

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
BLINDERN

O-94/70

UNDERSØKELSE AV VANNKVALITETEN  
I VERKENS VATN

Saksbehandler: Ingeniør Lasse Berglind

Medarbeider: Cand.real. John Erik Samdal

Rapporten avsluttet: 24. oktober 1972.

## INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	3
2. VERKENS VATN MED NEDBØRFELT	3
3. PRØVETAKING	4
4. DISKUSJON AV ANALYSE- OG FELLINGSRESULTATER	4
4.1. Diskusjon av analyseresultatene	4
4.2. Diskusjon av fellingsresultatene	5
5. VALG AV INNTAKSDYP	6
6. KONKLUSJON	7

## TABELLER

1. Analyseresultater for prøver tatt i Verkensvatn	8-11
2. Laboratoriefellingsforsøk med råvann fra Verkensvatn	12

## FIGURER

1. Verkensvatn. Dybdekart	13
2. Temperaturfordelingen i Verkensvatn ved de forskjellige prøvetakingene	14
3. Fordelingen av oksygenmetningen i Verkensvatn ved de forskjellige prøvetakingene	15

## 1. INNLEDNING

I brev av 23. juni 1970 fra A/S Hjellnes & Co. fikk Norsk institutt for vannforskning i oppdrag å undersøke vannkvaliteten i Verkensvatn ved Dikemark i Asker.

Verkensvatn leverer i dag drikkevann til Dikemark sykehus, og vannet renses ved trykkfiltrering og klorering. Renseanlegget er planlagt å omfatte også kjemisk felling, og i samband med dette har vannets kjemisk/fysiske egenskaper blitt undersøkt. For å klarlegge hvilken renseseffekt kjemisk felling vil gi, er det videre foretatt laboratoriefellingsforsøk med råvann fra Verkensvatn.

En del data om Verkensvatn og dets nedbørfelt er velvilligst stilt til rådighet av lektor K. Berner fra hans hovedfagsarbeid "En limnologisk undersøkelse av 11 vann i Asker, Lier og Vestre Bærum."

## 2. VERKENSVATN MED NEDBØRFELT

Verkensvatn ligger ved Dikemark øst for Lierskogen. Det har tilløp fra Nordvatn og fra Ulvenvatn som står i forbindelse med Padderudvatn. Nedbørfeltet er 28,5 km<sup>2</sup>. Vannoverflaten i Verkensvatn er 0,19 km<sup>2</sup> og volumet 1,15 mill. m<sup>3</sup>. Avrenningen i området er beregnet til 15 l pr. km<sup>2</sup>/s. Dette gir vannmassen i Verkensvatn en teoretisk oppholdstid på ca. 31 døgn. Største dyp i Verkensvatn er 16 m. Et dybdekart er vist i fig. 1.

I nedbørfeltet er det ikke kartlagt virksomheter som kan ha betydning for vannkvaliteten i Verkensvatn. Bebyggelsen i området er i det vesentlige lokalisert til området ved Dikemark sykehus. Kloakken herfra går imidlertid til renseanlegg som har avløp til elven nedenfor Verkensvatn. I nedbørfeltet er det en del jordbruk som rimeligvis påvirker vannkvaliteten.

### 3. PRØVETAKING

Prøvene i Verkensvatn ble tatt på det dypeste stedet i innsjøen (se fig. 1). Prøvetaking ble utført 11.8.1970, 19.3.1971, 28.5.1971 og 3.9.1971. Prøvene ble tatt på forskjellige dyp ned til 1 m over bunnen. Temperaturen ble målt med vendetermometer. Analyseresultatene er ført opp i tabell 1.

Det ble også tatt med vann fra 8 m dyp for fellingsforsøk i laboratoriet. Dette dypet ble bestemt ut fra temperaturmålingene. Fra 8 m dyp ble det også tatt prøver for luktanalyse og for bestemmelse av vannets aggressivitet (marmorprøve). Resultatene av fellingsforsøkene er samlet i tabell 2.

### 4. DISKUSJON AV ANALYSE- OG FELLINGSRESULTATER

#### 4.1. Diskusjon av analyseresultatene

pH-målingene viser at vannmassen i Verkensvatn gjennomgående er svakt alkalisk. Hårdhetsbestemmelsene viser at vannet er relativt hardt etter norske forhold.

Innholdet av næringssalter som fosfor- og nitrogenforbindelser er forholdsvis høyt, likeledes viser permanganattallene et høyt innhold av organisk stoff. Verkensvatn har således eutrof karakter. Eutrofieringen resulterer i høy biologisk aktivitet som bidrar til å øke farge og turbiditet. Under sommerperioden blir overflatevannet overmettet av oksygen ved fotosyntese, samtidig som pH stiger på grunn av opptak av  $\text{CO}_2$ .

I dyplagene tilføres lite eller ikke oksygen utenom vår og høstsirkulasjonen, og mikroorganismer som nedbryter organisk materiale vil her forbruke oksygen. Som det fremgår av fig. 3 synes oksygenmetningen under 8 m sjelden å overstige 50%. I bunnsone vil det særlig i slutten av sommerstagnasjonsperioden oppstå anerobe forhold med utvikling av dihydrogensulfid. Dette forårsaker at utfelt jern, mangan og næringssalter i bunnsedimentene reduseres og oppløses.

Ved vår- og høstomveltningen vil disse løste stoffer kunne transporteres oppover i vannmassen. Som det imidlertid fremgår av tabell 1 bringes jern og mangan tilsynelatende i bare liten grad opp i innsjøens midtre og øvre partier; bortsett fra bunnsjiktet har konsentrasjonene av disse stoffer vært på et tilfredsstillende høyt nivå i hele undersøkelsesperioden.

I eutrofe innsjøer kan det forekomme lukt- og smaksulemper på vannet til visse tider av året. Intensiteten tiltar gjerne med økende dyp, og man antar dette har sammenheng med nedbrytningen av døde alger. Det dannes spesielle kjemiske forbindelser, og vannet får en smak og lukt som til eksempel kan være gress- eller jordaktig. Dette var tilfelle med vann fra 8 m dyp den 3.9.1971. Vannet behøver ikke å være oksygenfritt for at disse ulemper skal oppstå.

Fig. 2 viser at det i slutten av sommerstagnasjonsperioden var etablert sprangsjikt i området 4-10 meter (11.8.1970 og 3.9.1971). I slutten av vinterstagnasjonsperioden var sprangsjiktet lite markert (19.3.1971).

Marmorprøvene med vann fra 8 m indikerer at aggressiviteten er relativt liten.

#### 4.2. Diskusjon av fellingsresultatene

Ved kjemisk felling (fullrensing) koaguleres suspenderte partikler i vannet med tilsats av aluminiumsulfat og eventuelt alkaliseringsmiddel. Under den etterfølgende flokkulering dannes sedimenterbare fnokker. Fnokker som ikke sedimenterer, fjernes ved den etterfølgende filtrering. Kjemisk felling reduserer innholdet av partikulære forurensninger av såvel uorganisk som organisk karakter (også bakterier).

Resultatene av fellingsforsøkene (tabell 2) viser at i gjennomsnitt reduseres fargen fra ca. 19 til ca. 4 mg Pt/l, dvs. ca. 80%, og dette kan ansees som tilfredsstillende.  $KMnO_4$ -oksyderbart stoff reduseres i gjennomsnitt fra ca. 3,5 til ca. 2.2 mg O/l, dvs. ca. 37%. Et permanganatforbruk på 2,2 mg O/l i felt, filtrert vann, er omtrent normalt for felt vann fra eutrofe vanntyper på Østlandet.

Ved de to siste fellingsforsøkene ble også fjerningen av jern målt. Den 28.5.1971 ble jerninnholdet redusert fra 90 til <10 µg Fe/l, og den 3.9.1971 fra 50 til <20 µg Fe/l. Dette viser at meste-  
parten av jernet forelå i kolloidal form.

Ved fellingsforsøkene er det benyttet alumdoser på henholdsvis 20, 30 og 40 ppm. Ut fra resultatene å dømme vil vi anta at i praksis vil en dose på ca. 30 - 40 ppm være omtrent optimalt.

Fnokkstørrelsen, samt tiden for dannelse av første synlige fnokker, er faktorer som kan være av betydning ved dimensjonering av et kjemisk fellingsanlegg. Ved fellingsforsøkene med vann fra Verkensvatn var fnokkstørrelsen litt mindre og tiden for dannelsen av første synlige fnokker noe lengre enn det som er normalt ved felling av vann fra eutrofe innsjøer i Østlandsområdet.

#### 5. VALG AV INNTAKSDYPT

I upåvirkede innsjøer legger man vanligvis råvannsinntaket forholdsvis dypt for å få vann med stabil, lav temperatur og for mest mulig å unngå forurensninger som tilføres overflatelaget. I Verkensvatn er det imidlertid begrenset hvor dypt inntaket kan legges. Som det fremgår av tabell 1 og fig. 3 er det til tider råttent vann nær bunnen, likeledes kan innholdet av jern og mangan være høyt. Som tidligere nevnt er det også normalt at lukt og smak er sterkere i vann fra dyplaget i eutrofe sjøer sammenliknet med vann fra mindre dyp.

Vann fra 8 m dyp har under hele undersøkelsesperioden stort sett hatt tilfredsstillende kjemisk/fysiske egenskaper, unntatt den 3.9.1971 da vannet hadde en tydelig gresslukt. Oksygenmetningen på dette dyp var samtidig lav, bare 23%. Det er sannsynlig at vann fra et mindre dyp, t.eks. 6 m, i dette tilfelle ville hatt mindre luktintensitet. Det vil imidlertid være fordelaktig med et råvannsinntak hvor inntaksdypet kan varieres slik at man til enhver tid kan velge den mest gunstige vannkvalitet.

## 6. KONKLUSJON

1. Undersøkelsene har vist at Verkensvatn er en innsjø med eutro-  
fierende trekk. Sulfidutvikling i dyplaget forekommer.
2. Den gunstigste råvannskvaliteten vil man få fra ca. 0-8 m dyp  
Vannverket bør utstyres med et råvannsinntak hvor inntaksdypet  
kan varieres.
3. Luktulemper kan oppstå ved visse årstider, særlig i slutten av  
sommerstagnasjonsperioden.
4. Orienterende fellingsforsøk i laboratorieskala indikerer at  
vannet felles med bra kvalitet på felt vann når fellingen foregår,  
ved pH 6,9 - 7,1 og alumdosen er 30 - 40 ppm.

Tabell 1. Analyseresultater for prøver tatt i Verkensvatn.

Prøvetakingsdato 11/8-1970.

Dyp i m		1	4	6	7	8	9	10	12	15
Temperatur	°C	19,1	15,9	11,2	7,05	5,3	3,8	3,6	3,55	3,7
Oksygen	mg O/l	10,3	8,6	7,7	7,0	5,7	4,2	3,9	0,49	
Oksygen % metning		114,5	90,0	72,4	59,3	46,3	33,0	30,5	3,8	
Sulfid	mg S <sup>2-</sup> /l									1,6
Surhetsgrad	pH	8,6	7,8	7,2	7,1	7,1	7,0	7,0	6,9	7,1
Spes.el.ledn.evne 20°C	µS/cm	130	120	107	120	130	145	146	154	164
Farge	mg Pt/l	32	32	32	28	28	20	22	18	46
Farge, filtrert	mg Pt/l					18				20
Turbiditet	J.T.U	0,22	0,2	0,14	0,13	0,14	0,13	0,11	0,16	0,95
Fosfor, total	µg P/l	10				10				18
Nitrogen, total	µg N/l	450				884				410
KMnO <sub>4</sub> -tall	mg O/l	5,1	5,2	8,9	2,9	3,3	2,6	3,7	2,4	3,6
Hårdhet, total	mg CaO/l	38,2				35,2				46,0
Klorid	mg Cl/l	4,6				4,0				4,6
Jern	µg Fe/l	40	40	40	30	30	25	25	25	540
Mangan	µg Mn/l	20	25	40	30	35	25	25	25	4200



Tabell 1. Forts.

Prøvetakingsdato 19/3-1971

Dyp i m		1	4	6	8	10	12	15
Temperatur	°C	0,80	2,35	2,60	3,00	3,25	3,35	3,40
Oksygen	mg O/1	7,7	6,7	6,7	6,6	6,7	7,0	2,6
Oksygen % metning		55,6	51,2	51,3	50,3	51,8	54,5	19,9
Surhetsgrad	pH	7,3	7,2	7,2	7,3	7,2	7,3	7,1
Spes.el.ledn.evne 20°C	µS/cm	160	160	160	160	160	160	160
Farge	mg Pt/1	18	18	16	16	15	15	18
Farge, filtrert	mg Pt/1				13			
Turbiditet	J.T.U.	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Fosfor, total	µg P/1	13	17		10		9	9
Nitrogen, total	µg N/1	1080	1060		1000		880	800
Nitrat	µg NO <sub>3</sub> /1	1040	1040		1000		850	780
Fritt ammonium	µg N/1	<10	<10		<10		<10	<10
KMnO <sub>4</sub> -tall	mg O/1		3,8		4,0	4,0	4,3	4,0
Hårdhet, total	mg CaO/1	44,3	45,4	45,2	45,2	45,1	45,2	46,3
Jern	µg Fe/1	70	40	40	30	30	20	55
Mangan	µg Mn/1	45	25	25	10	15	15	60
Lukt					x)			

x) Ingen luktulempe.

Marmorprøve 8 m.

	pH	Alkalitet pH 4,5 ml N/10 HCl/1	Alkalitet pH 4,0 ml N/10 HCl/1	Kalsium mg Ca/1	Uorg.karbon mg C/1	Aciditet ml N/10 NaOH/1
Vann fra 8 m		11,73	12,54	27,6	7,4	0,75
Etter omrøring med marmor	7,8	16,72	17,31	39,4		

Tabell 1. Forts.

Prøvetakingsdato 28/5-1971

Dyp i m		1	4	6	8	10	12	15
Temperatur	°C	11,7	8,2	5,6	4,1	3,55	3,55	3,6
Oksygen	mg O/l	11,6	11,6	8,9	7,5	5,5	3,8	1,9
Oksygen % metning		110,5	101,7	73,1	59,2	42,8	30,0	14,8
Surhetsgrad	pH	7,7	7,4	7,2	7,2	7,1	7,1	7,0
Spes. el. ledn. evne 20°C	µS/cm	112	108	129	141	152	154	161
Farge	mg Pt/l	30	32	21	19	16	17	52
Turbiditet	J.T.U.	0,09	0,09	0,02	0,05	0,02	0,03	0,90
Fosfor, total	µg P/l	10	11		7		5	14
Nitrogen, total	µg N/l	760	760		1220		1160	1060
Nitrat	µg NO <sub>3</sub> /l	430	510		970		900	650
Fritt ammonium	µg N/l	15	20		10		<10	166
KMnO <sub>4</sub> -tall	mg O/l	4,3	4,5	3,6	3,3	3,4	3,2	3,6
Hårdhet, total	mg CaO/l	33,9	30,5	37,9	40,4	44,2	44,4	
Jern	µg Fe/l	80	90	90	90	90	100	440
Mangan	µg Mn/l	20	20	25	25	35	70	780
Lukt					x)			

x) Ingen luktulempe

Marmorprøve 8 m.

	pH	Alkalitet pH 4,5 ml N/10 HCl/l	Alkalitet pH 4,0 ml N/10 HCl/l	Kalsium mg Ca/l
Vann fra 8 m		10,65	11,52	26,0
Etter omrøring med marmor	7,60	13,85	14,72	31,9

Tabell 1. Forts.

Prøvetakingsdato 3/9-1971

Dyp i m		1	4	6	8	10	12	15
Temperatur	°C	15,8	15,20	12,05	6,20	4,65	4,20	3,90
Oksygen	mg O/1	9,2	9,1	6,7	2,8	0,9	0,2	
Oksygen % metning		95,5	93,5	64,5	23,4	7,2	1,6	
Sulfid	mg S <sup>2-</sup> /1							8,0
Surhetsgrad	pH	8,2	8,2	7,5	7,1	6,9	6,9	7,0
Spes.el.ledn.evne 20°C	µS/cm	122	122	118	140	143	144	150
Farge	mg Pt/1	18	19	19	14	13	14	45
Farge, filtrert	mg Pt/1							14
Turbiditet	J.T.U.	1,2	1,6	1,2	0,8	0,7	0,8	3,2
Fosfor, total	µg P/1	8	11	12	10	8	6	18
Nitrogen, total	µg N/1	385	320	455	1080	1076	876	1000
Nitrat	µg NO <sub>3</sub> /1	40	40	190	890	940	670	30
Fritt ammonium	µg N/1	<50	<50	<50	<50	<50	135	450
KMnO <sub>4</sub> -tall	mg O/1	4,0	4,0	4,0	3,2	3,2	3,5	4,0
Hårdhet, total	mg CaO/1	35,4	35,3	34,3	41,2	44,0	44,5	47,0
Jern	µg Fe/1	40	50	50	50	20	30	150
Mangan	µg Mn/1	20	20	40	70	20	300	2260
Lukt LGV					50 <sup>x</sup>			

x) Gresslukt.

Marmorprøve 8 n.

	pH	Alkalitet pH 4,5 ml N/10 HCl/1	Alkalitet pH 4,0 ml N/10 HCl/1	Kalsium mg Ca/1
Vann fra 8 m omrørt med marmor	7,6	xx)	xx)	41,5

xx) Prøven ødelagt.

Tabell 2. Laboratoriefellingsforsøk med råvann fra Verkenstvann.

Forsøkene er gjort med vann fra 8 m dyp.

Prøvetakingsdato	Forsøksnr.	Alum mg/l	Vannfri Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> mg/l	Temp. °C	pH	Farge mg Pt/l	Turbiditet J.T.U.	KMnO <sub>4</sub> tall mg O/l	Aluminium µg Al/l	Jern µg Fe/l	Flokkestørrelse mm	Første synlige fnokker etter min. omrøring	Målt på filtrerte prøver					
11/8-70	1	20		10	7,0	9	0,02	3,5	60		ca. 2-3	ca. 3						
	2	30		10	6,9	5	0,02	3,5	60		" 2-3	" 3						
	3	40	2	10	6,9	4	0,01	3,1	50		" 2-3	" 2						
19/3-71	1	20	6	11	7,1	4	0,02	2,3	110		" 1	" 6-7						
	2	30	11	11	7,3	4	0,01	2,1	70		1-2	" 5						
	3	40	17	11	7,3	4	0,01	2,3	80		" 1-2	" 5						
28/5-71	1	20		10	7,0	3	0,05	1,5	100		" 1-2	" 7						
	2	30	2	10	6,9	3	0,01	1,7	80	<10	" 1-2	" 5						
	3	40	4	10	6,9	3	0,005	1,5	80		" 2	" 5						
3/9-71	1	20		11	7,3	5	0,30	2,1	<100		" 2	" 7-8						
	2	30	3	11	7,3	4	0,27	2,6	<100	<20	" 2	" 4						
	3	40	5	11	7,3	8	0,30	2,0	<100		" 2	" 4						

Anm.: Fellingsforsøkene er foretatt i laboratorieflokkulator (Jar-Test) i 1 l begerglass. Etter tilsats av soda ble alum tilsatt og røreverket fikk gå i 3 min. ved 200 rpm. (koagulering). Deretter ble hastigheten redusert til 20 rpm. og prøvene flokkulert i 57 min. Prøvene fikk så sedimentere i 60 min. Prøvene ble utpipetert 10 mm under overflaten og filtrert gjennom foldefilter, Schleicher & Schüll nr. 597½, før analyse.

Fig.1 Verkensvatn. Dybdekart

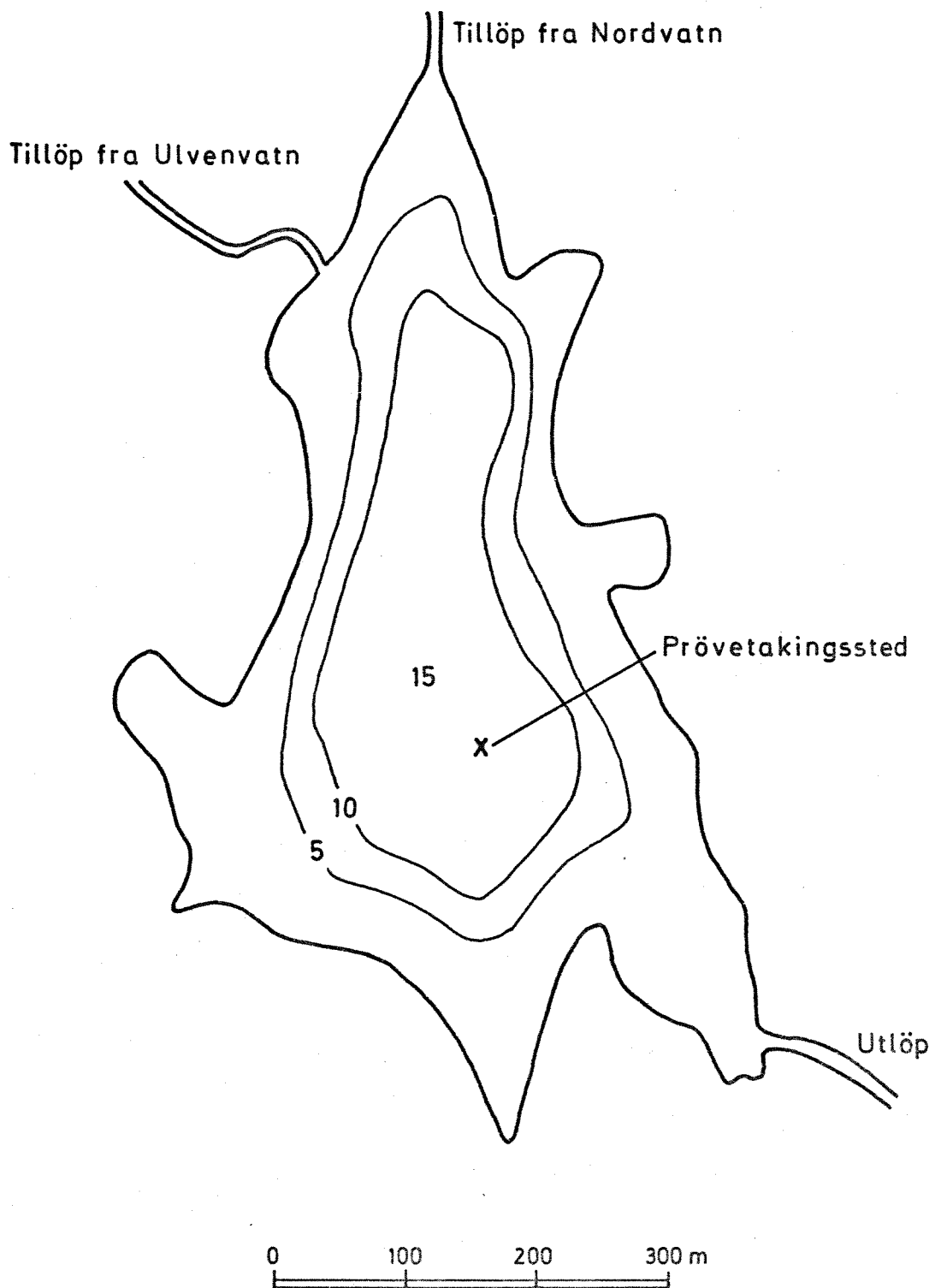


Fig.2 Temperaturfordelingen i Verkensvatn ved de forskjellige prøvetakingene

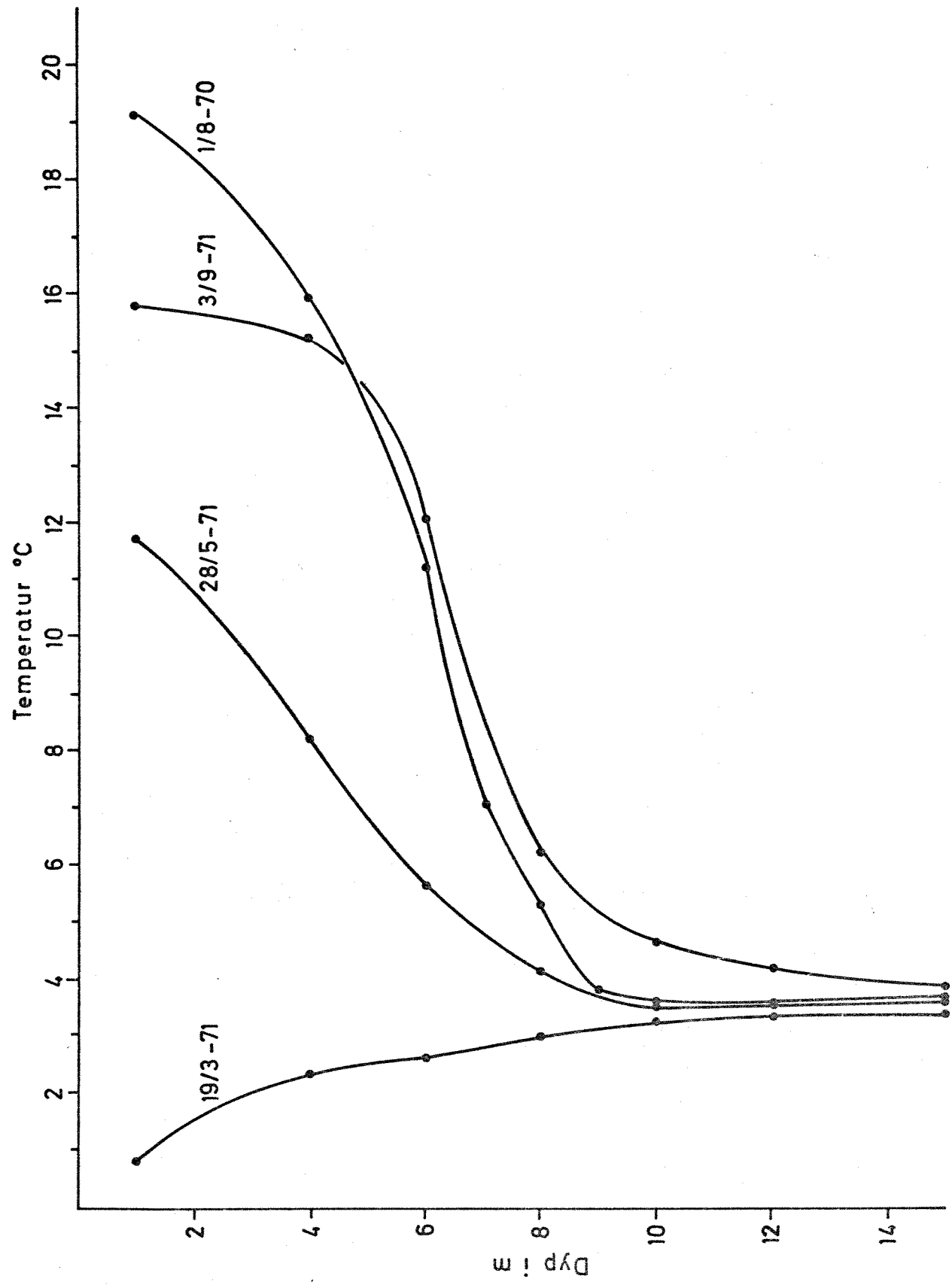


Fig.3 Fordelingen av oksygenmetning i Verkensvatn ved de forskjellige prøvetakingene

