

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

O - 22/67

UNDERSØKELSE AV ÅRDALSVATNET SOM RESIPIENT FOR  
ØVRE ÅRDAL OG VANNKILDE FOR ÅRDALSTANGEN VANNVERK

Utført i tiden oktober 1969 - oktober 1970

Saksbehandler: Cand.real. Hans Kristiansen

Rapporten avsluttet: 26. februar 1971

## INNHALDSFORTEGNELSE:

	Side:
1. INNLEDNING	4
2. BESKRIVELSE AV NEDBØRFELTET	4
3. MORFOMETRISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD	5
4. PRØVETAKING OG ANALYSEMETODIKK	6
4.1 Prøvetakinger og temperaturmålinger	6
4.2 Analysemetoder benyttet av NIVA	18
4.2.1 Kjemiske analyser	18
4.2.2 Bakteriologiske analyser	19
5. HYDROGRAFISKE FORHOLD	20
5.1 Temperaturforhold	23
5.2 Kjemiske forhold	23
5.3 Diskusjon av de hydrografiske forhold	24
6. BAKTERIOLOGISKE FORHOLD	25
7. KLORBEHOVSANALYSE FOR RENSET KLOAKKVANN	25
8. KONKLUSJON	26

TABELLFORTEGNELSE

	Side:
1. Morfometriske og hydrologiske data	5
2. Analyseresultater for prøver tatt i Årdalsvatnet 2. oktober 1969 rett ut av Stedjelvis utløp og midt i vannet	8
3. Analyseresultater for prøver tatt i Årdalsvatnet 16. juli 1970 rett ut av Stedjelvis utløp og midt i vannet	9
4. Temperaturer i Årdalsvatnet, stasjon 2, i tiden 2/10-1969 til 7/10-1970	10
5. Bakteriologiske analyseresultater for prøver tatt i Årdalsvatnet	11
6. Analyseresultater for noen tilløpselver til Årdalsvatnet. Prøvene tatt 15. oktober 1970	21
7. Analyseresultater for vannet i Årdalsvatnet. Middelverdier og variasjonsbredde	22
8. Klorbehovsanalyse for rensset kloakkvann	26

FIGURFORTEGNELSE:

	Side:
1. Årdalsvatnet, dybdekart	27
2. Årdalsvatnet, areal- og magasinkurve	28
3. Temperaturens variasjon med dybden ved st. 1 i Årdalsvatn, målt til forskjellige tider	29
4.                   -   "   -	30
5.                   -   "   -	31
6. Restklor som funksjon av tilsatt mengde klor etter 15 minutters reaksjonstid	32

## 1. INNLEDNING

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) fikk i brev av 23. februar 1967 fra K. Hjellnes-Polyteknikk A/S i oppdrag å utrede kloakkforholdene for Øvre Årdal i forbindelse med utvidelse av kloakkrenseanlegget. Resipient for det rensede kloakkvann er Årdalsvatnet som igjen er vannkilde for drikkevannsforsyningen til Årdalstangen. I brev av 2. mai 1967 fra instituttet til K. Hjellnes-Polyteknikk A/S ble det påpekt at en vurdering av kloakkrenseanlegget måtte sees i sammenheng med resipienten og vannverket for Årdalstangen.

En befaring med representanter for K. Hjellnes-Polyteknikk A/S og NIVA kom i stand 29.-31. mai 1967. Rapporten for denne befaring er datert 24. juli 1967. Denne inneholder bl.a. forslag til praktiske tiltak og undersøkelser som må utføres. Et undersøkelsesprogram ble sendt 6. mars 1968.

Kloakkforholdene i Øvre Årdal er behandlet i egen rapport, datert 14. januar 1970. Denne rapport omhandler hydrologiske og bakteriologiske undersøkelser av Årdalsvatnet.

I betingelsene for konsesjon på utslipp av rensed kloakkvann i Årdalsvatnet (brev av 26.1.1955 fra Industridepartementet) er anført at dersom Departementet krever det, skal kloakkvannet renses før utslippingen. I denne rapport er også tatt med klorbehovsanalyser for kloakkvannet.

## 2. BESKRIVELSE AV NEDBØRFELTET

Grunnen i Årdalsvatnets nedbørfelt består av en bergart-type som på geologiske kart betegnes som skyvedekkenes bergarter. Det er tungt oppløselige, eruptive og overveiende basiske bergarter. På vestsiden av vannet har vi en lys granitt-type som kalles trondhjemmitt. Der denne omgis av de basiske bergarter, forekommer kobberkis. Der Tya og Uvla løper sammen, har vi mektige løsavsetninger.

Befolkningen i nedbørfeltet er konsentrert i øvre og nedre ende av vannet. Kloakken fra Øvre Årdal føres i separatsystem via et biologisk renseanlegg og ut i Årdalsvatnet. En del av bebyggelsen på Årdals- tangen trenerer naturlig til Årdalsvatnet. Hallgassene fra aluminiums- verket i Øvre Årdal blir ikke rensset. Gassene går direkte ut i atmosfæren og føres via nedbøren til nedbørfeltet. Vegetasjonen i nedbørfeltet er preget av det. Elektrolyseovnene i de nye hallene er imidlertid så tette at utslippet av gasser til hallene er redusert til et minimum.

Reguleringen av elvene i nedbørfeltet har muligens ført til at Årdals- vatnet får tilført et noe kaldere vann ved at vannet kommer i tunneller istedenfor oppå bakken. Men på den annen side bruker aluminiumsverket vann til kjøling under støping av aluminium, og betydelige varme- mengder blir dermed tilført Årdalsvatnet.

### 3. MORFOMETRISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD

Årdalsvatnet er demmet opp av mektige grus- og sandmasser i bunnen av Årdalsfjorden. A/S Årdal og Sunndal Verk har foretatt opplodding av innsjøen, og på grunnlag av det tegnet et batygrafisk kart i målestokk 1:10.000. Figur 1 viser en fotografisk forminskelse av dette kart. Areal- og magasinkurver er tegnet inn på figur 2. Magasinkurven viser volumet av vannet under angitte dyp. Magasinkurven i vår rapport av 24. juli 1967 viser volumet av vannet over angitte dyp. Innsjøens morfometriske og hydrologiske data er gjengitt i tabell 1.

Tabell 1. Morfometriske og hydrologiske data.

Høyde over havet	4,0 m
Overflateareal	7,16 km <sup>2</sup>
Største dyp	181,0 m
Volum	697,1 mill. m <sup>3</sup>
Middel dyp	97,5 m
Areal av nedbørfelt	952 km <sup>2</sup>
Midlere årlig avløp	1.450 mill. m <sup>3</sup>
Teoretisk oppholdstid	176 døgn

#### 4. PRØVETAKING OG ANALYSEMETODIKK

##### 4.1 Prøvetakinger og temperaturmålinger

På kartet, figur 1, er avmerket de posisjoner på Årdalsvatnet hvor det ble samlet inn prøver fra. På stasjon 2 ble det tatt prøver for kjemiske analyser fra 9 forskjellige dyp. Prøver ble samlet inn 2. oktober 1969 og 16. juli 1970. De kjemiske analyseresultater er ført opp i tabell 2 og 3. Samtidig med at prøvetakingen fant sted, ble også temperaturen målt i de aktuelle dyp. Årdal kommune har dessuten i tidsrommet oktober 1969 til september 1970 målt temperaturen i 7 forskjellige dyp ned til 100 m på stasjon 2. Resultatene er ført opp i tabell 4.

Fra tid til annen opptrer et svart belegg på overflaten av Årdalsvatnet. Belegget skyldes sannsynligvis nedfall av luftforurensninger. En analyse av belegget ga følgende resultat:

Innveid:	97,7 mg
Glødet 600°C:	30,9 "
Glødetap:	66,8 " , dvs. 68,4 % av innveid mengde
Olje:	15,5 " , " 23,2 % av glødetapet
Fluor:	0,98 ± 0,08 mg, dvs. 3,3 % av gløderest.

Glødetapet er innhold av organisk stoff. Belegget er vesentlig oljeholdig sot og støv. Støvet inneholder en del fluorider.

Siden Årdalsvatnet er resipient for Øvre Årdal samtidig som det er drikkevannskilde for Årdalstangen, var det av interesse å vurdere hvilken bakteriologisk betydning kloakkvannet har for drikkevannet. Det ble derfor i tiden november 1969 til oktober 1970 tatt månedlige prøver for bakteriologisk analyse. Prøvene ble tatt i tre forskjellige dyp, 0, 3 og 30 m, fra samtlige stasjoner i Årdalsvatnet.

Vårt opprinnelige forslag gikk ut på at Årdal Meieri skulle utføre de bakteriologiske analyser. Meieriet var ikke utstyrt for bakteriologisk analyse av vannprøver. Dessuten avvek rutinen for slike

analyser så meget fra meieriets daglige rutine, at de resultater som eventuelt ble oppnådd, ikke kunne sammenliknes med andre bakteriologiske vannanalyser. Det ble derfor enighet om at NIVA også skulle utføre disse analyser. I tillegg til de månedlige prøver ble det i november og desember 1969 tatt noen flere prøver for bakteriologisk analyse fra stasjon 3 og 4 og fra vanninntaket for Årdalstangen. Resultatene av de bakteriologiske analyser er ført opp i tabell 5.

Tabell 2. Analyseresultater for prøver tatt i Årdalsvatnet 2. oktober 1969 rett ut av Stedjelvis utløp og midt i vannet.

Dyp i m	Tempe- ratur °C	Oksygen		pH	Spes. el. ledn. e. 20°C µS/cm	Turbi- ditet JTU	Farge mg Pt/l	Perm.- tall mg O/l	Total hårdhet mg CaO/l	Alkalitet		Total fosfor mg P/l	Total nitrogen mg N/l	Klorid mg Cl/l	Fluorid mg F/l
		mg O <sub>2</sub> /l	% metn.							ml N/10 HCl/l	pH 4,5				
1	8,60	10,9	96,3	6,2	12,2	0,8	15	0,8	3,8	0,4	0,007	0,135	0,6		
4	8,65	10,9	96,3	6,3	11,8	0,6	19	0,6	1,9	0,4	0,008	0,130	0,5	0,07	
8	8,60	11,0	97,0	6,2	11,8	0,6	11	0,6	1,9	0,4	0,006	0,125	0,5	0,06	
16	8,60	10,6	93,6	6,2	11,8	0,4	12	0,4	2,0	0,4	0,006	0,140	0,5	0,06	
30	8,30	11,0	97,0	6,3	12,0	0,5	13	0,5	2,0	0,4	0,006	0,130	0,6		
50	6,50	11,1	93,2	6,3	13,0	0,3	10	0,3	2,0	0,4	0,004	0,145	0,9	0,06	
100	4,20	11,8	93,5	6,2	15,2	0,1	4	0,8	2,2	0,5	0,007	0,165	1,2		
150	4,10	11,4	90,5	6,2	17,4	0,07	4	0,2	2,3	0,5	0,004	0,160	1,7	0,07	
170	4,10	11,3	89,5	6,3	20,0	0,2	6	0,2	2,3	0,5	0,003	0,160	2,2	0,06	



Tabell 3. Analyseresultater for prøver tatt i Årdalsvatnet 16. juli 1970 rett ut av Stedjelvis utløp og midt i vannet.

DYP i m	Tempe- ratur °C	Oksygen		pH	Spes. el. ledn. e. 20°C µS/cm	Turbi- ditet JTU	Farge mg Pt/l	Perm.- tall mg O/l	Total hårdhet mg CaO/l	Alkalitet		Total fosfor mg P/l	Total nitrogen mg N/l	Klorid mg Cl/l	Fluorid mg F/l
		mg O <sub>2</sub> /l	% metn.							ml N/10 HCl/l	pH 4,5				
1	10,45	11,2	101,8	6,6	11,6	2,1	30	1,0	1,6	0,6	0,012	0,165	0,6	-	
4	10,30	11,0	101,5	6,5	10,9	2,0	36	1,0	1,6	0,6	0,010	0,150	0,6	0,08	
8	10,10	11,2	102,5	6,5	11,0	1,8	34	0,7	1,6	0,6	0,012	0,150	0,6	0,08	
16	9,80	11,1	101,3	6,9	13,6	2,5	-	0,8	1,7	0,9	0,008	0,150	0,7	-	
30	7,30	11,4	97,5	6,4	13,4	0,90	23	0,8	2,5	0,6	0,008	0,170	0,8	0,08	
50	4,90	11,9	96,6	6,4	14,2	0,07	8	0,7	2,2	0,6	0,006	0,170	1,0	-	
100	4,30	12,4	98,8	6,4	14,8	0,15	5	0,4	2,0	0,6	0,004	0,175	1,0	0,09	
150	4,10	12,0	95,3	6,4	14,1	0,38	14	0,6	2,0	0,6	0,006	0,190	1,0	0,08	
170	4,0	11,9	94,5	6,4	18,5	0,11	6	0,6	2,2	0,6	0,004	0,185	2,0	-	

Tabell 4. Temperaturer i Årdalsvatnet, stasjon 2,  
i tiden 2/10-1969 til 7/10-1970.

Dato	Temperatur i °C							
	1 m	4 m	8 m	16 m	30 m	50 m	100 m	150 m
<u>1969</u>								
2/10	8,60	8,65	8,65	8,65	8,30	6,50	4,20	4,10
5/11	5,70	5,90	6,10	6,10	6,10	6,00		
8/12	3,85	4,30	4,30	4,40	4,40	4,40	4,35	
<u>1970</u>								
21/1	1,20	1,80	2,10	2,80	3,00	3,10	3,40	
9/2	0,70	1,40	1,40	2,00	2,50	2,90		
16/3	1,90	1,90	1,90	1,90	2,20	2,80	3,40	
11/5	5,70	3,70	3,40	3,30	3,30	3,40	3,40	
1/6	5,40	4,70	4,60	4,40	4,30	4,10	3,90	
15/6	9,60	8,00	7,40	6,60	5,70	5,10	4,30	
10/8	12,90	12,60	11,60	10,40	8,00	5,00	4,40	
28/9	10,00	9,90	9,80	9,80	9,00	6,70	4,30	
7/10	9,00	8,90	8,90	8,90	8,70	6,10	4,30	

Tabell 5. Bakteriologiske analyseresultater for prøver tatt i Årdalsvatnet.

v.i. = Vanninntak for Årdalstangen.

Dato	Stasjon	Dyp i m	Kimtall pr. ml	Koli pr. 100 ml		
				Presumptiv test	Fullstendig test	Fekale koli
<u>1969</u>						
12/11	3	0	4	49		0
	3	3	1	49		0
	3	30	8	49		4,5
	v.i.			49		2
17/11	0	0	6	240		23
	0	3	12	170		23
	0	30	14	110		17
	1	0	14	130		22
	1	3	8	140		17
	1	30	10	130		13
	2	0	5	130		22
	2	3	3	49		23
	2	30	9	110		6,8
	3	0	7	23		2
	3	3	2	17		4
	3	30	3	31		2
	4	0	2	14		0
	4	3	5	70		2
	4	30	8	79		4,5
	v.i.		2	110		2
25/11	3	0	9	49	11	4
	3	3	5	170	9,4	4,5
	3	30	7	70	9,2	9,3
	v.i.			79	12	3,7
4/12	3	0	22	79	79	4,5
	3	3	16	23	13	4,5
	3	30	20	33	11	2
	v.i.		13	33	17	2

Forts.

Tabell 5. Forts.

Dato	Stasjon	Dyp i m	Kimtall pr. ml	Koli pr. 100 ml		
				Presumptiv test	Fullstendig test	Fekale koli
<u>1969</u>						
9/12	0	0	18	350	170	49
	0	3	18	240	130	33
	0	30	11	350	170	49
	1	0	3	350	170	22
	1	3	5	170	110	49
	1	30	13	220	280	95
	2	0	2	46	46	33
	2	3	4	140	95	14
	2	30	3	49	49	49
12/12	3	0	5	70	23	7,8
	3	3	5	23	13	7,8
	3	30	8	130	33	7,8
	4	0	3	46	31	1,8
	4	3	6	23	23	4,5
	4	30	5	23	23	23
	v.i.			64	46	2
18/12	3	0	7	33	33	1,8
	3	3	3	49	11	2
	3	30	9	33	33	4
	v.i.			49	33	2
<u>1970</u>						
22/1	0	0	44	920	540	540
	0	3	36	350	350	350
	0	30	20	130	79	49
	1	0	14	110	110	14
	1	3	15	46	46	46
	1	30	33	540	540	350
	2	0	13	33	33	17
	2	3	8	49	49	6,8
2	30	33	130	130	49	

Forts.

Tabell 5. Forts.

Dato	Stasjon	Dyp i m	Kimtall pr. ml	Koli pr. 100 ml		
				Presumptiv test	Fullstendig test	Fekale koli
<u>1970</u>						
27/1	3	0	4	22	17	4,5
	3	3	11	33	33	7,8
	3	30	8	79	33	33
	4	0	6	22	22	6,8
	4	3	9	49	33	4,5
	4	30	13	79	49	17
10/2	0	0	28	540	220	17
	0	3	85	350	130	79
	0	30	30	240	240	240
	1	0	10	2	2	0
	1	3	26	170	170	79
	1	30	14	46	46	27
	2	0	6	4,5	2	0
	2	3	12	110	79	22
	2	30	6	49	33	23
	3	0	8	17	12	1,8
	3	3	7	49	49	4,5
	3	30	67	49	33	11
	4	0	6	2	2	0
	4	3	7	33	33	7,8
	4	30	8	130	33	7,8

Tabell 5. Forts.

Dato	Stasjon	Dyp i m	Kimtall pr. ml	Koli pr. 100 ml		
				Presumptiv test	Fullstendig test	Fekale koli
<u>1970</u>						
17/3	0	0	114	1600	540	540
	0	3	115	540	240	240
	0	30	46	350	350	79
	1	0	14	2		0
	1	3	31	170	79	33
	1	30	19	64	43	31
	2	0	11	0	0	0
	2	3	14	350	170	49
	2	30	11	49	49	23
	3	0	19	0	0	0
	3	3	3	33	33	1,8
	3	30	7	49	33	7,8
	4	0	13	0	0	0
	4	3	3	13		0
	4	30	4	23	13	4,5
21/4	0	0	20	220	220	70
	0	3	20	140	140	46
	0	30	32	350	110	170
12/5	0	0	9	130	130	33
	0	3	10	79	79	49
	0	30	86	350		240
	1	0	6	49	49	2
	1	3	5	4,5	4,5	0
	1	30	4	23	23	2
	2	0	1 (0) <sup>x</sup>	6,8	4	0
	2	3	1 (0)	7,8	2	0
	2	30	5 (0)	7,8	4,5	4,5

<sup>x</sup>Parallell prøve i parentes.

Tabell 5. Forts.

Dato	Stasjon	Dyp i m	Kimtall pr. ml	Koli pr. 100 ml		
				Presumptiv test	Fullstendig test	Fekale koli
12/5	3	0	1	0	0	0
	3	0	1 (0) <sup>x</sup>	2	2	0
	3	30	7	2	0	0
	4	0	2	2	0	0
	4	3	0	2	2	0
	4	30	0	2	0	0
2/6	0	0	11	140	95	22
	0	3	14	130	130	49
	0	30	107	79	79	11
	1	0	31	350	350	79
	1	3	23	79	49	17
	1	30	25	79	79	23
	2	0	6	70	70	6,1
	2	3	1700	49	49	6,1
	2	30	15	170	170	12
	3	0	11 (586) <sup>x</sup>	23	23	2
	3	3	21	33	33	23
	3	30	5	23	23	2
	4	0	3	2	2	2
	4	3	4	7,8	7,8	0
	4	30	3	4,5	2	0
16/6	0	0	670	920	540	240
	0	3	6200	>1600	>1600	1600
	0	30	110	130	130	79
	1	0	11	0	0	0
	1	3	38	49	49	11
	1	30	160	31	31	31
	2	0	26	4,5	4,5	0
	2	3	31	17	17	1,8
	2	30	160	33	33	4,5

<sup>x</sup>Parallell prøve i parentes.

Tabell 5. Forði

Dato	Stasjon	Dyp i m	Kimbali per ml	kolfi pr. 100 ml		
				Presumptiv test	Fullstendig test	Fekale kolfi
16/6	3	0	20	2	0	0
	3	3	17	7,8	7,8	2
	3	30	53	110	110	11
	4	0	4	0	0	0
	4	3	7	2	2	0
	4	30	51	49	49	23
7/7	0	0	20	350	350	49
	0	3	30	110	110	33
	0	30	14	79	79	6,8
	1	0	16	110	110	49
	1	3	25	79	79	14
	1	30	19	79	79	7,8
	2	0	23	240	240	79
	2	3	20	240	240	49
	2	30	18	49	49	11
	3	0	12(71)	84	84	23
	3	3	18	70	70	23
	3	30	23(370)	110	110	17
	4	0	15	110	110	11
	4	3	15	79	79	13
	4	30	16	79	79	23



Tabell 5. Forts.

Dato	Stasjon	Dyp i m	Kimtall pr. ml	Koli pr. 100 ml		
				Presumptiv test	Fullstendig test	Fekale koli
11/8	0	0	15	220	170	17
	0	3	15	170	170	49
	0	30	12	110	110	7,8
	1	0	13	350	350	33
	1	3	21	240	240	23
	1	30	12	49	49	17
	2	0	30	170	130	49
	2	3	39	240	240	49
	2	30	4	33	33	7,8
	3	0	12	23	23	2
	3	3	27	110	70	6,8
	3	30	8	17	6,8	2
	4	0	14	33	33	17
	4	3	23	350	170	49
4	30	11	23	23	4,5	
29/9	0	0	5	23	23	2
	0	3	10	130	79	17
	0	30	11	70	70	49
	1	0	5	33	33	13
	1	3	7	49	49	6,8
	1	30	16	130	49	79
	2	0	8	49	49	13
	2	3	5	130	130	13
	2	30	12	170	110	7,8
	3	0	4	14	3,6	1,8
	3	3	14	49	33	4
	3	30	11	110	70	0
	4	0	8	13	13	2
	4	3	7	23	13	0
4	30	11	110	110	7,8	

## 4.2 Analysemetoder benyttet av NIVA

### 4.2.1 Kjemiske analyser

Oksygen ble bestemt ved titrering etter Alsterbergs modifikasjon av Winklers metode (Methods of Chemical Analysis as applied to Sewage Effluents 1956).

Benevning: mg O<sub>2</sub>/l og % metning.

pH ble målt med glasselektrode på Orion Research pH-meter, model 701, med digitalavlesning.

Spesifikk elektrolytisk ledningsevne. Vannets evne til å lede elektrisk strøm er proporsjonal med innholdet av oppløste salter og ble målt ved 20°C med Philips conductivity meter, model PW 9501.

Benevning: µS/cm = mikroohm<sup>-1</sup> · cm<sup>-1</sup>.

Farge ble målt ved "EEL" filterfotometer (filter 601) og kalibrert mot standard platinakobolt-kloridoppløsning.

Benevning: mg Pt/l.

Turbiditet er et mål for vannets "grumsethet" og ble målt med Hach Laboratory Turbidimeter, model 1860.

Benevning: Jackson Turbidity Units (JTU).

Permanganattall er et mål for vannets innhold av organisk stoff. Proven behandles med overskudd kaliumpermanganat i svovelsur oppløsning.

Ureagert kaliumpermanganat tilbaketitreres jodometrisk (Scandinavian Pulp, Paper and Board. Scan. W 1 : 66).

Benevning: mg O/l.

Total hårdhet ble bestemt ved titrering med etylendiamintitraacetat (EDTA) og erio-cromsvart T som indikator. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1965).

Benevning: mg CaO/l.

Alkalitet er et mål for bikarbonatinnholdet, og prøven ble titrert med saltsyre til pH 4,5 (m-alkalitet).

Benevning: ml N/10 HCl/l.

Totalfosfor ble bestemt som ortofosfat på AutoAnalyzer etter oppslutning med svovelsyre og hydrogenperoksyd. Ortofosfat reagerer med ammoniumheptamolybdat i surt miljø til fosformolybdensyre, som reduseres med ascorbinsyre til molybdenblått.

Benevning: mg P/l.

Total nitrogen ble bestemt på AutoAnalyzer. Bundet nitrogen frigjøres og oksyderes til nitrat ved at vannprøven tilsettes hydrogenperoksyd og belyses med ultrafiolett lys. Nitrat reduseres til nitritt og diazoteres med sulfanilamid og kobles med N-(1-naftyl)-etylendiamin.

Fargen måles ved 520 m $\mu$ .

(Henriksen: Analyt 95, 1970, 601-608).

Benevning: mg N/l.

*mg. Karbon*  
Klorid ble bestemt på AutoAnalyzer. Vannprøven tilsettes kvikksølv-rhodanid og jernammoniumsulfat. Klorid frigjør rhodamidioner som i oppløsning gir farge med Fe<sup>+++</sup>-ioner.

Benevning: mg Cl/l.

*Sulfat*  
Fluorid ble bestemt elektrometrisk med spesifikk ionelektrode.

Analysen ble utført av Statens institutt for folkehelse.

Benevning: mg F/l.

#### 4.2.2 Bakteriologiske analyser

Kimtall: Antall heterotrofe bakterier som vokser opp til kolonier ved 20°C etter innstøpning av 1 ml vann i et næringsmedium. Kimtallet ble bestemt ved 37°C i 48 timer.

Antall koliforme bakterier ble bestemt etter metoden Most Probable Number (MPN) (Standard Methods for the Examination of Water and Wastwater 1965, modifisert etter dr. med. S.D. Hendriksen).

Presumptiv test: Antatt antall koliforme bakterier etter statistisk beregning foretatt på grunnlag av bestemte prøver.

Fullstendig test: Bestemmelse av antall sikre koliforme bakterier.

Fekale koli: Utvilsomme tarmbakterier. Er tegn på forurensning med avføring fra mennesker eller dyr.

Kolitallet angis i antall pr. 100 ml.

## 5. HYDROGRAFISKE FORHOLD

De hydrografiske tallmaterialet er gjengitt i tabell 2 og 3. Foruten at de månedlige temperaturmålinger er ført opp i tabell 4, er også temperaturene fremstilt grafisk som funksjon av dybden på fig. 3-5.

Ved en anledning ble det tatt prøver for analyse av vann fra noen av tilløpselvene til Årdalsvatnet. Resultatene er ført opp i tabell 6. Middelveier og variasjonsbredde av den kjemiske analyse av vannet i Årdalsvatnet er ført i tabell 7.

Tabell 6. Analyseresultater for noen tilløpselver til Årdalsvatnet. Prøvene tatt 15. oktober 1970.

Elver	pH	Spes. el. ledn. e. 20°C, µS/cm	Alkalitet ml N/10 HCl/l	Total hårdhet mg CaO/l	Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	Klorid mg Cl/l	Fluorid mg F/l
Utløp Tyin	6,8	7,40	0,3	1,7	2,5	0,4	<0,05
Årdalselv ved kraftst.	6,6	8,12	0,4	1,6	2,4	0,4	0,08
Bekk ved tipp ÅSV	6,5	16,7	0,5	3,1	2,9	0,6	0,10
Avløpsvann ÅSV	6,3	11,7	0,4	2,8	2,4	0,4	0,14
Utle	6,4	15,0	0,5	4,0	2,8	0,4	0,05
Årdalselv ved utløp	6,3	11,0	0,4	3,6	<2	0,4	0,08
Fardøla	6,2	12,8	0,6	3,1	3,2	0,4	<0,05
Hæredelva	6,3	11,6	0,4	2,6	2,8	0,6	0,06

Tabell 7. Analyseresultater for vannet i Årdalsvatnet. Middelerdier og variasjonsbredde.

Komponenter		Variasjonsbredde	Middelerdier
Surhetsgrad	pH	6,2 - 6,9	6,4
Spes. el. ledningsevne, 20°C	µS/cm	10,9 - 20,0	13,7
Farge	mg Pt/l	4 - 36	15
Turbiditet	JTU	2,1 - 0,07	0,8
Permanganattall	mg O/l	1,0 - 0,2	0,6
Alkalitet	ml N/10 HCl/l	0,9 - 0,4	0,5
Total hårdhet	mg CaO/l	3,8 - 1,6	2,1
Total fosfor	mg P/l	0,012 - 0,004	0,007
Total nitrogen	mg N/l	0,190 - 0,125	0,155
Klorid	mg Cl/l	2,2 - 0,5	1,0
Fluorid	mg F/l	0,09 - 0,06	0,08

### 5.1 Temperaturforhold

Temperaturforholdene i Årdalsvatnet er illustrert på figurene 3-5. Av disse fremgår at vårsirkulasjonen begynner i april-mai. Fra først i juni begynner vannet i de øvre lag av innsjøen å bli varmere enn lagene under. Det utvikles ikke noe typisk termisk sprangsjikt, men vannmassene blir gradvis varmere utover sommeren helt ned til 50 meters dyp. Utover høsten begynner vannet i overflaten å avkjøles samtidig med at vannet i de dypere lag varmes opp. Høstsirkulasjonen foregår i november-desember. Temperaturen er da 4-5°C i alle dyp av innsjøen. Under vinterstagnasjonsperioden synker temperaturen til nærmere 3°C i dyplagene.

### 5.2 Kjemiske forhold

Vannet i Årdalsvatnet er svakt surt og fattig på oppløste salter samtidig som hårdheten er meget lav. Permanganattallet, som er et mål for innhold av organiske stoffer, er forholdsvis lavt. Analysen av vannprøvene tatt 16. juli 1970 viser at permanganattallet er høyere i de øvre lag av vannmassen enn i de dypere, samtidig er farge og turbiditet høyere i de øvre lag.

De oksygenbestemmelser som er foretatt, har vist at vannet er rikt på oksygen i alle dyp, og at metningen for det mest er over 90%. Kloridinnholdet i innsjøen er meget lavt. Analysen viser en viss økning mot bunnen. Sulfatinnholdet er ikke blitt bestemt i innsjøen, men i noen tilløpselver og Hæreidelva (tabell 6). Analysen viser at sulfatinnholdet er forholdsvis lavt i samtlige elver. Høyest sulfatinnhold viser imidlertid Fardøla. Dette er antakelig i overensstemmelse med at det finnes kisleforekomster langs dette vassdraget.

Fluoridinnholdet i vannet har øket som følge av fluoridutslipp fra aluminiumsverket til atmosfæren. Øverst i vassdraget, ved Tyin, ble det funnet et fluoridinnhold på mindre enn 0,05 mg pr. liter, og i Årdalsvatnet 0,08 mg pr. liter. Aluminiumsverket oppgir at det i 1969 hadde et utslipp til atmosfæren på 30 kg fluorider pr. time, hvorav ca. 70% i

form av flussyre. Dersom all flussyren faller ned i nedbørfeltet, tilsvarer det en økning i vannets fluoridinnhold på 0,15 mg F pr. liter.

### 5.3 Diskusjon av de hydrografiske forhold.

De fire termiske perioder som norske innsjøer vanligvis gjennomløper i løpet av et år, er redegjort for i vår rapport av 24. juli 1967. Temperaturforholdene under vinterstagnasjonsperioden fremgår av figur 4, kurvene for januar, februar og mars. I denne tiden har det også foregått en avkjøling av vannmassene i de dypere lag. Det kan bety at det er en viss sirkulasjon i vannmassene selv etter at isen har lagt seg.

Etter isløsningen begynner vannet i overflaten å varmes opp til over 4°C, og det blir dermed sirkulasjon gjennom hele vannmassen. På grunn av isforholdene har vi ingen målinger fra april, men vårsirkulasjonen begynner antakelig i denne måned. I mai er vannet i overflaten oppvarmet til over 4°C (figur 4). I løpet av juni blir vannet i de øvre lag av innsjøen så varmt at sommerstagnasjonsperioden begynner. Det utvikles ikke noe markert sprangsjikt, men vannet blir gradvis varmere fra ca. 50 meters dyp og til overflaten (figur 3 og 5). Sommerstagnasjonsperioden varer til begynnelsen av november. I november og desember har igjen hele vannmassen omtrent samme temperatur (figur 3).

På grunnlag av de temperaturmålinger som er utført, vil vannet ha følgende teoretiske oppholdstider ved de forskjellige årstider:

	Antatt varighet	Teoretisk oppholdstid
Vinterstagnasjon	3 måneder	387 døgn
Vårsirkulasjon	2 "	75 "
Sommerstagnasjon	5 "	24 "
Høstsirkulasjon	2 "	293 " .



## 6. BAKTERIOLOGISKE FORHOLD

Bakterieinnholdet i innsjøen er høyest ved Øvre Årdal og avtar utover mot Årdalstangen. Utenfor bebyggelsen på Årdalstangen viser det imidlertid en tendens til å øke igjen. Generelt er bakterietallet høyest i sommerhalvåret og lavest i vinterhalvåret.

Analysen viser store variasjoner i bakterietallet fra stasjon til stasjon og fra måned til måned. Prøvene for analyse ble tatt fra 0, 3 og 30 meters dyp. Grunnen til at disse dyp ble valgt, var at man antok at man dermed skulle få prøver av vannet både over og under det termiske sprangsjikt. De hydrografiske undersøkelser har imidlertid vist at det ikke finnes noe sprangsjikt. Dette må være årsaken til de store variasjoner i analyseresultatene fra de forskjellige dyp. Analysen viser at vannet på 30 meters dyp er like mye forurenset som vannet i overflaten. Bare ved Øvre Årdal er overflatevannet jevnt over mest forurenset.

## 7. KLORBEHOVSANALYSE FOR RENSET KLOAKKVANN

Prøver av utgående kloakkvann fra renseanlegget i Øvre Årdal ble tilsatt varierende mengder klor og restklor bestemt etter forskjellige kontakt-tider. Resultatene er ført opp i tabell 8. Analysen viser at forbruket av klor skjer momentant og deretter holder restklormengden seg forholdsvis konstant. Restklormengden som funksjon av tilsatt mengde klor etter 15 minutters reaksjonstid, er fremstilt grafisk på figur 6.

Amerikanske undersøkelser<sup>(1)</sup> har vist at en restklormengde på 0,2-0,6 mg pr. liter reduserer bakterieinnholdet i kloakkvann med 99,9% etter 1 times reaksjonstid. Det er viktig at kloakkvannet ikke inneholder partikler, idet bakteriene innesluttet av partiklene og gjør at klor ikke slipper til med sin virkning.

---

(1) Federation of Sewage and Industrial Wastes Association:

Chlorination of Sewage and Industrial Wastes. Illinois 1951.

Tabell 8. Klorbehovsanalyse for rensset kloakkvann.

Cl <sub>2</sub> tilsatt	Restklor funnet etter			
	0 minutter	15 minutter	30 minutter	45 minutter
0,3 mg/l	0,03	0,04	0,03	
0,6 "	0,08	0,15	0,15	
1,2 "		0,15	0,20	0,25
2,4 "		0,35	0,40	
3,6 "		<0,5	<0,5	

#### 8. KONKLUSJON

Vannet i Årdalsvatnet er svakt surt og meget saltfattig. Det er også fattig på næringssalter og inneholder lite humusstoffer.

Innsjøen har ikke noe utpreget sprangsjikt i sommerstagnasjonsperioden, men temperaturen på vannet avtar jevnt fra overflaten og ned til ca. 50 meters dyp. Grunnen til dette må være at innsjøen har en forholdsvis stor gjennomstrømming, og at det vannet som kommer inn, er kaldere enn vannet i innsjøen, slik at det lagrer seg inn i et sjikt under overflaten. Aluminiumsverket bruker vann til kjøling i støperiet og har et betydelig utslipp av oppvarmet vann. Hvilken betydning dette har for innsjøens temperaturbalanse, er ikke beregnet.

Bakterietallet i innsjøen er høyest ved Øvre Årdal og avtar mot Årdalstangen. En klorering av kloakkvannet fra Øvre Årdal før utslipp vil antagelig føre til en vesentlig reduksjon av innsjøens innhold av koliforme bakterier. Det er da viktig at kloakkvannet ikke inneholder partikler. I dypere lag av innsjøen er vannet kjemisk og sannsynligvis også bakteriologisk av bedre og mer stabil kvalitet. Vanninntaket for vannverket til Årdalstangen anbefales lagt på minst 50 meters dyp.

Fig.1  
ÅRDALSVATNET  
Dybdekart

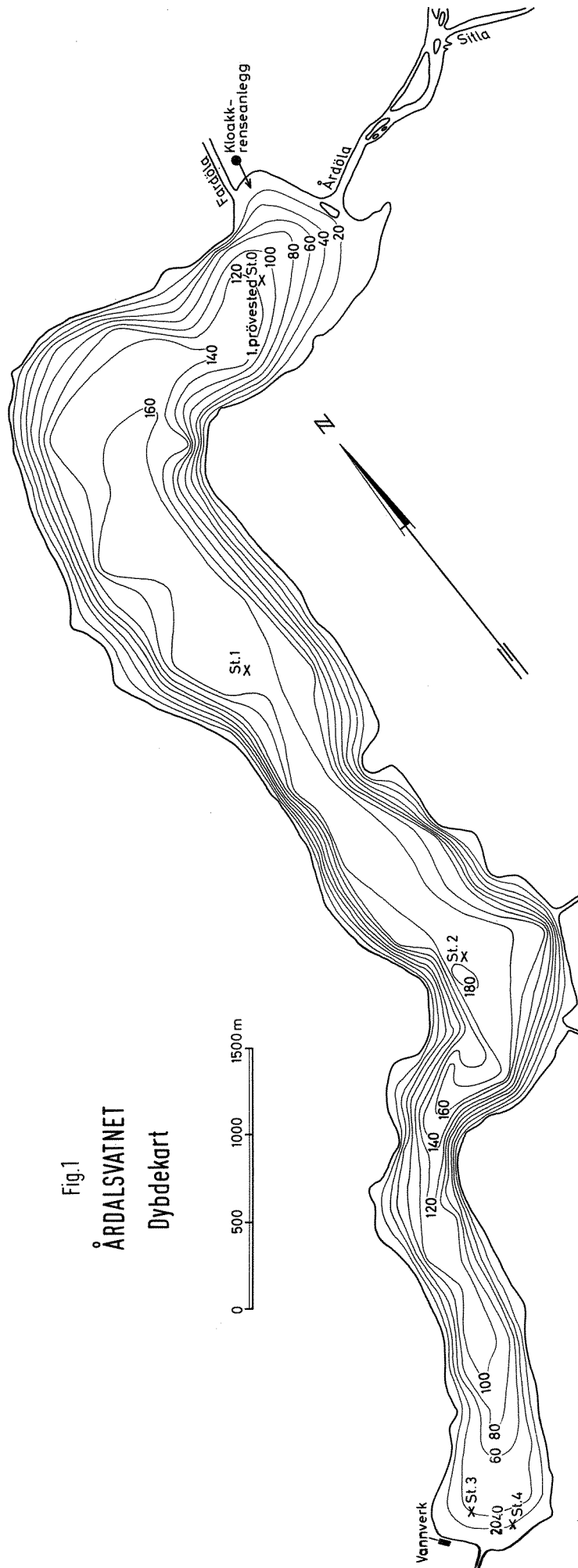


Fig.2 Årdalsvatnet, areal- og magasinkurver

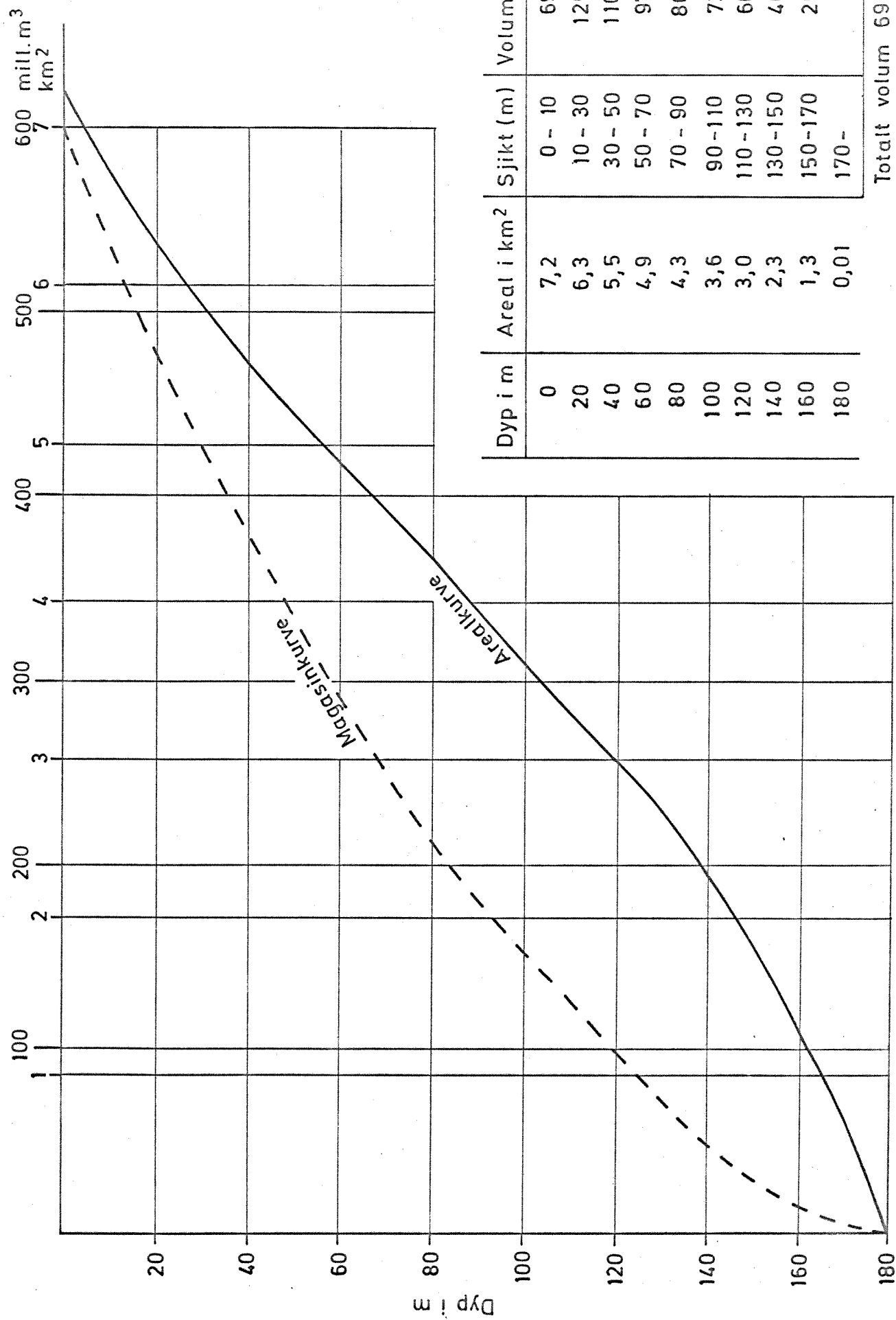


Fig.3 Temperaturens variasjon med dybden ved st.1 i Årdalsvatn, målt til forskjellige tider

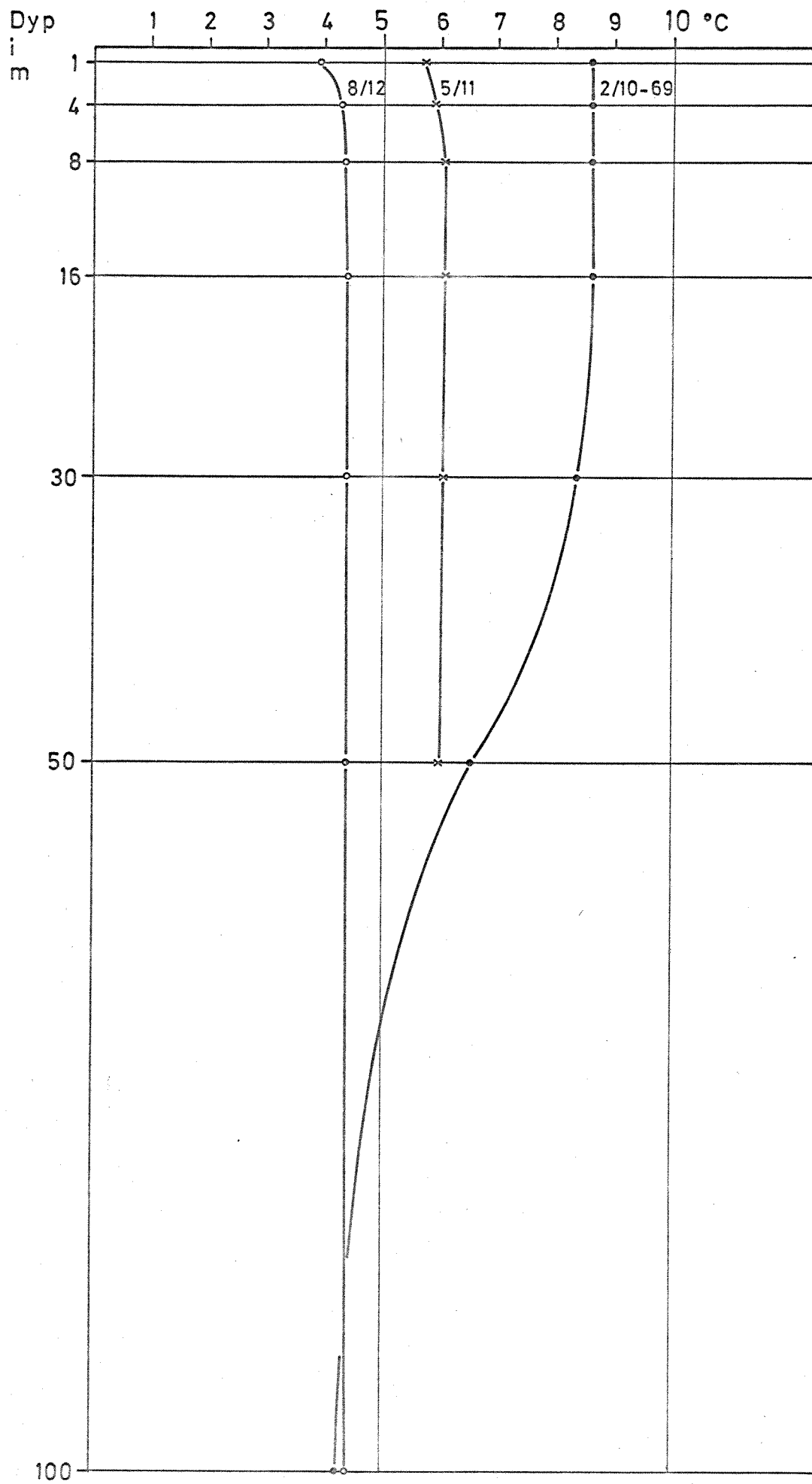


Fig. 4 Temperaturen variasjon med dybden ved st.1 i Årdalsvatn, målt til forskjellige tider

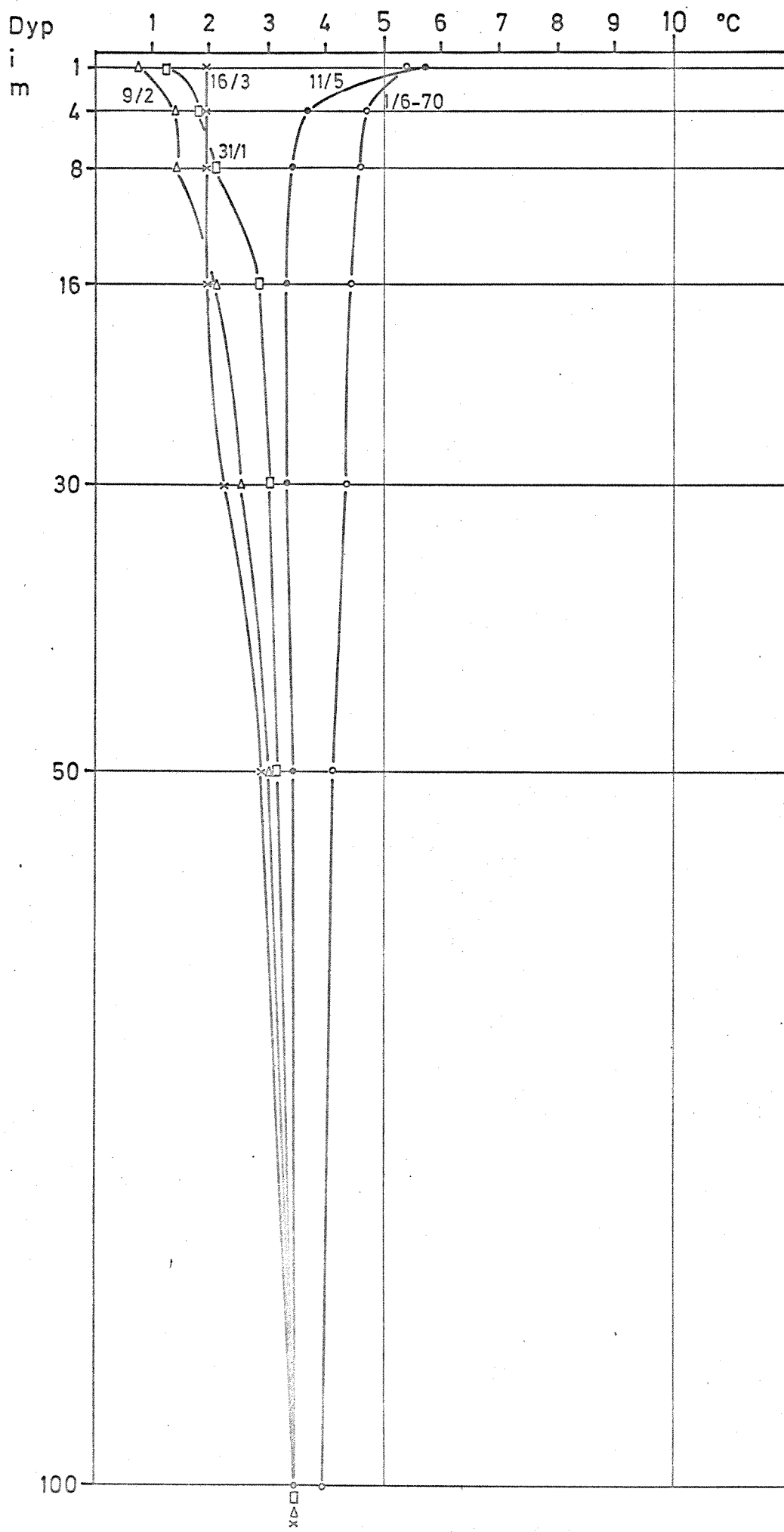


Fig. 5 Temperaturen variasjon med dybden ved st. 1 i Årdalsvatn, målt til forskjellige tider

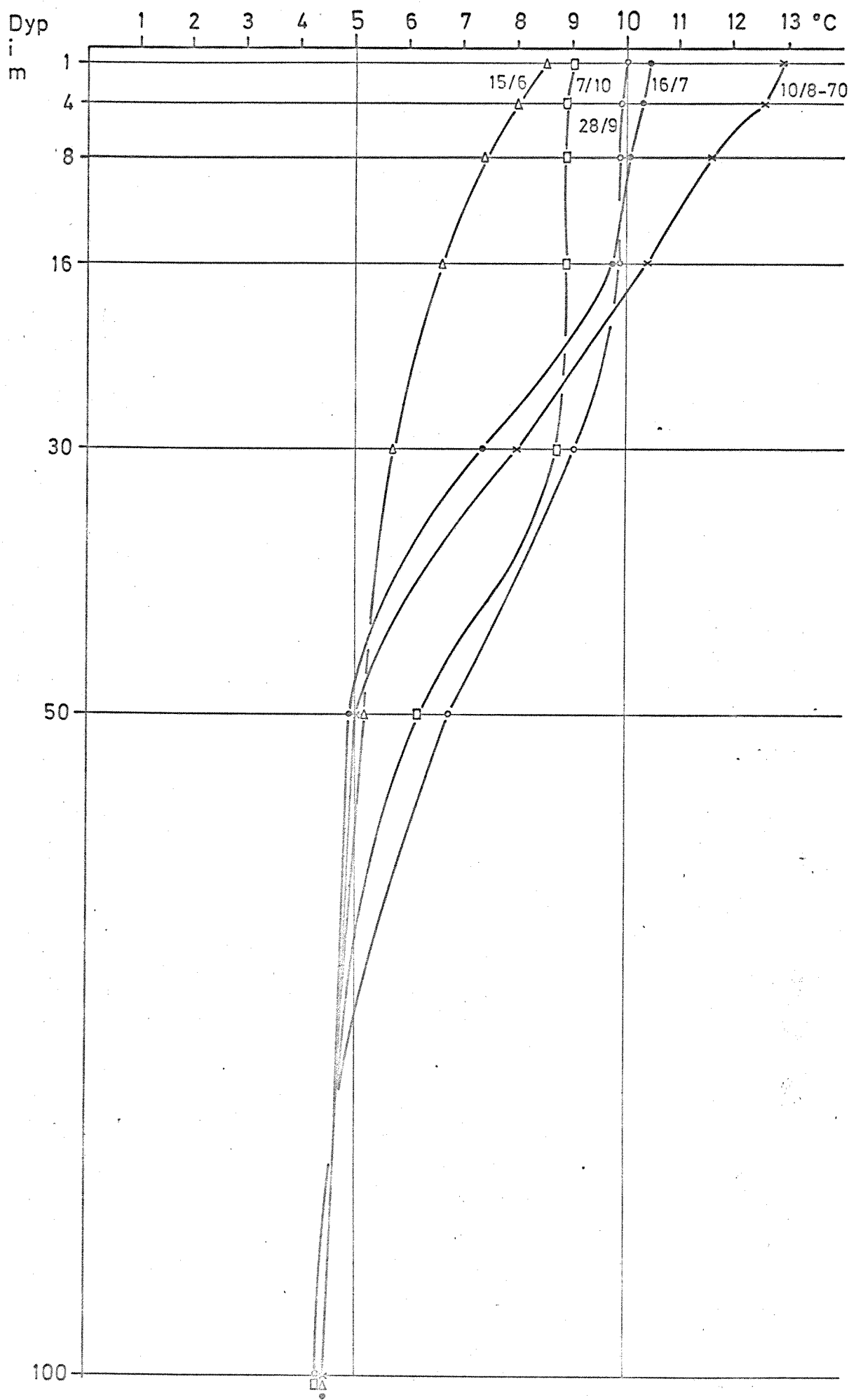


Fig.6

Restklor som funksjon av tilsatt mengde klor etter 15 minutters reaksjonstid

