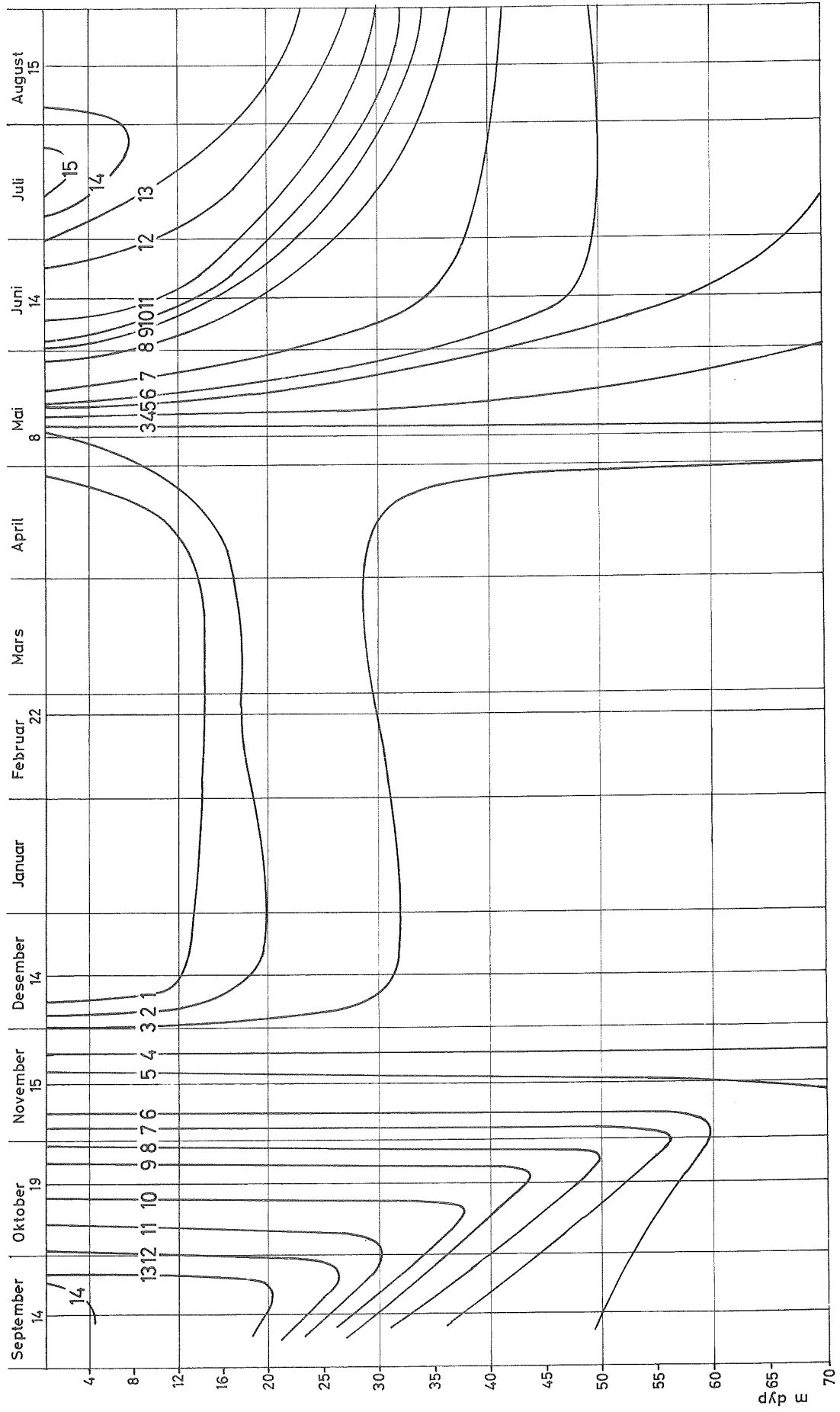


Fig. 26 Öyeren.
Isothermer 1961/62

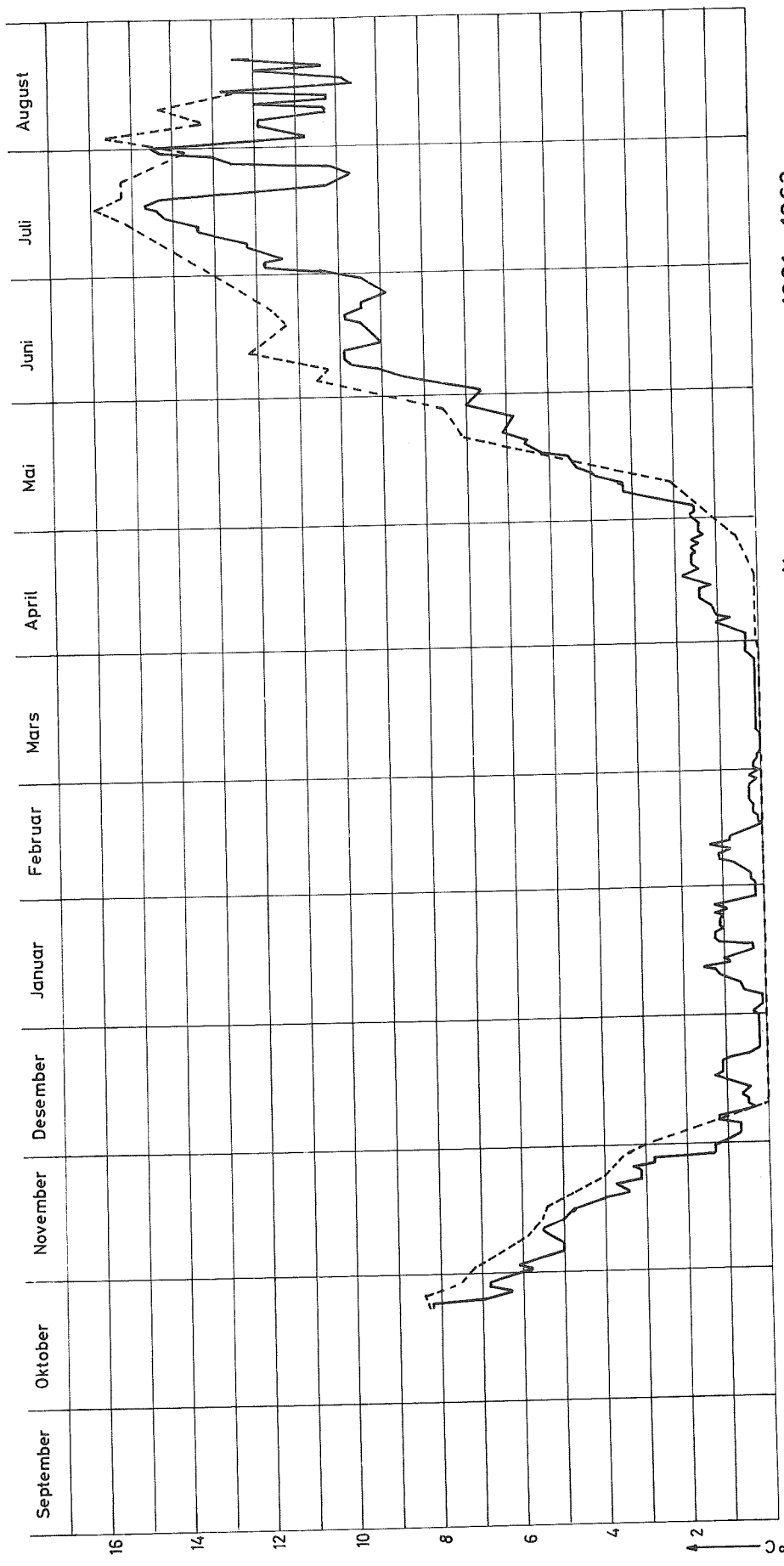


Fig.27 Temperaturer i Glomma ved Fetsund, og overflatetemp. i Öyeren st.1. 1961-1962

— temp.(°C). Fetsund.
 - - - - - temp.(°C). Öyeren.

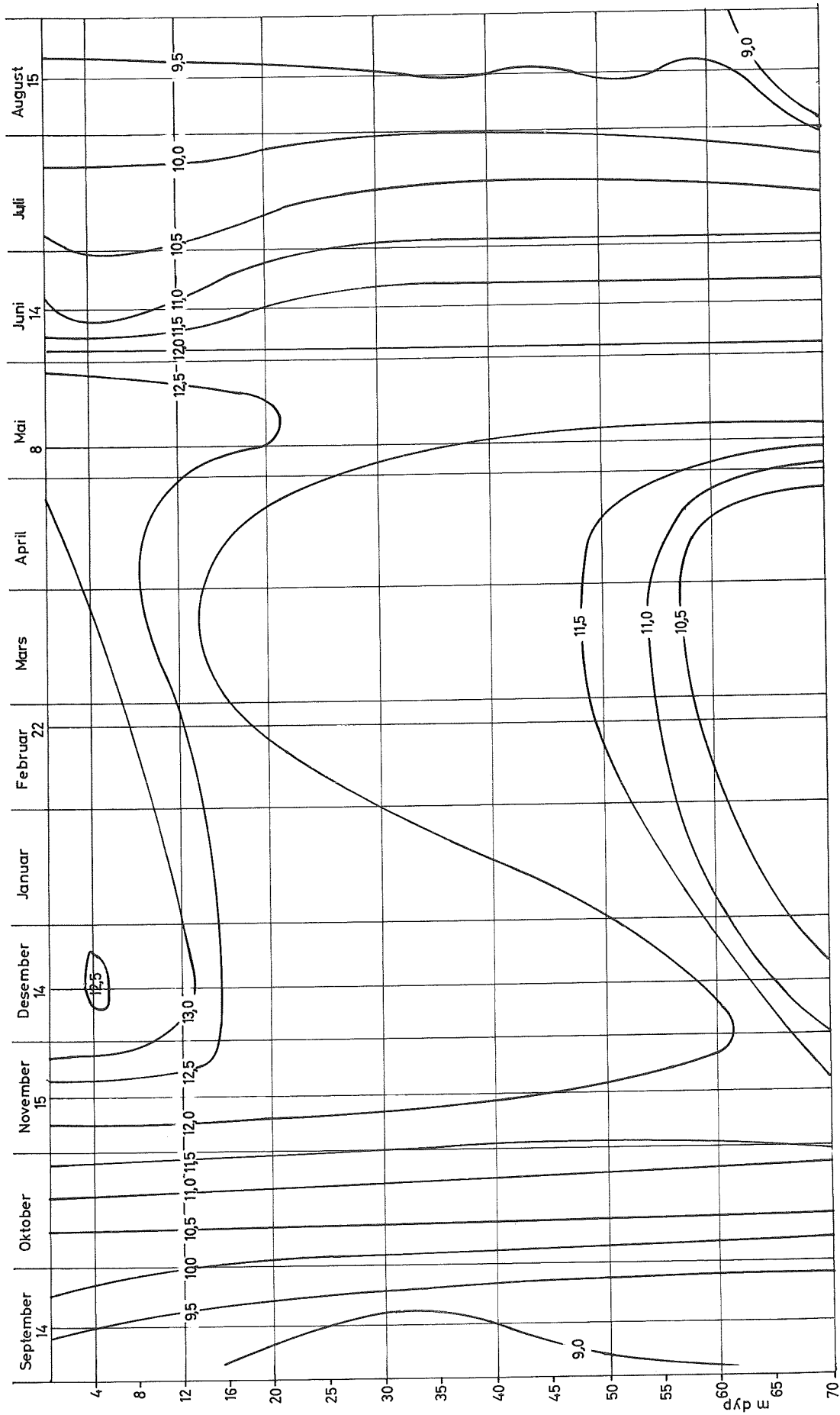


Fig.28 Öyeren .
 Oksygenisopleter 1961/62 3217

Temperaturen i epilimnion var noe høyere i august enn i juni.

Temperaturvariasjonene fra måned til måned i 1966 - 1967 fulgte omtrent det samme mønster som i 1961 - 1962. Vannets vintertemperaturer var imidlertid noe lavere i siste periode enn i den første. Om sommeren var forholdene omtrent de samme under begge observasjonsperioder.

5.6.2 Kjemiske forhold

5.6.2.1 Oksygenforhold

Variasjonene i vannets oksygeninnhold i perioden 1961 - 1962 er illustrert i fig. 28.

Oksygenmengden i mg/l var ca. 9 - 9,5 om sommeren, mens den om vinteren lå i intervallet 11,5 - 13,0. Metningen var stort sett ca. 90% på alle observasjonsdager og i alle dyp. Den 22. februar var det en viss oksygen-defisitt i dyplagene. I perioden 1966 - 1967 var forholdene på de fleste korresponderende observasjonsdager de samme som i 1961 - 1962, men under stagnasjonsperiodene var det i 1966 - 1967 betydelig mindre oksygen i dyp-lagene.

5.6.2.2 Andre kjemiske forhold

Tabell 27 viser middelveidene av noen kjemiske komponenter på de forskjellige observasjonsdager. I denne tabellen er alle analyseresultatene fra 1961 - 1962 samt middelveidene av dekaderesultatene tatt med:

Tabell 27 Middelveidier for kjemiske komponenter 1961 - 1962

Komponent	Dato	1961				1962			
		14/9	19/10	15/11	14/12	22/2	8/5	14/6	15/8
Surhetsgrad pH		7,0	7,0	6,9	7,0	7,1	6,7	6,9	7,1
Spesifikk ledningsevne 20°C, µS/cm		36,5	37,5	33,5	35,6	36,9	38,3	30,8	35,9
Farge mg Pt/l		31	64	141	63	45	338	47	49
Turbiditet mg SiO ₂ /l		1,3	3,5	12,0	5,1	2,8	33,7	3,0	3,0
Permanganattall mg O/l		3,9					6,1	4,5	
Jern µg Fe/l		160							
Mangan µg Mn/l		<50							

pH Det var relativt små variasjoner i vannets pH fra observasjonsdag til observasjonsdag. Om sommeren ble det observert noe høyere verdier i overflatelagene enn i dyplagene. Om vinteren var verdiene relativt ensartede gjennom hele vannmassen. Forholdene var omtrent de samme i 1966 - 1967 som i 1961 - 1962.

Spesifikk ledningsevne Middelerverdiene for den spesifikke ledningsevne varierte mellom 30 og 40 μS . De laveste verdier ble observert om våren - i mai 1966 var verdiene spesielt lave. Om høsten og tidlig på vinteren ble de høyeste verdier observert. Bortsett fra en viss økning i vannets elektrolyttinnhold mot dypet under stagnasjonsperiodene var det liten variasjon fra dyp til dyp på de forskjellige observasjonsdager.

Turbiditet Turbiditetsforholdene i Øyeren varierer sterkt. Belastningen er størst om våren, men også om høsten kan turbiditetsverdiene være høye. Høsten 1961 ble det målt verdier på opp til 15 - 20 mg SiO_2/l , og om våren 1962 var toppverdiene 40 - 50 mg SiO_2/l . De høyeste verdier ble målt i dyplagene. Disse ugunstige forhold gjorde seg gjeldende ca. 2 måneder om høsten og ca. 1,5 måned om våren (1961 - 1962). Under sommer- og vinterobservasjonene varierte turbiditeten stort sett mellom 1 og 4 mg SiO_2/l .

Farge Fargeverdiene varierte i takt med turbiditeten. De høyeste verdier ble således målt vår og høst, mens fargeverdiene i mellomliggende perioder stort sett varierte i området 20 - 50 mg Pt/l.

Oksyderbarhet (permanganattall) Middelerverdiene for permanganattallene varierte stort sett mellom 4,0 og 7,0 mg O/l. De høyeste verdier ble observert vår og høst.

Jern og mangan Vannets innhold av jern- og manganforbindelser var høyest vår og høst. Middeltallene for jerninnholdet varierte mellom 75 og 736 $\mu\text{g}/\text{l}$, mens manganinnholdet varierte mellom 16 og 97 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Fosfater og nitrater Den 10. mars og 20. mai 1966 ble det registrert verdier for totalfosfat på henholdsvis 211 og 55 $\mu\text{g P}/\text{l}$. Middelerverdiene fra de andre observasjonsdager varierte mellom 14 og 28 $\mu\text{g P}/\text{l}$. De førstnevnte resultater refererer seg til prøver som ikke ble konservert i felten, mens alle de andre ble konservert. Middelerverdiene for ortofosfater varierte mellom <2 og 11 $\mu\text{g P}/\text{l}$.

Middelerverdiene for nitrater på de forskjellige observasjonsdager varierte stort sett mellom 150 og 270 $\mu\text{g N}/\text{l}$. De høyeste verdier ble observert om

vinteren. Under stagnasjonsperiodene var verdiene som regel høyest i dyp-
lagene. Middelerdiene for bundet og fri ammonium lå i intervallet
0,16 - 0,24 mg N/l.

5.6.3 Diskusjon av de hydrografiske forhold

De generelle trekk i temperaturforholdene i Øyeren indikerer en typisk
gjennomstrømningsinnsjø. I stagnasjonsperiodene om sommeren og vinteren
er tetthetsforholdene i de tilførte vannmasser, på grunn av vannets tempera-
tur, av en slik størrelsesorden at gjennomstrømningen foregår i overflate-
lagene (ned til ca. 20 - 25 m) av innsjøen. Vannets lave temperatur i
overflatelagene (ned til 10 - 20 m) om vinteren har sammenheng med disse
strømningsforhold. At sprangsjiktet er lite utpreget om sommeren, har samme
årsak. I enkelte perioder om høsten og våren, når temperaturforholdene
betinges en større tetthet i elvevannet enn i innsjøens overflatelag, kan
gjennomstrømningen foregå i dyplagene. Under avkjølingsperioden høsten
1961 var det forholdsvis stor vannføring i Glåma. Temperaturen i elve-
vannet var lavere enn i innsjøen, og de kjemiske data, særlig turbiditeten,
viser at gjennomstrømningen i dette tidsrom foregikk i dyplagene. Dyp-
lagenes temperaturer, som er relativt lave om vinteren og relativt høye om
sommeren, har også tildels sammenheng med gjennomstrømningen.

Oksygeninnholdet i Øyeren er i det vesentligste dominert av de termiske
og dynamiske forhold. Forbruket av oksygen i dyplagene under stagnasjons-
periodene, særlig om vinteren, skyldes dekomponering av organisk materiale i
vannet og i bunnsedimentene. Dette organiske materiale er tildels produ-
sert i innsjøen, men sannsynligvis er det vesentligste tilført innsjøen via
tilsigselsvene.

Vannet i Øyeren har en nøytral eller svakt sur karakter, og det har et lavt
elektrolyttinnhold (bløtt vann). De små variasjonene i pH og spesifikk
ledningsevne under observasjonsperiodene henger sammen med årstidene og
den vekslende vannføring i Glåma.

Observasjonsresultatene viser at den periodevis høye turbiditet i Øyeren
henger sammen med vannføringen i tilsigselsvene og er således mest dominerende
om våren og høsten. Øyeren ligger under den marine grense, og løsavset-
ningene i den nederste del av nedbørfeltet består i stor utstrekning av
leire. Særlig under flomperioder vil vannet grave ut og føre med seg
partikulært materiale. En del av dette materiale vil relativt hurtig
sedimentere i innsjøen, men finere materiale transporteres videre og er bl.a.

årsak til de høye turbiditetsverdier i de sydlige områder. I henhold til tilsigs selvenes størrelse er det rimelig at de største kvanta partikulært materiale blir tilført gjennom Glåma. Men det er rimelig å anta at Leira og Nitelva er mer belastet med partikulært materiale, idet disse elver i forhold til nedbørfeltet i langt større grad drenerer leireområder.

Fargen blir målt fotometrisk og derfor spiller turbiditeten en betydelig rolle for resultatene. De oppgitte fargeverdier fra observasjonsperioden 1961 - 1962 gjelder ufiltreerte prøver. I perioden 1966 - 1967 ble fargen målt både på ufiltreerte og glassfiltreerte (GFC) prøver. Stort sett ble fargen redusert med fra 50 til 70% ved filtrering. Fargeverdiene for de filtrerte prøver varierte mellom 15 og 50 mg Pt/l. Filtrering fjernet ikke turbiditeten fullstendig, og særlig når vannet hadde stor belastning av partikulært materiale, var turbiditeten relativt høy (opptil 10 mg SiO₂/l) etter filtrering. Det partikulære materiale har således forskjellig kornstørrelse og tildels er dimensjonene så små at de kan passere filterets poreåpninger (ca. 1 μ). Disse forhold er tildels årsak til at de høyeste filtrerte fargeverdier ble registrert når turbiditetsverdiene var høye (vår og høst).

Øyerens vannmasser hadde et høyt innhold av jernforbindelser, derimot var manganinnholdet lavt på alle observasjonsdager.

Vannets innhold av fosfater og nitrater var gjennomgående lavere om sommeren enn om vinteren. Dette kan ha sammenheng med årstidsvariasjonen i biologiske prosesser.

5.7 Biologiske forhold

Grunnlaget for denne beskrivelse danner den kvantitative bearbeidelse av plankton som ble foretatt i forbindelse med Institutt for Atomenergi's resipientundersøkelse 1958 - 1959. Ved siden av dette materiale er det gjort spredte innsamlinger av plankton med fytoplanktonhåv i 1961 - 1964 og i 1967.

Tabell 28 viser et utdrag av resultatene fra de kvantitative undersøkelsene der bare de hyppigst forekommende organismene er tatt med. På grunn av de i hovedsaken betraktelig større cellene, vil det være diatoméene som preger planktonet, selv om det tallmessig sett er et stort innslag av både grønnalger og chrysophycéer. Diatoméenes betydning understrekes i tabell 29 (Skulberg 1965) som viser de viktigste artene i håvtrekk fra 1961 - 1964, oppstilt i rekkefølge som svarer til mengdene som artene forekom i. Her ser man hvordan arter som Asterionella formosa, Fragilaria crotonensis og Tabellaria fenestrata er fremtredende år etter år. Tabell 30 viser

Tabell 28. Plankton i Øyeren 24/7 1958 - 18/12 1958.
Mengeangivelser i celler/l.

Organismer	24/7 1958				28/8 1958			18/9 1958				9/10 1958				18/12 1958					
	Dato:	Dyp:	0 m	5 m	10 m	30 m	0 m	5 m	30 m	0 m	5 m	10 m	30 m	0 m	5 m	10 m	30 m	0 m	5 m	10 m	30 m
SCHIZOMYCETES																					
Leptothrix discophora (Schwers) Dorff			1500			500	23500	13000	14500	16000	58000	52500	8000	27500	14500	25000	19500	500			1000
Planctomyces Gimesi						23000	8000	6000	4500	5000	6000	7500	24500	3000	4000	2000	1000				
Siderocapsa Molisch sp.			500			7000	7000	1500	3000	3500	8000	3500	4000	3000		1000	2000				1500
Chlamydobakterier			507500	600000	467000	6500	ccc								160000			530000	1318000	54000	ccc
CYANOPHYCEAE																					
Gomphosphaeria lacustris Chod.																					
Merismopedia Meyen sp.				8000	12000		21500	8500		5000	6000			5500	3000	5000		2500		1000	1000
CHLOROPHYCEAE																					
Ankistrodesmus Corda spp.			19000	20000	14500	1000	37000	56000	1500	14500	26500	2300	3500	2000	10000	11000	5500	20000		2500	1500
Chlamydomonadine flagellater								1500		1500	500										
Crucigenia cf. minima (Fitschen) Brunnth.			2000				6000	2500			3000	10000			2000	4000	2000			1500	
Diapora Printz sp.			5000	1500	2000		4000	3000		4000	5000	3500	2000	2000	1500	500		500			500
Scenedesmus quadricauda Turpin em. Chod.							14000	2000				2000	2000		2000	2000	2000				
Scenedesmus Meyen sp.			3000	5500	500	500	6000			3500	9500	3000			500	1000		1000	1500	500	
Ubestemte coccale grønnaelger			285000	83000	58000		81500	60500		31500	32000	48500	1000	27500	26500	42000	11000	11500			
BACILLARIOPHYCEAE																					
Achnanthes Bory sp. I			9000	11500	8000	5000	12000	19000	5000	3000	11000	8000	3500	15500	13000	14000	12500	5000	5000	4000	500
Asterionella formosa Hass.			156000	725000	161000	67000	1033000	574000	425000	16000	28500	26500	66000	18000	10500	19500	14000	2000	320	500	1500
Ceratoneis arcus Kütz.			1000	500	500	3000	1000	80	500	20		500	1000	500	1000	500	40	500	20		
Cyclotella Kütz. sp.			4000	6500	14000	13500	15000	10000	6500	4000	6000	4000	4500	4500	3500	5500	3500	2000	1000	2000	2000
Cymbella Ag. sp.				6000	11500		6000	6500	1500	1500	2000	3000	1000	2000	2000	3000	2000	500	500		500
Melosira cf. ambigua (Grun.) O. Müll.			3000	2500	2000	1000		3000	1100		2000	3500	3000	500	8000	200	1500	180			2000
Navicula Bory spp.			23000	22500	13500		6500	11500	5500	1000	4000	5000	1500	4000	9500	2500	2500	1000	500	1000	1000
Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenb.			5500	3500	6000	26500	8500	6500	3500		2000	7500		4000	2500	2000	5000	400	500	1000	500
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.			44500	24500	47000	10000	443700	214000	52500	17500	25500	24000	13000	9500	13000	13000	12000	1000	220	40	100
Ubestemte pennate diatoméer			62500	64000	63000	27500	46500	39500	14000	8000	17000	17500	10500	22000	34000	29500	13500	8000	5720	4520	4500
CHRYSOPHYCEAE																					
Dinobryon Borgei Lemm.					2000		2500	7500		4000	5500	4000		1500	500						
Dinobryon divergens Imhof			1033000	943500	1165000	6000	5000	5500	3500		500		2500	1500	2000	2500	1000				
Dinobryon sociale var. americanum (Brunnth.) Bachm.							32000	75000		64500	29500	39500		5000	3000	16000	500				
Dinobryon sociale var. stipitatum (Stein) Lemm.			14000	12000	24000	500															
Dinobryon suecicum var. longispinum Lemm.						2000		14500	2000	7500	10000	7500	1000	4000	1000	1500	1000				
Kephyrion cf. littorale Lund			26000			500	3000	2500	3000	6000	7500	4500	5000	1000	1500						
Kephyrion Pascher spp.			50000		1000	14000	28000	25000	165000	49500	53500	52000	12000	7500	8000	7500	8000				1000
Ochromonadine flagellater				1000		16500		29000		13000	44000	15500	8000	14500	7500	6000	16000	3500		1000	
Ubestemte Kephyrion-liknende flagellater			12000		3000	3000	1000	6000		6000	22500	10000	5000	2500	1000		1500				
Cyster av Dinobryon Ehrenb. spp.			38000	20000	35500	1000	4000	500		2000	500			1500	1500	2500	500				
DINOPHYCEAE																					
Glenodinium (Ehrenb.) Stein sp.			1000	500		9000	3500	1500	4000	4000	2000	3000	6500	500	2000	2500	5500				500
Gymnodinium Stein sp.										24500	1500	6500	2000	4000	1500	2000	1000				
ANDRE ALGER																					
Cryptomonas caudata Schiller			4000	12000	75500	98000	162000	137000	24000	122000	87500	82000	4500	57000	85000	135000	9500	1000	1500		12000
Cryptomonas Ehrenb. spp.			44000	51500	67500	42000	35000	43500	23500	253500	86000	92500	140000	294500	180000	167500	127500	14500	9000	3500	20
Trachelomonas Ehrenb. sp.						1500	39000	19000	1500	10000	10500	11000	500	500		1000					
Ubestemte flagellater			20000	33500	34500	35000	23500	40500	8000	29000	21500	23500	31500	32000	11500	9500	7000	10000	10500	10000	14500
ZOOPLANKTON																					
Vorticella L. sp.			7500	5000	1500		2000	1500		20			1000							200	120
Ubestemte ciliater			46500	25000	15000	21500	30000	29000	15000	56000	22580	33060	11520	26000	17160	13060	7500	1500	1500	10000	3060
Conochilus volvox Ehrenb.			500	20	100		40	80		40											
Keratella cochlearis (Gosse)			500	500	740		500	120			80	80		120	60	500				20	
Polyarthra platyptera Ehrenb.			4000	2000	1000	20	500	100	500	80	40	20	40	200	60	40				20	

Tabell 28. Plankton i Øyeren 22/1 1959 - 4/6 1959.
Mengeangivelser i celler/l.

Organismer	22/1 1959				19/2 1959				9/3 1959				30/4 1959			14/5 1959				4/6 1959					
	Dyp:	0 m	5 m	10 m	30 m	0 m	5 m	10 m	30 m	0 m	5 m	10 m	30 m	0 m	10 m	30 m	0 m	5 m	10 m	30 m	0 m	5 m	10 m	30 m	
SCHIZOMYCETES																									
Leptothrix discophora (Schwers) Dorff				20		500	500					1000					4000	500	2500	1500		500	2000		
Planctomyces Gimesi sp.													500								1500	1500	500		
Siderocapsa Molisch sp.								500	1500		2500		1500	7500	8000		22000		5500	11500		7000	2000		
Chlamydoakterier	49500	42500	3000	ccc	193000	569000	256000		ccc	22000	16500	2000	ccc	ccc	ccc			5000	ccc		4500				
CYANOPHYCEAE																									
Gomphosphaeria lacustris Chod.											47000						51000		11000		120000	101000	59000	12000	
Merismopedia Meyen sp.																					6000	3000			
CHLOROPHYCEAE																									
Ankistrodesmus Corda spp.	1000		500		1000	500	500		500	500	1000	500	2000				11500	10000	12000	1500	27000	34500	29500	4000	
Chlamydomonadine flagellater			2000	1000				500			1500	1000						500		500	25000	3500	5000	1000	
Crucigenia cf. minima (Fitschen) Brunth.																			1000		1500				
Dispora Printz sp.		500	500					500					500				1000				6500	3500	3500	500	
Scenedesmus quadricauda Turpin em. Chod.													2000								9000	2000	16000		
Scenedesmus Meyen sp.									500		1000						3000		1000		1000	1000	3500	1000	
Ubestemte coccale grønnalger										2000							1000	500			7500	9000	20500		
BACILLARIOPHYCEAE																									
Achnanthes Bory sp. I	2500	6500	500	1500	500		500	500	1000	1000	1500	1500	26000	18500	10500		39000	36500	29000	41000	33000	20500	30500	12500	
Asterionella formosa Hass.	500	500	500	200	2000	480	1500	60	7500	3500	1500	180	94500	75500	22500		95500	55000	74500	19500	171500	131000	227000	104500	
Ceratoneis arcus Kütz.	20	60	500		20	20			500	60	40	20	6000	5000	4500		6000	2500	1500	1000	2500	4000	3500	3000	
Cyclotella Kütz. sp.	500	3000	1500	7000	1000	2500	2500	4500	5000	15000	6500	1000	13000	18500	11500		8000	13000	16000	18500	27500	27000	22500	43000	
Cymbella Ag. sp.		20	20				500			500		20	3500	5500	5000		7000	2000	7000	5500	10500	10000	13000	4000	
Melosira cf. ambigua (Grun.) O. Müll.	500		1000			260	1500			40	120	120	2000	1000	1500		1000	1500	2500	2500	6000	2500	5000	1000	
Navicula Bory spp.	20								500	2500	500	20	4500	2500	6000		3000	100	1000	4000	18000	12000	21500	2500	
Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenb.	280	1500	1000	500	1000	1000	2000	1000	7000	4500	2500	200	11000	19000	12000		9500	7000	5500	6500	56000	31500	49000	12000	
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.	1000	500	500	20	60	60				240	60		3000	2000	2000		4500	5000	1500	3500	5000	4500	7500	2500	
Ubestemte pennate diatomeer	9040	16600	4000	4540	2540	3080	3540	3000	5500	2680	3060	1020	44500	40300	48000		41940	56000	51500	84000	65000	78500	112000	45000	
CHRYSTOPHYCEAE																									
Dinobryon Borgei Lemm.																	15500	9500	3000		13500	24500	13000	1500	
Dinobryon divergens Imhof																	1000				16000	19000	16500	1000	
Dinobryon sociale var. americanum (Brunth.) Bachm.																	9500	7000	2000		20500	4000	5000		
Dinobryon sociale var. stipitatum (Stein) Lemm.																	5500	5000			16000	14500	11000		
Dinobryon suecicum var. longispinum Lemm.															1000		4500	2000			500	5500	5000	1500	
Kephyrion cf. littorale Lund				500					500				500	1500			7500	1500	1000		500	5500	5000	1500	
Kephyrion Pascher spp.	1000	500	500			500		1500					6000	2000	3000		101500	22500	12500	2000	5500	58000	44000	17500	
Ochromonadine flagellater	500			5000				1500	2500			7500					4000	2500	4000		9000	5000	10000	3500	
Ubestemte Kephyrion-liknende flagellater										500		1000	4000	2500	500			2500	1500	2000		18000	3500	1500	
Cyster av Dinobryon Ehrenb. spp.																									
DINOPHYCEAE																									
Glenodinium (Ehrenb.) Stein sp.	2000	500	2000	2500					1500	500	1500		500	1000	1000		500	2000	1500		2000	1500	3000	2500	
Gymnodinium Stein sp.					4000		1000		6000	3000			500				4000		2000	1000	3500	4000	2500	4000	
ANDRE ALGER																									
Cryptomonas caudata Schiller	20000	8500	500	6000	57000	14500	9500	500	42500	62500	20500	500	50500	38500	15000		37000	26000	13500	2000	178000	184000	215000	47500	
Cryptomonas Ehrenb. spp.	1000	1000	500	500	3500	4500	3000		3000	6500	1500	500	5000	5000	4000		2500	4000	4500	3000	32000	25000	27000	7500	
Trachelomonas Ehrenb. sp.																					1000	1500			
Ubestemte flagellater	24000	28000	10500	12500	30000	32000	46500	11500	39500	21500	16500	10000	30000	30500	18500		54000	80500	12000	18000	61000	43500	50500	10500	
ZOOPLANKTON																									
Vorticella L. sp.			140		20		60	20			20		40	60	40		20	60	500	320	500		160	780	
Ubestemte ciliater	1500	500	8060	7000	520	1500	3500	3500	2500	3500	13000	3000	14160	15560	22500		13020	4500	10500	24500	29120	20500	15360	18500	
Conochilus volvox Ehrenb.																					20	20			
Keratella cochlearis (Gosse)		20																			20				
Polyarthra platyptera Ehrenb.													20								260	40	40	20	

noen av vannets kjemiske egenskaper på de samme stedene og tidspunktene som håvtrekkene er innsamlet. Tallene viser at også i den henseende kan forholdene være noenlunde like fra år til år.

Tabell 29 De viktigste planteplanktonartene i håvtrekk fra Øyeren 1961 - 1964. (Etter Skulberg 1965)

1/9 1961	15/9 1962
Asterionella formosa	Fragilaria crotonensis
Tabellaria fenestrata	Tabellaria fenestrata
Fragilaria crotonensis	Asterionella formosa
Rhizosolenia longiseta	Rhizosolenia longiseta

19/9 1963	29/9 1964
Tabellaria fenestrata	Fragilaria crotonensis
Asterionella formosa	Diatoma elongatum
Fragilaria crotonensis	Tabellaria fenestrata
Rhizosolenia longiseta	Asterionella formosa

Tabell 30 Hydrokjemiske data fra håvtrekkstasjonene i tabell 29 (Etter Skulberg 1965)

Komponent	1/9 1961	15/9 1962	19/9 1963	20/9 1964
pH	7,1	7,0	7,0	7,1
Spes.ledningsevne, 20°C, µS/cm	35,2	38,2	33,5	36,9
Farge, mg Pt/l	29	69	69	54
Turbiditet, mg SiO ₂ /l	0,7	3,7	8,1	5,8
Hårdhet, mg CaO/l	8,6	5,6	8,5	8,0

Ved en vurdering av planktonprøver fra henholdsvis sørenden av Mjøsa, Glåma ved Fetsund og Øyeren (se tabell 12, under Mjøsa), fremgår det enkelte hovedtrekk ved vegetasjonsforholdene i vannmassene. Oppstillingen viser at planktonet i Øyeren når det gjelder artssammensetning er temmelig lik det som man finner i Mjøsa og på elvestrekningen, men med et noe større innslag av grønnalger og blågrønnalger. Dette er en indikasjon på betydningen av tilførte organismer for planktonsamfunnets sammensetning.

Ved sammenlikning av artslistene fra de kvantitative prøvene og håvtrekkene legger man merke til at flere hyppig forekommende grønnalger og særlig chrysophycéer ikke er registrert i håvtrekkene. Den vesentlige årsaken til dette er at disse organismene er så små at de slipper gjennom porene (20 μ) i håvduken.

LITTERATURLISTE

INSTITUTT FOR ATOMENERGI: Aspects of the hydrobiology of the River Nitelv. Kjeller Internal Report, KIR - H2, 1960.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING: Undersøkelse av Øyeren som drikkevannskilde for Eidsberg vannverk. Blindern 1962.

SKULBERG, O.: Vannblomstdannende blågrønnalger i Norge og deres betydning ved studiet av vannforekomstenes kulturpåvirkning. Nordisk Jordbruksforskning 47, s. 180 - 190, 1965.

5.8 Bakteriologiske forhold

Undersøkelsen av Øyeren i 1961 - 1962 omfattet også de bakteriologiske forhold, og på hver prøvetakingsdag ble det tatt bakteriologiske prøver i forskjellige dyp. Disse prøver ble analysert på coliforme bakterier og kimtall.

Coliforme bakterier blir vanligvis forbundet med forurensning fra mennesker og dyr. Resultatene angis vanligvis i antall kolonier pr. 100 ml vann. Kimtallet omfatter flere typer bakterier, og mengden angis i antall pr. ml vann.

Resultatene viser at forurensningen, som vesentlig stammer fra mennesker og dyr, økte utover sommeren og høsten. Den 15. november 1961 varierte verdiene for coliforme bakterier fra 250 til 640 kolonier pr. 100 ml (middelverdi ca. 480 kolonier pr. 100 ml). At den fekale forurensning øker utover høsten, er et vanlig fenomen og henger sannsynligvis sammen med avrenning fra skog- og jordbruksdistriktene. Om vinteren og våren var antallet coliforme bakterier betraktelig lavere, antakelig på grunn av de klimatiske forhold. Ellers kan bemerkes at den 22. februar var tallene tydelig høyere i de øverste vannmasser enn i dypet. I august 1962 var det forholdsvis lave tall for coliforme bakterier. Årsaken til dette kan muligens være at avrenningen fra jordbruksområdene var forholdsvis liten på denne tid. Rent generelt er de bakteriologiske forurensninger i stagnasjonsperiodene høyere i de øverste vannmasser enn i dypet.

Kimtallene varierte også en del, både med hensyn til tiden og dypene. Vanligvis lå de på ca. 400 - 500 kolonier pr. ml. I februar 1962 var tallene betraktelig høyere i overflatelagene hvor gjennomstrømningen foregikk enn i dypet. Den 8. mai 1962, under vårflommen, lå verdiene jevnt over i alle dyp på ca. 3000 - 4000 kolonier pr. ml. Dette kan sees i forbindelse med den store partikkeltransporten gjennom innsjøen på denne tiden.

5.9 Sammenfattende diskusjon

De geologiske forhold i nedbørfeltet varierer fra sterkt omdannede kambrosilurbergarter og grunnfjell i nord, sparagmitter og gabbroide bergarter i de midtre og vestlige områder, mens berggrunnen i syd består av mindre omdannet kambrosilur og grunnfjell. Til tross for denne varierte berggrunn er elektrolyttinnholdet relativt stabilt, likevel er den spesifikke ledningsevne noe lavere under flomperioder om våren enn ellers. Dette relativt stabile elektrolyttinnhold må sees i sammenheng med de store elvesystemer og Mjøsas buffervirkning.

Det som særpreger Øyerens vannmasser er i første rekke den til sine tider store turbiditetsbelastning. Belastningen, som er størst under flomperiodene om våren og forsommeren, har vesentlig sin årsak i transport av erodert materiale fra leiresedimenter nedenfor den marine grense. Øyeren virker som sedimenteringsbasseng for dette materiale, og i tidens løp er den nordligste halvdel av innsjøen grunnet opp av slikt materiale.

Fig. 29 fremstiller arealutnyttelse og bosettingsforhold m.m. i Øyerens nedbørfelt. 22900 km² eller ca. 57% består av lite produktive områder. Størsteparten av disse områder består av høyfjell med mengdemessig sparsom vegetasjon. Ca. 33% av feltet er bevokst med skog, og i denne sammenheng er Glåmas nedbørfelt av størst betydning. De viktigste jordbruksarealer ligger rundt og syd for Mjøsa. 12% av hele feltets jordbruksarealer ligger i feltet nedenfor Nestangen (samløp Vormå - Glåma), og i det samme området bor det ca. 102000 mennesker eller ca. 26% av hele feltets befolkning. I de sydlige områder er det også betydelig industrivirksomhet som kan ha betydning for forurensningssituasjonen i Øyeren. Betydningen av det lokale eller den sydlige delen av feltet i forurensningssammenheng, kan tildels vurderes ut fra tabell 31 som viser vannets teoretiske belastning i Glåma ved Bingsfoss og ved utløp Øyeren.

Tegnforklaring:

A : Öyerens totale nedbölfelt
 B : Nedbölfelt ovenfor Nestangen
 C : Nedbölfelt nedenfor Nestangen

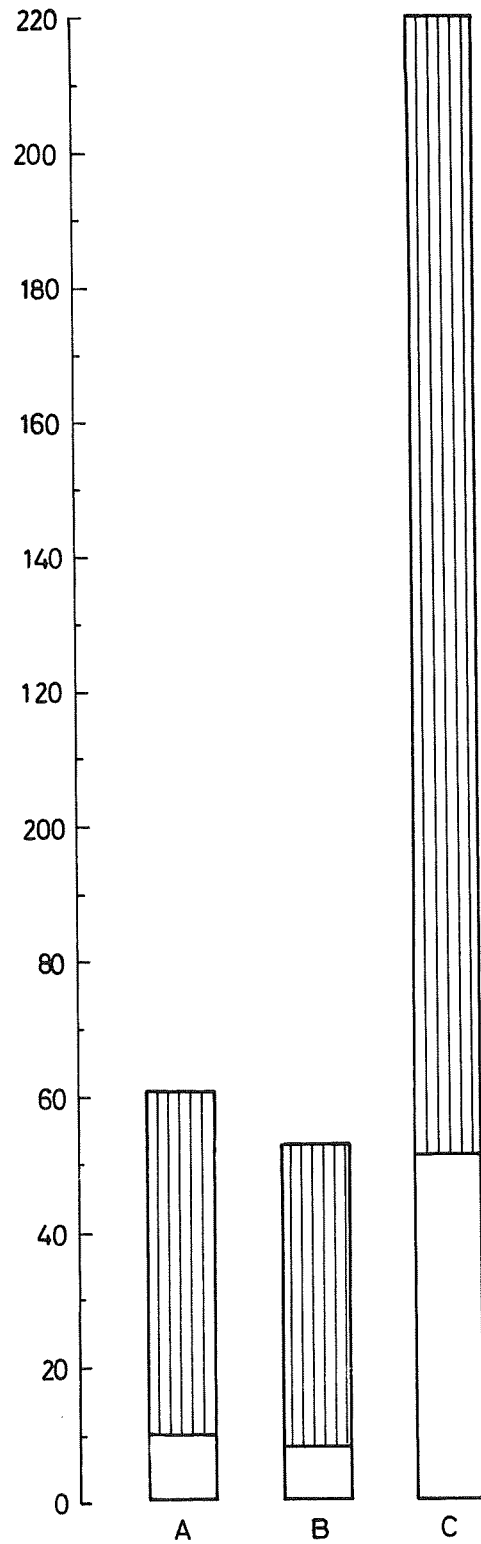
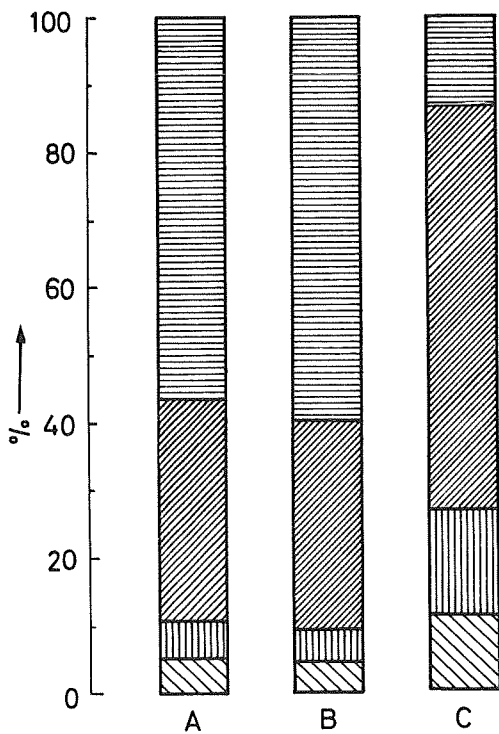
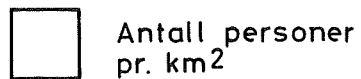
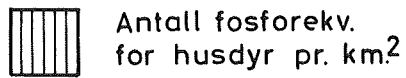
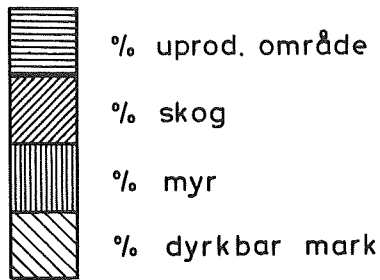


Fig. 29 Öyerens nedbölfelt. Arealutnyttelse og boseringsforhold.

Tabell 31 Teoretiske belastningstall for Glåma ved Bingsfoss og ved utløp Øyeren

Sted	Personer pr. 1/sek	Husdyrfosforekvivalenter pr. 1/sek	Mål dyrket mark pr. 1/sek	Industri-ekvivalenter pr. 1/sek
Bingsfoss	0,464	3,154	2,622	0,853
Utløp Øyeren	0,584	3,584	2,742	0,837

Det er grunn til å fremheve at den forurensning som tilføres fra nærliggende områder er av langt større betydning for forurensningstilstanden enn det materiale som tilføres vassdraget i fjernere og mer perifere områder, og som således i langt større grad er gjenstand for dekomponering og mineralisering.

Til tross for Øyerens størrelse, ca. 85 km² overflate og et volum på vel 1120 mill. m³, er den liten i forhold til nedbørfeltets størrelse (39964 km²) og tilløpselvenes vannføring. Den teoretiske oppholdstid er således her 19 døgn, og vannets virkelige oppholdstid i stagnasjonsperiodene er enda langt kortere. Gjennomstrømningen gjør seg om sommeren gjeldende ned til 20 - 30 meters dyp, og sprangsjiktet er således lite utpreget. Disse strømningsforhold er også årsak til lave temperaturer i overflatelagene (ned til 15 meters dyp) om vinteren. Dypvannstemperaturene **varierer** fra 3°C om vinteren til 6 - 7°C om sommeren. Sirkulasjonsperiodene er av relativt lang varighet.

Oksygeninnholdet i Øyeren er i det vesentligste dominert av de termiske og dynamiske forhold, og det er hittil ikke blitt påvist nevneverdig overmetning av oksygen i overflatelagene som følge av planteplanktonets fotosyntese. Derimot er det et visst oksygenforbruk i dyplagene under stagnasjonsperiodene sannsynligvis som følge av dekomponering av tilført organisk materiale fra nedbørfeltet.

Vannets innhold av fosfater og nitrater er gjennomgående lavere om sommeren enn om vinteren, men analyse materialet sett under ett tyder på at vannet ikke ved noe tidspunkt er spesielt sterkt belastet med næringsalter.

De bakteriologiske undersøkelser har vist at vannet alltid er påvirket av forurensninger som kan tilbakeføres til mennesker og dyr. Innholdet av coliforme bakterier er størst i høstmånedene, men også under vårflommen har vannet et betydelig bakterieinnhold. I stagnasjonsperiodene er konsentrasjonen av bakterier størst i overflatelagene.

De utførte undersøkelser synes å tyde på at Øyeren til tross for stor forurensningstilførsel ikke er så langt fremadskreden med hensyn til eutrofiering. Dette henger i det vesentligste sammen med den raske utskiftning av vannmassene. Turbiditetsbelastningen er en viktig faktor i denne sammenheng, idet leirepartiklenes adsorberende evne sannsynligvis reduserer vannets innhold av plantenæringsstoffer, samtidig som de nedsetter gjennomsiktbarheten.

En stor ulempe ved benyttelse av Øyeren som drikkevannskilde er vannets innhold av suspenderte partikler, og det er rimelig å anta at bruk av vannet til dette formål, krever omfattende rensetekniske tiltak.

Hvilken betydning vannets korte teoretiske oppholdstid, samt den tildels sterke turbiditetsbelastning har for Øyerens eutrofieringsutvikling, er foreløpig uklart, men p.g.a. de interesser som knytter seg til lokaliteten både som drikkevannskilde og som resipient for avløpsvann, vil det være meget verdifullt å foreta nærmere undersøkelser av disse forhold. Nedre del av Glåma brukes forøvrig allerede i dag som drikkevannskilde for ca. 94000 personer. Ved bruk av innsjøen til resipientformål er det derfor nødvendig å utvise stor forsiktighet både med hensyn til rensetekniske tiltak og i måten avløpsvannet tilføres innsjøen på.

RAN DS FJORDEN

6 RANDEFJORDEN

6.1 Undersøkelser

De fysisk-kjemiske forhold i Randsfjorden er tidligere lite undersøkt, men det finnes en del spredte undersøkelser og observasjoner bl.a. av biologisk og geomorfologisk natur. Følgende litteraturreferanser kan nevnes:

BRAARUD, T., FØYN, B. og GRAN, H.H.: Biologische Untersuchungen in einigen Seen des östlichen Norwegens. August - september 1927. Avh. utgitt av Det Norske Vitenskaps.-Akad. i Oslo. 1. Mat. - Nat. Kl. 1928. Nr. 2.

ELGMORK, K.: Om gjeddass innvandring i Randsfjorden - Tyrifjorden-vassdraget. Fauna, hefte 1. 1956.

ELGMORK, K.: Dynamics of zooplankton communities in some small inundated Ponds. Fol. limn. Scan. no. 12, 1964.

ENGE, K.: Om siken i Randsfjorden. Fauna, hefte 3, 1959.

I 1963 - 1964 gjennomførte Norsk institutt for vannforskning en undersøkelse av forurensningssituasjonen i utløpsvassdraget: Rapport 0 - 348: "Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Ådalselva, Randselva og Storelva 1963 - 1964. Blindern - 1965".

I den sammenheng ble det samlet inn en del observasjonsmateriale fra Randsfjorden. I samme tidsrom ble Randsfjorden loddet opp med ekkolodd, og dybdekart er tegnet i målestokk 1 : 17500.

Randsfjorden blir nå undersøkt etter oppdrag fra Samarbeidskomiteen for Oslo og Akershus fylke. Feltarbeidet for denne undersøkelse, som er av limnologisk art, skal avsluttes i løpet av året 1968.

6.2 Geografiske forhold

Fjellgrunnen i de nordlige deler av Randsfjordens nedbørfelt (fig. 30), er bygd opp av Valdres-sparagmitt. Lengre syd består fjellgrunnen av sterkt omdannede kambrosiluriske bergarter - fyllitter. Terrengformene er her slakere enn enda lengre syd, hvor berggrunnen består av sparagmitter (skifrige sandsteiner) som er hardere og derfor gjør dalsiden her brattere. Berggrunnen på vestsiden av Randsfjorden består av grunnfjell (gneis og gneis-

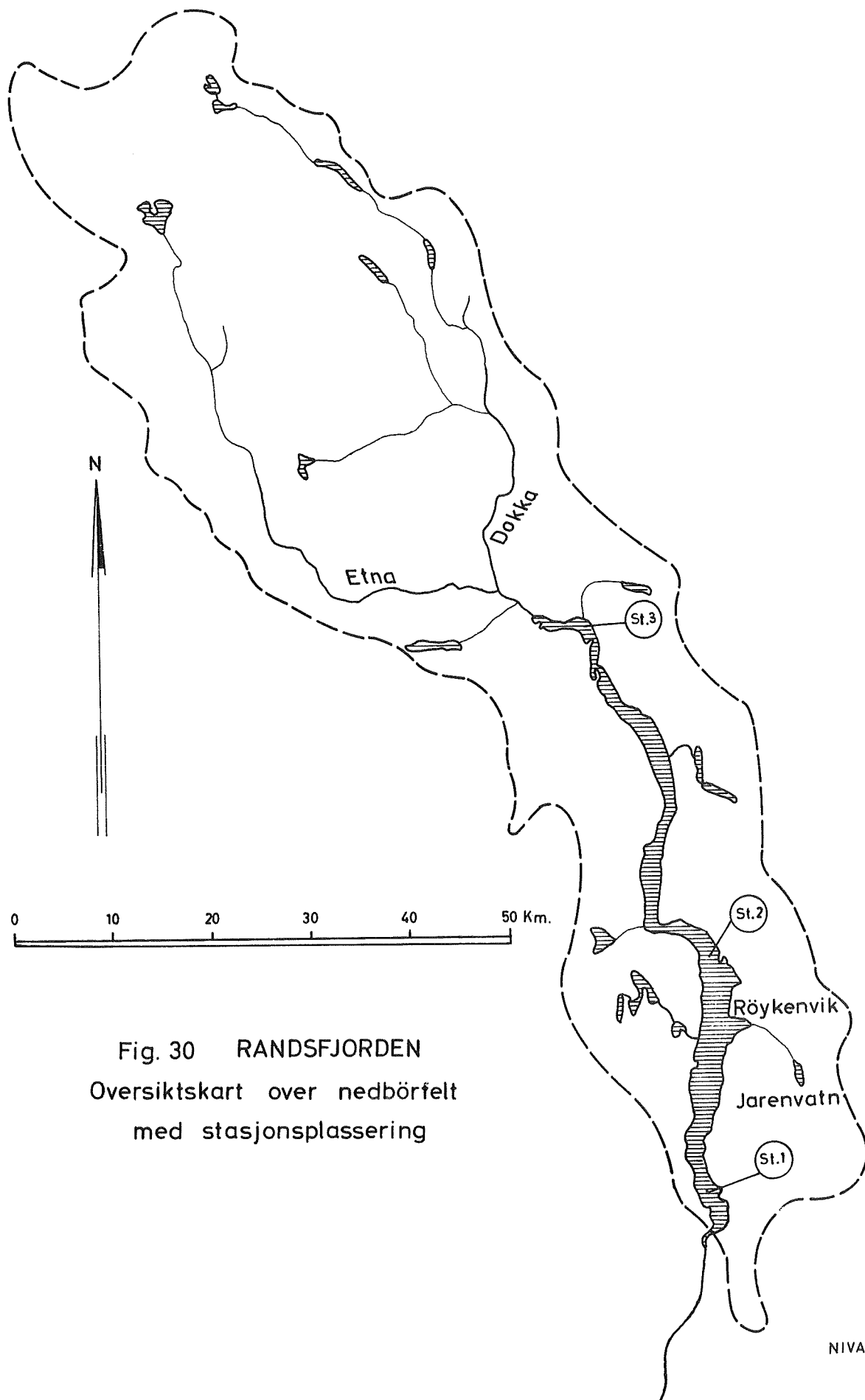


Fig. 30 RANDEFJORDEN
 Oversiktskart over nedbørfelt
 med stasjonsplassering

granitter). Den samme bergart gjør seg gjeldende også på østsiden ned til området av Røykenvik. Fra Røykenvik til utløpet (Randselva) ligger Randsfjorden langs en forkastning, og kambrosiluriske bergarter (leirskifer og kalkstein) dominerer øst for denne forkastning.

Løsavsetningene i den øvre del av feltet består av elveavsetninger i dalbunnen og morenemateriale oppover liene. Foran Randsfjordens utløp er det store mengder morenemateriale som tildels demmer opp innsjøen. I de kambrosiluriske områder, hvor det er fruktbart jordsmonn, er det et utpreget jordbruksområde. Dyrket mark finnes ellers nederst i dalførene og som en stripe langs strendene på begge sider av innsjøen.

6.3 Nedbørfeltet. Utnyttelse og virksomheter

Tabell 32 gir en oversikt over skog- og jordbruksvirksomhet samt bosettingsforhold i Randsfjordens nedbørfelt.

Tabell 32 Oversikt over virksomheter i Randsfjordens nedbørfelt

Faktorer	km ²	% av nedbørfelt	Antall	Antall/km ²
Totalt nedbørfelt	3663			
Skog	1707,4	46,6		
Myr	313,4	8,6		
Dyrket mark	205,0	5,6		
Uproduktivt område	1438,0	39,2		
Mennesker			35300	9,6
Storfe			44500	12,1
Småfe			26700	6,7
Fosforekvivalenter for husdyr			481700	131,5

Områdene rundt Randsfjorden er, særlig i de sydøstlige deler, i langt større grad utnyttet til jordbruksformål enn de nordlige deler av nedbørfeltet. I de samme områder er også befolkningstettheten størst. Dette forhold går frem av tabell 33 som viser bosetting og jordbruksvirksomheter i de aktuelle kommuner, nemlig Gran og Jevnaker.

Tabell 33 Virksomheter i Gran og Jevnaker kommuner (statistiske årbøker)

Faktorer	km ²	% av areal	Antall	Antall/km ²
Totalt areal	864,0			
Skog	613,7	71,0		
Myr	82,5	9,5		
Dyrket mark	87,1	10,1		
Uproduktivt område	80,7	9,3		
Mennesker			16566	19,2
Storfe			9492	11,0
Småfe			10171	11,8

I nedbørfeltet til Randsfjorden, nord for Dokka, er det lite industri av betydning for forurensningssituasjonen, bortsett fra enkelte lokale problemer. Rundt Randsfjorden er Dokka, Gran, Brandbu og Jevnaker de viktigste industristeder. Disse senterer har alle sine meierier. Bedriftene er ellers av en type som gir forholdsvis små forurensningsproblemer: Glassverk, trevareindustri, konfeksjonsfabrikker o.l. I Gran kommune kan nevnes et garveri og en tekstilfabrikk.

Alle bedriftene i Randsfjordens nedbørfelt har en slik dimensjon at de eventuelt bare kan påvirke vannkvaliteten i innsjøen rent lokalt.

6.4 Morfometriske og hydrologiske forhold

Randsfjorden er lang, smal og relativt dyp og kan betegnes som en typisk norsk fjordsjø.

Norsk institutt for vannforskning loddet opp innsjøen med ekkolodd høsten 1963 og dybdekart er tegnet i målestokk 1 : ca. 17500 med 10 meters koteavstand. Fotografisk forminskelse av dette kart er gjengitt i fig. 31. Opplodding ble foretatt ved at karakteristiske punkter langs strendene ble avtegnet på et omrisskart som var konstruert på grunnlag av vertikale flyfotografier i nevnte målestokk. Profilene ble nedtegnet med ekkolodd fra båt med kurs mellom de avmerkede punkter. Det ble i alt tegnet ned 82 tverrprofiler.

Randsfjorden har relativt jevne bunnforhold. Det største observerte dyp er 120,5 m, men den vanligste dybde langs dypålen er 80 - 100 m, men straks sør for Skute kirke er det en terskel hvor dybden bare er vel 40 m.

De viktigste morfometriske og hydrologiske data er fremstilt i tabell 34.

Fig. 31
Randsfjorden
Dybdekart

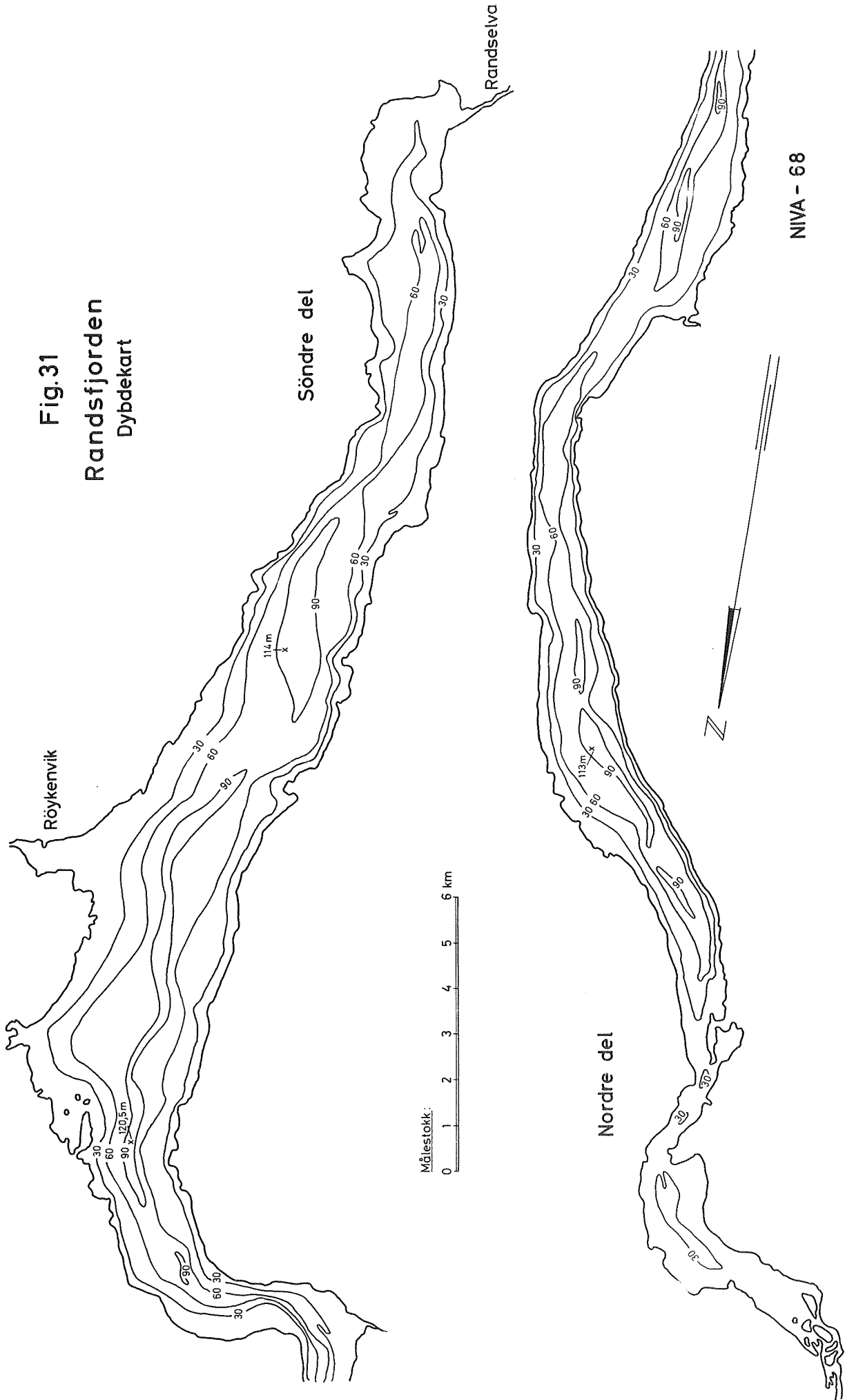


Fig.32

Randsfjorden

Areal og magasinkurve

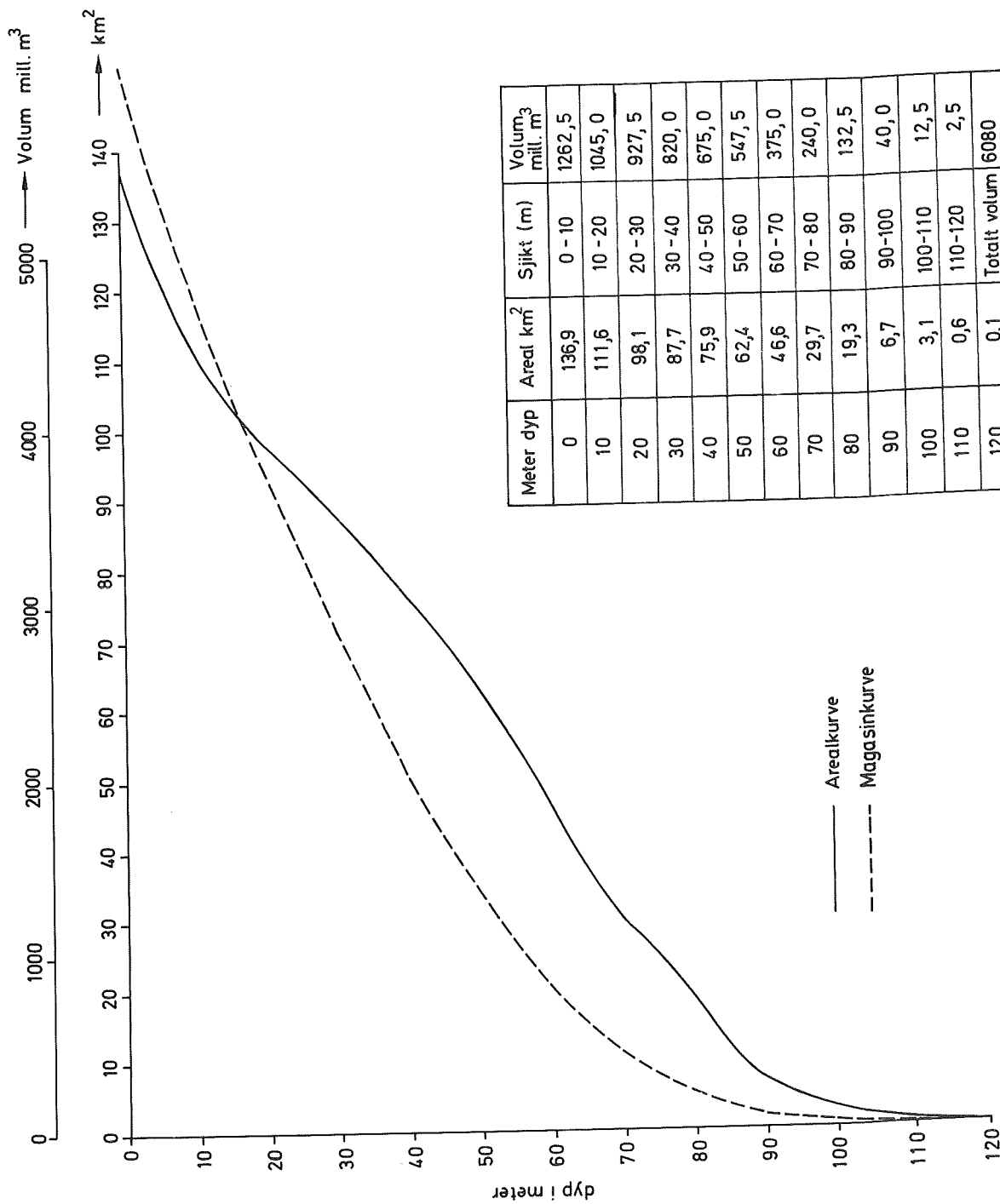
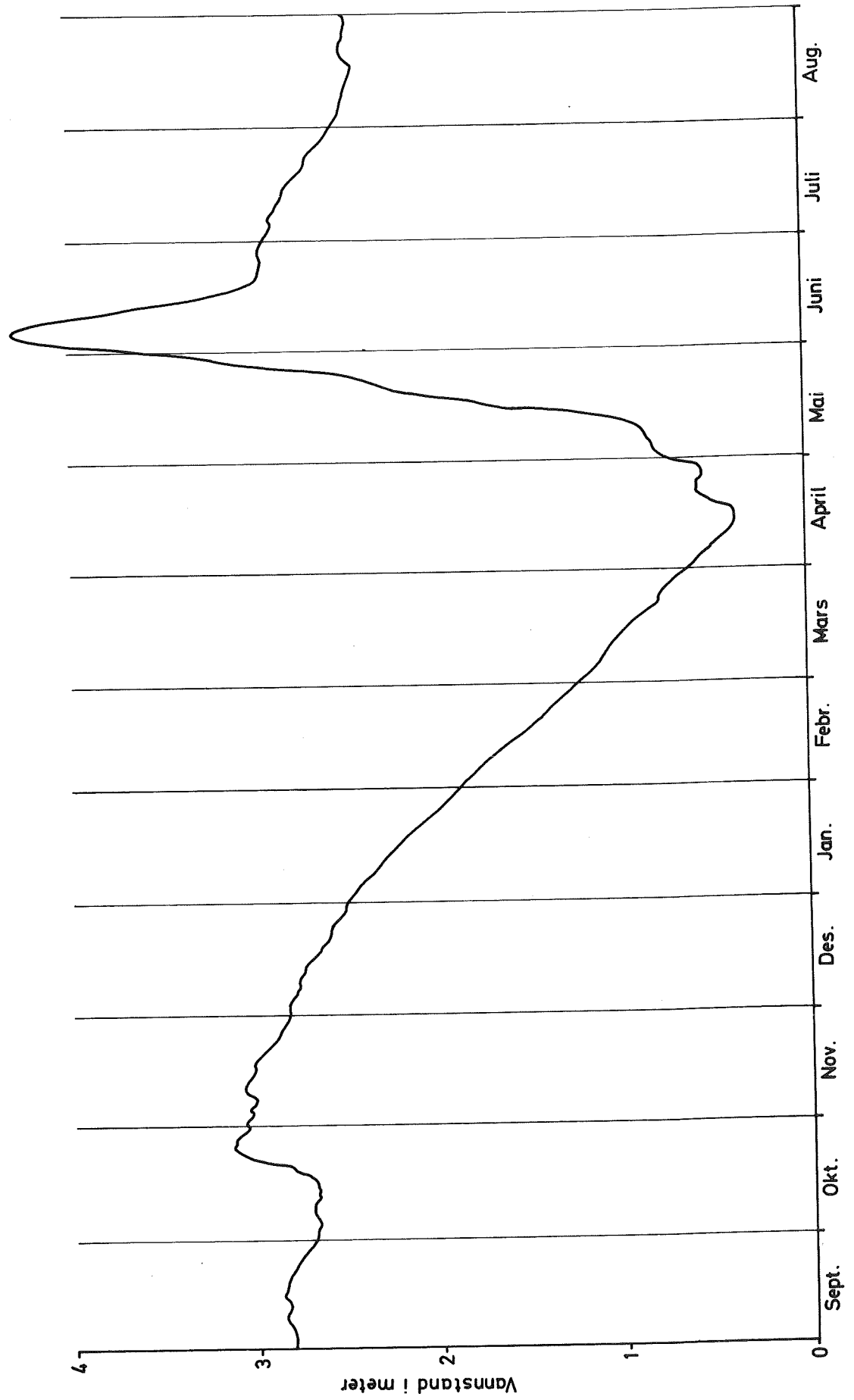


Fig. 33
Randsfjorden

Vannstandsvariasjoner 1966 - 1967



Tabell 34 Randsfjorden, Morfometriske og hydrologiske data

Høyde over havet	132	m
Største lengde	75	km
Største bredde	4,5	km
Største målte dyp	120,5	m
Overflateareal	136,9	km ²
Volum	6080	mill.m ³
Middel dyp	44,4	m
Nedbørfelt	3663	km ²
Midlere avrenning	58,6	m ³ /sek
Teoretisk oppholdstid	3,3	år

Fig. 32 viser areal- og magasinkurver for Randsfjorden. Den oppgitte avrenning, 58,6 m³/sek, er angitt i følge Hydrologiske undersøkelser i Norge, NVE 1958, og gjelder den gjennomsnittlige avrenning ved Kistefoss i tidsrommet 1911 - 1950. Reguleringshøyden for Randsfjorden er oppgitt til 3,2 m. Vannstandsvariasjonen fra september 1966 til august 1967 er gjengitt i fig. 33.

6.5 Hydrografiske forhold

Stasjonsplasseringen for de fysisk-kjemiske og biologiske undersøkelser er merket av på fig. 30 og gjengitt nedenfor.

Stasjon 1: Randsfjorden sør: Midt i fjorden utenfor Roen.

Stasjon 2: Randsfjordens st. dyp: Midt i fjorden utenfor Eidtangen.

Stasjon 3: Randsfjorden nord: Midt i fjorden utenfor Røa.

Tabell 35 angir dato for innsamling av prøver på de forskjellige stasjoner.

Tabell 35 Randsfjorden. Data for innsamling av prøver

Dato	Stasjon	1	2	3
18/6 1963			x	
11/9 1963			x	
30/3 1966		x		
22/9 1966		x		
8/2 1967				x
9/2 1967			x	
10/2 1967		x		
8/5 1967			x	x
9/5 1967		x		
29/6 1967				x

Tabell 35 (forts.)

Dato	Stasjon	1	2	3
30/6 1967		x	x	
24/8 1967				x
25/8 1967		x	x	

Analyseresultatene er gjengitt i rapport I, Del 3. Hydrografiske tabeller nr. 24 - 39.

6.5.1 Temperaturforhold

Temperaturforholdene på de fire forskjellige observasjonsdager er gjengitt i fig. 34, 35 og 36 og tabell 36.

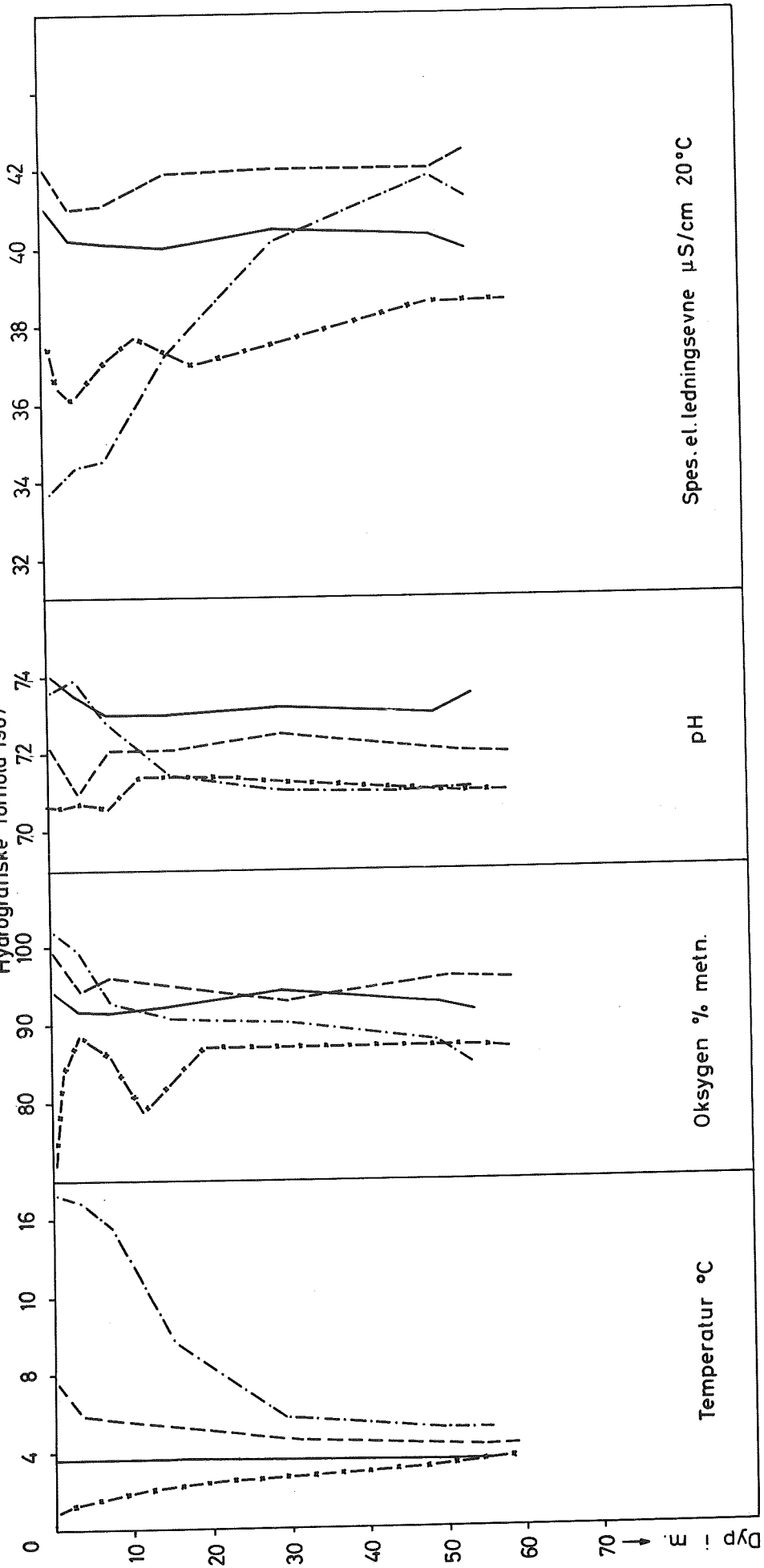
Tabell 36 Temperaturforhold (i °C) i Randsfjorden 1967

Stasjon	m dyp	Dato	1	4	8	16	30	50	100	117
1		10/2	0,94	1,30	1,65	2,35 ¹⁾		3,25		
		9/5	3,48	3,43	3,43	3,46	3,45	3,43		
		30/6	7,50	5,83	5,60	5,35	4,61	4,38		
		25/8	17,24	16,85	15,59	9,49	5,88	5,16		
2		9/2	0,64	1,10	1,41	2,04		3,00		3,33 ²⁾
		8/5	3,37	3,36	3,36	3,37	3,37	3,33		
		30/6	12,41	12,22	11,79	11,00	5,60	4,70	4,40	4,30
		25/8	16,27	16,11	16,04	8,41	6,06	5,35	5,10 ³⁾	
3		8/2		1,17	1,98	3,15 ¹⁾	3,40 ⁴⁾			
		8/5	3,38	3,47	3,78	3,90	3,79			
		29/6	14,40	14,30	12,80	6,40	5,30			
		24/8	17,70	15,65	14,30	8,50	6,20			

1) gjelder 20 meters dyp, 2) gjelder 113 meters dyp, 3) gjelder 80 meters dyp, 4) gjelder 34 meters dyp

På observasjonsdagene 8. og 9. februar var temperaturforholdene omtrent de samme på stasjon 1 og 2, mens temperaturen i dyplagene på stasjon 3 var noe høyere enn i tilsvarende dyp på de andre stasjoner. Den 8. og 9. mai var det på alle stasjoner isoterme forhold, med noe høyere temperaturer på stasjon 3 enn på de øvrige stasjoner. På observasjonsdagen 29. - 30. juni var det på stasjonene 2 og 3 etablert temperatursprangsjikt på henholdsvis 16 - 20 og 10 - 16 meters dyp, mens det på stasjon 1 var en

Fig.34 Randsfjorden st 1
Hydrografiske forhold 1967



—x—x— 10/2 -67 - - - - - 30/6 -67
 ———— 9/5 -67 - · - · - 25/8 -67

Fig. 35 Randsfjorden st. 2

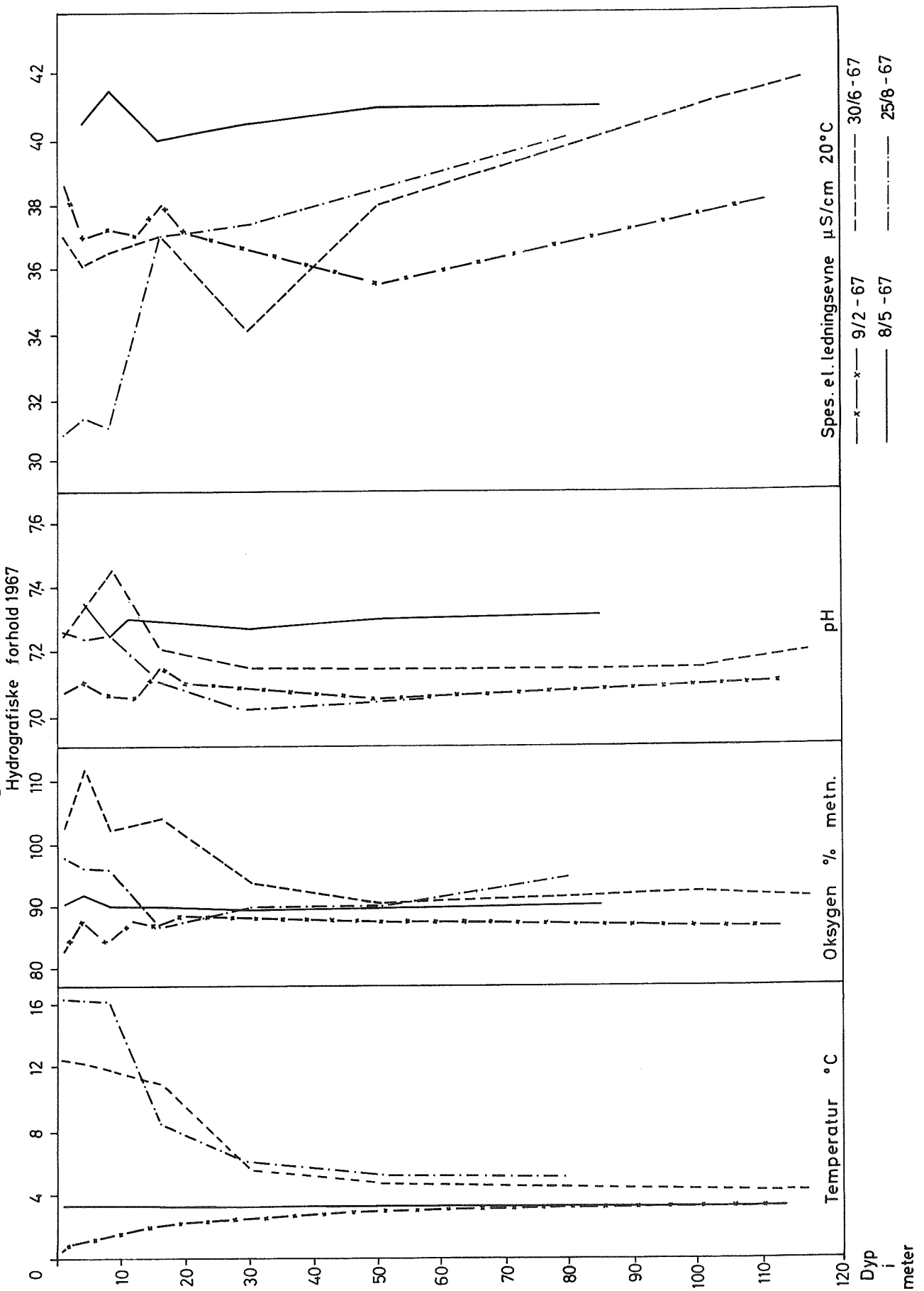
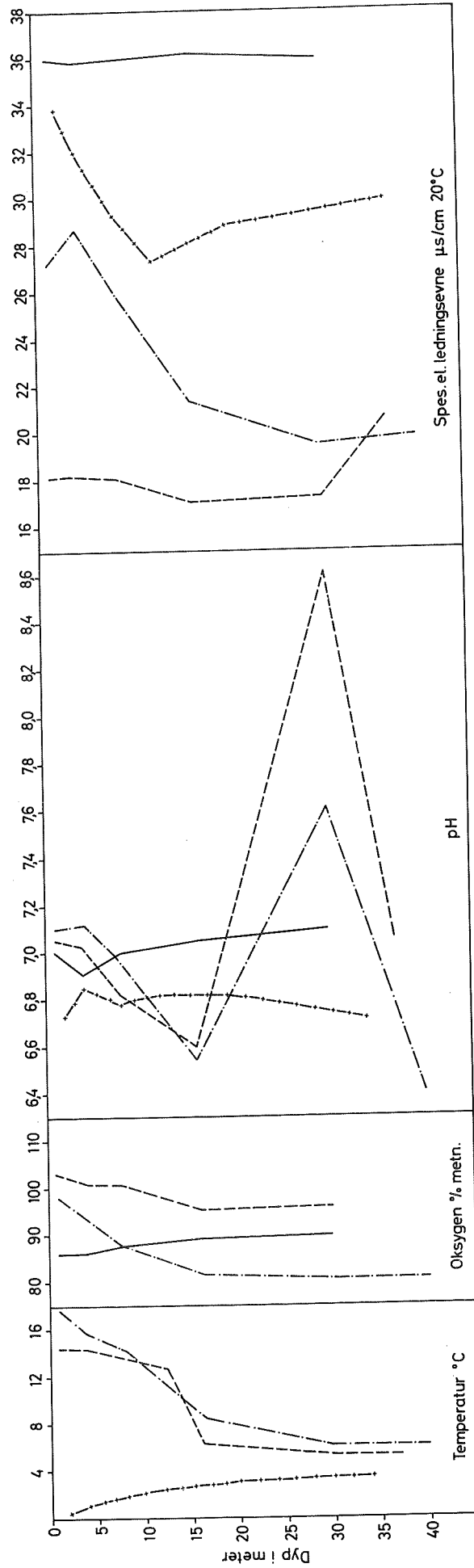


Fig. 36
Randsfjorden st. 3
Hydrografiske forhold 1967



gradvis overgang mot kaldere vann i dypet. I dyplagene var temperaturen av samme størrelsesorden på alle stasjoner. De øverstliggende vannmasser var betydelig kaldere på stasjon 1 enn på stasjon 2, hvor overflatevannet igjen var noe kaldere enn på stasjon 3.

Den 25. august var temperatursprangsjikt etablert i ca. 16 meters dyp på alle stasjoner. Temperaturen i epilimnion varierte mellom 15 og 18°C på alle stasjoner, mens dypvannstemperaturen lå i området av 5 - 6°C. Temperaturforholdene på observasjonsdagene i 1963 og 1966 er gjengitt i rapport I, Del 3. Hydrografiske tabeller, nr. 24 - 27.

6.5.2 Kjemiske forhold

6.5.2.1 Oksygenforhold

Oksygenmetningen på de forskjellige observasjonsdager er gjengitt i fig. 34, 35 og 36 og tabell 37.

Tabell 37 Oksygenmetning (%) i Randsfjorden 1967

Stasjon	m dyp Dato	1	4	8	16	30	50	100	117
1	10/2	72,0	88,2	86,0	87,0 ¹⁾		87,3		
	9/5	94,2	91,8	91,7	92,4	94,3	92,7		
	30/6	99,2	94,9	96,2	95,3	93,3	96,0		
	25/8	101,8	99,7	93,1	90,8	90,4	87,9		
2	9/2	83,3	87,5	87,0	87,3	88,6 ¹⁾	87,7		86,8 ²⁾
	8/5	90,5	91,9	90,3	90,1	89,6	89,9		
	30/6	102,3	112,0	102,2	103,8	93,7	90,8	92,4	91,2
	25/8	97,6	96,1	95,9	86,7	90,0	90,0	94,8 ³⁾	
3	8/2	Prøveserien spolert							
	8/5	86,1	86,2	87,8	89,2	89,9			
	29/6	103,1	100,9	100,8	95,5	95,9			
	24/8	98,2	93,3	87,6	81,8	80,5	80,5 ⁴⁾		

- 1) gjelder 20 meters dyp, 2) gjelder 113 meters dyp, 3) gjelder 80 meters dyp,
4) gjelder 40 meters dyp

Tabell 38
Kjemiske analyseresultater - Middelerverdier

Lokalitet: Randsfjorden
Tidsrommet: 8/2 - 25/8 1967

Komponent	Stasjon	1			2			3		
		Middel-tall	Variasjonsbredde	Antall målinger	Middel-tall	Variasjonsbredde	Antall målinger	Middel-tall	Variasjonsbredde	Antall målinger
Dato		10/2 - 25/8 1967			9/2 - 25/8 1967			8/2 - 24/8 1967		
pH		7,2	7,1 - 7,4	29	7,2	7,0 - 7,5	29	6,9	6,5 - 7,6	22
Spes.ledningsevne 20°C, µS/cm		39,1	33,7 - 42,5	29	37,5	34,1 - 41,5	29	27,1	17,1 - 36,2	23
Farge mg Pt/l		17	13 - 20	28	19	14 - 25	30	26	12 - 41	23
Turbiditet mg SiO ₂ /l		0,5	0,1 - 1,2	28	0,6	0,1 - 1,9	30	1,8	0,7 - 4,5	23
Permanganattall mg O/l		3,4	2,8 - 4,3	29	3,4	2,8 - 4,3	30	3,5	2,4 - 4,6	23
Klorid mg Cl/l		1,2	0,9 - 1,8	11	1,0	0,8 - 1,3	9	0,7	<0,5 - 1,1	10
Sulfat mg SO ₄ /l		4,2	3,5 - 6,4	11	4,8	4,4 - 5,9	7	3,9	2,1 - 5,7	7
Fosfat, orto µg P/l		3	<2 - 6	13	5	<2 - 9	10	3	<2 - 4	11
Fosfat, total µg P/l		13	5 - 5,9	13	18	6 - 47	10	12	2 - 32	11
Nitrat µg N/l		207	148 - 248	8	208	139 - 250	7	111	20 - 263	11
BFA mg N/l		0,19	0,15 - 0,34	6	0,17	0,13 - 0,24	5	0,17	0,14 - 0,26	7
Alkalitet ml N/10 HCl/l		3,47	1,91 - 4,65	10	3,23	2,75 - 4,27	10	2,61	1,75 - 3,66	10
Total hårdhet mg CaO/l		11,9	10,7 - 14,2	6	10,8	9,2 - 12,5	5	8,8	6,0 - 10,9	6
Kalsium mg Ca/l		5,56	4,76 - 6,65	10	5,30	4,86 - 6,15	8	3,82	2,14 - 5,24	10
Magnesium mg Mg/l		0,73	0,66 - 0,79 ⁺	10	0,71	0,68 - 0,79	8	0,50	0,35 - 0,72	10
Kalium mg K/l		0,45	0,24 - 0,50	10	0,45	0,35 - 0,50	9	0,37	0,23 - 0,49	10
Natrium mg Na/l		0,83	0,71 - 0,94	10	0,81	0,81 - 0,97	9	0,59	0,41 - 0,74	10
Jern µg Fe/l		35	22 - 65	10	52	16 - 120	9	99	80 - 130	10
Mangan µg Mn/l		6	<5 - 15	10	6	<5 - 20	9	35	12 - 72	10
Silisium mg SiO ₂ /l		3,3	3,2 - 3,5	6	3,3	3,1 - 3,6	5	3,5	2,5 - 4,5	6

Metningsverdiene for oksygen var av samme størrelsesorden på alle stasjoner på de korresponderende prøvetakingsdager.

I februar varierte oksygenmetningen stort sett mellom 80 og 90% i alle dyp, og det ble ikke registrert oksygendefisitt i dypet (p.g.a. værforholdene, ble oksygenprøvene på stasjon 3 ødelagt).

I mai var metningsverdiene overalt ca. 90%. Den 30. juni var det tildels overmetning av oksygen i de epilimniske vannmasser på stasjon 2 og 3, ellers varierte verdiene mellom 90 og 100%. På observasjonsdagen, 25. august, var det på alle stasjoner, men spesielt på stasjon 3, markert lavere metningsverdier for oksygen i dyplagene enn i overflatelagene.

Vannets oksygeninnhold på observasjonsdagene i 1963 og 1966 avviker lite fra forholdene under de tilsvarende perioder i 1967.

6.5.2.2 Andre kjemiske forhold

Middelverdier for kjemiske analyseresultater på de forskjellige observasjonsdager og de forskjellige stasjoner er stilt sammen i tabell 38.

Den 10. februar og 29. juni ble det også samlet inn kjemiske prøver fra Etna og Dokka. Resultatene er gjengitt i rapport I, Del 3. Hydrografiske tabeller, nr. 28 og 36.

pH pH-resultatene på de forskjellige stasjoner og observasjonsdager er fremstilt i fig. 34, 35 og 36 og tabell 39.

Tabell 39 pH-observasjoner i Randsfjorden 1967

Stasjon	n dyp Dato	1	4	8	16	30	50	100	117
1	10/2	7,1	7,1	7,1	7,1 ¹⁾		7,1		
	9/5	7,4	7,4	7,3	7,3	7,3	7,3		
	30/6	7,2	7,1	7,2	7,2	7,3	7,2		
	25/8	7,4	7,4	7,3	7,2	7,1	7,1		
2	9/2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1 ¹⁾	7,1		7,1 ²⁾
	8/5		7,4	7,3	7,3	7,3	7,3		
	30/6	7,3	7,3	7,5	7,2	7,2	7,1	7,2	7,2
	25/8	7,3	7,2	7,3	7,1	7,0	7,1 ³⁾		
3	8/2		6,9	6,8	6,8 ¹⁾	6,7 ⁴⁾			
	8/5	7,0	6,9	7,0	7,1	7,1			
	29/6	7,1	7,0	6,8	6,6	7,1 ⁵⁾			
	24/8	7,1	7,1	7,0	6,5	7,6			

1) gjelder 20 meters dyp, 2) 113, 3) 80, 4) 34 og 5) 37 meters dyp

Vannet i Randsfjorden er gjennomgående nøytralt eller svakt alkalisk. På stasjon 1 og 2 varierte pH på de forskjellige observasjonsdager stort sett mellom pH 7,1 og 7,3, mens pH på stasjon 3 var litt lavere. Om sommeren var pH i epilimnion på stasjon 1 og stasjon 2 svakt men merkbart høyere enn i dypet.

Elektrolyttinnhold Den spesifikke ledningsevne på de forskjellige stasjoner og observasjonsdager er fremstilt i fig. 34, 35 og 36 og tabell 40.

Tabell 40 Spesifikk ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$, 20°C). Observasjoner i Randsfjorden 1967

Stasjon	m dyp Dato	1	4	8	16	30	50	100	117
1	10/2	37,4	36,1	37,0	37,0 ¹⁾		38,5		
	9/5	41,0	40,2	40,1	40,0	40,5	40,3		
	30/6	42,0	41,0	41,1	41,9	42,0	42,0		
	25/8	33,7	34,3	34,5	37,2	40,2	41,8		
2	9/2	38,7	36,9	37,2	38,0	37,1 ¹⁾	35,5		38,2 ²⁾
	8/5		40,5	41,5	40,0	40,5	41,0		
	30/6	37,0	36,1	36,5	37,0	34,1	37,9	41,0	41,9
	25/8	30,8	31,3	31,0	37,0	30,4	40,1 ³⁾		
3	8/2		32,0	29,3	28,9 ¹⁾				
	8/5	36,0	35,8	35,9	36,2	36,0			
	29/6	18,1	18,2	18,1	17,1	17,3			
	24/8	27,2	28,7	26,1	21,4	19,5	19,9 ⁴⁾		

- 1) gjelder 20 meters dyp, 2) gjelder 113 meters dyp, 3) gjelder 80 meters dyp, 4) gjelder 40 meters dyp

Tabellen viser at på alle observasjonsdager var vannets elektrolyttinnhold lavere i de nordlige områder enn i de sydlige. Denne forskjell var størst på observasjonsdagene i juni og august. I juni var således den spesifikke ledningsevne ca. $18 \mu\text{S}/\text{cm}$ på stasjon 3 og ca. $41 \mu\text{S}/\text{cm}$ på stasjon 1. I februar var ledningsevnen på de samme stasjoner henholdsvis ca. 30 og ca. 37 $\mu\text{S}/\text{cm}$. I februar og i mai var det liten vertikal variasjon i den spesifikke ledningsevne på alle stasjoner. Den 29. og 30. juni økte ledningsevnen mot dypet på stasjon 2 og 3, mens det på stasjon 1 var ensartede forhold gjennom hele vannmassen. Den 24. og 25. august var det noenlunde ensartede forhold på stasjon 1 og 2 med en betydelig høyere ledningsevne under sprangsjiktet enn over. På stasjon 3 var ledningsevnen i de øverste lagene høyere enn i dyp-lagene.

Verdiene for kalsium, magnesium, alkalitet og hårdhet varierte i samsvar med variasjonene i den spesifikke ledningsevne. Verdiene for klorid, sulfat, kalium, natrium og silisium var stort sett av samme størrelsesorden på alle stasjoner og på alle observasjonsdager.

Farge Vannets farge på de forskjellige stasjoner og observasjonsdager er fremstilt i tabell 41.

Tabell 41 Vannets farge i Randsfjorden 1967 målt i mg Pt/l

Stasjon	m dyp Dato	1	4	8	16	30	50	100	117
1	10/2	13	16	14	13 ¹⁾		16		
	9/5	19	19	21	18	20	20		
	30/6	19	19	19	18	19	18		
	25/8	17	18	18	17	17	17		
2	9/2	14	12	16	17	14 ¹⁾	15		16 ²⁾
	8/5	25	21	19	19	25	21		
	30/6	23	21	22	22	22	22	19	19
	25/8	18	19	18	17	19		17 ³⁾	
3	8/2		21	17	23 ¹⁾	26 ⁴⁾			
	8/5	32	29	30	34	29			
	29/6	27	27	30	37	41			
	24/8	17	21	22	24	27	27 ⁵⁾		

1) gjelder 20 meters dyp, 2) gjelder 113 meters dyp, 3) gjelder 80 meters dyp, 4) gjelder 34 meters dyp, 5) gjelder 40 meters dyp

Det vesentligste trekk i fargeverdiene i Randsfjorden er at de avtar fra stasjon til stasjon sørover i innsjøen. På stasjon 1 var fargeverdiene relativt konstante (i underkant av 20 mg Pt/l) på alle observasjonsstasjoner. På stasjon 2 og 3 var det noe lavere verdier i februar og august enn på observasjonsdagene i mai og juni.

Turbiditet På stasjon 1 og 2 varierte turbiditetsverdiene stort sett mellom 0,1 og 1,0 mg SiO₂/l på alle observasjonsdager. Turbiditetsverdiene på stasjon 3 var den 9. februar og 25. august av samme størrelsesorden som nevnt ovenfor, mens vannets partikkelinnhold var noe høyere i mai og juni på denne stasjon.

Kjemisk oksygenforbruk (permanganattallene) varierte på alle observasjonsdager stort sett i området 3 til 4 mg O/l. De laveste verdier ble observert i de øverste vannmasser om sommeren.

Jern og mangan Analyseresultatene for jern og mangan er gjengitt i tabell 42.

Tabell 42 Jern- og manganobservasjoner i Randsfjorden 1967

Jern: µg Fe/l

Stasjon	m dyp Dato	4	16	50	60	100
1	10/2	40			65	
	9/5	22	23	15		
	30/6	30		35		
	25/8	40		35		
2	9/2	60		65		
	8/5	21	26	16		
	30/6	65				40
	25/8	120		55 ¹⁾		
3	8/2	95	80 ²⁾			
	8/5	97	85	88 ¹⁾		
	29/6	120	130			
	24/8	105	85	105 ¹⁾		

Mangan: µg Mn/l

Stasjon	m dyp Dato	4	16	50	60	100
1	10/2	5			16	
	9/5	15	7	5		
	30/6	<5		<5		
	25/8	6	<5	6		
2	9/2	7		9		
	8/5	4	<5	5		
	30/6	8				<5
	25/8	20		5 ¹⁾		
3	8/2	32	23 ²⁾			
	8/5	68	72	65 ²⁾		
	29/6	19	12			
	24/8	17	14	25 ¹⁾		

1) gjelder 30 meters dyp, 2) gjelder 20 meters dyp

Resultatene viser at vannets innhold av jern og mangan på alle observasjonsdager var høyest på stasjon 3. På stasjon 1 og 2 var det omtrent ensartede forhold med hensyn til vannets innhold av disse komponenter. På grunnlag av det foreliggende observasjonsmateriale, er det ingen vesentlig forskjell på overflate- og dyplagene med hensyn til vannets innhold av disse komponenter.

Plantenæringsalter (fosfor- og nitrogenforbindelser) På observasjonsdagene i mai, juni og august ble det på alle stasjoner observert omtrent like, men jevnt over betydelig mindre fosfatmengder ($<10 \mu\text{g P/l}$ total-fosfat) enn den 8. februar. På denne dag var vannets fosfatinnhold overalt noe større med gjennomgående høyeste verdier på stasjon 1, hvor det ble registrert opptil $50 - 60 \mu\text{g P/l}$. Verdiene for orto-fosfat varierte på alle stasjoner fra $2 \mu\text{g P/l}$ til $9 \mu\text{g P/l}$ - den vanligste verdi var $2 \mu\text{g P/l}$.

De høyeste nitratverdier, ca. $250 \mu\text{g N/l}$, ble observert den 8. og 9. mai, og de laveste verdier ($20 - 70 \mu\text{g N/l}$) ble observert på stasjon 3 den 30. juni og 25. august. I februar og august var nitratinholdet på stasjon 1 og 2 henholdsvis ca. $180 \mu\text{g N/l}$ og $139 - 243 \mu\text{g N/l}$ (de høyeste verdier i dyp-lagene).

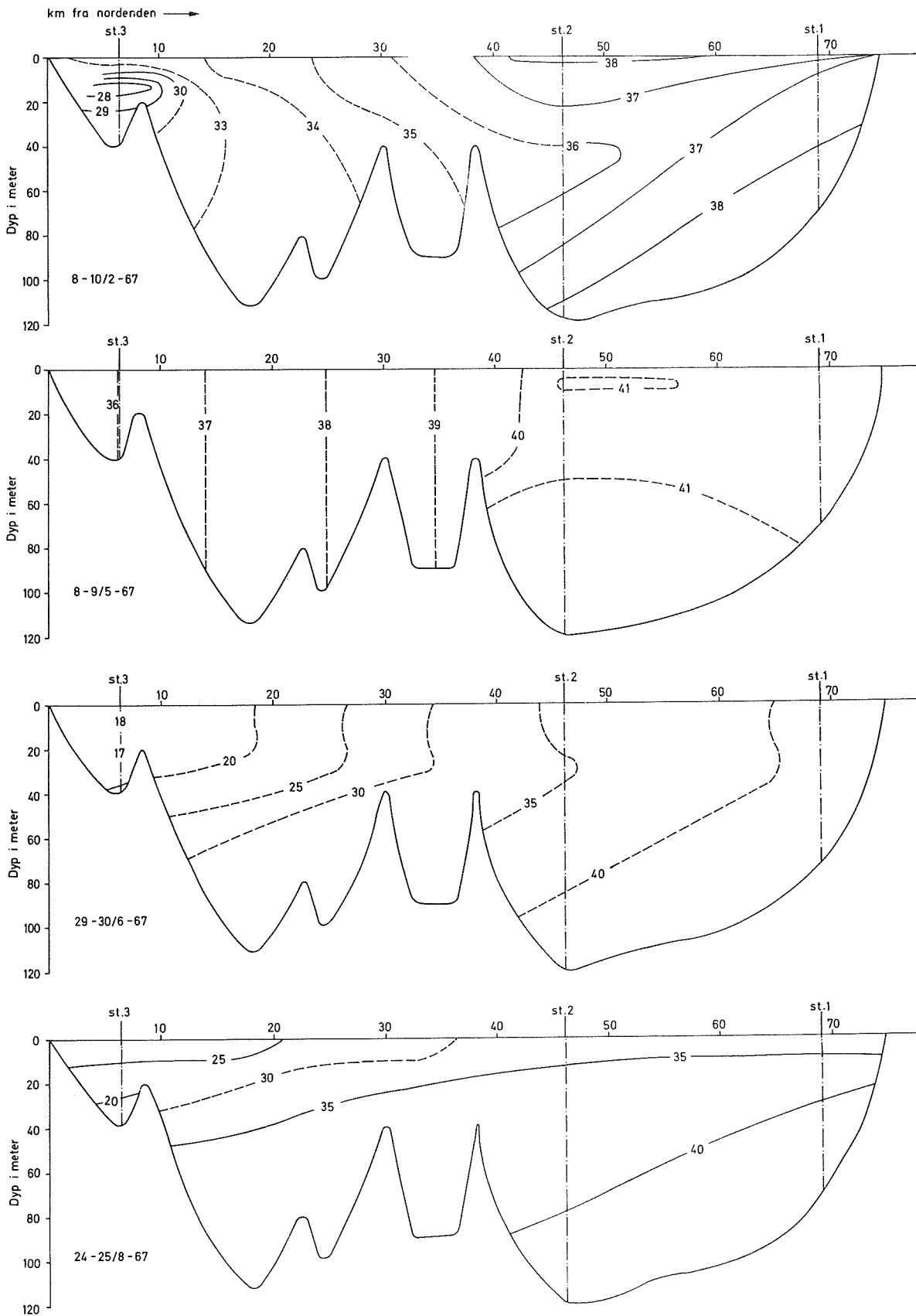
BFA-verdiene lå på alle stasjoner i området av $0,20 \text{ mg N/l}$ (variasjonsbredde $0,13 - 0,34 \text{ mg N/l}$).

6.5.3 Diskusjon av de hydrografiske forhold

Observasjonsmaterialet viser at de kjemiske forhold i Randsfjordens vannmasser forandres betydelig fra nord mot sør. Denne forandring kommer tydeligst til uttrykk ved vannets elektrolyttinnhold som på grunnlag av det foreliggende beskjedne materiale er forsøkt illustrert på fig. 37. Iso-linjene på denne figur bygger i stor utstrekning på antakelser, og bare forskjellen i ledningsevnen på prøvetakingsstasjonene er reell. Årsaken til disse forandringer er at fjellgrunnen i nedbørfeltet i geologisk henseende skifter karakter - fra sparagmitter og grunnfjell i nord og vest til kambrosilur i sørøst. De førstnevnte er harde og lite løselige bergarter, mens den sistnevnte er relativt lett løselig.

Tabell 40 og fig. 34, 35 og 36 viser at det på observasjonsdagene i februar og mai var liten vertikal variasjon i vannets elektrolyttinnhold på de forskjellige stasjoner. I februar var det visse uregelmessigheter i ledningsevnen, ikke bare i overflatelagene, men også dypere nede. Dette kan skyldes gjennomstrømningseffekter og variasjoner i de viktigste tilsigselvers elektrolyttinnhold (konf. analyseresultatene fra Etna og Dokka, rapport I, Del 3. Hydrografiske tabeller, nr. 28 og 36).

Fig. 37
 Lengdesnitt RANDSFJORDEN
 Spesifikk ledningsevne $\mu\text{S}/\text{cm}$ 20°C



Den 8. og 9. mai sirkulerte vannmassene i følge temperaturobservasjonene (tabell 36) på alle stasjoner. Resultatet var bl.a. en relativt jevn vertikal fordeling av de kjemiske komponenter.

Vårfullsirkulasjonsperiodens varighet er ikke kjent, men den 29. og 30. juni var det i følge temperaturobservasjonene typisk sommerstratifikasjon på stasjon 2 og 3, mens temperaturen på stasjon 1 avtok relativt jevnt fra 7,5°C i overflaten til ca. 4,4°C ved bunnen. Disse forhold gjenspeilte seg også i de kjemiske forhold, f.eks. den spesifikke ledningsevne som viste en tilsvarende variasjon.

De noenlunde ensartede forhold på stasjon 1 var sannsynligvis betinget av vindforholdene i perioden før og under prøvetakingen. Det blåste nemlig kraftig vind fra syd (3 - 4 Beauforts) som rimeligvis førte de varmere overflatevannmassene nordover, mens man fikk en sydgående kompensasjonsstrøm av kaldere vann i dypet. Denne situasjon går også til en viss grad frem av den vertikale variasjon i de kjemiske forhold.

Den 24. og 25. august var det på alle stasjoner utviklet en typisk sommerlagdeling. Den relativt store forskjell i vannets elektrolyttinnhold over og under sprangsjiktet, har sin årsak i at det elektrolyttfattigere tilsigsvann fra nord p.g.a. temperaturforholdene strømmet gjennom innsjøen i overflatelagene. At ledningsevnen på stasjon 3 var høyest i de øverste vannmasser, skyldes sannsynligvis variasjoner i tilsigselvenes (Etna og Dokka) vannføring som igjen medfører en variasjon i de kjemiske forhold.

Vannmassenes organiske belastning var størst i de nordlige områder av innsjøen. Dette henger sammen med at vannets oppholdstid i dette område er mye kortere enn lengre syd i innsjøen. Vannets innhold av organisk stoff var forøvrig størst om våren og først på sommeren. Jern- og manganforbindelsene er komplekst bundet til humusstoffene og variasjonene i disse komponenter løper derfor parallelt med variasjonene i vannets innhold av organisk stoff.

Vannets innhold av plantenæringsalter var relativt lavt på alle observasjonsdager. Den 8. februar ble det registrert enkelte relativt høye verdier for total-fosfat. Det var imidlertid ingen systematisk forøkelse hverken i horisontal eller vertikal retning, og det er derfor rimelig å anta at verdiene skyldes tilfeldigheter. At nitratinnholdet var lavest og pH høyest i overflatelagene i de sydlige områder av innsjøen om sommeren, kan imidlertid ha sammenheng med planktonproduksjonen. Den relativt høye oksygenmetning i overflatelagene i slutten av juni, kan også tildels være termisk betinget, men muligheten for biologisk produksjon av oksygen er tilstede. Observasjonsresultatene fra 24. og 25. august viser at det er et visst oksygen-

forbruk i dyplagene under sommerstagnasjonsperioden, særlig i de nordlige områder. Dette skyldes nedbrytning av organisk materiale som er produsert i selve innsjøen eller tilført fra nedbørfeltet. At forbruket er størst i de nordlige områder skulle tyde på at det tilførte organiske materiale har særlig betydning i denne sammenheng.

6.6 Biologiske forhold

Den følgende beskrivelse av planktonforholdene i Randsfjorden bygger på en undersøkelse av spredt håvtrekk innsamlet i tidsrommet 1961 - 1967. Materialet er svært spinkelt, og det tillater ikke annet enn en kort karakteristikk av planktonet.

Resultatene av bearbeidelsen er fremstilt i tabell 43.

Tabell 43 Organismer i planktonprøver fra Randsfjorden

Organismer	Dato	21/9 1961	18/6 1963	24/8 1967	7/12 1967
<u>CYANOPHYCEAE</u>					
Anabaena (los-aquae (Lyngb.)) Bréb.			+	3	
Chroococcus cf. turgidus (Kütz.) Nägeli					1
Coelosphaerium cf. Naegelianum Ung.		2	1	2	2
<u>CHLOROPHYCEAE</u>					
cf. Ankistrodesmus Corda sp.				2	
Arthrodesmus incus (Bréb.) Hass.		2			
Arthrodesmus Ehrenb. spp.				2	3
Botryococcus Braunii Kütz.		+			1
Cosmarium Corda sp.				1	
Crucigenia rectangularis (A. Braun) Gay		1		2	
Eudorina elegans Ehrenb.				2	2
Gloeococcus cf. Schroeteri (Chod.) Lemm.				3	1
Gloeocystis cf. planctonica (W.& G.S.West) Lemm.				2-3	2
Micrasterias cf. crux-melitensis (Ehrenb.) Ralfs				1	
Nephrocytium Agardhianum Nägeli				2	
Pandorina morum Bory				2	
Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh.				1	
Quadrigula closteroides (Bohlin) Printz.		1			
Quadrigula cf. Pfitzeri Schroeder				2	
Scenedesmus Meyen sp.				1	
Spondylosium planum (Wolle) W.& G.S. West				1	

Tabell 43 (forts.)

Organismer	Dato	21/9 1961	18/6 1963	24/8 1967	7/12 1967
<u>CHLOROPHYCEAE</u> (forts.)					
Stauroastrum cf. lunatum Ralfs				2	2
Stauroastrum cf. pseudopelagicum W.& G.S. West				2	3
Stauroastrum Meyen spp.	1			1	2
Xanthidium antilopaeum (Bréb.) Kütz.				2	
Ubestemte coccale grønnalger				2	
<u>BACILLARIOPHYCEAE</u>					
Achnanthes Bory sp.					1
Asterionella formosa Hass.			2		3
Cyclotella Kütz. sp.					1
Diatoma elongatum Ag.					1
Fragilaria crotonensis Kitton			1	2	2
Fragilaria Lyngbye sp.					1
Melosira cf. varians Ag.					1
Melosira Ag. sp.			1	2	1
Synedra Ehrenb. sp.					1
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.	1	+		2	3
Tabellaria flocculosa (Roth.) Kütz.			1	1	1
Tabellaria flocculosa var. Teilingii Knudson	1		2		1
<u>CHRYSOPHYCEAE</u>					
Dinobryon divergens Imhof.			1		
Mallomonas Perty sp.					1
<u>DINOPHYCEAE</u>					
Ceratium hirundinella O.F. Müller	2	+			
Peridinium Ehrenb. sp.	+			1	
<u>ANDRE ALGER</u>					
Uidentifisert flagellat (?) (ca. 20 µ lang)					3
<u>PROTOZOA</u>					
cf. Codonella cratera Leidy					2
<u>ROTATORIA</u>					
Asplanchna priodonta Gosse	1		3		
Keratella cochlearis (Gosse)				2	2

Tabell 43 (forts.)

Organismer	Dato	21/9 1961	18/6 1963	24/8 1967	7/12 1967
<u>ROTATORIA</u> (forts.)					
Notholca longispina Kell.		3	1	3	1
Polyarthra cf. platyptera Ehrenb.				4	
Uidentifiserte			1	3	
<u>CRUSTACEA</u>					
Bosmina coregoni Baird				4	
Bosmina Baird spp.		2	2		
Cyclops O.F. Müller spp.		1	1		
Daphnia O.F. Müller spp.		1	1	2	
Diaptomus gracilis G.O. Sars					2
Diaptomus Westwood sp.			4	3	
Holopedium gibberum Zaddach.		+	1		
Nauplier			1	2	3

x gjelder stasjon 3

Hovedinntrykket er en dominans av grønnalger og diatoméer, og at det ikke er noen arter som ikke er spesielt fremtredende. Blågrønnalger og representanter for andre algeklasser er bare registrert i liten utstrekning. Ved bruk av finere porestørrelse i håvduken (<20 μ) er det å vente at man vil få et mer korrekt inntrykk av chrysophycéenes og andre små flagellaters forekomst. Flere dyreplanktonarter ser ut til å kunne opptre i betydelige mengder.

Planktonets kvalitative sammensetning tyder på at algevegetasjonen er av samme natur som i mange næringsfattige innsjøer på Østlandet. Den relativt betydelige andel av Staurastrum-arter i planktonet understøtter dette inntrykk.

I tabell 44 er det gjengitt en liste over de organismene som ble registrert i en undersøkelse utført av Braarud, Føyen og Gran (1928). Materialet er beskjedent som sammenlikningsgrunnlag, men man kan merke seg at flere av artene går igjen i de senere observasjoner. Resultatene kan gi en indikasjon på at de kvalitative forhold ved planktonvegetasjonen i Randsfjorden eventuelt bare er lite forandret i den forløpne tid.

Tabell 44 Plankton i Randsfjorden ved Jevnaker 30/8 1927

Listen er omarbeidet etter Braarud, Føyn og Gran 1928.
Autornavn og synonymer er tilføyd.

CYANOPHYCEAE

Coelosphaerium Nägelianum Unger

CHLOROPHYCEAE

Staurostrum paradoxum Meyen

BACILLARIOPHYCEAE

* Asterionella gracillima (Hantzsch) Heib.

Cyclotella compta (Ehrenb.) Kütz.

Melosira distans (Ehrenb.) Kütz.

Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.

Tabellaria flocculosa var. pelagica (= T. flocculosa var. Teilungii Knudson)

DINOPHYCEAE

Ceratium hirundinella (O.F.M.) Schrank

Gymnodinium (Ehrenb.) Stein

CHRYSOPHYCEAE

Dinobryon divergens (Imhof)

Mallomonas acaroides Perty

ANDRE ALGER

Cryptomonas Ehrenb. sp.

PROTOZOA

Lohmauniella elegans Wulff

Lohmauniella minor

Diverse ubestemte

ROTATORIA

Notholca longispina Kell.

Polyarthra platyptera Ehrenb.

CRUSTACEA

Nauplier

* Ofte inkludert i A. formosa Hass.

6.7 Bakteriologiske forhold

Den 22. september 1966, 10. februar og 25. august 1967 ble det samlet inn bakteriologiske prøver fra stasjon 1 i Randsfjorden. Prøvene er blitt analysert med hensyn til innhold av coliforme bakterier og kimtall. Analyse-resultatene er anført i tabellene 45, 46 og 47.

Angående generell vurdering av bakteriologiske analyseresultater, se rapport om Øyeren (I, Del 3).

Analyseresultatene viser at hovedvannmassene i de sørlige områder av Randsfjorden både sommer og vinter har relativt lite innhold av bakterier.

Tabell 45 Randsfjorden, stasjon 1. Bakteriologiske analyseresultater

Prøver tatt: 22/9 1966

m dyp	Coliforme bakterier pr. 100 ml	Kimtall pr. ml
1	3	216
4	3	41
8	8	41
12	5	49
16	5	24
20	2	27
30	3	31
40	2	34
50	1	46
60	1	44
71	1	52

Tabell 46 Randsfjorden, stasjon 1. Bakteriologiske analyseresultater

Prøver tatt: 10/2 1967

m dyp	Coliforme bakterier pr. 100 ml	Kimtall pr. ml etter 3 døgn ved 18 - 20°C
1	0	137 ± 10
4	$\frac{1}{2} \pm \frac{1}{2}$ (snitt 2 prøver)	95 ± 20
12	0	60 ± 3
20	0	71 ± 1
50	0	94 ± 1

Tabell 47 Randsfjorden, stasjon 1. Bakteriologiske analyseresultater

Prøver tatt: 25/8 1967

m dyp	Coliforme bakterier pr. 100 ml	Kimtall pr. ml etter 3 døgn ved 18-20°C
1	1 + 0	49
4	4 + 1	65
8	14 + 0	82
16	18 + 4	38
30	0	15

6.8 Sammenfattende diskusjon

Berggrunnen i Randsfjordens nedbørfelt varierer fra Valdressparagmitt og sterkt omdannede kambrosiluriske bergarter i nord til grunnfjell i de midtre og vestlige områder, og videre til lite omdannede kambrosilurbergarter i sydøst. Fra den største del av feltet er derfor avrenningsvannet bløtt og elektrolyttfattig, mens de vannløp som drenerer de sydøstlige områder har relativt hårdt og kalkholdig vann. Dette er bl.a. årsak til at vannets elektrolyttinnhold øker sydover i innsjøen. Om sommeren er det dessuten et markert skille mellom noe elektrolyttfattigere vann i overflate-lagene og noe elektrolyttrikere i dyplagene. Dette har sannsynligvis sin årsak i relativt stor tilførsel av elektrolyttfattig vann under avsmeltingsperioden om våren og forsommeren.

Fig. 38 fremstiller arealutnyttelse, bosettingsforhold m.m. i Randsfjordens nedbørfelt. Ca. 1440 km² eller ca. 39% av Randsfjordens nedbørfelt består av lite produktive områder hvorav ca. 75% tilhører Etna og Dokkas nedbørfelt og resten, ca. 25%, tilhører områder rundt Randsfjorden. Store deler av dette området består av høyfjell med sparsom vegetasjon i kvantitetsmessig sammenheng. Ca. 47% av nedbørfeltet er bevokst med skog hvorav ca. 56% ligger i den nederste del av feltet. Jordbruksvirksomheten er av stor betydning i områdene rundt Randsfjorden og da særlig i sydøst. Videre bor ca. 26500 mennesker eller ca. 75% av hele nedbørfeltets befolkning i områdene rundt Randsfjorden, og særlig er de sydøstlige og sydlige områder tett befolket. Når det gjelder tilførsel av kloakkvann og annet forurenset vann er således de sydlige områder av innsjøen sterkest utsatt.

Tabell 48, som viser vannets teoretiske belastning i Etna etter samtløp med Dokka og i Randselva ved utløp fra Randsfjorden, illustrerer til en viss grad hvilke områder som har størst betydning med hensyn til forurensningsbelastningen.

Tegnforklaring:

- A: Randsfj. totale nedb.felt
- B: Etna og Dokkas nedb.felt
- C: Områdene rundt. Randsfj.

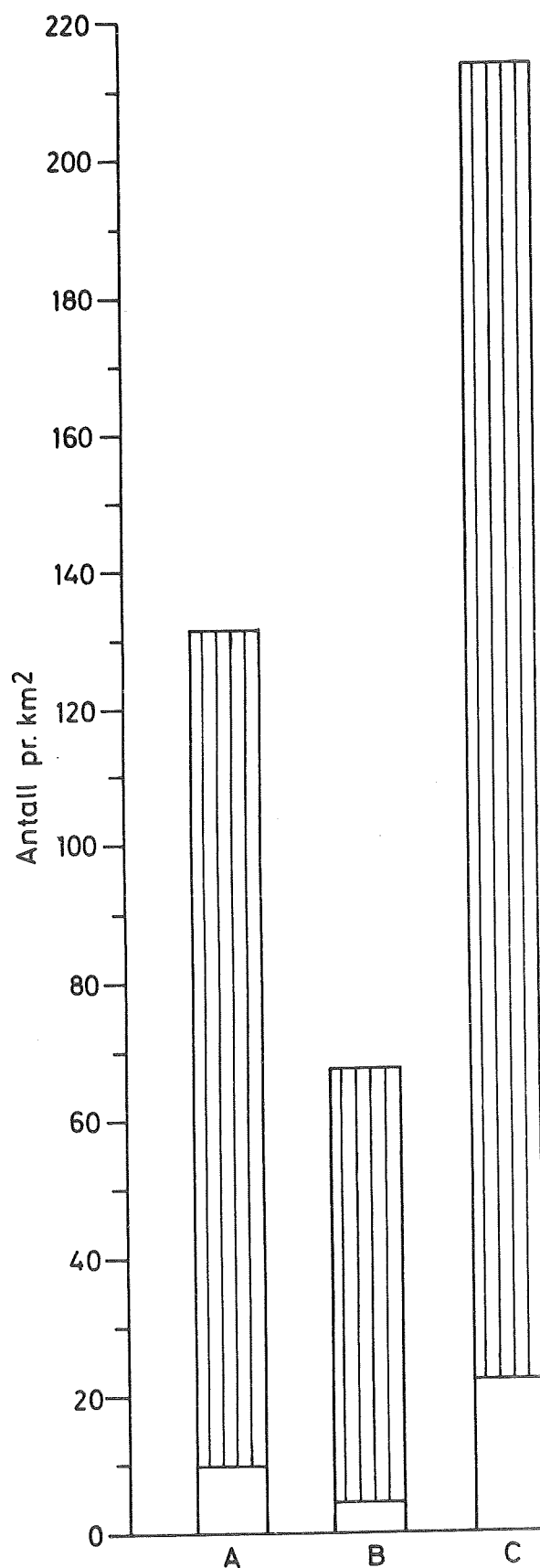
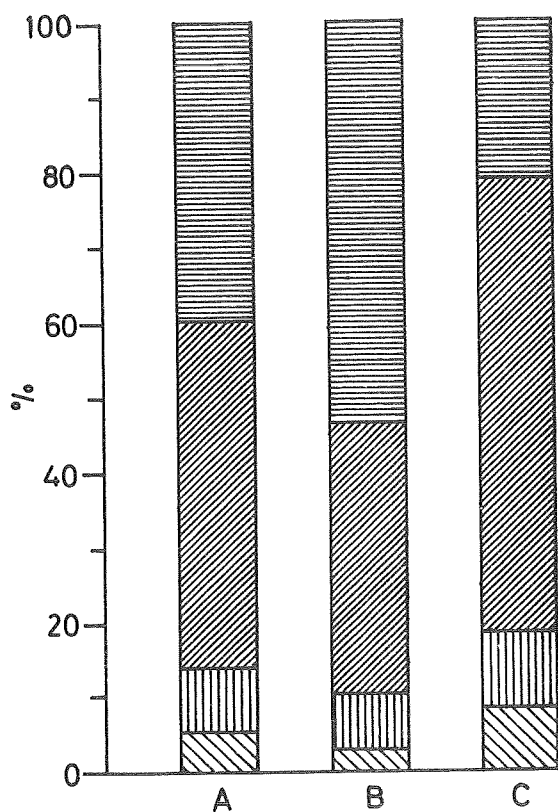
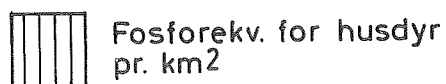
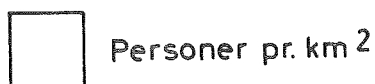
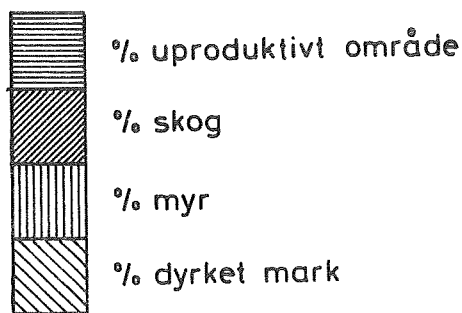


Fig. 38 Randsfjordens nedbørfelt. Arealutnyttelse og bosetningsforhold

Tabell 48 Teoretiske belastningstall for Randsfjordens hovedtilløp og Randselva ved utløp fra Randsfjorden

Sted	Personer pr. 1/sek	Husdyrfosfor-ekv. pr. 1/sek	Mål dyrket mark pr. 1/sek	Industriekv. pr. 1/sek
Etna og Dokka	0,231	3,654	1,700	0,040
Randselva	0,609	8,305	3,534	0,028

Varigheten av de forskjellige termiske perioder er ikke kjent, men det synes som om sirkulasjonsperiodene er relativt lange i hvertfall i de sydlige områder. Oksygenmetningen varierte stort sett mellom 80 og 100%, og det ble ikke på noen av de stasjonene observert vesentlig oksygenvinn i dyplagene under stagnasjonsperiodene. I juni var det imidlertid i det sydlige område en viss overmetning av oksygen i overflatelagene, og det er rimelig å anta at dette tildels skyldtes planteplanktonets oksygenproduksjon ved fotosyntese. Om sommeren var dessuten overflatevannets nitratinnhold relativt lavt, mens pH var høy. Dette tyder også på en viss planktonproduksjon i denne årstid. Vannets innhold av næringssalter var imidlertid relativt lavt på alle observasjonsdager og i alle dyp.

Middelverdiene for vannets fargepåvirkning varierte fra 26 mg Pt/l i nord til 17 mg Pt/l i syd. Dette henger i det vesentligste sammen med at vannets oppholdstid er betydelig lengre i syd enn i nord, slik at nedbrytningen av organisk materiale (humusstoffer) blir mer effektiv dess lengre sydover man kommer i innsjøen. Fargeverdiene på den sydligste stasjon varierte forøvrig fra 13 til 20 mg Pt/l. Disse forhold ble også bekreftet ved verdiene som ble målt for vannets organiske stoffinnhold, som tilsvarte permanganattall i området 3 - 4 mg O/l. De høyeste verdier ble funnet i det nordligste området. Vannets turbiditet i det sydlige område var lav, og verdiene varierte stort sett fra 0,1 til 1,0 mg SiO₂/l på alle observasjonsdager.

Generelt sett er vannets kjemiske kvalitet, særlig da med hensyn til farge, bedre i det sydlige område av innsjøen enn lengre nord. På den annen side er tilførselen av forurensninger størst i de sydligste områder. Foreløpig er det for lite kjennskap til forholdene i Randsfjorden til å vurdere påvirkningen av innsjøens vannmasser gjennom de ulike forureningsbelastninger.

TYRIFJORDEN

7 TYRIFJORDEN

7.1 Undersøkelser

Tyrifjorden har gjennom de siste 50 år vært gjenstand for betydelig vitenskapelig interesse. I 1926 utkom en publikasjon av Johan Kiær om dybdeforholdene i Tyrifjorden (Tyrifjorden. Dybdene og bundens relief med nogen træk av Tyrifjordens geologiske historie. Norsk Geografisk tidsskrift 2. Hefte 1926).

I 1927 ble Steinsfjorden undersøkt i sammenheng med en regional undersøkelse av innsjøer i Øst-Norge (T. Braarud, B. Føyn og H.H. Gran: Biologische Untersuchungen in einigen Seen des östlichen Norwegens - skr. N. Vidensk. Akad., Oslo. M. - N. Kl. 1928, 2). Det er resultatene av bestemmelser av temperatur, oksygen, pH og planktonforekomstene ved en prøvetaking i august som foreligger.

Sommeren 1930 ble det gjort en limnologisk undersøkelse av Holsfjorden og Steinsfjorden (K. Strøm: Tyrifjord. A limnological study. Skr. N. Vidensk. Akad., Oslo. M. - N. Kl. 1932, 3). I dette arbeidet er det samlet en rekke verdifulle informasjoner om innsjøene, deres hydrografi og de biologiske forhold. Tyrifjorden er videre behandlet i sammenheng med studiet av limnologiske problemstillinger (Strøm 1933, 1938 og 1946).

Vegetasjonsforholdene i Steinsfjorden er undersøkt ved en botanisk feltundersøkelse i 1936 - 1938 (E. Baardseth: A study of the vegetation of Steinsfjord, Ringerike. Nytt Magasin for Naturvidenskapene, Bind 83, Oslo 1943).

I slutten av 1950-årene ble det gjennomført en undersøkelse av Steinsfjorden og en undersøkelse av Holsfjorden, begge i tilknytning til hovedfagsarbeider ved Universitetet i Oslo (1959¹ E. Kullerud: Steinsfjorden (ikke publisert) 1959² O.J. Nyhagen: En limnologisk undersøkelse av Holsfjorden (ikke publisert)).

Følgende undersøkelser, som har tilknytning til forholdene i Tyrifjorden, er utført av Norsk institutt for vannforskning:

1. Undersøkelse av forurensningen i Dramselva i 1959. Blindern, 1961.
2. I 1961 - 1962 ble det samlet inn et relativt fyldig kjemisk og biologisk observasjonsmateriale fra Steinsfjorden. Dette materialet er ikke bearbejdet. I samme tidsrom ble det, ved en anledning, samlet inn observasjonsmateriale fra Holsfjorden.

3. I 1963 ble det foretatt en undersøkelse av Randselva, Ådalselva og Storelva. Norsk institutt for vannforskning, 0-348: Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Ådalselva, Randselva og Storelva 1963 - 1964. Blindern, mars 1965.
4. I forbindelse med instituttets undersøkelser for Den internasjonale hydrologiske dekade, ble det i mars 1966 satt i gang en undersøkelse i Holsfjorden. Denne undersøkelse er av fysisk-kjemisk art og går ut på innsamling av observasjonsmateriale fra flere dyp i innsjøens dypeste område (stasjon 1) 4 ganger pr. år, nemlig vår, sommer, høst og vinter. Undersøkelsen skal vare ut året 1974.
5. Som oppdrag for Samarbeidskomiteen for Oslo kommune og Akershus fylke er det nå (1967 - 1968) i gang en undersøkelse som skal vare ut året 1968. Denne undersøkelse er også av fysisk-kjemisk og biologisk art.

Den følgende beskrivelse av Tyrifjorden vil i mer eller mindre grad bygge på alle disse undersøkelsene.

7.2 Geografiske forhold

I de nordlige deler av nedbørfeltet (fig. 39) har fjellgrunnen noe variert geologisk sammensetning. Sterkt omdannede kambrosiluriske sedimentbergarter er mest utbredt, men store områder består av gabbroer og basiske bergarter. Videre har Valdressparagmitten stor forekomst i dette området. Lengre sør består fjellgrunnen tildels av vanlig sparagmitt. Sør for dette området er grunnfjellet (gneis og granitt) den dominerende bergart. Tyrifjorden, Storelva, Randselva og en del av Randsfjorden ligger på grensen mellom dette grunnfjellsområde og det såkalte Oslofeltet. Øst for nevnte lokaliteter består fjellgrunnen av kambrosiluriske avsetningsbergarter som enda lengre øst er dekket med sandsteiner og yngre lavabergarter (esseksitter og rombe-porfyrer).

Løsavsetningene i den nordlige del av feltet består i det vesentligste av et tynt lag morenegrus. I den sørlige del, under den marine grense, består løsavsetningene i stor utstrekning av marine avsetninger (leire). Like nord for Hønefoss (Eggemoen) og foran utløpet fra Randsfjorden er det store opphopninger av morenemateriale (sand og grus). En liknende morene ved Svangstrand har demmet opp Tyrifjorden.

7.3 Nedbørfeltet. Utnyttelse og virksomheter

Tabell 49 gir en oversikt over skog- og jordbruksvirksomheten, samt bosettingsforholdene i Tyrifjordens nedbørfelt, og i nedbørfeltene ovenfor

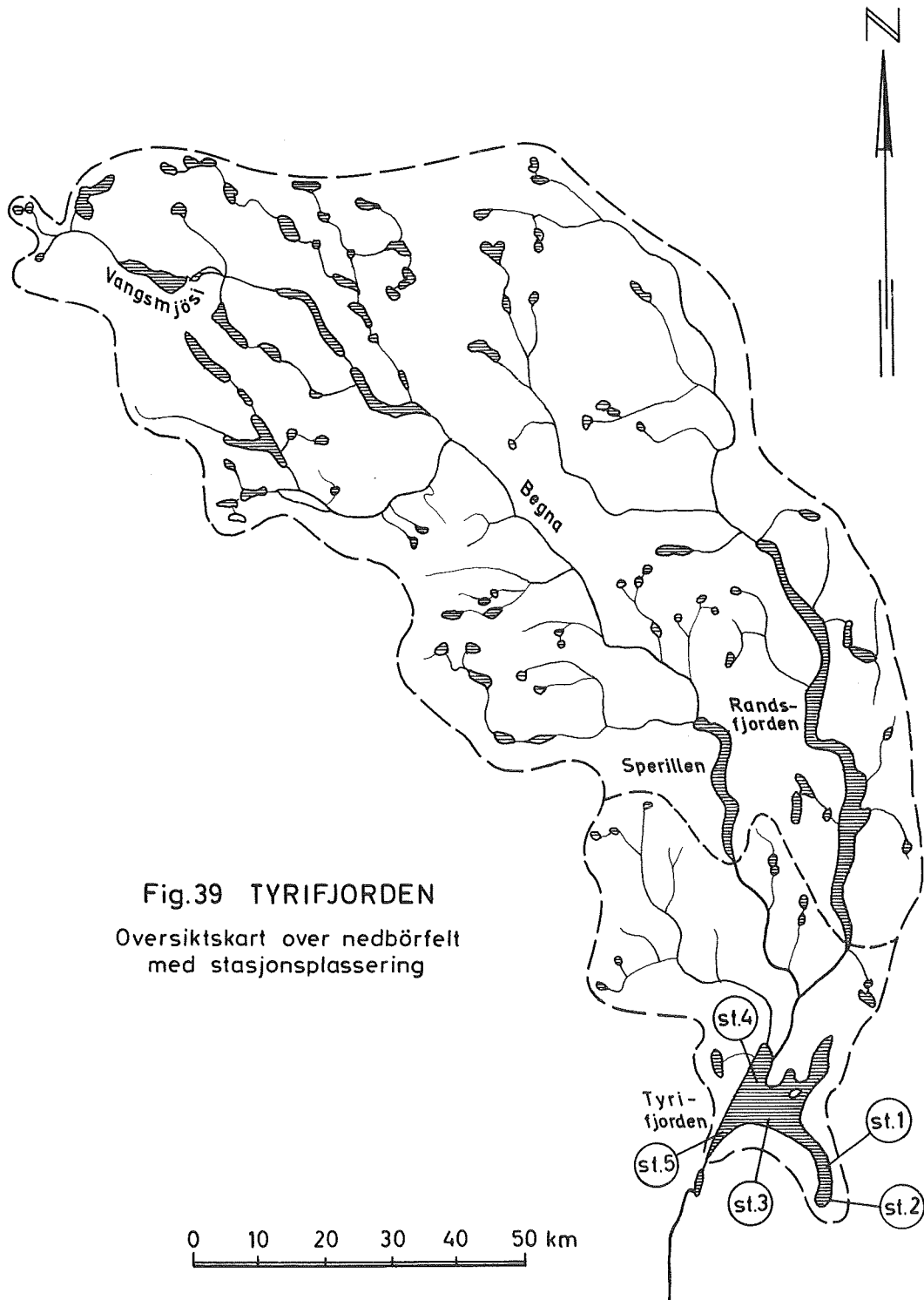


Fig.39 TYRIFJORDEN
Oversiktskart over nedbørfelt
med stasjonsplassering

og nedenfor utløpene fra Randsfjorden og Sperillen (se fig. 39).

Tabell 49 Oversikt over virksomheter i Tyrifjordens nedbørfelt

Faktorer	Tyrifjordens nedbørfelt	Nedbørfelt ovenfor utl. Randsfjorden og Sperillen	Nedbørfelt nedenfor utl. Randsfjorden og Sperillen
Nedbørfelt, km ²	9808	8253	1555
Skog, km ²	3926,9	2944,0	982,9
" i % av nedbørfelt	40,0	35,7	63,2
Myr, km ²	544,0	471,5	72,5
" i % av nedbørfelt	5,5	5,7	4,7
Dyrket mark, km ²	453,9	341,6	112,3
" " i % av nedbørfelt	4,6	4,1	7,2
Uproduktivt område, km ²	4883,2	4495,9	387,3
" " i % av nedbørf.	49,9	54,5	24,9
Antall mennesker	84200	54700	29500
" " pr. km ²	8,6	6,6	19,0
Antall storfe	91500	61600	29900
" " pr. km ²	9,3	7,5	19,2
Antall småfe	61600	52600	9000
" " pr. km ²	6,3	6,4	5,8
Antall fosforekv. for husdyr	1007600	695200	312400
" " " " pr. km ²	102,7	84,2	200,9

Av Drammensvassdragets nedbørfelt ned til utløp Randsfjorden og Sperillen (nedbørfeltene for disse lokaliteter tilsammen) er ca. 57% vann og uproduktive områder. De største tettbebyggelser og jordbruksområder i denne del av feltet ligger tildels langt opp i dalene (Valdres - Slidre og nord for Randsfjorden), men en særstilling i denne sammenheng inntar Jaren, Gran og Jevnaker, sydøst for Randsfjorden. Den viktigste driftsmåte i jordbruket er i nord husdyrhold, men på de store gårdsbruk i syd er korndyrking av størst betydning. Vel 30% av feltet er bevokst med skog.

I Tyrifjordens lokale nedbørfelt (nedenfor nevnte område) er det pr. areal-enhet betydelig større virksomhet innenfor jord- og skogbrukssektoren enn lengre nord. Korndyrking er her en viktig driftsmåte i jordbruket, men husdyrhold er også av stor betydning. Befolkningstettheten er størst i Hønefossområdet. Ringerike kommune, som også omfatter Hønefoss, hadde således pr. 1. januar 1967 28577 innbyggere.

Av industri som ligger utenfor Tyrifjordens lokale nedbørfelt kan nevnes meierier, et fellesanlegg for halmluting, mindre næringsmiddelfabrikker osv. Den type fabrikker som antakelig har størst betydning for industriens bidrag til forurensningssituasjonen i Tyrifjorden er treforedlingsbedrifter. Her kan nevnes bedriftene tilknyttet Follum fabrikker, samt Skjærdalens Bruk.

Industrien er ellers stort sett lokalisert i området rundt Hønefoss, og omfatter jern- og metallindustri, konfeksjonsfabrikker, kjemisk industri, samt meieri og fellesanlegg for halmluting.

Randselva, nederste del av Begna og Storelva brukes som resipienter for kloakkvann og avløpsvann fra innretninger i tilknytning til jordbruket (halmlutingsanlegg, siloer o.l.), samt for industriavløpsvann.

Tabell 50 Arealer og antall mennesker og husdyr i nedbørfeltet ovenfor og nedenfor utløpet fra Randsfjorden og Sperillen.
Regnet i % av de respektive størrelser for hele nedbørfeltet

Faktorer	Nedbørfelt ovenfor utl. Randsfj. og Sperillen	Nedbørfelt nedenfor utl. Randsfj. og Sperillen
Nedbørfelt	84,1	15,9
Skog	75,0	25,0
Myr	86,7	13,3
Dyrket mark	75,3	24,7
Uproduktivt område	92,1	7,9
Mennesker	65,0	35,0
Storfe	67,3	32,7
Småfe	85,4	14,6
Pers. ekv. for husdyr	69,0	31,0

De forskjellige områders betydning for forurensningssituasjonen i Tyrifjorden kan til en viss grad vurderes ut fra tabell 50. P.g.a. vassdragenes selvrensningsevne spiller tilførselen av forurensninger til fjernereliggende deler av vassdraget mindre rolle for Tyrifjordens forurensningstilstand enn den forurensningsbelastning innsjøen får fra sitt lokale nedbørfelt. Forurensningsmateriale tilført vassdragene ovenfor Randsfjorden og Sperillen må dessuten passere disse innsjøer, hvor vannet har en relativt lang teoretisk oppholdstid. Selvrensningseffekten må derfor her antas å være god. Tyrifjordens forurensningstilstand er i høy grad bestemt av utviklingen i innsjøens lokale nedbørfelt.

7.4 Morfometriske og hydrologiske forhold

Den geologiske struktur av landskapet har hatt stor betydning for utformingen av Tyrifjordbassenget. De harde grunnfjellsbergarter i det nordlige område, langs Tyristranda, var mer motstandsdyktige mot iserosjonen enn avsetningsbergartene i de sørligere områder. Innsjøen er derfor relativt grunn i nord, mens det er blitt gravd ut en dyp trauformet s-renne sørover. Den flate bunnen er uten tvil forårsaket av sedimentering av iserodert materiale. Senere ble innsjøen demmet opp ved en morene ved Svangstrand. Steinsfjorden, som er en relativt grunn innsjø (ca. 22 m) er forbundet med Holsfjorden ved et smalt, grunt sund - Kroksund.

Tyrifjorden ble i 1916 - 1917 loddet opp av Johan Kiar som også har tegnet dybdekart av lokaliteten. Dette kart er gjengitt i fig. 40. Morfometriske og hydrologiske data for Holsfjorden og Steinsfjorden er gjengitt i tabell 51. (Med Holsfjorden forstås her hele innsjøen med unntak av Steinsfjorden).

Tabell 51 Tyrifjorden. Morfometriske og hydrologiske data

Faktorer	Holsfjorden	Steinsfjorden
Høyde over havet i meter	64	64
Overflateareal, km ²	121,3	12,8
Største dyp i meter	295	22
Volum, mill. m ³	13830	108
Middel dyp i meter	114	8,4
Nedbørfelt, km ²	9808	62,7
Midlere avrenning m ³ /sek	170	1
Teoretisk oppholdstid, år	2,6	3,4

Vannstandsvariasjonene i Tyrifjorden i 1966 - 1967 er gjengitt i fig. 41.

Storelva er Tyrifjordens viktigste tilsigselv. Hvordan Storelva blander seg inn i Tyrifjordens vannmasser er ikke kjent. Under normal vannføring er det mulig at den vesentligste del av de tilførte vannmasser relativt raskt beveger seg i retning av Vikersund. Under flomperioder stiger vannstanden raskt, og dette resulterer bl.a. i en inngående strøm fra Holsfjorden til Steinsfjorden.

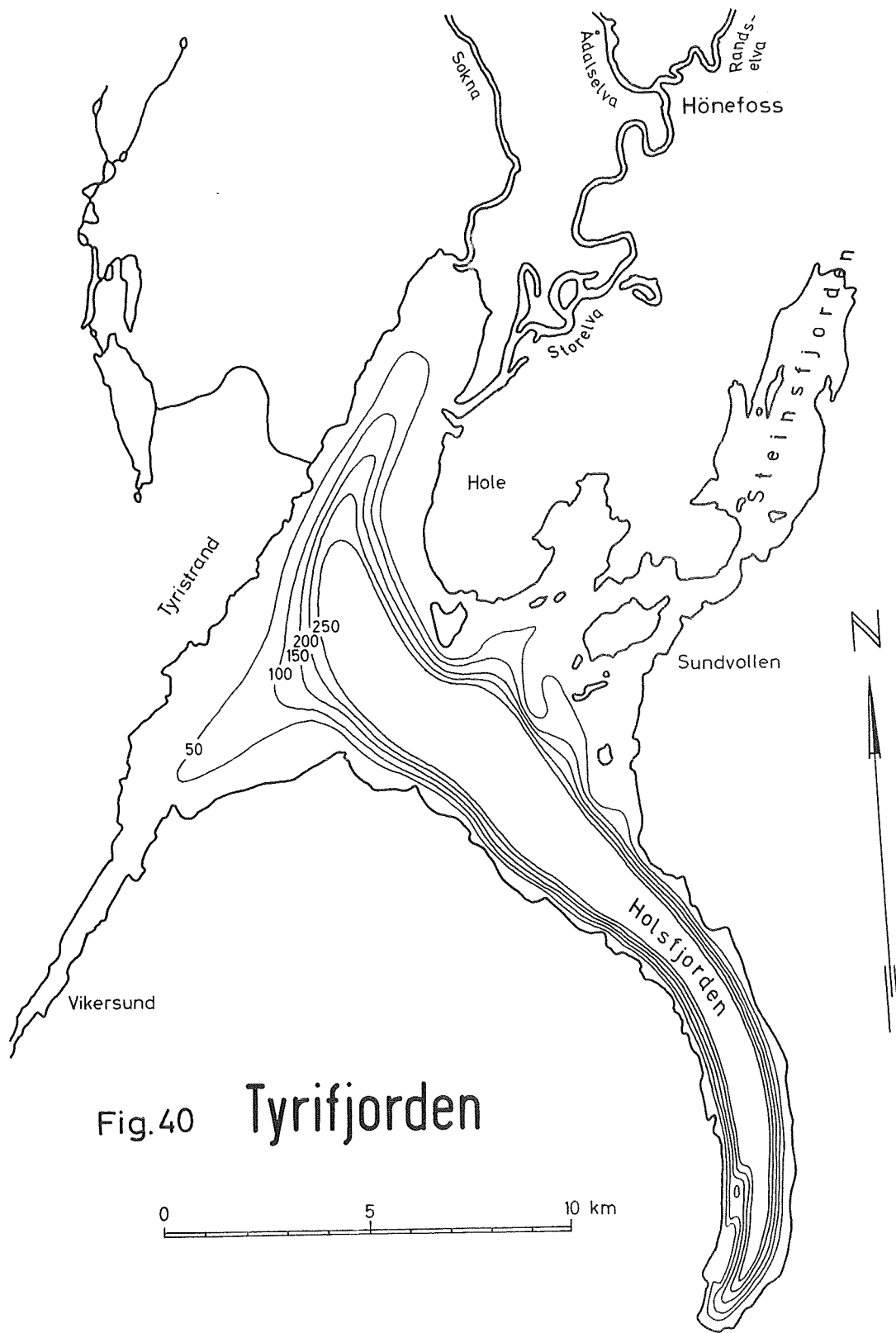


Fig.40 Tyrifjorden

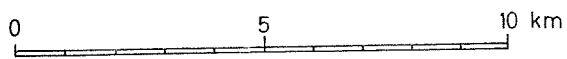
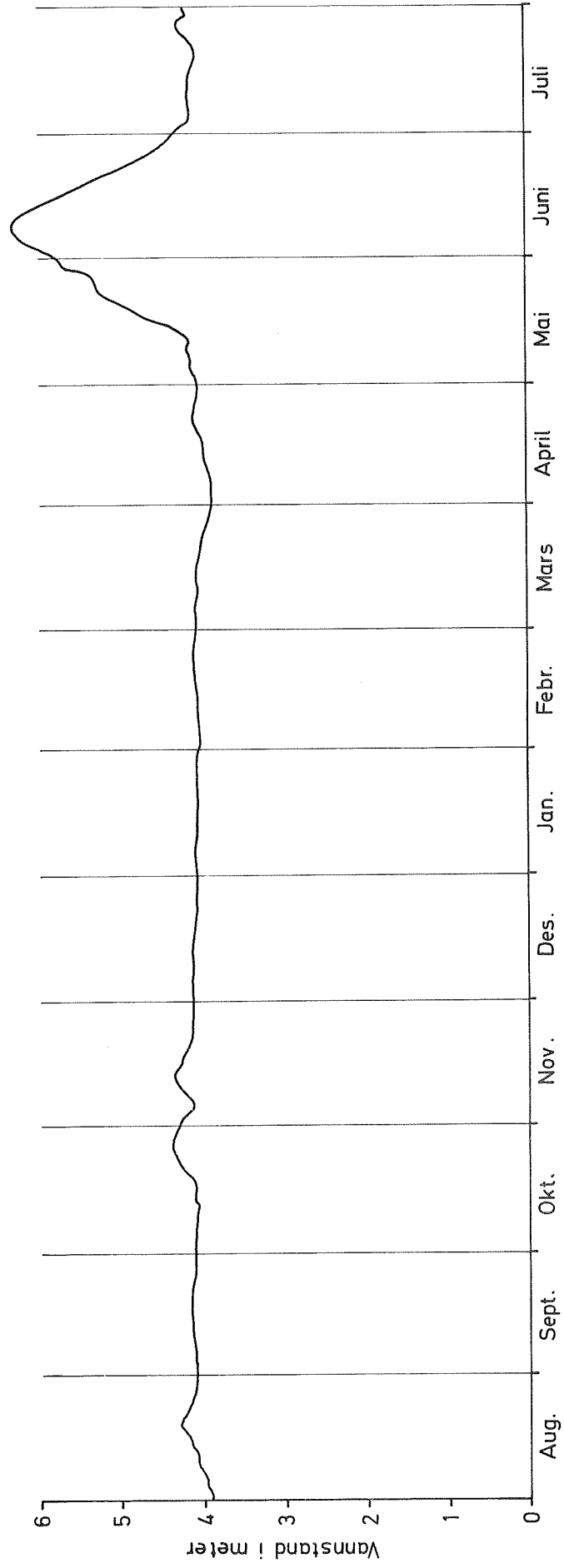


Fig. 41

Tyrifjorden

Vannstandsvariasjoner 1966 - 1967



7.5 Hydrografiske forhold

De fysisk-kjemiske analyseresultater fra undersøkelsene i 1966 og i 1967 er gjengitt i rapport I, Del 3. Hydrografiske tabeller, nr. 40 - 63. Stasjonsplasseringene er merket av på fig. 39, og gjengitt nedenfor:

- Stasjon 1: (dekadestasjon): Midt i fjorden utenfor Skaret, Homledal
 " 2: Midt mellom Midtøya og Kvisla (Sylling)
 " 3: Midt mellom Frognøya og Askerud
 " 4: Midt mellom Tangen og Gomnes (utløp Storelva)
 " 5: Midt mellom Drolsum og Tangerud (retning Vikersund)

Tabell 52 angir datoen for innsamling av prøver på de forskjellige stasjoner.

Tabell 52 Tyrifjorden. Prøvetakingstidspunkt

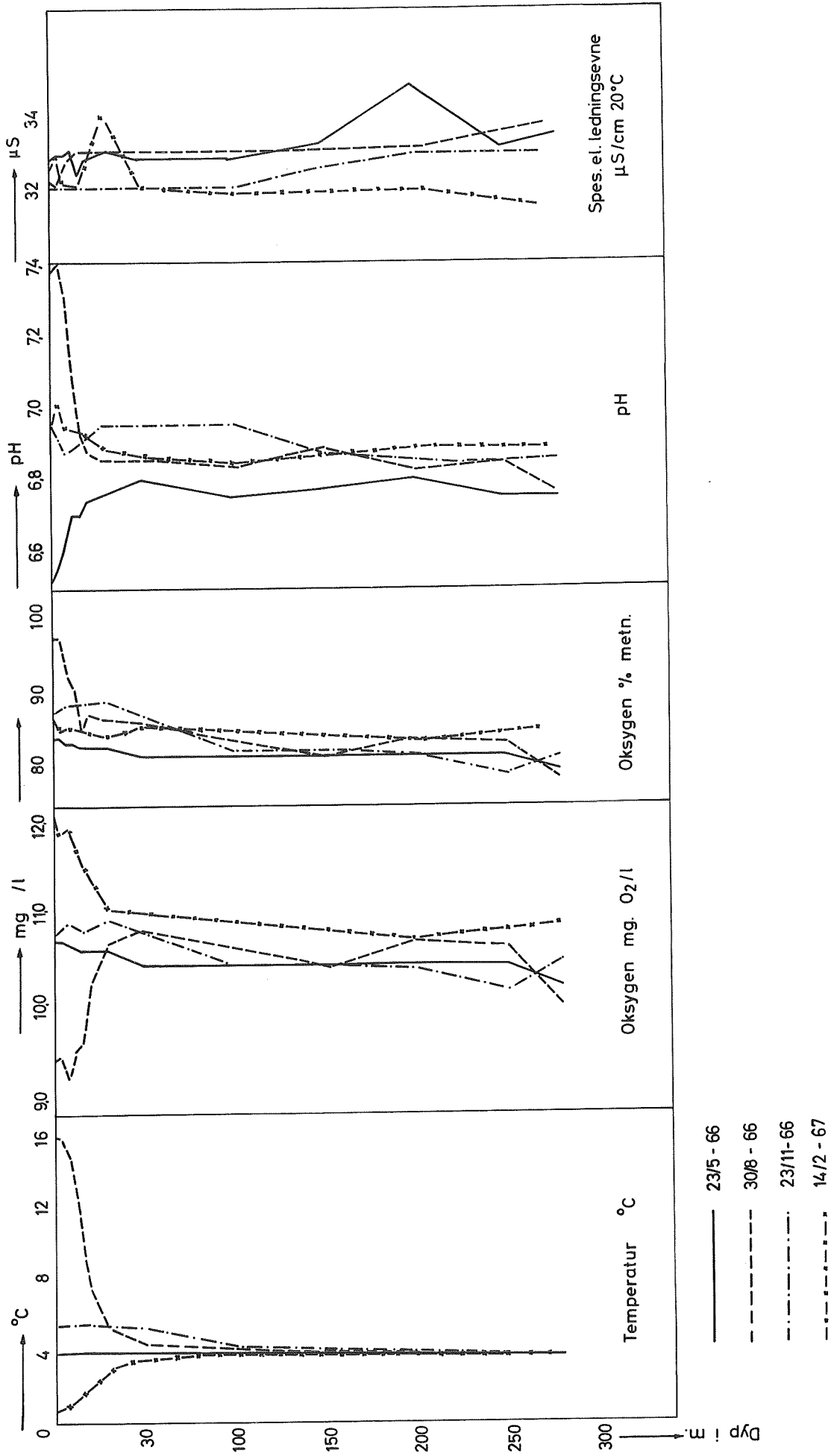
Dato	Stasjon	1	2	3	4	5
17/3 1966		x				
23/5 1966		x				
30/8 1966		x				
23/11 1966		x				
14/2 1967		x				
15/2 1967				x	x	
16/2 1967			x			x
26/4 1967		x	x			
27/4 1967				x		
5/5 1967					x	x
3/7 1967			x			
4/7 1967		x		x		x
6/7 1967					x	
30/8 1967					x	x
31/8 1967		x		x		
1/9 1967			x			

7.5.1 Temperaturforhold

Temperaturforholdene på 4 forskjellige observasjonsdager på stasjon 1 er gjengitt i fig. 42. Denne figur viser altså de generelle temperaturforhold i Holsfjorden under de forskjellige årstider.

Som observasjonsmateriale viser, var det i samme tidsrom liten temperaturforskjell i de forskjellige korresponderende dyp på de 5 observasjons-

Fig. 42
 TYRIFJORD St. 1
 Hydrografiske forhold



stasjoner. I dyplagene var temperaturforholdene relativt konstante gjennom hele observasjonsperioden. Forholdene på stasjon 2 merket seg litt ut under sommerstagnasjonsperioden (juli - august) ved en større mektighet av de epilimniske vannmasser. Dette går frem av tabell 53 som angir temperaturforholdene på de forskjellige stasjoner i slutten av august 1967.

Tabell 53 Temperaturforhold på 5 stasjoner i Holsfjorden i tidsrommet 30/8 - 1/9 1967

Stasjon m dyp	1	2	3	4	5
1	16,02	15,78	16,53	17,20	17,09
4	16,00	15,70	16,30	17,07	16,97
8	15,95	14,98	16,12	16,18	15,86
16	10,09	14,00	13,30	13,07	12,95
30	6,40	8,17	6,43	6,00	6,40
50	5,01	4,90	5,00	4,54	
100	4,12	4,11	4,12		
200	3,91	3,95	3,89		
275	3,80		3,80		

Samme tabell viser også noe høyere temperatur i overflatelagene på stasjon 4 og 5 enn på de andre stasjoner. Dette forhold ble observert også på observasjonsdagerne 3. juli - 6. juli 1967.

Temperaturforholdene på de forskjellige observasjonsdager i februar er gjengitt i tabell 54.

Tabell 54 Temperaturforhold på 5 stasjoner i Holsfjorden i tidsrommet 14/2 - 16/2 1967

Stasjon m dyp	1	2	3	4	5
1	0,70	0,45	0,71	0,51	0,45
4	0,81	0,65	0,81	0,85	0,93
8	0,96	0,89	1,03	1,11	1,08
16	1,70	2,32	1,64	1,92	1,65
30	2,90	3,10	2,93	2,73	2,94
50	3,42	3,42	3,37	3,33	
100	3,72	3,41	3,48		
200	3,70				
270	3,72				

I tidsrommet 26. april til 5. mai var det isoterme forhold på alle stasjoner. På stasjon 4 og 5 var temperaturen noe høyere enn på de andre stasjoner.

7.5.2 Kjemiske forhold

7.5.2.1 Oksygenforhold

Årstidsvariasjoner i Holsfjordens (stasjon 1) oksygenforhold er illustrert i fig. 42.

Oksygenmetningen fra februar og augustobservasjonene er satt opp i tabell 55.

Tabell 55 %-oksygenmetning på 5 stasjoner i Holsfjorden i februar og august 1967

Dato	m dyp		1	4	8	16	30	50	100	200	275
	Stasjon										
14/2- 16/2 1967	1		87,1	85,6	86,3	85,6	84,6	85,7	85,4	83,8	85,2 ¹⁾
	2		87,4	85,4	87,4	86,7	85,4	84,7	83,7		
	3		84,7	86,8	83,5	86,4	86,7	86,4	86,0		
	4		87,9	87,5	88,3	87,3	85,2	84,3			
	5		88,1	88,3	87,2	85,3	84,8				
30/8- 1/9 1967	1		95,3	95,3	94,6	88,2	87,6	86,9	85,6	86,3	86,1
	2		98,4	96,2	95,9	92,7	91,1	89,3	86,7	88,9	
	3		96,4	96,0	94,7	88,5	87,1	86,9	86,4	84,7	72,5
	4		97,6	96,3	95,4	86,7	84,3	88,1			
	5		94,3	93,2	91,0	90,2	88,4				

1) gjelder 270 meters dyp

Som figuren viser varierte oksygenmetningen i Holsfjorden på alle observasjonsdager og i alle dyp mellom 80 - 89% bortsett fra noe høyere metningsverdier i epilimnion om sommeren. De laveste verdier ble observert i dyp-lagene. Den samme variasjon i oksygenfordelingen syntes å gjøre seg gjeldende på alle observasjonsstasjoner.

Under vårfullsirkulasjonsperioden, 26. april - 5. mai 1967, lå metningsverdiene i alle dyp og på alle stasjoner i området 85 - 90%.

Tabell 56

Kjemiske analyseresultater - Middelveidier

Lokalitet: Tyrifjorden

Tidsrommet: 14/2 - 1/9 1967

Komponent	1			2			3			4			5		
	Middel-tall	Variasj.-bredde	Antall målinger	Middel-tall	Variasj.-bredde	Antall målinger	Middel-tall	Variasj.-bredde	Antall målinger	Middel-tall	Variasj.-bredde	Antall målinger	Middel-tall	Variasj.-bredde	Antall målinger
Dato	17/3-66	- 31/8-67		16/2 - 1/9-67			15/2 - 31/8-67			15/2 - 30/8-67			16/2 - 30/8-67		
Surhetsgrad pH	6,97	6,52-7,40	81	6,96	6,78-7,27	35	7,04	6,85-7,22	36	7,00	6,87-7,29	27	7,01	6,83-7,24	24
Spes. ledn. evne 20°C, $\mu S/cm$	32,5	30,0-35,9	81	32,8	30,0-35,3	35	31,8	31,2-33,5	36	31,5	29,3-33,3	27	31,3	28,8-33,0	24
Farge mg. Fe/l	15	12-26	81	14	10-19	35	15	12-21	36	17	13-25	27	17	14-23	24
Turbiditet mg. SiO ₂ /l	0,8	0,2-3,2	79	0,8	0,4-1,5	35	0,9	0,3-1,9	36	1,0	0,4-1,9	27	1,2	0,6-3,0	24
Permanganat-tall, mg. O/l	3,4	2,7-4,9	72	3,4	2,7-3,9	35	3,3	2,7-4,2	36	3,3	2,5-4,0	25	3,2	2,4-4,8	24
Klorid mg. Cl/l	1,3	0,7-2,0	55	1,2	0,9-1,5	11	1,1	0,9-1,4	11	1,1	0,8-1,3	12	1,2	0,8-1,6	10
Sulfat mg. SO ₄ /l	5,4	3,9-7,0	52	5,1	3,8-6,2	11	5,0	3,4-7,5	11	4,8	3,4-6,0	12	4,8	3,3-6,1	11
Fosfat, orto mg. P/l	3	<2-18	53	3	<2-11	11	2	<2-6	11	2	<2-4	12	2	<2-3	8
Fosfat, total mg. P/l	17	6-49	54	9	6-10	11	9	5-16	11	10	6-21	12	8	7-12	10
Nitrat mg. N/l	159	87-185	55	155	104-193	12	156	92-177	11	132	86-190	12	135	83-172	10
BFA mg. N/l	0,14	0,09-0,23	10	0,19	0,10-0,29	8	0,12	0,04-0,21	8	0,07	0,04-0,12	8	0,12	0,08-0,21	7
Alkalitet ml. N/10 HCl/l	2,29	1,90-2,98	51	2,66	2,25-3,06	12	2,60	2,25-2,97	11	2,63	2,28-2,97	12	2,54	2,12-2,83	10
Total hårdhet mg. CaO/l	8,2	7,6-9,0	47	8,9	8,3-10,3	10	8,5	6,7-9,6	9	8,3	7,4-9,1	10	8,3	7,5-9,1	8
Kalsium mg. Ca/l	4,15	3,64-4,68	56	4,21	3,87-4,85	12	4,19	3,70-4,85	11	4,21	3,70-4,60	12	4,11	3,70-4,60	10
Magnesium mg. Mg/l	0,69	0,64-0,77	55	0,70	0,64-0,76	12	0,70	0,66-0,75	11	0,70	0,64-0,76	12	0,69	0,66-0,76	10
Kalium mg. K/l	0,46	0,32-0,52	56	0,39	0,24-0,50	12	0,36	0,24-0,46	11	0,36	0,24-0,46	12	0,35	0,24-0,46	10
Natrium mg. N/l	1,01	0,79-1,17	55	0,92	0,74-1,07	12	0,87	0,74-1,00	11	0,87	0,82-0,94	12	0,89	0,72-1,18	10
Jern μg Fe/l	58	18-325	55	41	25-60	14	32	25-45	10	33	28-55	11	46	25-99	10
Mangan μg Mn/l	<5	<5-19	19	9	<5-20	14	<5	<5-15	11	8	<5-15	12	5	<5-72	10
Kobber μg Cu/l	19	<10-34	6												
Sink μg Zn/l	21	30-118	7												
Silisium mg. SiO ₂ /l	2,6	2,0-3,2	56	3,0	2,2-3,3	12	3,0	2,0-3,3	10	3,0	2,0-4,0	12	3,0	2,0-3,5	10
SSL mg. SSL/l	1,12	0,95-1,45	6,08	0,93	0,10-1,15	15	0,82	0,25-1,50	17	1,00	0,10-1,83	12	0,68	0,25-1,00	7

7.5.2.2 Andre kjemiske forhold

Middelverdier for kjemiske analyseresultater på de forskjellige observasjonsdager og de forskjellige stasjoner er stilt sammen i tabell 56.

pH Vannets pH på de forskjellige observasjonsdager er fremstilt i fig. 42. pH-resultatene på de forskjellige stasjoner fra februar- og augustobservasjonene er satt opp i tabell 57.

Tabell 57 pH-resultater fra 5 stasjoner i Holsfjorden i februar og august 1967

Dato	m dyp		1	4	8	16	30	50	100	200	275
	Stasjon										
14/2- 16/2 1967	1		6,9	7,0	6,9	6,9	6,9	6,9	6,8	6,9	6,9 ¹⁾
	2		7,0	6,9	6,9	6,9	6,9	6,8	6,8		
	3		6,9	7,1	6,9	6,9	6,9	6,9	7,0		
	4		6,9	7,0	6,9	7,0	7,0	6,9			
	5		6,9	6,9	6,9	6,9	7,0				
30/8- 1/9 1967	1		7,1	7,2	7,1	7,0	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
	2		7,3	7,2	7,2	7,1	6,9	6,9	6,9	6,9	
	3		7,3	7,3	7,2	7,1	7,0	7,0	7,0	7,0	7,3
	4		7,3	7,2	7,1	7,1	7,0	6,9			
	5		7,2	7,2	7,1	7,0	6,9				

1) gjelder 270 meters dyp

Vannets pH i Holsfjorden varierer omkring nøytralitetspunktet. Av tabellen går det frem at pH i dyplagene var praktisk talt den samme både vinter og sommer. I overflatelagene var pH markert høyere (0,2 - 0,3 pH-enheter) i august enn i februar. pH-fordelingen i juli var omtrent den samme som i august. Under vårfullsirkulasjonsperioden (april - mai) var vannet overalt praktisk talt nøytralt.

Elektrolyttinnhold Vannets spesifikke ledningsevne på de forskjellige observasjonsdager er fremstilt i fig. 42.

Som det går frem av denne figur og tabell 58 var vannets elektrolyttinnhold praktisk talt konstant både med hensyn til tiden og fra sted til sted.

Tabell 58 Spesifikk ledningsevne, $\mu\text{S}/\text{cm}$, på 5 stasjoner i Holsfjorden i februar og august 1967

Dato	m dyp Stasjon	1	4	8	16	30	50	100	200	275
14/2- 16/2 1967	1	32,5	32,8	32,1	32,0	34,0	32,0	31,9	31,9	31,5 ¹⁾
	2	32,9	32,8	33,0	32,1	32,1	32,7	32,8		
	3	32,8	32,0	32,5	32,0	31,9	31,9	31,9		
	4	32,5	32,5	32,0	32,0	32,0	31,2			
	5	31,1	30,9	30,8	31,8	32,0				
30/8- 1/9 1967	1	30,0	30,0	30,0	31,0	31,5	32,2	33,0	33,0	33,2
	2	30,3	31,0	30,8	30,8	32,0	35,0	33,3	33,6	
	3	30,0	30,0	30,0	30,0	31,6	32,0	32,8	33,0	30,0
	4	29,7	29,4	29,3	30,6	32,3	33,3			
	5	28,8	29,6	29,0	30,7	32,4				

1) gjelder 270 meters dyp

Under sommerstagnasjonsperioden, 30. august - 1. september, var det en svak økning av ledningsevnen mot dypet. Verdiene for alkalitet, klorid, sulfat, kalsium, magnesium, kalium, natrium, jern, mangan og silisium var av samme størrelsesorden på alle observasjonsdager og på alle stasjoner i 1967.

Fosfor- og nitrogenforbindelser Verdiene for ortofosfat og totalfosfat lå vanligvis på alle stasjoner i områdene av henholdsvis 2 $\mu\text{g}/\text{l}$ og 10 $\mu\text{g}/\text{l}$. Det ble ikke påvist noen systematisk variasjon med tid og dyp.

Bortsett fra noe lavere verdier i epilimnion om sommeren var nitratverdiene av samme størrelsesorden både med hensyn til stasjoner og observasjonsdager. Det var heller ingen signifikant forskjell i BFA-verdiene fra stasjon til stasjon eller fra observasjonsdag til observasjonsdag.

Partikulært og organisk materiale Verdiene for farge lå på alle observasjonsdager stort sett i området 14 - 20 mg Pt/l, og det var praktisk talt ingen forskjell fra stasjon til stasjon. Verdiene for permanganattallene og turbiditet lå henholdsvis i området av 3 mg O/l og 1 mg SiO_2/l .

7.5.3 Diskusjon av de hydrografiske forhold

Observasjonsmaterialet viser at temperaturforholdene i Holsfjordens hovedvannmasser var noenlunde de samme på alle stasjoner i ett og samme tidsrom. I de nordlige områder var temperaturen i epilimnion om sommeren 1 - 2°C høyere enn i de sentrale deler. Dette kan ha flere årsaker. For det første

er det mulig at Storelva i stor utstrekning forplanter seg gjennom innsjøen langs Tyristranda og henimot Vikersund, og at dette kan føre til en viss forskjell i epilimnions temperatur nord og syd i innsjøen. For det andre er innsjøen grunnere i nord, noe som også kan ha betydning for vannmassenes temperaturforhold. Endelig kan vindretningen, som bl.a. har betydning for oppstuing o.l., være årsak til variasjoner i overflatevannets temperatur. Epilimnions større mektighet i de sentrale områder enn i de perifere henger uten tvil sammen med dybde- og vindforholdene.

Om vinteren var det ingen signifikant forskjell i temperaturforholdene på de forskjellige stasjoner.

Det foreligger foreløpig intet materiale som angir fullsirkulasjonsperiodenes varighet, men Holsfjordens størrelse og dybde betinger at disse perioder er relativt lange.

Oksygenmetningen i Holsfjorden er relativt stabil i løpet av et år. De noe høyere metningsverdier i epilimnion om sommeren enn om vinteren har sammenheng med at vannmassene står i kontakt med luften. Algevegetasjonen gjennom fotosynteseprosesser spiller en viss rolle for produksjon av oksygen i overflatelagene. Vannets pH-verdier og forbruk av nitrater i denne periode tyder på at produksjonen kan være av betydning. Forbruket av oksygen i dyplagene, som følge av nedbrytning av organisk materiale, er lite i Holsfjorden.

Vannet har en nøytral eller svakt sur karakter. De noe høyere pH-verdier i epilimnion skyldes eventuelt algeproduksjonen ved forbruk av karbondioksyd under fotosynteseprosessene.

Tyrifjorden har en bløt vanntype, og vannets innhold av salter er relativt konstant gjennom hele året. Dette skyldes at de viktigste tilsigselver, Begna og Randsfjordvassdraget, begge passerer store innsjøer, henholdsvis Sperillen og Randsfjorden, hvor eventuelle variasjoner i vannets kjemiske sammensetning blir utjevnet.

Vannets fosfatinnhold er relativt lavt. Det samme er tilfelle med de nitrogenholdige forbindelser, men i epilimnion var det noe lavere nitratinnhold om sommeren enn ellers. Dette kan som nevnt ha sammenheng med planktonproduksjonen.

Verdiene for farge og turbiditetsbelastning var lave og relativt konstante gjennom hele året.

7.6 Biologiske forhold

Materialet som belyser forholdene er sparsomt og ufullstendig bearbeidet. Planktonobservasjoner fra Holsfjorden i 1967 er stilt sammen i tabell 59, hvor det fremgår at både grønnalger og diatoméer er godt representert vår, sommer og høst. Tallmessig er det de tre diatoméartene Asterionella formosa, Fragilaria crotonensis og Tabellaria fenestrata som dominerer. De øvrige algeklassene spiller en underordnet rolle. I denne forbindelse er det imidlertid å bemerke at på grunn av den relativt store maskevidden (20 μ) i innsamlingshåvene, vil ikke chrysophycéflagellater og andre nannoplanktoniske former bli innfanget. Forøvrig kan man legge merke til at dyreplanktonet delvis er godt utviklet. Dette gjelder spesielt materialet fra juli der det er tydelige forekomster av flere rotatoriearter og krepsdyr.

I 1930 ble planktonet i Tyrifjorden undersøkt av Strøm (1932). De registrerte organismene fremgår av tabell 60. Ved en sammenlikning av resultatene fra de to undersøkelsene ser man at det er funnet en del flere arter i 1930, men dette skyldes vesentlig at Strøms artsliste er basert på kvantitative prøver. Tar man hensyn til dette ved vurderingen, er det en tydelig likhet i resultatene. Det er derfor indikasjoner på at planktonet i Tyrifjorden ikke har forandret seg vesentlig på 30 - 40 år, og at innsjøen stort sett har bevart sin oligotrofe karakter, i hvertfall i områder med større dyp.

Forholdene i Steinsfjorden er i biologisk sammenheng mer preget av næringsrike vannmasser. Vinteren 1961 kom det til utvikling en masseoppblomstring av Oscillatoria rubescens (Skulberg 1964). Som for Holsfjorden gjelder det at det bare er ufullstendige resultater som foreligger fra lokaliteten.

LITTERATURLISTE

- SKULBERG, O.: Algal problems related to the eutrophication of European water supplies. I "Algae and Man", Plenum Press, New York 1964.
- STRØM, K.M.: Tyrifjord. A limnological study. Skr. utgitt av Det Norske Vidensk.-Akad. i Oslo. I. Mat.-Naturv. Kl. 1932. No. 3, s. 1 - 84. Oslo 1932.

Tabell 59. Organismer funnet i håvtrekk fra Hølsfjorden.

Organismer	5/5-67	4/7-67	4/12-67
BACTERIOPHYTA			
cf. <i>Sphaerotilus natans</i> Kütz.	2		
CYANOPHYCEAE			
<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Breb.		2	
<i>Coelosphaerium Nägelianum</i> Lemm.			3
<i>Oscillatoria Vaucher</i> sp. (6-7 μ)	2	1	2
CHLOROPHYCEAE			
<i>Arthrodesmus</i> Ehrenb. sp.	2	1	
<i>Botryococcus Braunii</i> Kütz.			1
<i>Closterium</i> cf. <i>Kützingii</i> Breb.	1		
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli			2
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood		1	
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenb.	3	1	1
cf. <i>Gemmellicystis neglecta</i> Teiling em. Skuja		2	
<i>Gloeococcus</i> cf. <i>Schroeteri</i> (Chod.) Lemm.		2	
<i>Gloeocystis</i> cf. <i>planctonica</i> (W. & G.S. West) Lemm.		1	
<i>Nephrocystium Agardhianum</i> Nägeli		1	
<i>Pandorina morum</i> Bory			2
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	1		
<i>Staurastrum</i> cf. <i>lunatum</i> Ralfs		1	
<i>Staurastrum</i> cf. <i>pseudopelagicum</i> W. & G.S. West	1	2	2
<i>Staurastrum</i> Meyen spp.		1	2
BACILLARIOPHYCEAE			
<i>Achnanthes</i> Bory sp.		1	
<i>Asterionella formosa</i> Hass.	3	4	3
<i>Cyclotella</i> Kütz. sp.			1
<i>Diatoma elongatum</i> Ag.	1		
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	2	4	3
<i>Fragilaria</i> Lyngb. sp.		1	
<i>Melosira</i> cf. <i>ambigua</i> (Grun.) O. Müller	2		2
<i>Melosira</i> cf. <i>italica</i> (Ehrenb.) Kütz.	1		
<i>Melosira</i> Ag. sp.		1	
<i>Surirella elegans</i> Ehrenb.			1

(forts.)

Organismer	5/5-67	4/7-67	4/12-67
BACILLARIOPHYCEAE (forts.)			
<i>Synedra acus</i> Kütz.	1	1	
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	4	4	4
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kütz.	2	2	1
<i>Tabellaria flocculosa</i> var. <i>Teilingii</i> Knudson		2	
CHRYSOPHYCEAE			
<i>Dinobryon divergens</i> Imhof		3	
DINOPHYCEAE			
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.M.F.) Schrank		2	1
<i>Peridinium Ehrenberg</i> sp.	1	1	
PROTOZOA			
cf. <i>Codonella cratera</i> Leidy	3	3	
ROTATORIA			
<i>Asplanchna</i> Gosse sp.		3	
<i>Conochilus</i> cf. <i>unicornis</i> Rouss.		3	2
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	2	3	3
<i>Notholca longispina</i> Kell.	2	4	
<i>Polyarthra</i> cf. <i>platyptera</i> Ehrenb.		3	
CRUSTACEA			
<i>Bosmina coregoni</i> Baird	2	2	
<i>Cyclops</i> O.F. Müller sp.		2	2
<i>Daphnia hyalina</i> var. <i>galeata</i> Sars		3	
cf. <i>Diaptomus</i> Westwood sp.		2	2
<i>Heterocope</i> Sars sp.		3	
Nauplier		3	
VARIA			
Fibre (trachéer og tracheider)	3		
Diverse organiske fragmenter	3		
Exuvier		2	
Humuspartikler med utfelt jern	3	2	2
Sand		2	

Tabell 60. Planktonorganismer i Holsfjorden juni-september 1930
(Omarbeidet etter Strøm 1932. Synononer og autornavn
er tilføyd.)

CYANOPHYCEAE

- Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Breb.
- Aphanocapsa delicatissima W. & G.S. West
- Chroococcus limneticus Lemm.
- Coelosphaerium Nägelianum Ung.
- Merismopedia tenuissima Lemm.

CHLOROPHYCEAE

- Arthrodesmus incus Hass.
- Asterococcus limneticus G.M. Smith
- Botryococcus Braunii Kütz.
- Chlamydomonas Snowii Printz
- Closterium aciculare var. subpronum W.&G.S. West
- Cosmarium depressum var. acondrum (Boldt) W. & G.S. West
- Cosmarium margaritifera Menegh.
- Crucigenia irregularis Wille (= C. rectangularis (A. Braun) Gay)
- Mougeotia Ag. sp.
- Oocystis Nägeli sp.
- Palmellacea
- Quadrigula Pfitzeri Schroeder
- Sphaerocystis Schroeteri (= Gloeococcus Schroeteri (Chod.) Lemm.)
- Staurostrum gracile Ralfs
- Tetrastrum Chod. sp.
- Ulothrix Kütz. sp.

BACILLARIOPHYCEAE

- Asterionella gracillima (Hantzsch) Heib.
- Cyclotella comta (Ehrenb.) Kütz.
- Melosira distans (Ehrenb.) Kütz.
- Melosira Ag. sp.
- Surirella splendida (= S. robusta var. splendida (Ehrenb.) van Heurck)
- Synedra nana Meister
- Synedra Ehrenb. sp.

BACILLARIOPHYCEAE (forts.)

Tabellaria binalis (Ehrenb.) Gran.

Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.

" var. asterionelloides Gran.

Tabellaria flocculosa var. pelagica (= T. flocculosa var. Teilingii
Knudson)

DINOPHYCEAE

Ceratium hirundinella (O.F.M.) Schrank

Glenodinium (Ehrenb.) Stein

Gymnodinium fuscum (Ehrenb.) Stein

Gymnodinium helveticum Penard

Gymnodinium cf. veris Lindem.

Gymnodinium (Ehrenb.) Stein sp.

Gyrodinium Kofoid & Swezy sp.

Peridinium inconspicuum Lemm.

Peridinium laeve Huitf.-Kaas

CHRYSOPHYCEAE

Chromulina cf. globosa Pasch.

Dinobryon suecicum Lemm.

Mallomonas acaroides Perty

cf. Phacomonas pelagica Lohm.

Rhizochrysis Scherffellii Pasch.

ANDRE ALGER

Cryptomonas Ehrenb. sp.

Rhodomonas lens Pasch. & Ruttn.

Rhodomonas Karsten sp.

MYCOPHYTA

Uidentifisert phycomycet

PROTOZOA

Codonella cratera Leidy

cf. Colpoda Steinii Maupas.

Didinium Stein

Euglypha Dujardin sp.

PROTOZOA (forts.)

Lohmaniella oviformis Leeg.
Strombidium Clap. & L. sp.
Diverse uidentifiserte

ROTATORIA

Cf. Ascomorpha ecaudis Perty
Asplanchna priodonta Gosse
Conochilus unicornis Rouss.
Notholca longispina (Kell.)
Polyarthra platyptera Ehrenb.

CRUSTACEA

Bosmina obtusirostris var. arctica Liljeb.
" var. lacustris Sars
Bythotrephes longimanus Leidy
Cyclops lacustris (= C. strenuus var. lacustris (Sars))
Cyclops strenuus Fischer
Daphnia galeata (D. hyalina var. galeata Sars)
Diaptomus gracilis Sars
Holopedium gibberum Zadd.
Leptodora Kindtii (Focke)
Limnocalanus macrurus Sars
Nauplier

ANDRE

Hydrachnide larver

7.7 Bakteriologiske forhold

På observasjonene i april (mai) juli og august ble det samlet inn bakteriologisk observasjonsmateriale. Analyseresultatene er gjengitt i tabell 61.

Den bakteriologiske undersøkelse i Holsfjorden er ikke bare av hygienisk interesse, men hensikten var at den eventuelt kunne gi bakgrunnsmateriale for vurdering av i hvilken grad Storelva blander seg inn i innsjøens hovedvannmasser.

På stasjonene 1, 2, 3 og 5 var vannets innhold av coliforme bakterier størst på observasjonsdagene 30. august - 1. september. De epilimniske vannmasser hadde de største populasjoner. På stasjon 4 var verdiene høyest på observasjonsdagen i juli, spesielt i overflatelagene.

Generelt viser undersøkelsen at vannmassene på stasjon 1 og stasjon 3 er minst utsatt for bakteriologisk forurensningspåvirkning. Dette gjelder både coliforme bakterier og kimtall.

De relativt høye bakterietall på stasjon 2 henger sannsynligvis i det vesentligste sammen med utslipp av kloakkvann i Syllingområdet. I samme område er det om sommeren betydelig badevirksomhet - noe som også kan bidra til bakteriologisk forurensning av de epilimniske vannmasser.

Som nevnt tidligere spiller Storelva en dominerende rolle med hensyn til den teoretiske forurensningsbelastning av innsjøen. Dette gjenspeiler seg til en viss grad i de bakteriologiske forhold på stasjon 4. Særlig var det i april og juli markert høyere verdier her enn på de andre stasjoner. På stasjon 5 var det både i juli og august relativt høye verdier, og betydelig høyere enn på stasjon 3. Det er mulig dette henger sammen med Storelvas innvirkning, slik at gjennomstrømmingen i vesentlig grad foregår i det nordlige område med strømretning fra Storelva til Vikersund, men gradientene er små og gir derfor ingen sikker indikasjon.

Tabell 61
Bakteriologiske analyseresultater
 Lokaltet: Tyrifjorden

Coliforme bakterier, 100 ml prøve		2		1		3			4		5					
Stasjon		26/4	3/7	1/9	26/4	4/7	31/8	27/4	4/7	31/8	5/5	6/7	30/8	5/5	6/7	30/8
m. dyp																
1		3	22	120	0	6	52	1	2	23	8	163	23	2	20	75
4		3	31	150	2	4	92	3	6	28	6	114	41	1	36	77
8		4	22	240	1	19	50	1	5	39	9	30	8	1	29	18
16		4	11	190	1	18	21	1	11	15	3	39	19	0	31	14
30		6	19	18	3	8	4	1	5	2	9	8	6	1	21 ^x	4
50		2	16		2	4		4	1		9	17				
Kimtall, 1 ml prøve			132	95	82	6	31	17	7	270	888	141	65	849	22	340
1																
4		380	1300	33	12	9	32	11	5	25	410	215	54	615	12	310
8			730	91	15	5	41		5	156	291	20	6	510	36	76
16			6	130	54	4	415	6	6	212	272	38	18	470	17	51
30		28	4	73	26	2	66	7	3	18	719	6	5	866	16 ^x	16
50			5		14	1		20	2		1226	17				

x gjelder 22 meters dyp

7.8 Sammenfattende diskusjon

Størsteparten av Tyrifjordens nedbørfelt er bygd opp av harde bergarter som grunnfjell, sparagmitter og sterkt omdannede kambrosiluriske bergarter. Disse bergartstyper er tungt løselige og betinger således elektrolyttfattig avrenningsvann. I områdene øst for søndre del av Randsfjorden, Randselva - Storelva og rundt Tyrifjorden består berggrunnen i det vesentligste av relativt lite omdannede kambrosilurbergarter som tildels inneholder kalk. Dreneringsvannet fra disse områder har derfor betydelig høyere elektrolyttinnhold.

Undersøkelsen har vist at elektrolyttinnholdet i selve Tyrifjorden er praktisk talt konstant gjennom hele året, og det er ingen vesentlig forskjell fra innsjøavsnitt til innsjøavsnitt. Dette har sammenheng med den utjevningen av de kjemiske forhold som foregår i de store innsjøer, Randsfjorden og Sperillen, nederst i hovedtilløpsvassdraget. Tyrifjordens nedbørfelt, ovenfor utløpet fra disse innsjøer, utgjør nemlig ca. 84% av det totale nedbørfelt, og eventuelle variasjoner i avrenningsvannet fra den resterende del av feltet vil derfor kunne ha relativt liten innflytelse på hovedvassdragets elektrolyttinnhold. Steinsfjorden, hvis nedbørfelt for en stor del ligger i de omtalte områder med lite omdannede kambrosilurbergarter, har betydelig høyere spesifikk ledningsevne (80 - 90 μS) enn Tyrifjorden forøvrig (ca. 30 μS).

Fig. 43 viser arealutnyttelse og bosettingsforhold m.m. i Tyrifjordens nedbørfelt. Ca. 50% av nedbørfeltet er lite produktive områder hvorav ca. 92% hører til Randsfjordens og Sperillens nedbørfelter. Store deler av disse områder består av høyfjell med en kvantitetsmessig sparsom vegetasjon. Ca. 40% av nedbørfeltet er bevokst med skog, hvorav ca. 25% ligger i den nederste del av feltet. Jordbruksvirksomheten er også av langt større betydning i den søndre del av feltet enn lengre nordover. Spesielt er områdene rundt Storelva - Randselva og søndre del av Randsfjorden viktige i denne sammenheng. Nedbørfeltets innbyggertall er ca. 84200, hvor ca. 29500 eller ca. 35% bor i den nedre del av feltet (sør for nedbørfeltene til Randsfjorden og Sperillen). Industrivirksomheten er også størst i denne del av feltet, og ved Hønefoss ligger bl.a. en stor treforedlingsbedrift som i følge tidligere undersøkelser har stor betydning for vassdragets forurensningstilstand nedenfor, særlig med hensyn til den organiske belastning.

Ovenfornevnte forhold er illustrert i tabell 62 som viser den teoretiske belastning ved utløp fra Randsfjorden, utløpet fra Sperillen, utløp Storelva og Dramselva ved Vikersund.

Tegnforklaring:

A: Tyrifj. totale nedb.felt

B: Nedb.felt ovenfor Randsfj. og Sperillen

C: — " — nedenfor — " — " —

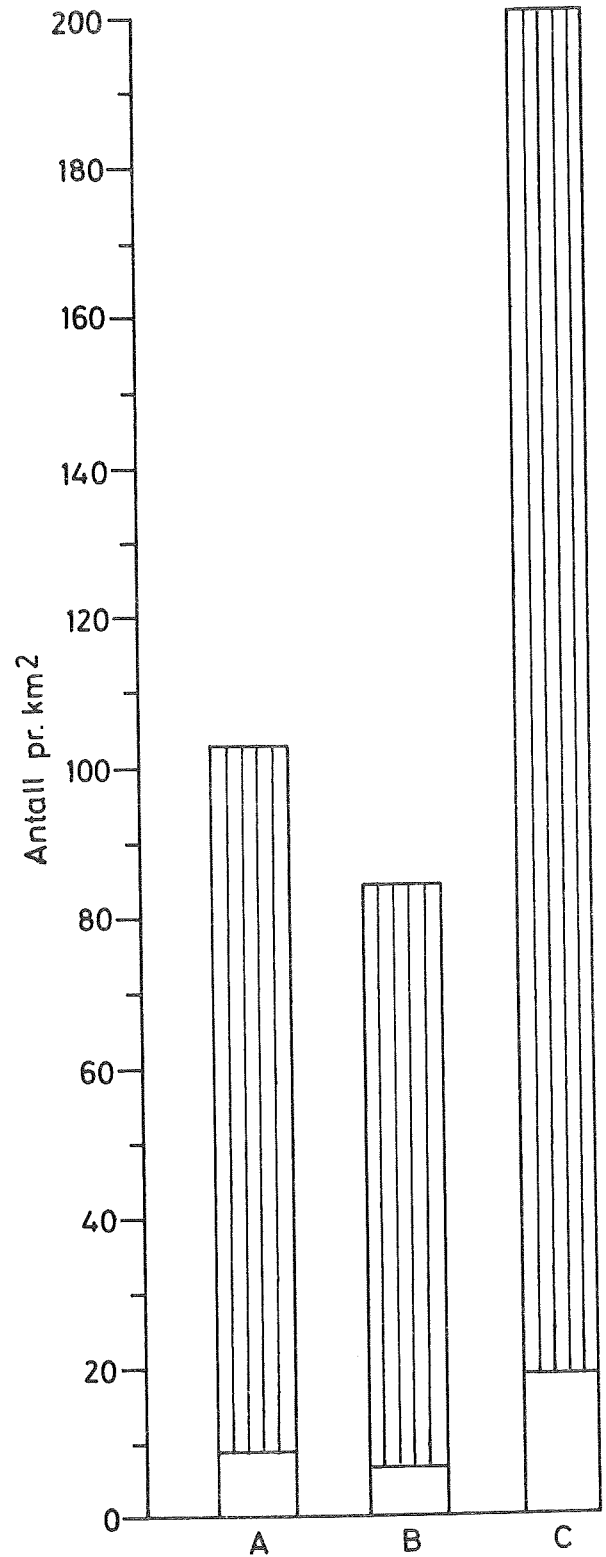
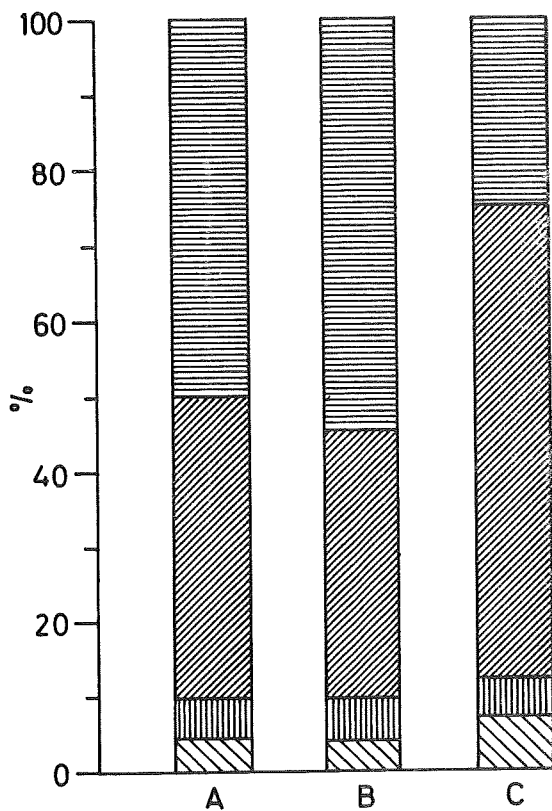
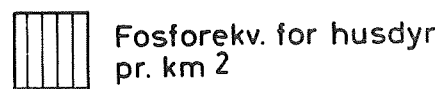
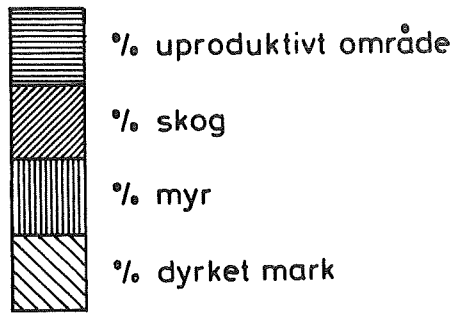


Fig.43 Tyrifjordens nedbørfelt. Arealutnyttelse og bosetningsforhold

Tabell 62 Teoretiske belastningstall for Randselva ved utløp fra Randsfjorden, Ådalselva ved utløp fra Sperillen, utløp Storelva i Tyrifjorden og Dramselva ved Vikersund

Sted	Personer pr. 1/sek	Husdyrfosforekv. pr. 1/sek	Mål dyrket mark pr. 1/sek	Industriekv. pr. 1/sek
Randselva	0,609	8,305	3,534	0,028
Ådalselva	0,216	2,372	1,518	0,053
Storelva	0,467	6,238	2,468	1,076
Dramselva	0,495	5,927	2,670	0,992

Bortsett fra industriforurensninger er den teoretiske forurensningsbelastning ved utløpet fra Randsfjorden betydelig større enn ved utløpet fra Tyrifjorden. Dette skyldes for det første den store bosetting og jordbruksaktivitet rundt den søndre del av Randsfjorden og dessuten den store forskjell i avløpselvenes middelvannføring (henholdsvis 58 og 170 m³/sek). Ådalselvas teoretiske belastning ved utløpet fra Sperillen er derimot relativt liten. Her kan bemerkes at forurensningsmaterialet som tilføres de store innsjøer Sperillen og Randsfjorden til en viss grad blir dekomponert og mineralisert, slik at de ikke representerer så stor belastning på Tyrifjorden som det materiale som tilføres fra den nedre del av feltet. Men disse forhold er det nødvendig å utrede nærmere.

De hydrografiske forhold i Tyrifjorden synes å være relativt stabile gjennom hele året. Dyplagenes årsvariasjon i temperatur dreier seg således om noen få tiendedels grader, fra ca. 3,7°C om vinteren til ca. 4°C om sommeren. De høyeste vanntemperaturer om sommeren ble observert i de epilimniske vannmasser i innsjøens nordlige områder. Dette kan være et resultat av at Storelvas vannmasser i stor utstrekning strømmer gjennom innsjøen i dette området. De bakteriologiske analyseresultater tyder også på at dette kan være tilfelle. Men på grunnlag av det foreliggende observasjonsmateriale er det umulig å gi noen sikker uttalelse på dette punkt, og det forannenvnte må derfor foreløpig betraktes som en antakelse.

Vannmassene var på alle stasjoner og på alle observasjonsdager godt mettet med oksygen. De noe høyere metningsverdier i epilimnion om sommeren enn om vinteren har sammenheng med at vannmassene står i kontakt med luften, men det er mulig at fotosynteseprosesser spiller en viss rolle i denne sammenheng. Vannets pH-verdier og forbruk av nitrater i denne periode tyder på at produksjonen kan være av en viss betydning. Vannets innhold av organisk materiale er relativt lavt (ca. 3 mg O/1), og forbruk av oksygen i dyp-

lagene som følge av nedbrytning av organisk materiale er foreløpig lite. Vannets farge varierte stort sett mellom 14 og 20 mg Pt/l over alt i innsjøen. Den lave og stabile farge og organiske belastning skyldes sannsynligvis tildels den relativt stabile vannkvalitet i hovedvassdraget, hvilket, som allerede nevnt, bl.a. skyldes vannets oppholdstid i de store innsjøene Randsfjorden og Sperillen, og tildels vannets lange oppholdstid i Tyrifjorden. Den teoretiske oppholdstid er her 2,6 år, men hvis hovedvannmassene i stor utstrekning går gjennom innsjøen i det nordlige område, er den teoretiske oppholdstid i Holsfjorden betydelig lengre - noe som kan betinge effektiv nedbrytning av organisk materiale.

Vannets innhold av plantenæringsstoffer er relativt lavt, men likevel tilstrekkelig for en viss planktonproduksjon om sommeren. Vannmassene er imidlertid til sine tider betydelig påvirket av bakteriologiske forurensninger. Særlig er det blitt påvist relativt høye colitall i innsjøområdene utenfor Storelva og lengst sør i Holsfjorden (Syllingområdet). Det er nærliggende å tro at denne bakteriebelastning har sammenheng med tilførsel av kloakkvann. Randselva og Storelva, men også de nordlige områder av Tyrifjorden er således resipienter for betydelige kloakkvannmasser. I Syllingområdet er det også betydelige utslipp av forurensninger. Dessuten bidrar sannsynligvis også sommerens bade- og rekreasjonsaktivitet til den observerte bakterieforurensning.

NORSJØ

8 NORSJØ

8.1 Undersøkelser

De fysisk-kjemiske og biologiske forhold i Norsjø er tidligere lite undersøkt. I forbindelse med at lokaliteten brukes som vannforsyningskilde for Norsk Hydro, Herøya, er det av denne bedrift blitt foretatt visse fysisk-kjemiske undersøkelser av vannet i Fjærekilen (sør i innsjøen).

Etter oppdrag fra Nome kommune foretok Norsk institutt for vannforskning den 22. august 1966 en limnologisk undersøkelse av Norsjø utenfor det nye vanninntak for Ulefoss vannverk. Norsk institutt for vannforskning, oppdrag nr. 48/65: En undersøkelse av Norsjø som vannkilde for Ulefoss vannverk. Blindern, september 1966. Rapporten inneholder bl.a. en del fysisk-kjemiske observasjonsdata.

I 1967 har Norsk institutt for vannforskning foretatt en limnologisk undersøkelse av Norsjø etter oppdrag fra Skien og Porsgrunn kommuner (instituttets oppdrag nr. 1/67). Feltarbeidet i forbindelse med denne undersøkelse ble avsluttet i november s.å.

Den følgende beskrivelse er basert på materiale fra alle disse undersøkelser.

8.2 Geografiske forhold

Norsjøns nedbørfelt er 9975 km² (fig. 44). Den overveiende del av nedbørfeltet ligger i det sørnorske grunnfjellsområde som er bygd opp av gneiser, granitter, kvartsitter o.l. I nordvest grenser feltet inn på et område med sterkt omdannede kambrosiluriske bergarter (fyllitter og glimmerskifre). Berggrunnen er i stor utstrekning dekket med et tynt lag med bregrus, tildels med lynghumus og torvjord. Nedenfor den marine grense (100 - 150 m.o.h.) som ligger i høyde med Notodden, er det store løsavsetninger med leire, sand og grus som er blitt avsatt i havet. I dalførene over dette nivå er det tildels store mengder vanntransportert materiale - sand og grus - som ofte forekommer i hauger og rygger.

8.3 Nedbørfeltet, Utnyttelse og virksomheter

Opplysninger angående nedbørfeltets utnyttelse, jordbruksvirksomheter og befolkningstetthet er stilt sammen i tabell 63.

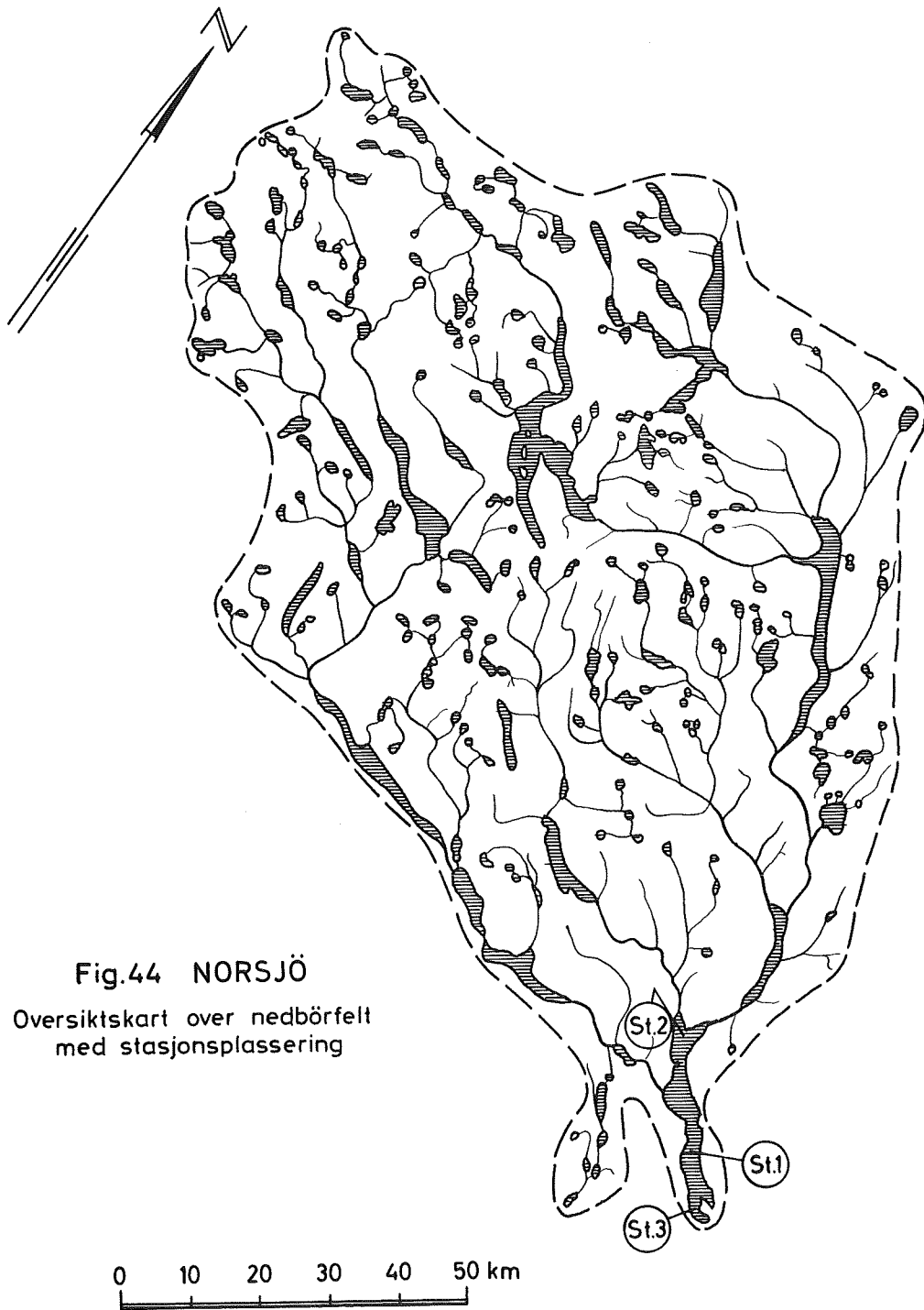


Fig.44 NOR SJÖ
Oversiktskart over nedbørfelt
med stasjonsplassering

Tabell 63 Oversikt over virksomheter i Norsjøns nedbørfelt

Faktorer	Arealer km ²	Antall	%-vis fordeling	Antall/km ²
Nedbørfelt	9975,0		100	
Skog	1932,8		19,4	
Myr	246,4		2,5	
Dyrket mark	199,8		2,0	
Uproduktivt område	7596,0		76,2	
Befolkning		54800		5,5
Storfe		19300		1,9
Småfe		38200		3,8
Fosforekv. for husdyr		249800		25,0

Som tabellen viser består ca. 76% av Norsjøns nedbørfelt av innsjøer, høyfjell og lite produktive områder. De viktigste jordbruksområder ligger i de nedre deler av dalførene. Særlig er områdene like nord for Norsjø og rundt Heddalsvatnet viktige i denne sammenheng. Disse områder er også relativt tett befolket. Innbyggerantallet i Notodden, Sauherad og Nome kommuner var således pr. 1. januar 1967 henholdsvis 13680, 3760 og 7163 (tilsammen 24603). Tinn kommune med Rjukan, som ligger lengre oppe ved vassdraget, hadde samme dato 9253 innbyggere.

Det er særlig 3 sentre i Norsjøns nedbørfelt hvor det er betydelig industri. Dette gjelder Rjukan, Notodden og Ulefoss.

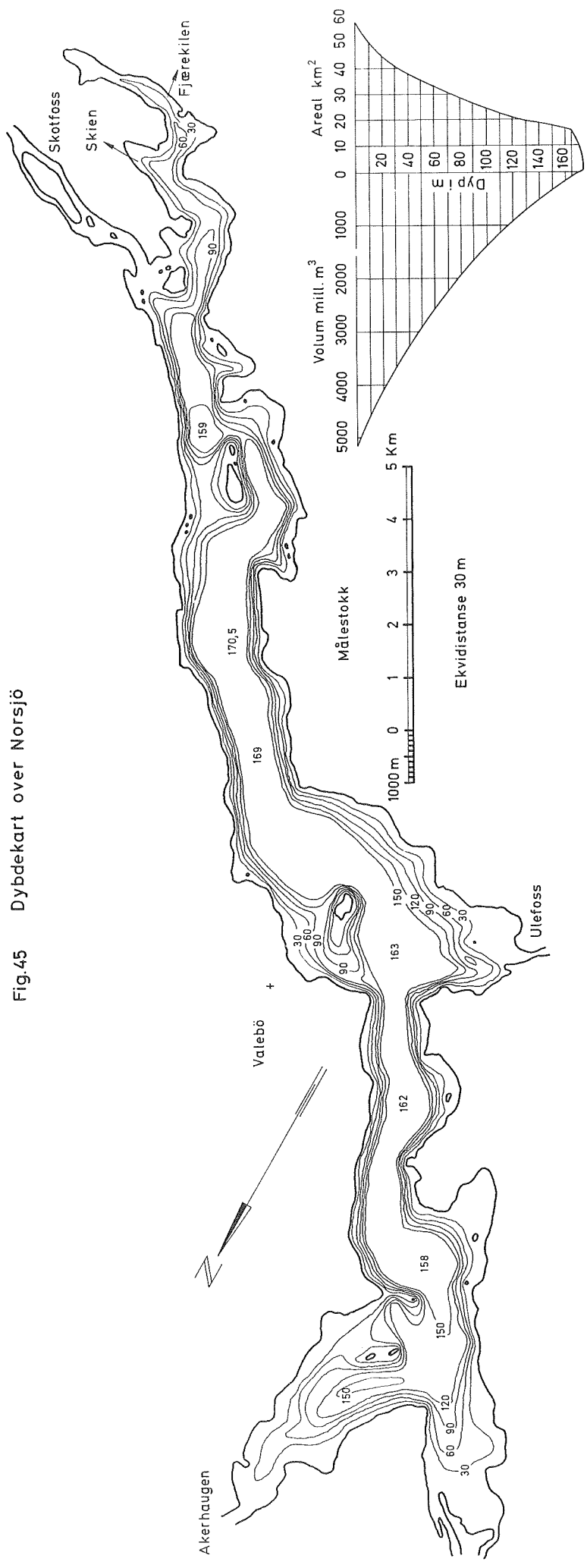
På Rjukan er det særlig Rjukan salpeterfabrikk som må nevnes. Ellers finnes her bedrifter innen jern- og metallindustri, plastindustri, trevareindustri, samt et meieri.

Notodden er et typisk industrisentrum, og her finnes flere bedrifter innen kjemisk industri, tekstilindustri (plastindustri) samt jern- og metallindustri. Av industri som har betydning for vannmassenes belastning med organisk stoff kan nevnes et tresliperi, slakterianlegg samt meieri.

Ved Ulefoss er det to tresliperier. Her finnes også bedrifter innen jern- og metallindustrien.

I nedbørfeltet til Norsjø ellers, finnes fire meierier, et slakterianlegg samt en rekke mindre bedrifter, særlig trevarefabrikker og jern- og metallindustri.

Fig.45 Dybdekart over Norsjø



8.4 Morfometriske og hydrologiske forhold

Norsjø er loddet opp av Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen som også har tegnet dybdekart over lokaliteten med 30 meters koteavstand. Dybdekartet er gjengitt i fig. 45.

Norsjø er en ca. 30 km lang og relativt smal fjordsjø. De fleste steder skråner terrenget relativt bratt fra bredden ned mot dypet, mens selve bunnen er jevn og flat. Bare i begge ender og utenfor de største tilsigselvene er det mer slake skråninger og grunne partier.

Morfometriske og hydrologiske data for Norsjø er satt opp i tabell 64.

Tabell 64 Morfometriske og hydrologiske data

Høyde over havet	15	m
Største lengde	29,2	km
Største bredde	4,1	km
Overflate med øyer	59,2	km ²
Overflate uten øyer (A)	58,4	km ²
Nedbørfelt	9975	km ²
Sjøens overflate som % av nedbørfelt	0,58	%
Største målte dyp	170,5	m
Volum	5100	mill.m ³
Middeldyp	87,3	m
Strandlinjens lengde (S)	56,5	km
Strandlinjens utvikling $\frac{S}{2\sqrt{A\pi}}$	2,0	
Midlere avrenning	298	m ³ /sek
Teoretisk oppholdstid	ca.200	døgn

8.5 Hydrografiske forhold

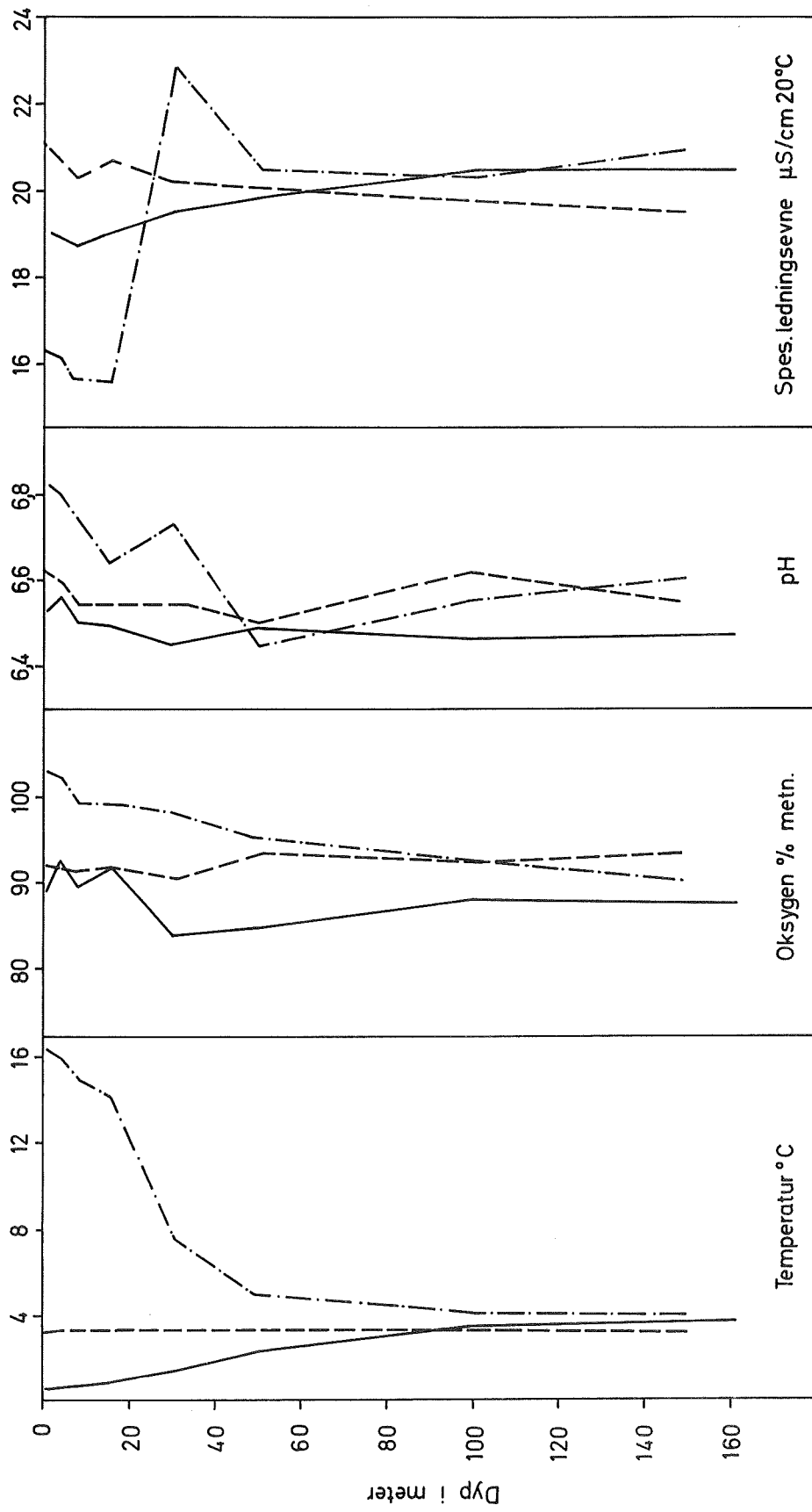
Observasjonssteder og prøvetakingstidspunkt for de undersøkelser av Norsjø, som er utført av instituttet, er satt opp i tabell 65.

Tabell 65 Observasjonssteder og prøvetakingstidspunkt

Stasjon	Prøvetakingssted	1967		
		22/8 1966	10/5	29/8
1	Utenfor Ulefoss nye vanninntak	22/2	10/5	29/8
2	Midt i fjorden ut for Olsbryggen	21/2	10/5	29/8
3	Mellom Nes og Haug (nordenden)	22/2	11/5	29/8
	Fjærekilen (sørenden)			

Fig.46

Norsjö st.1
Hydrografiske forhold 1967



- 22 / 2 - 67
- - - 10 / 5 - 67
- · - 29 / 8 - 67

Tabell 66

Kjemiske analyseresultater - Middelveidier

Lokalitet: Norsjø

Tidsrommet: 21/2 - 29/8 1967

Stasjon Komponent	1			2			3		
	Middel- tall	Variasjonsbredde	Antall målinger	Middel- tall	Variasjonsbredde	Antall målinger	Middel- tall	Variasjonsbredde	Antall målinger
Dato	22/2-29/8 1967			21/2-29/8 1967			22/2-29/8 1967		
Surhetsgrad pH	6,57	6,45 - 6,82	24	6,52	6,22 - 6,93	22	6,55	6,46 - 6,74	19
Spes. ledn. evne 20°C, μ S/cm	19,5	15,7 - 23,0	24	19,4	16,6 - 21,2	22	19,7	16,5 - 22,5	20
Farge mg Pt/l	14	11 - 17	24	16	12 - 22	22	14	11 - 20	20
Turbiditet mg SiO ₂ /l	0,9	0,4 - 1,6	24	1,2	0,6 - 2,7	22	1,3	0,6 - 1,9	20
Permanganattall mg O/l	2,0	1,1 - 3,9	24	2,1	1,6 - 3,7	22	2,0	1,5 - 2,4	20
Klorid mg Cl/l	1,0	0,8 - 1,3	8	0,8	0,7 - 1,2	8	1,1	0,9 - 1,6	8
Sulfat mg SO ₄ /l	2,2	1,1 - 2,8	8	2,5	1,8 - 2,8	8	2,4	1,9 - 3,0	8
Fosfat, orto μ g P/l	2	<2 - 4	8	3	<2 - 13	7	3	<2 - 5	8
Fosfat, total μ g P/l	7	5 - 14	8	10	6 - 13	7	7	6 - 13	8
Nitrat μ g N/l	253	207 - 290	8	303	223 - 440	8	254	195 - 285	8
BFA mg N/l	0,12	0,09 - 0,15	8	0,14	0,11 - 0,18	8	0,12	0,07 - 0,18	8
Alkalitet ml N/10 HCl/l	1,58	1,31 - 1,77	8	1,31	1,01 - 1,74	8	1,34	1,28 - 1,80	8
Total hårdhet mg CaO/l	4,5	3,8 - 5,0	8	4,5	3,9 - 5,0	8	3,8	3,6 - 4,6	8
Kalsium mg Ca/l	2,02	1,73 - 2,22	8	1,99	1,84 - 2,22	8	2,01	1,73 - 2,22	8
Magnesium mg Mg/l	0,30	0,29 - 0,39	8	0,32	0,29 - 0,36	8	0,32	0,26 - 0,38	8
Kalium mg K/l	0,16	0,04 - 0,38	8	0,23	0,00 - 0,37	8	0,21	0,00 - 0,31	8
Natrium mg Na/l	0,64	0,61 - 0,98	8	0,75	0,63 - 0,85	8	0,73	0,62 - 0,92	8
Jern μ g Fe/l	29	18 - 40	6	30	20 - 45	7	29	22 - 40	8
Mangan μ g Mn/l	14	5 - 30	13	46	8 - 105	8	16	7 - 21	8
Silisium mg SiO ₂ /l	2,3	1,8 - 2,6	8	2,4	1,8 - 2,6	8	2,3	1,8 - 2,6	8

Analyseresultatene er gjengitt i rapport I, Del 3 Hydrografiske tabeller, nr. 64 - 73. Resultatene fra stasjon 1 er illustrert i fig. 46.

8.5.1 Temperaturforhold

På observasjonsdagen den 21. - 22. februar 1967 var det på alle stasjoner i Norsjø en invers termisk lagdeling med relativt kaldt vann (<1°C) ned til ca. 20 meters dyp. I dyplagene under 70 meters dyp, lå temperaturen i intervallet 3 - 4°C. Den 10. - 11. mai varierte temperaturen mellom 3 og 4°C på alle stasjoner og i alle dyp. Temperaturverdiene var lavest på stasjon 1. Temperaturmålingene den 29. august viser at sprangsjiktet var etablert i 25 - 30 meters dyp, med temperaturer på 14 - 16°C og 4 - 5°C i henholdsvis epi- og hypolimnion. De temperaturmålinger som er utført av Norsk Hydro viser også en liknende lagdeling om sommeren.

8.5.2 Kjemiske forhold

8.5.2.1 Oksygenforhold

Oksygenmetningen varierte stort sett mellom 90 og 100% på alle stasjoner og i alle dyp, og det ble ikke registrert nevneverdig oksygenforbruk i dyplagene under stagnasjonsperiodene.

8.5.2.2 Andre kjemiske forhold

Middelverdier for kjemiske analysedata er gjengitt i tabell 66.

pH De registrerte pH-verdier varierte stort sett mellom pH 6,5 og 6,8, og det var følgelig ikke markerte forandringer i vannets pH fra årstid til årstid.

Spesifikk ledningsevne Tabell 67 viser verdier for vannets spesifikke ledningsevne på de forskjellige observasjonsdager og stasjoner.

Tabell 67 Spesifikk ledningsevne 1967

Stasjon	m dyp Dato	1	4	8	16	30	50	100	150
2	22/2	19,0	19,5	18,7	19,4	19,7	19,9	20,4 ¹⁾	
	10/5	21,1	20,1	20,0	20,2	20,1	21,2	20,5	
	29,8	17,3	16,6	16,7	17,1	17,6			
1	22/2	19,0	18,9	18,7	19,0	19,5	19,8	20,5	20,5 ²⁾
	10/5	21,0	20,7	20,3	20,7	20,3	20,1	19,8	19,5
	29/8	16,3	16,2	15,7	15,6	23,0	20,6	20,3	20,9

Tabell 67 (forts.)

Stasjon	m dyp	1	4	8	16	30	50	100	150
	Dato								
3	22/2	20,1	19,5	19,7	20,0	20,7	22,5 ³⁾		
	11/5	20,0	20,2	20,4	20,8	20,3	20,2		
	29/8	17,2	16,9	16,7	16,5	19,3	20,7	21,7 ⁴⁾	

1) gjelder 111 meters dyp, 2) gjelder 162 meters dyp, 3) gjelder 74 meters dyp og 4) gjelder 75 meters dyp

Resultatet viser at den spesifikke ledningsevne på alle stasjoner i august var markert lavere i epilimnion enn i hypolimnion hvor den spesifikke ledningsevne var av samme størrelsesorden på alle prøvetakingsdager. På en og samme observasjonsdag var det heller ingen markert forskjell i ledningsevnen i korresponderende dyp på de forskjellige stasjoner. Elektrolyttinnholdet er lavt, og det er derfor ikke mulig med sikkerhet å fastslå eventuelle variasjoner for de enkelte kjemiske komponenter som er av betydning i denne sammenheng.

Partikulært og organisk materiale I februar og august var turbiditeten < 1 mg SiO_2 /l på alle stasjoner og i alle dyp. I mai var verdiene noe høyere og lå stort sett i området 1 - 2 mg SiO_2 /l. Heller ikke da var det noen vesentlig forskjell fra stasjon til stasjon.

Fargeverdiene lå hele tiden i området 10 - 20 mg Pt/l på alle stasjoner og i alle dyp. De høyeste verdier ble observert i mai.

Heller ikke permanganatverdiene varierte nevneverdig fra stasjon til stasjon og i de forskjellige dyp. De vanligste verdier lå i området av 2 mg O/l.

Jern og mangan Verdiene for jern- og manganforbindelsene var vanligvis lavere enn henholdsvis 50 μg Fe/l og 30 μg Mn/l.

Silisium Vannets innhold av silisiumforbindelser lå i området av 2,5 mg SiO_2 /l.

Plantenæringsalter (fosfor- og nitrogenforbindelser) Verdiene for orto- og totalfosfat var vanligvis lavere enn henholdsvis 4 μg P/l og 15 μg P/l, og det var ingen systematisk variasjon med tiden eller dypet. I mai ble det overalt observert noe høyere nitratverdier enn i februar og august. På alle observasjonsdager var nitratinnholdet og BFA-verdiene noe høyere på stasjon 2

(nord) enn på stasjon 1 og 3. Vannets nitratinnhold lå vanligvis i området 200 - 300 µg N/l, mens BFA-verdiene alltid var <0,2 mg N/l. Verdiene for total nitrogen (NO₃ + BFA) er gjengitt i tabell 68.

Tabell 68 Verdier for total nitrogen (µg N/l) 1967

Stasjon	2			1			3		
Dato	22/2	11/5	29/8	22/2	11/5	29/8	22/2	11/5	29/8
m dyp									
4	590	425	403	357	380	320	400	355	375
30		420	403		390	355	385	350	365
50	460							370	425
100		425	445 ¹⁾	400	410	390 ²⁾			

1) gjelder 120 meters dyp, 2) gjelder 150 meters dyp.

8.5.3 Diskusjon av de hydrografiske forhold

Som nevnt tidligere har Norsjø en relativt kort teoretisk oppholdstid, nemlig ca. 200 døgn. De hydrografiske observasjonsresultater viser også at det foregår en betydelig gjennomstrømning i de øverste vannmasser under stagnasjonsperiodene. De lave vintertemperaturene ned til 20 - 30 m er således i vesentlig grad blitt etablert ved gjennomstrømning av kaldere vannmasser. Gjennomstrømningen er også årsak til at sprangsjiktet er så lite utpreget under sommerstagnasjonsperiodene. Det siste fenomen er også flere ganger blitt registrert av Norsk Hydro. Relativt stabile og lave temperaturer oppnås først under 35 - 40 meters dyp. Hele sommeren 1967 var vannføringen i tilløpselvene betydelig større enn normalt. Dette hadde bl.a. betydning for den spesifikke ledningsevne som i august var markert lavere i epilimnion enn i hypolimnion (dyplagene).

Vannet i Norsjø, med en hårdhet på <5 mg CaO/l, er meget bløtt. Surhetsgraden var relativt konstant og lå i området pH 6,5 - 6,8. Vannmassene er lite påvirket av organisk og partikulært materiale, og vannets farge ligger i området av 10 - 20 mg Pt/l. Dekomponering av organisk materiale og derved lavere oksygeninnhold i innsjøens dypvannsmasser under stagnasjonsperiodene, er lite utpreget. Norsjø må derfor karakteriseres som en oligotrof innsjø.

Vannets innhold av plantenæringsstoffer er lavt. Nitratinnholdet var noe høyere om våren enn ellers. Dette kan ha sammenheng med avrenning av gjødselstoffer fra jordbruket. At nitratverdiene er noe høyere i de nordligste områder av innsjøen har sammenheng med at tilførselen av slike stoffer er størst i dette området. Under befaringen av Skiensvasdraget i tidsrommet 2. - 10. september 1967 var innholdet av total nitrogen pr. liter ved utløpet av Sauereelva, Bøelva og Eidselva henholdsvis 470 µg, 222 µg og 145 µg. Dette

svarer ved normal vannføring (henholdsvis 140, 29,6 og 122 alt i m³/sek) til en total tilførsel på henholdsvis 66 - 7 og 18 g nitrogen pr. sek. Disse nitrogenmengder svarer forøvrig ved normal vannføring til ca. 310 µg N/l ved utløpet av Norsjø. Den observerte verdi ved utløpet var 345 µg N/l.

De øvrige observasjonene fra den nevnte befarig er det gjort rede for i egen rapport om Skiensvassdraget (rapport I, Del 2. Skiensvassdraget).

8.6 Biologiske forhold

Det ble innsamlet et materiale av plankton samtidig med den hydrografiske prøvetaking i 1967. Dette materialet er ikke bearbeidet.

8.7 Bakteriologiske forhold

De bakteriologiske forhold i råvannet for Norsk Hydro (pumpe-stasjon - tunnelvann) er etter oppdrag fra nevnte bedrift blitt undersøkt av Næringsmiddelkontrollen i Porsgrunn. Resultatene er gjengitt i tabell 69.

Resultatene viser at vannmassene i Fjærekilen i liten grad er påvirket av bakteriologiske forurensninger.

Tabell 69 Bakteriologiske analyseresultater fra prøver tatt i pumpe-stasjonen for vannverket til Norsk Hydro. Tallene for antall kim angir middelverdier. Tallene for coliforme bakterier angir antall prøver

Måned	Prøver i alt	Antall kim pr. ml	Antall coliforme bakterier pr. 100 ml			
			0		0 - 10	
			Tot. coli	E-coli	Tot. coli	E-coli
<u>1964</u>						
August	1	2	1			
September	1	1	1			
Oktober	1	2	1			
November	1	5			1	
Desember	3	3			3	2
<u>1965</u>						
Januar	2	4	2			
Februar	2	3		1	2	1
Mars	1	1			1	
April	7	5	3	4	4	3
Mai	6	3	3	3	3	3
Juni	5	2	4	4	1	1

Tabell 69 (forts.)

Måned	Prøver i alt	Antall kim pr. ml	Antall coliforme bakterier pr. 100 ml			
			0		0 - 10	
			Tot. coli	E- coli	Tot. coli	E- coli
Juli	3	2	3	3		
August	3	2	2	3	1	
September	4	1	3	4	1	
Oktober	4	1	3	4	1	
November	5	5	4	4	1	1
Desember	2	6	2	2		
<u>1966</u>						
Januar	5	2	4	4	1	1
Februar	4	1	4	4		
Mars	4	3	4	4		
April	4	3	4	4		
Mai	5	7	3	3	2	2
Juni	3	4	2	3	1	
Juli	2	25	1	1	1	1

8.8 Sammenfattende diskusjon

Den overveiende del av nedbørfeltet til Norsjø ligger i det sørnorske grunnfjellsområde, som er bygd opp av gneiser, granitter, kvartsitter o.l., bergarter som alle er motstandsdyktige mot kjemisk forvitring. Vannets elektrolyttinnhold er således lavt. Det var ingen vesentlig forskjell i vannets elektrolyttinnhold på de forskjellige stasjoner. I august var den spesifikke ledningsevne i de epilimniske lag markert lavere enn i dyplagene, og også lavere enn på de andre observasjonsdager. Dette kan henge sammen med innsjøens relativt korte teoretiske oppholdstid og at vannføringen i tilløpselvene var betydelig større enn normalt hele sommeren 1967. Disse spesielle forhold har vel også betydning for andre hydrografiske forhold. Den termiske sjiktning var således lite utpreget under sommerstagnasjonsperioden, og stabile og lave temperaturer ble først oppnådd under 30 - 40 meters dyp. I følge opplysninger fra Norsk Hydro er dette et fenomen som går igjen hver sommer. Vannets lave temperaturer ned til 20 - 30 meters dyp om vinteren har nok også sin årsak i relativt stor gjennomstrømning.

Arealutnyttelse, bosettingsforhold o.l. er gjengitt i tabell 70.

Tabell 70 Arealutnyttelse, bosettingsforhold og middelvannføring for de viktigste tilløpselver og for avløpselven

Faktorer	Sauerelva	Bøelva	Eidselva	Skienselva
Nedbørfelt, km ²	5147	1020	3541	9975
Middelvannføring i m ³ /sek	138	30	122	298
Skog, km ²	765	250	764	1933
Dyrket mark, km ²	65	49	73	200
Antall personer	27142	7763	15372	54744
Antall fosforekvivalenter for husdyr	77600	58400	97900	249800
Antall industriekvivalenter	40300	800	15400	56500
Antall personer pr. km ²	5,3	7,6	4,3	5,5
Antall fosforekv. pr. km ²	15,1	57,2	27,6	25,0
Antall industriekv. pr. km ²	7,8	0,8	4,3	5,7

Mesteparten, eller ca. 76%, av nedbørfeltet er lite produktive områder som i stor utstrekning består av høyfjellsområder med sparsom vegetasjon vurdert kvantitetsmessig.

Ca. 1933 km², eller ca. 19%, av Norsjøns nedbørfelt er bevokst med skog. I Sauerelvas og Eidselvas nedbørfelt er de totale skogarealer omtrent like store (begge med ca. 40% av de samlede skogarealer). Jordbruksarealene, som i det vesentligste er konsentrert i de lavereliggende områder, utgjør ca. 2% av nedbørfeltet. Av arealene rundt Norsjø og i Bøelvas nedbørfelt er ca. 6% dyrket mark.

Befolknings tettheten, som for hele nedbørfeltet er 5,5 personer pr. km², er også større i den nedre del av feltet. Dette gjelder særlig områdene rundt utløpene av Sauerelva, Bøelva og Eidselva.

De viktigste industritiltak i nedbørfeltet som kan ha betydning i denne sammenheng, er beskrevet i rapport I, Del 2. De bedrifter som sannsynligvis har størst betydning for Norsjøns forurensningstilstand er salpeterfabrikken på Rjukan, samt treforedlingsbedriftene på Notodden og Ulefoss.

Tabell 71 gjengir kjemiske data observert ved befaringen 4. - 9. september 1967 for de elver som er behandlet ovenfor, samt middelverdiene for Norsjø, stasjon 1.

Tabell 71 Kjemiska data for de viktigste tilløpselver og for avløpselven

Komponent	Sauerelva	Bøelva	Eidselva	Skienselva	Norsjø st. 1
Spesifikk ledningsevne, $\mu\text{S}/\text{cm}$	19,0	22,0	16,0	20,0	19,5
Farge, mg Pt/l	5	16	6	13	14
Permanganattall, mg O/l	1,6	3,3	1,7	1,6	2,0
Fosfat, orto $\mu\text{g P}/\text{l}$	11	11	6	18	2
Fosfat, total $\mu\text{g P}/\text{l}$	21	21	13	27	7
Nitrat, $\mu\text{g N}/\text{l}$	250	42	45	155	253
BFA, mg N/l	0,22	0,18	0,10	0,19	0,12

De kjemiske observasjonsresultater fra elvene gjelder altså enkeltprøver, mens resultatene fra innsjøene gjelder middelerverdier fra 3 observasjonsserier. Disse observasjoner kan derfor ikke direkte sammenliknes. Dessuten skal det poengteres at vannføringen under vassdragsbefaringen var uvanlig stor i Sauerelva og Eidselva, og resultatene er således ikke representative for de normale forhold. Sammenliknet med forholdene i innsjøen og i avløpselven (Skienselva) er vannets farge og innhold av organisk stoff lavt i de nevnte tilløpselver. Bøelva merker seg ut i denne sammenheng - noe som muligens henger sammen med mer normal vannføring samt at jordbruksvirksomheten i dennes nedbørfelt er relativt stor. Dessuten spiller sannsynligvis de store innsjøer nederst i Sauerelva og Eidselva en viss rolle for utjevning av de kjemiske forhold rent generelt, og kanskje spesielt for nedbrytning og mineralisering av organisk materiale.

Som tabell 71 viser var analyseresultatene, når det gjelder vannets innhold av nitrater og ammonium, markert høyere i Sauerelva enn i Bøelva og Eidselva. Hverken de geografiske forhold, jordbruksvirksomheten eller bosettingsforholdene er særlig ulike i de forskjellige elvers nedbørfelt. Men som tidligere nevnt ligger det ved Rjukan en salpeterfabrikk, og det er rimelig å anta at denne bedrift er ansvarlig for vannets høyere innhold av total nitrogen i dette vassdrag enn i de øvrige.

Vannets innhold av fosfater synes å være noe lavere i Eidselva enn i de andre tilløpselver, men ut fra det foreliggende analysemateriale er det vanskelig å ha noen sikker formening om disse forhold.

Vannets kjemiske sammensetning i Norsjø synes å være relativt stabil gjennom hele året. Dekomponering av organisk materiale og derved lavere oksygeninnhold i innsjøenes dypvannsmasser under stagnasjonsperioder, er lite utpreget. Norsjø kan derfor karakteriseres som en oligotrof innsjø.

SAMMENLIKNEDE DISKUSJON

9 SAMMENLIKNENDE DISKUSJON

De foran beskrevne store innsjøer er på mange måter blant de viktigste vannforekomster i Norge. Innsjøene ligger sentralt til i de tettbebygde områder på Østlandet, og alle er derfor i større eller mindre grad utsatt for forskjelligeartede sivilisatoriske påvirkninger. På grunnlag av det foreliggende observasjonsmateriale er det imidlertid vanskelig å gi noen fullstendig vurdering av betydningen disse påvirkninger har for de enkelte lokaliteter. Like-
dan er det vanskelig å vurdere hvordan de forskjellige innsjøer står i forhold til hverandre både når det gjelder tilstanden idag og deres videre utvikling.

Data angående innsjøenes geografiske forhold, teoretisk belastning og hydrografiske forhold er gjengitt i tabell 72. Enkelte av disse opplysninger er tegnet grafisk i fig. 47.

Når det gjelder de geografiske forhold er det særlig to av de undersøkte innsjøer som merker seg ut, nemlig Mjøsa p.g.a. sin størrelse og vannmassenes lange oppholdstid og Øyeren p.g.a. vannmassenes korte oppholdstid. Vannmassenes oppholdstid i en innsjø har stor betydning for nedbrytning av organisk stoff. Jo lengre oppholdstiden er, desto mer vidtgående er gjerne nedbrytningen og dermed innsjøens såkalte selvrensningsevne. Øyerens korte oppholdstid kan betinge at det tilførte forurensningsmateriale i stor utstrekning passerer innsjøen uten vesentlig omdannelse. Dette vil ha betydning bl.a. for eutrofiutviklingen. I en innsjø med lang oppholdstid, f.eks. Mjøsa, vil plantenæringsstoffer kunne bli holdt tilbake, slik at de senere kan komme planktonproduksjonen til gode. Generelt fremmes altså eutrofieringsutviklingen med økende oppholdstid, men likevel er det vanskelig å gradere innsjøens eutrofiutvikling i tid ut fra denne parameter. På grunnlag av vannmassenes oppholdstid skulle også Hurdalsjøen, Tyrifjorden og Randsfjorden ha en relativt god selvrensningsevne. Vannmassenes oppholdstid i Norsjø er betydelig kortere og kan betinge mindre nedbrytning av organisk stoff og lagring av næringssalter.

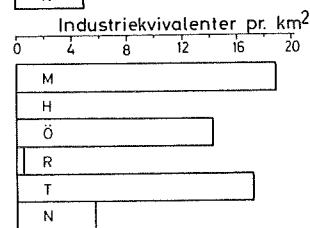
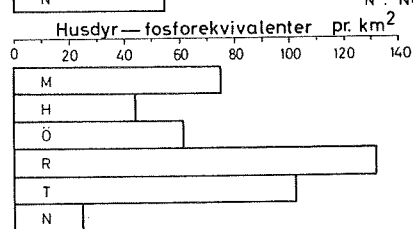
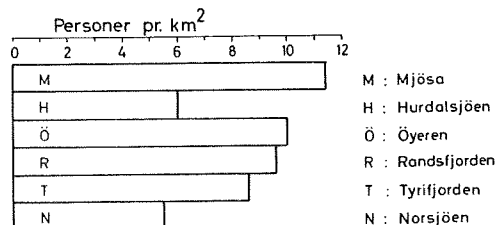
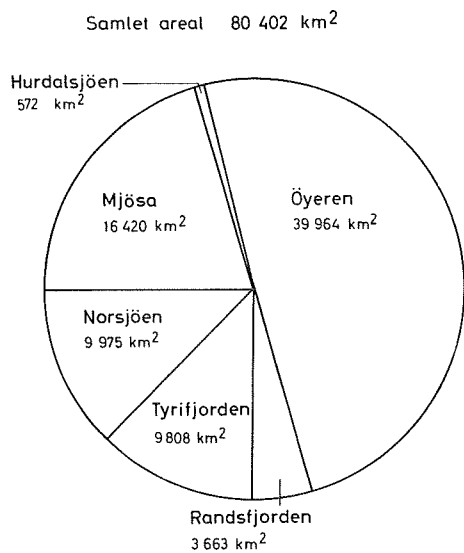
Utviklingen mot eutrofe forhold vil arte seg forskjellig i grunne og dype innsjøer. I dype innsjøer vil utløste næringssalter fra bunnsedimentene i langt mindre grad komme produksjonssonen til gode enn i grunne innsjøer. Videre vil nedbrytningen av organisk stoff i bunnsedimentene p.g.a. temperaturforholdene være mer effektiv i en grunn innsjø sammenliknet med i en dyp. Et viktig forhold er dessuten at større vannmasser står til rådighet i dype innsjøer, slik at fortynningseffekten blir større. De behandlede innsjøer kan alle bortsett fra Øyeren, karakteriseres som dype.

Tabell 72

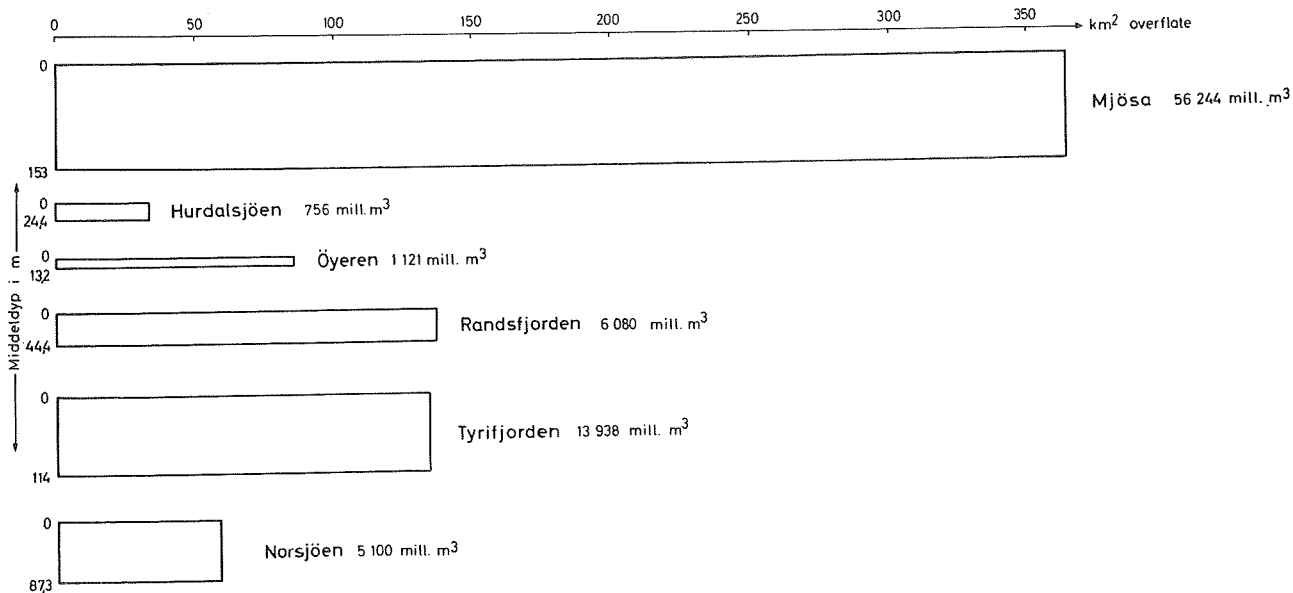
Mjøsa, Hurdalsjøen, Øyeren, Randsfjorden, Tyrifjorden, Norsjø.
Geografiske forhold. Teoretisk belastning. Hydrografi.

	Mjøsa	Hurdalsjøen	Øyeren	Randsfjorden	Tyrifjorden	Norsjø
<u>Geografiske forhold:</u>						
Høyde over havet, m	122	176,2	101	132	64	15
Nedbørfelt, km ²	16420	572	39964	3663	9808	9975
Overflateareal, km ²	365	33,7	85,2	136,9	134,1	58,4
Største dyp, m	449	59	70,5	120,5	295	170,5
Volum, mill. m ³	56244	756	1121	6080	13938	5100
Middel dyp, m	153	24,4	13,2	44,4	114	87,3
Midlere avrenning, m ³ /sek	320	10,3	695	58,6	170	298
Teoretisk oppholdstid	ca. 6 år	2,3 år	19 døgn	3,3 år	2,6 år	200 døgn
<u>Teoretisk belastning:</u>						
% skog i nedbørfeltet	20,6	67	32,8	46,6	40	19,4
% myr i nedbørfeltet	3,1	7	5,6	8,6	5,5	2,5
% jordbruksareal	5,9	4	4,7	5,6	4,6	2,0
Personer/km ²	11,4	6	10	9,6	8,6	5,5
Fosforekvivalenter husdyr/ km ²	75,3	43,9	61,2	131,5	102,7	25
Industriekvivalenter/km ²	18,9	-	14,3	0,5	17,2	5,7
<u>Belastning pr. volumenet:</u>						
Personer/mill. m ³	3,31	4,62	355,52	5,8	6,04	10,73
Fosforekvivalenter/mill. m ³	21,98	33,23	2183,35	79,22	72,29	48,87
Industriekvivalenter/mill. m ³	5,5	-	509,68	0,27	12,09	11,08
<u>Tilsigsvannets belastning:</u>						
Personer, m ³ /sek	583,43	339,8	573,44	602,5	495,31	183,7
Fosforekvivalenter, m ³ /sek	3864,37	2439,32	3521,65	8219,94	5926,95	838,21
Industriekvivalenter, m ³ /sek	968,11	-	822,10	28,12	991,96	189,67
<u>Hydrografi:</u>						
Sprangsjiktets beliggenhet, m dyp	20-35	12-16	25-35	ca. 20	20-30	25-30
Temperatur °C i dyplagene	3,5-4	3-6	3-6	3-6	3-5	3-5
% O ₂ i dyplagene under stagnasjonsperioden	80-85	80-90	60-80	ca. 90	80-90	ca. 90
pH	6,98	6,49	6,83	7,18	6,97	6,57
Spes. ledningsevne, µS/cm	36,9	24,8	35,5	37,5	32,5	19,5
Farge, mg Pt/l	13	14	81	19	15	14
Turbiditet, mg SiO ₂ /l	0,5	0,5	11,5	0,6	0,8	0,9
Permangantttall, mg O/l	2,2	2,6	5,0	3,4	3,4	2,0
Klorid, mg Cl/l	1,3		1,8	1,0	1,3	1,0
Fosfat, orto, µg P/l	5	7	3	5	3	2
Fosfat, total, µg P/l	19	16	76	18	17	7
Nitrat, µg N/l	252	168	179	208	159	253
BFA, mg N/l	160		240	170	140	120
Total hårdhet, mg CaO/l	9,0	4,7	8,5	10,8	8,2	4,5
Jern, µg Fe/l	44	32	292	52	58	29
Mangan, µg Mn/l	5	50	40	6	5	14

Fig.47 Mjösa, Hurdalsjön, Öyeren, Randsfjorden, Tyrifjorden, Norsjön.
Nedbörfelt



Morfometriske forhold



De innsamlede opplysninger om arealutnyttelse, bosettingsforhold, industri o.l. tyder på at Mjøsa og Randsfjorden er mest utsatt for forurensningstilførsel. Dessuten ligger de fleste og viktigste forurensningskilder i disse innsjøers umiddelbare nærhet. Dette spiller en stor rolle for virkningene av forurensningsbelastningen. Når det gjelder Randsfjorden, er spesielt de sørlige deler av denne innsjø utsatt for tilførsel av forurensninger. For Tyrifjordens vedkommende er forurensningstilførselen fra Hønefoss med omliggende områder av størst betydning. I motsetning til Mjøsa, hvor forurensningsmaterialet blir tilført i større eller mindre mengder på en rekke steder rundt innsjøen, kommer tilførselen til Tyrifjorden mer konsentrert, nemlig via Storelva. Dessuten foregår sannsynligvis gjennomstrømningen i denne innsjø i stor utstrekning i det vestlige område, og innsjøens hovedvannmasser skulle ikke være så utsatt for forurensningsbelastning. Til tross for stor befolkningensmengde og virksomhet i Øyerens nedbørfelt, er ikke den teoretiske belastning av denne innsjø større enn f.eks. av Mjøsa.

I samsvar med det som er sagt ovenfor har tilførselene fra de nærmest ovenforliggende områder, bl.a. Romeriksområdet, størst betydning for Øyerens forurensningstilstand idag. Hvis forurensningstilførselen i de fjernere deler av nedbørfeltet blir vesentlig større, er det imidlertid mulig at dette også vil få en uheldig innflytelse på Øyeren, særlig når det gjelder vannmassenes kjemiske og biologiske forhold. Hurdalsjøen og Norsjø synes å være de innsjøer som er minst utsatt for forurensninger. For Norsjø's vedkommende er det også et gunstig forhold at belastningen med forurensninger tilføres vassdraget ovenfor eller i Heddalsvatnet.

Bortsett fra Øyeren, som til sine tider er sterkt belastet med partikulært materiale (leire), er vannets kjemiske kvalitet i de forskjellige innsjøer forholdsvis ensartet. Middelveiene for pH varierer fra pH 6,5 i Hurdalsjøen til pH 7,2 i Randsfjorden. Vannets spesifikke elektrolytiske ledningsevne er praktisk talt den samme i Mjøsa, Øyeren, Randsfjorden og Tyrifjorden, mens Hurdalsjøen og spesielt Norsjø har noe mer elektrolyttfattig vann. Med unntak av Øyeren er det heller ingen stor forskjell på de ulike innsjøers partikulære og organiske belastning. Permanganattallene for Randsfjorden og Tyrifjorden tyder imidlertid på at disse innsjøer er mest påvirket av organisk materiale. Innsjøene (Øyeren ikke medregnet) har heller ikke vannmasser med høyt innhold av forbindelser med jern og mangan. Når det gjelder vannets innhold av plantenæringsstoffer er forholdene i Øyeren og Norsjø noe avvikende. Øyeren har høyt innhold av både fosfat- og nitrogenforbindelser, mens Norsjø's vannmasser har et relativt lavt innhold av fosfater. Bortsett fra Øyeren er forøvrig vannets konsentrasjon med plantenæringsstoffer relativt lavt i alle innsjøer.

Mjøsa og Hurdalsjøen gir mulighet for en vurdering av hvordan forholdene i innsjøene er blitt forandret gjennom den siste mannsalder. Begge innsjøene har vært undersøkt tidligere, Hurdalsjøen i 1926 og 1927, Mjøsa i 1899 - 1901 og i 1927 (se henholdsvis side 62 og 83 i denne rapport). Ved å sammenlikne resultatene av de biologiske undersøkelser fremgår det at planktonet i Hurdalsjøen ikke har forandret seg vesentlig på de siste 40 årene, og at innsjøens oligotrofe preg er bevart. For Mjøsas vedkommende gir sammenlikningen et annet utfall. Det er fremdeles diatoméer som er den kvantitativt viktigste komponent i planteplanktonet. Men det er et annet algesamfunn som nå utgjør vannmassenes vegetasjon. De nye arter av diatoméer som nå dominerer i planktonet i Mjøsa indikerer en eutrofierende påvirkning av vannmassene. Det er grunn til å regne med at forurensningspåvirkningene av en så stor innsjø som Mjøsa først vil gjøre seg merkbar gjennom endringer av biologiske forhold i overflatevannet. Det foreliggende materiale er for lite til å gi noe mer enn en tydelig indikasjon på at det har funnet sted en slik påvirkning av Mjøsas vannmasser siden århundreskiftet.

Det kan være grunn til å se noe nærmere på hvordan disse innsjøenes belastning har forandret seg i det forløpne tidsrom. Opplysninger fra statistiske undersøkelser kan i en viss utstrekning belyse dette. I tabell 73 er data som beskriver befolkningsutvikling og jordbruksvirksomhet i nedbørfeltene til Mjøsa og Hurdalsjøen samlet.

Tabell 73 Mjøsas og Hurdalsjøens nedbørfelter. Befolkningsutvikling og jordbruksforhold ved århundreskiftet og i slutten av 1950-årene

År	Antall innbyggere	Jordbruksareal km ²	Antall storfe	Antall småfe	Antall hester	Antall svin
<u>Mjøsa</u>						
1907	126288 ^x	725,5	161631	96018	18569	44427
1959	182516 ^{xx}	885,8	91719	102633	9849	70184
% differanse	+ 44,5	+ 22,1	- 43,3	+ 6,9	- 47,0	+ 58,0
<u>Hurdalsjøen</u>						
1907	1909 ^x	7,4	1419	915	223	446
1959	2230 ^{xx}	15,5	1248	607	202	607
% differanse	+ 16,8	+ 110,0	- 12,1	- 33,7	- 9,4	+ 36,1

x gjelder 1. januar 1907, xx gjelder 1. januar 1958

Områdene som her er registrert gjelder de kommuner som i sin helhet faller innenfor innsjøenes nedbørfelt, og tallene kan derfor ikke direkte sammen-

liknes med tallene for de eksakte nedbørfelter (gjengitt andre steder i denne rapport). For Hurdalsjøen er bare Hurdal kommune tatt med i denne oppstilling.

Som tabellen viser har, for begge innsjøenes vedkommende, både innbyggerantallet og jordbruksarealene i nedbørfeltene økt i det behandlede tidsrom. Husdyrantallet er gått tilbake. Jordbruksdriften er i stor utstrekning om-
lagt fra husdyrhold til korndyrking. Den relativt betydelige økning i innbyggerantallet i Mjøsas nedbørfelt har i det vesentligste sin årsak i ekspansjon innenfor industrinæringen, særlig i byområdene. En økt bruk av plantenæringsstoffer, utviklingen på sanitærteknikkens område og forandringer i befolkningens husholdning er viktige momenter i vurderingen av endringer av innsjøenes forurensningsbelastning.

Med utgangspunkt i at vannmassene i Hurdalsjøen er lite forandret med hensyn til biologiske forhold gjennom det tidsrom som betraktes, mens Mjøsas vannmasser derimot viser forandringer av slike forhold, kan følgende vurdering bli gitt. Det er endringer i bosettingsforhold og befolkningens fordeling og mengde innenfor nedbørfeltene, sammen med utvikling mot bruk av moderne sanitærinnetninger som synes å være viktige årsaker til de virkninger i innsjøene som gjør seg gjeldende.

Hvordan forholdene i de enkelte innsjøer vil bli i fremtiden er i høy grad avhengig av hvordan utviklingen blir i nedbørfeltene med hensyn til bosetting, industriutvikling og driftsmåter i jord- og skogbruk. Det vil i denne sammenheng selvsagt være av den aller største betydning hvordan innsjøene og deres tilløpsvassdrag disponeres i sammenheng med løsningen av de forskjellige avløpsproblemer. Det synes som om de største forurensningsproblemer idag har en mer lokal karakter, men ved en ekspanderende utvikling eller uheldige disponeringer i nedbørfeltene, kan innsjøene hurtig utvikle seg i en uheldig retning for de mange bruksinteresser som er knyttet til dem.