

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

0- 9/65.

Undersøkelser i forbindelse med vannforsyning for Kongsvinger kommune.

Delrapport I.

Saksbehandler: Cand.real. J.E.Samdal.

Rapporten avsluttet 3.mai 1965.

	Side:
1. INNLEDNING	3
2. LIMNOLOGISKE UNDERSØKELSER	3
3. KOAGULERINGSFORSØK MED VANN FRA GLOMMA OG VANN FRA DIGERN	4
3.1. Resultatene av fellingsforsøk med vann fra Digern	5
3.2. Resultatene av fellingsforsøk med vann fra Glomma	6
4. RESULTATENE AV OZONFORSØKENE MED VANN FRA DIGERN	7

T A B E L L E R :

1. Prinsipp og litteraturhenvisning for analysemetodene samt enhetene for analyseresultatene	10
2. Kjemisk-fysiske analyseresultater av vannprøver fra forskjellige dyp i Digern	11
3. Fellingsresultater med vann fra Digern	12
4. Fellingsresultater med vann fra Glomma	14

1. INNLEDNING.

Undersøkelsene vil bli utført i tiden april - september 1965, og vil omfatte limnologisk undersøkelse av Digern samt opplodding av innsjøen. Videre vil det bli foretatt koaguleringsforsøk med vannporsjoner fra Glomma og fra Digern, og det vil også bli utført ozoneringsforsøk med vann fra Digern. Undersøkelsene er kommet istand ved henvendelse fra ingeniørfirmaet Chr. F. Grøner og programmet for undersøkelsene er omtalt detaljert i brev til ingeniørfirmaet Chr. F. Grøner av 22/3 1965 og 2/4-1965. Denne delrapport omfatter undersøkelser som er foretatt i april 1965. Konklusjon av undersøkelse vil etter avtale først sammenfattes når hele undersøkelsen er fullført.

Tabell 1 viser prinsipp og litteraturhenvisning for analysemetodene samt enhetene for analyseresultatene i denne rapporten.

2. LIMNOLOGISKE UNDERSØKELSER.

Tabell 2 viser analyseresultatene på vannprøver tatt på forskjellig dyp omtrent midt i Digerns hovedbasseng (innsjøens vestlige del), den 5.april 1965.

På observasjonsdagen var innsjøen dekket av et 60 cm **tykt** isdekke. Temperaturen lå i intervallet 2,41 - 3,00 °C gjennom hele vannmassen. Digern er en forholdsvis stor innsjø som ligger åpent for vindpåvirkning og årsaken til de lave temperaturer er en sterk avkjøling av vannmassene før isen legger seg om høsten.

Vannmassene hadde en oksygenmetning på 70 - 80 %. Det forholdsvis lave oksygeninnhold er forårsaket av dekomponering av organisk materiale. Oksygenforbruket var størst i dyplagene.

Vannet i Digern er surt (pH= 5,8) og bløtt. Verdiene for farge og kjemisk oksygenforbruk (KMnO_4 -tall) er forholdsvis høye og viser at vannet er påvirket av humusstoffer. Turbiditeten er lav. Vannet inneholder endel jern og mangan. Innholdet av ortofosfater og nitrater er av størrelsesorden som man vanligvis finner i norske

innsjøer av denne type.

3. KOAGULERINGSFORSØK MED VANN FRA GLOMMA OG VANN FRA DIGERN.

Koaguleringsforsøkene ble utført i en laboratorieflokkulator med muligheter for utførelse av ialt 12 forsøk samtidig. Koagulerings-hastigheten var 200 Omdr./min og flokkuleringshastigheten var 20 omdr./min. Diameteren på omrørerens propeller var 2,5 cm. Koagulerings-tiden var 3 min., mens flokkulerings-tiden var 57 min. Forsøkene ble utført i runde begerglass (1 l). Omstilling fra koagulerings-til flokkuleringshastighet foregikk momentant. Kalkhydrat ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ble tilsatt før alum ($\text{Al}_2\text{SO}_4)_3 \cdot 16-18 \text{H}_2\text{O}$ i alle forsøk. Tiden mellom hver koagulant-tilsetning var maksimalt 1 min. Tilsetting av koagulant-ene foregikk momentant og samtidig til alle begerglass i en forsøks-serie. Etter flokkuleringen ble vannet i begerglassene filtrert gjennom Schleicher & Schüll foldefilter av papir nr. 597 $\frac{1}{2}$ og analysene ble utført etter våre standard forskrifter (tabell 1). Sedimenterings-forsøkene ble utført ved at en glass-hevert (innvendig diameter ca. 7 mm) ble stukket ned i begerglassene ca. 5 cm under vannets overflate, slik at vannprøver kunne uttaes for nærmere undersøkelse.

Råvannsporsjoner for koaguleringsforsøkene ble tatt i Digern og Glomma den 5.april 1965 og transportert i plastbeholdere til vårt laboratorium i Oslo. Vannporsjonen for koagulerings-forsøk fra Digern ble tatt på 19 m dyp og samme sted som våre limnologiske observasjoner er foretatt. Vannporsjonen som ble tatt i Glomma ble tatt nær fremtidig inntak (ved pumpestasjon).

Kvaliteten av vannporsjonene for koagulering fremgår av den følgende tabell:

Bestemmelse av:	Digern	Glomma
Surhetsgrad, pH	6,08	6,88
Spes.ledningsevne	25,7	35,2
Farge	41	52
Turbiditet	0,56	3,5
Permanganattall	6,3	4,3
Alkalitet	1,7	3,4
Hårdhet	3,7	8,3
Jern	0,11	0,21

forts.

Bestemmelse av:	Digern	Glomma
Mangan	0,02	0,05
Aluminium	0,14	0,07
Temp. °C	2,78	1,5

Analyseresultatene viser at vannkvaliteten i Glomma og i Digern er noe forskjellige. Vannet i Digern er litt surt og inneholder lite mineralsalter. Det er temmelig farget av humuskomponenter, men har lav turbiditet. Vannet i Glomma inneholder mer mineralsalter enn vannet i Digern og har dertil betydelig større turbiditet.

3.1. Resultatene av fellingsforsøk med vann fra Digern.

Resultatene av fellingsforsøkene står i tabell 3. Allerede 20 mg alum pr. l og kalkdosering i området 5-6 mg/l til pH 6,08-6,10 ga god kvalitet på filtrert vann med hensyn til farge og turbiditet, samtidig som dannelsesstiden for fnokkene var lav selv ved 4,5⁰C (forsøksnr. 1 - 2). I forsøksnr. 3 var øyensynlig kalkdoseringen for høy, slik at fellingene foregikk i et pH-område som lå utenom det optimale pH-område. Økning av alumdoseringen til 25 mg/l og med kalkdosering fra 6 - 8 mg/l resulterte likeså i god kvalitet på filtrert vann med hensyn til farge og turbiditet i pH-området 5,82 - 6,36 og ved lav temperatur. Dosering av 30 mg alum/l og kalkdosering i området 7 - 10 mg/l ga god fellings-pH i området 5,75 - 6,40. Kvaliteten på vannet etter filtrering med hensyn til farge og turbiditet var god, samtidig som dannelsesstiden for fnokkene var lav. Vannets innhold av organiske komponenter, jern og mangan ble betraktelig redusert (forsøksnr. 9). Lavt innhold av restaluminium viste at fellingen foregikk under optimale betingelser. Dosering av 35,40,45,50 og 60 mg alum/l med tilhørende kalkdosering til pH-området 5,52 - 6,29 syntes ikke å gi bedre kvalitet på filtrert vann enn lavere doseringer.

Sedimenteringshastigheten for fnokkene ble målt for forsøksnr. 19 d.v.s. med doseringskombinasjonen 40 mg alum/l og 13 mg kalk/l ved pH 6,29. Sedimenteringsforsøket ble utført ved 5,5⁰C og de første fnokker hadde dannet seg 4 min. etter koaguleringsfasen ble startet. Farge og turbiditet ble målt på utpippeterte

vannprøver fra et skikt 5 cm under vannets overflate i begerglassene og resultatene ble:

Henstandstid i min. før utpippetering av prøven	Farge i utpippetert prøve	Turbiditet i utpippetert prøve
0	60	3,9
5	35	2,3
10	15	0,88
15	11	0,63
20	8	0,40
30	5	0,23

Resultatene av sedimenteringsforsøket viser at vannets kvalitet med hensyn til turbiditet og farge er god etter 30 min.'s henstandstid.

3.2. Resultatene av fellingsforsøk med vann fra Glomma.

Resultatene av fellingsforsøkene står i tabell 4, som viser at 20 mg alum/l og 3 - 6 mg kalk/l i pH-området 6,65 - 7,12 ga god kvalitet på filtrert vann og lav dannelsesetid for fnokkene selv ved lav temperatur (forsøksnr. 2 - 6).

I forsøksnr. 6 er vannets farge og turbiditet etter filtrering høyest og dette kan tyde på at fellings-pH 7,12 var litt utenom det optimale fellings pH-område. Økning av alum-mengden til 25 mg/l og kalkdosering i området 1 - 7 mg/l med fellings-pH fra 6,24 - 7,04 syntes ikke å gi markant forbedring med hensyn til vannets utseende og dannelses-tiden for fnokkene. I forsøksnr. 7,8 og 9 lå vannets farge og turbiditet etter filtrering høyere enn i forsøksnr. 10 - 14, samtidig som det tok lengre tid innen fnokkene ble dannet. Dette kan tyde på at fellings-pH i området 6,24 - 6,45 er litt for lavt. Økning av alumdosering til 30 mg/l med tilhørende kalkdosering ga ikke nevne-verdig bedre resultater enn med lavere alum og kalkdoseringer. I alle forsøk med lav farge og turbiditet på filtrert vann var vannets permanganattall, innhold av aluminium, jern og mangan lavt.

Sedimenteringsforsøkene ble utført på samme måte som beskrevet for forsøkene med vann fra Digern. Doseringskombinasjonen var 30 mg alum og 8 mg kalk/l ved 4,5°C og 3 min. dannelsesetid for fnokkene. Resultatene av sedimenteringsforsøkene fremgår av følgende tabell:

Henstandstid i min. før utpippetering av prøven	Farge i utpippetert prøve	Turbiditet i utpippetert prøve
0	65	6,5
5	22	2,2
10	14	1,5
20	8	0,72
30	7	0,56

Resultatet av sedimenteringsforsøket viste, i likhet med hva vi fant for vann fra Digern, at vannet etter 30 min. henstandstid har relativt lav farge og turbiditet.

4. RESULTATENE AV OZONFORSØKENE MED VANN FRA DIGERN.

Ozonforsøkene ble utført med et Kerag Ozontestgerät ; et laboratorieapparat som ikke er egnet for driftsøkonomiske betraktninger av ozonprosessen. Apparatet er særlig brukbart for fastleggelse av ozondoseringens størrelse i forhold til fargereduksjon av vann. Blandingen av ozon og vann foregikk med en ejetektor og oppholdstiden i ejetektor-kammeret var 10 min. Ozon ble bestemt i gassfasen ved absorpsjon i nøytral kaliumjodidopløsning og tilsatt fortynnet svovelsyre før titrering med natriumthiosulfat. Øvrige analysemetoder var utført etter NIVA's standard forskrifter.

Ozonforsøkene ble utført på samme råvannsprøve som ble benyttet for koaguleringsforsøkene og analyseresultatene for råvannsprøven står derfor på side 4. Råvannets temperatur under ozoneringsforsøkene lå i området 5 - 10°C.

Nedenforstående tabell angir resultatene med forskjellige ozondoser:

Ozondose, mg O ₃ /l	Farge på ozonert vann
0,83	26
1,75	26
2,8	21
3,7	15
11	14

Resultatene viste at for å redusere råvannsfargen fra 41 mg Pt/l til området 15-20 mg Pt/l må man regne med å dosere fra 2,8 - 3,7 mg O₃/l vann.

Med doseringene 2,0 og 4,2 mg O₃/l vann kunne det ikke påvises restozon etter 10 min. henstandstid. Reduksjon av vannets permanganattall med de samme doseringer var fra 6,3 til henholdsvis 5,9 og 5,3 mg O/l. Ozonerte vannprøver som fikk henstand 1 døgn viste fargeøkning fra 26 mg Pt/l til 28 mg/Pt/l ved dosering 2,0 mg O₃/l og fra 13 mg Pt/l til 15 mg Pt/l ved dosering 4,2 mg O₃/l. Råvann og ozonert vann ga markant fargeøkning ved kalktilsetting slik som det fremgår av nedenforstående tabell:

Råvann			Ozonert vann, dosering 2,0 mg O ₃ /l			Ozonert vann, dosering 4,2 mg O ₃ /l		
Dosering mg Ca(OH) ₂ /l	pH	Farge	Dosering mg Ca(OH) ₂ /l	pH	Farge	Dosering mg Ca(OH) ₂ /l	pH	Farge
			0	-	26	0	-	13
0,5	6,30	36	1	6,70	26	1	6,50	14
1	6,69	37	2	6,84	27	2	6,77	16
2	8,23	41	4	8,60	34	4	7,52	19
3	8,45	43						
4	9,09	45						
5	9,69	46						
6	9,85	47						
7	10,01	49						
8	10,15	49						
9	10,22	49						
10	10,34	49						

Eksempelvis vil altså råvannsfargen på 41 mg Pt/l med 4,2 mg O₃/l vann reduseres til 13 mg Pt/l mens kalking til pH 7,5 igjen vil øke fargen til 19 mg Pt/l. Kalking for å redusere korrosjon på metaller vil derfor øke fargen på ozonert vann på en slik måte at man totalt neppe kan regne med mer enn 50% fargereduksjon med relativt høye ozondoser.

Tabell 1.

Prinsipp og litteraturhenvisning for analysemetodene samt enhetene for analyseresultatene.

Analysekomponent:	Prinsipp:	Litteraturhenvisning for analysemetodene:	Enhet:
Surhetsgrad	Elektrometrisk m/glasselektrode	Bruksanvisning for pH-meter 22 + 23	pH
Spes.ledningsevne	Whatstones bro ved 20,0°C	Bruksanvisn. for Philips ledningsevne-måleapparat	$\cdot 10^{-6}$ /cm
Farge	Absorptiometrisk med EEL-photometer x) og 10 cm lange kuvetter, 435 m μ på ufiltrerte prøver	Bruksanvisning for EEL-photometer	mg Pt/l
Turbiditet	Lysspredningsmåling med Sirist Photometer kalibrert mot silica-suspensjon	Bruksanvisning for Sigrist Photometer	mg SiO ₂ /l
Permanganattall	Opphetning på vannbad i 20 min med sur N/100 KMnO ₄	Statens institutt for folkehelse	mg O/l
Hårdhet	Kompleksometr. titr. med EDTA	Deutsche Einheitsverfahren 1957	mg CaO/l
Jern	Kolorimetrisk	Appr. Methods for the Phys. & chem. Ex of Water. 2 Ed. 1953	mg Fe/l
Mangan	Kolorimetrisk	Standard Methods 1960	mg Mn/l
Aluminium	Kolorimetrisk	Proc. of the Society for Water Treatm. & Exam. (7) 1958 2. del, s. 102	mg Al/l
Oksygen	Titrimetrisk med natr. thiosulfat	Methods of Chem. Analysis as applied to Sewage & Sewage Effluents H.M.S.O. 1956	mg O ₂ /l
Fosfat	Kolorimetrisk	A. Henriksen, The Analyst (1965) 90, s. 29	μ g P/l
Nitrat	Kolorimetrisk	A. Henriksen, The Analyst (1965), 90, s. 33	μ g N/l

x) Kalibrert mot Pt-oppløsninger.

Tabell 2.

Kjemisk-fysiske analyseresultater av vannprøver fra forskjellige dyp i Digern.

Prøvetagningsdato: 5/4 1965.

m dyp	Temp. o C	Oksygen		pH	Spes. ledn. evne	Farge	Turbiditet	KMnO ₄	Mangan	Jern	Total hårdhet	Orto- PO ₄	Nitrat
		% metning											
1	2,41	13,3	80,8	5,80	22,2	42	0,23	6,9	0,025	0,142	4,3	0,002	0,075
4	2,35	13,3	80,5	5,80	22,6	42	0,31	6,8	0,020	0,142	4,4		
8	2,32	13,3	80,1	5,85	22,4	40	0,14	6,5	0,020	0,140	4,4		
12	2,50	13,2	76,6	5,85	22,1	38	0,14	6,0	0,035	0,120	4,1	0,003	0,095
16	2,65	13,2	76,4	5,86	21,7	36	0,14	5,9	0,020	0,130	4,0		
20	2,78	13,1	76,2	5,86	21,9	36	0,23	5,8	0,015	0,106	4,0		
25	2,95	13,1	75,6	5,84	21,8	34	0,14	5,9	0,015	0,100	3,7		
28	3,00	13,1	69,1	5,79	22,2	37	0,14	6,0	0,040	0,130	3,7	0,002	0,100

Tabell 3.

Fellingsresultater med vann fra Digern.

Forsøks- nr.	Dosering mg/l		Etter koagulering og filtrering							Tid for første fnokk- dannelse min.	Temp. °C.	
	alum	kalk	pH	Spes. ledn. evne	Farge	Turb.	Perm. tall	Alumi- nium	Jern			Mangan
1	20	5	6,08	41,2	3	0				0,02	7	15,0-16,9
2	20	6	6,10		2	0					10	4,5
3	20	7	6,56		7	0,40					11	4,5
4	25	6	5,82	45,0	2	0				0,02	5	15,0-16,9
5	25	7	5,97		1	0					8	4,5
6	25	8	6,36		1	0					7	4,5
7	30	7	5,75	48,8	2	0				0,015	5	15,0-16,9
8	30	8	5,75	48,9	2	0				0,015	4	15,0-16,9
9	30	8,5	6,11	48,9	1	0	1,46	<0,05	<0,05	ikke påvist	4	4,5
10	30	9	6,05	50,0	1	0				0,015	3	15,0-16,9
11	30	9	6,15		2	0					8	5
12	30	9,5	6,30		1	0					4	4,5
13	30	10	6,40		2	0					6	4,5
14	35	9	5,52		2	0					9	4,5
15	35	10	5,98		2	0,06					7	4,5

Tabell 4.

Fellingsresultater med vann fra Glomma.

Forsøks- nr.	Dosering mg/l		Etter koagulering og filtrering							Til for første fnøkk- dannelse mi. l.	Temp. °C		
	alum	kalk	pH	Spes. ledn. evne	Farge	Turb.	Perm. tall	Alumi- nium	Jern			Mangan	
1	0	0	6,96		40	2,5						-	4,5
2	20	3	6,65		2	0,06						4	4,5
3	20	4	6,65		2	0,14						3	4,5
4	20	5	6,88	49,9	2	0	1,11	<0,05	<0,05	<0,01		3	4,9
5	20	5	6,86		2	0						3	4,5
6	20	6	7,12	54,1	5	0,31						3	4,9
7	25	1	6,24		5	0,72						3	4,5
8	25	2	6,26		5	0,56						11	4,5
9	25	3	6,45		4	0,31						13	4,5
10	25	4	6,56		2	0,14						3	12,2-15,6
11	25	5	6,66		2	0,14						3	12,2-15,6
12	25	6	6,80		2	0,14						3	12,2-15,6
13	25	6	6,89	54,0	1	0,14	1,11	<0,05	<0,05	<0,01		3	4,9
14	25	7	7,04	55,9	1	0,06	1,13	<0,05	<0,05	<0,01		3	4,9

Tabell 4 forts.

Fellingsresultater med vann fra Glomma.

Forsøks- nr.	Dosering mg/l		Etter koagulering og filtrering						Tid for første fnokk- dannelse min.	Temp. °C.		
	alum	kalk	pH	Spes. ledn. evne	Farge	Turb.	Perm. tall	Alumi- nium			Jern	Mangan
15	30	5	6,45		4	0,48					13	4,6
16	30	6	6,60		2	0,14					3	12,2-15,6
17	30	7	6,75		1	0					3	12,2-15,6
18	30	7	6,85	59,0	1	0,06	1,08	<0,05	<0,05	<0,01	3	4,9
19	30	8	7,03	60,4	0	0,06	1,11	<0,05	<0,05	<0,01	3	4,9
20	30	8	6,85		1	0					3	12,2-15,6
21	30	9	7,04	60,6	3	0	0,88	<0,05	<0,05	0,025	3	4,9