

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

0 - 237

INNVENDIG KORROSJON PÅ BETONGRØR

VED

INTERKOMMUNALT VANNVERK, STAVANGER I 1967-74

Saksbehandler: Cand.real. Hans Kristiansen
Medarbeider : Cand.med.vet. Jens J. Nygaard
Rapporten avsluttet: 20. september 1974.

INNHOILDSFORTEGNEISE

	Side
1. INNLEDNING	3
2. RESULTATER	4
3. DISKUSJON	4
4. BAKTERIOLOGISKE FORHOLD I LEDNINGSNETTET	5
5. ALTERNATIVE ALKALISERINGSMULIGHETER	6
5.1 Hydratkalk	6
5.2 Natronlut	7
6. KOSTNADER	7
7. KONKLUSJON	8

TABELLFORIEGNEISE

1. Analyseresultater for vannprøver fra hovedledning.	9-10
2. Analysedata for vannprøver fra Langevatn 9 m under overflaten	11
3. Analysedata for vannprøver fra Tjensvoll basseng.	12
4. Årsmiddel for kalsiuminnhold og utluting av kalsium fra rørmaterialet.	13

VANNETS INNVIRKNING PÅ IV's HOVEDLEDNING OG UTREDNING
OM ALKALISERING AV DRIKKEVANNET

1. INNLEDNING

Interkommunalt Vannverks hovedledning er av forspent betong. Bløtt vann vil ha en viss oppløsende virkning på produkter fremstilt på sementbasis. For å undersøke hvilken innvirkning vannet fra Langevatn har på vannledningsrør av betong ble det allerede fra 1960 regelmessig tatt prøver for analyse fra forskjellige uttak på hovedledningen. Resultatene av disse undersøkelser er etter hvert blitt behandlet i våre rapporter O-237 av 1. november 1964, 29. mai 1965, 29. april 1966 og 6. mai 1967. Et sammendrag av disse rapporter og en fortsettelse av undersøkelsen fram til 1972 er publisert i Vatten nr. 1 for 1974. I den første del av undersøkelsen ble det tatt månedlige prøver fra 5 forskjellige uttak på ledningen, senere bare fra inntak og utløp fire ganger i året. Denne rapport omhandler undersøkelsen frem til første halvdel av 1974.

Vannet fra IV's vannverk er surt, også etter at det har passert betongledningen. Surt vann er korrosivt overfor visse metaller og vil medføre at vannet på grunn av korrosjon får et øket innhold av tungmetallioner. For å holde innholdet av tungmetallioner så lavt som mulig, krever Statens institutt for folkehelse at pH-verdien på rentvannet holdes over et visst nivå. Vannverket har ikke bygget anlegg for alkalisering av drikkevannet og for å etterkomme Folkehelsens krav har man som en midlertidig ordning tilsatt hydratkalk til selve vannkilden (Langevatn).

Denne rapporten omhandler også hvilke forandringer av vannets generelle kjemi i Langevatn som denne kalkingen har forårsaket, samt visse forhold i ledningsnettets og dessuten også alternative alkaliseringsmuligheter og et kostnadsoverslag for disse.

2. RESULTATER

Til bestemmelse av kalkutløsningen fra betongledningen er det fire ganger i året blitt tatt prøver for analyse av vannet i vannverket etter kloreringen og ved utløpet i Tjensvoll basseng. Resultatene er ført opp i tabell 1.

Vannprøver for en mer fullstendig kjemisk analyse er også blitt tatt to ganger i året fra Langevatn 9 m under overflaten og fra Tjensvoll basseng. Resultatene av disse analyser er ført opp i tabell 2 og 3.

3. DISKUSJON AV RESULTATENE

I tabell 4 er årsmiddel for kalsiuminnholdet i vannprøver for inntak og utløp, differansen mellom dem, vannhastigheten og utløsning av kalkskum pr. flateenhet rørmateriale ført opp.

Av tabellen fremgår at kalkutløsningen fra rørmaterialet har avtatt i hele driftsperioden. De siste års analyser tyder imidlertid på at den har stabilisert seg på et visst nivå.

Ved å bruke følgende data for rørledningen:

lengde	28920 m
diameter	900 mm
indre flate	81700 m ²
kalsiuminnhold i rørmaterialet	21,5 %
spesifikk vekt	2 kg/dm ³

kommer man frem til at dette tilsvarer en korrosjonshastighet på 0,15 mm pr. år.

Kalking av Langevatn tok til mellom 5. og 9. april 1972, som det fremgår av tabell 1. Av tabell 2 og 3 fremgår hvilke endringer i kvaliteten av vannet både i Langevatn og Tjensvoll basseng som denne kalktilsetningen har forårsaket. På tabellene er også middelverdier for noen analyseparametre regnet ut fra før og etter kalktilsetningen. Foruten at pH, ledningsevne, alkalitet og kalsiuminnhold har steget, har man også en viss øking i farge og permanganattall. En øking av vannets

pH-verdi vil som regel også forårsake en viss fargeøking. En øking av permanganattallet må skyldes at vannets innhold av organisk stoff har steget. Når organisk stoff ikke er tilsatt vannmassene må denne økingen være et resultat av en øket biologisk aktivitet i innsjøen. Denne aktiviteten kan skyldes kalktilsetningen dersom kalsium tidligere var en minimumsfaktor for slik aktivitet eller at kalken har vært forurenset med andre næringsstoffer.

4. BAKTERIOLOGISKE FORHOLD I LEDNINGSNETTET

Ved en befaring 25/6- 73 ble det opplyst at det ble funnet coliforme bakterier i vannet fra en av stikkledningene ute på ledningsnett. Det ble videre opplyst at det var gravd langs den aktuelle stikkledningen i det tidsrommet da bakteriene ble påvist.

Ved senere prøver er det ikke blitt funnet coliforme bakterier på nettet. Antekelsen om forurensning som følge av gravingen må anses som bekreftet.

Det vil alltid dannes slam på veggene i et ledningsnett. Årsaken til det, beskrivelse av ulike slamtyper og muligheter til bekjempelse er beskrevet i Temarapport 2. Norsk institutt for vannforskning: "Problemer med slam og dyr i distribusjonsnett for vann", av siv.ing. Kari Ormerod. Det er også observert slam i IV's ledningsnett. Kjemiske analyseresultater av noen slamprøver fra hovedledningen er tatt med i rapport O-237: "Vannhastighetens innflytelse på Interkommunalt Vannverks premørør" av 13. september 1966. Dersom kalkingen av drikkevannet har ført til endrede begroingsforhold i ledningsnett vil dette føre til en endret sammensetning av slammet.

Generelt kan man si at det vil dannes mere slam som følge av utfelling ved at vannet alkaliseres med hydratkalk enn natronlut eller soda, men denne forskjellen vil neppe få noen praktisk betydning, mens begroingen forøvrig neppe vil influeres av alkaliseringsmidlet.

5. ALTERNATIVE ALKALISERINGSMULIGHETER

Tilsetning av hydratkalk til Langevatn har foregått på motsatt ende av vanninntaket til vannverket. Det kalkede vannet har derfor hatt en viss oppholdstid i innsjøen før det har nådd frem til inntaket. I denne tiden har det tatt opp karbondioksyd fra luften og en del av den tilsatte kalken er dermed blitt nøytralisert. pH-verdien på inntaksvannet har vært 7,2 i middel. Det betyr at pH-verdien på vannet ved kalkingsstedet må ha vært noe høyere. Jo høyere pH-verdi vannet har, desto mere karbondioksyd vil vannet ta opp fra luften og ønsker man at inntaksvannet skal ha en pH-verdi på 8,3 som Folkehelsen krever, må man tilsette uforholdsmessig mye kalk på den motsatte ende av innsjøen.

Man vil oppnå en bedre utnyttelse av kalken ved å alkalisere i vannverket og dessuten vil man unngå at permanganattallet på vannet øker som følge av begroing i innsjøen. Med hensyn til begroing i ledningsnettet må man være oppmerksom på at effekten av kloreringen avtar med økende pH-verdi, slik at om man vil holde restmengden av fritt klor konstant ved økende pH-verdi, så må klor-doseringen øke.

5.1 Hydratkalk

Ifølge analysedata er vannet tilsatt $5,15 \text{ g Cu(OH)}_2 \text{ pr. m}^3$ for å få en pH-verdi på rentvannet på 7,2. Ved å tilsette denne kalkmengde i vannverket vil man antakelig ha tilfredsstillt Folkehelsens krav. Vestfold Interkommunale Vannverk doserer f.eks. $5-5,5 \text{ g Ca(OH)}_2/\text{m}^3$ og pH-verdien på rentvannet har ligget i området 8,5-9,0. Hydratkalk kan doseres til vannet enten i oppløst form eller som fast stoff, tørrdosering. Ved våtdosering kreves et basseng som er tilstrekkelig stort til at kalken får tid til å løse seg. Man får en løsning som inneholder ca. $1,7 \text{ kg Ca(OH)}_2/\text{m}^3$ som så tilsettes drikkevannet. Uoppløselige stoffer i kalken vil bunnfelles i løsningsbassenget. Ved tørrdosering bør vannet også etter tilsetningen passere et basseng hvor uløste stoffer kan sedimentere før vannet går inn på ledningsnettet.

5.2 Natronlut

Et annet middel til alkalisering av drikkevannet er å tilsette natronlut (NaOH). Natronlut fåes i oppløst form, ca. 50 % løsning, i fat eller i bulk og koster i Stavanger kr. 975.- pr. tonn i fat og kr. 925.- pr. tonn i bulk for partier over 10 tonn regnet som rent NaOH.

Man må regne omtrent like mye i vekt av natronlut som hydratkalk til alkalisering av samme mengde vann. Siden natronlut fåes i oppløst form kreves foruten lagerplass en enkel pumpe med kapasitet 20-30 l pr. time til doseringen.

Soda er også et mulig alkaliseringsmiddel for drikkevann, men vi kjenner ingen vannverk av noen størrelse som bruker soda. Det vil antakelig være vesentlig dyrere enn natronlut, i alle fall kommer store fraktomkostninger i tillegg. Av soda må det dessuten brukes vesentlig mere enn natronlut. Til 1 kg. natronlut (NaOH) svarer 2,5 kg soda (Na_2CO_3) og 7 kg krystallsoda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$).

6. KOSTNADER

Til alkalisering av drikkevann med hydratkalk, 5 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pr. m^3 , trengs 180 tonn pr. år, når årsforbruket av vann er 36 mill. m^3 .

Pris: I sekk $400 \cdot 180 =$ kr. 72.000.-

I bulk $205 \cdot 180 =$ kr. 36.900.-

For alkalisering med den samme mengde 100 % NaOH.

Pris: I fat $975 \cdot 180 =$ kr. 175.500.-

I bulk $925 \cdot 180 =$ kr. 166.500.-

7. KONKLUSJON

Undersøkelsene viser at kalkutløsningen fra betongrørene har stabilisert seg på et forholdsvis lavt nivå. Utløsningen gir ingen merkbar forandring av vannkvaliteten.

Kalkingen av drikkevannet har ført til en viss øking av vannets farge og permanganattall. Da kalkingen utføres direkte i Langevatn og på motsatt ende av inntaket, medfører dette et visst overforbruk av kalk som vil innspares ved kalking i vannverket.

Tabell 1. Analyseresultater for vannprøver fra hovedledning.St. 3 Inntak. St. 7 Utløp.

Dato	St.	pH	Spes.el.ledn.e. µS/cm	Alkalitet ml $\frac{N}{10}$ HCl/l	Kalsium mg Ca/l
<u>1967</u>					
24/1	3	5,5	31,1	0,7	1,3
"	7	6,0	32,1	0,7	1,6
17/4	3	5,2	31,8	1,0	1,2
"	7	6,0	31,2	1,1	1,6
16/7	3	5,4	33,0	0,9	1,4
"	7	6,7	34,6	1,2	2,5
26/10	3	5,6	23,6	0,9	1,1
"	7	6,6	29,0	1,0	1,6
<u>1968</u>					
23/1	3	5,6	35,2	0,9	1,2
"	7	5,8	33,9		1,4
4/4	3	5,9	34,0	1,0	1,25
"	7	6,0	34,0	1,1	1,67
30/7	3	6,0	37,2	0,5	1,20
"	7	6,2	37,5	0,9	1,80
17/10	3	5,8	35,0	0,3	1,20
"	7	6,1	34,2	0,4	1,70
<u>1969</u>					
23/1	3	5,7	38,4	0,4	0,9
"	7	5,6	35,4	0,2	1,2
20/4	3	6,0	35,0	0,2	1,3
"	7	5,9	35,0	0,3	1,7
10/7	3	5,6	38,6	0,1	1,3
"	7	7,0	36,4	0,4	1,7
28/10	3	5,4	36,8	0,2	1,4
"	7	6,0	37,0	0,3	2,0
<u>1970</u>					
20/1	3	7,1	46,2	0,2	1,2
"	7	6,1	43,0	0,2	1,4

forts.

Dato	St.	pH	Spes.el.leđn.e. μS/cm	Alkalitet ml $\frac{N}{10}$ HCl/l	Kalsium mg Ca/l
<u>1970</u>					
11/8	3	5,5	41,8	0,2	1,1
"	7	5,9	42,0	0,4	1,4
13/10	3	5,4	40,0	0,1	1,0
"	7	5,8	40,0	0,2	1,4
<u>1971</u>					
26/1	3	5,4	39,7	0,2	1,1
"	7	5,5	39,4	0,2	1,3
27/4	3	6,3	38,0	0,2	1,1
"	7	5,4	37,5	0,2	1,3
12/7	3	5,3	37,0	0,3	1,0
"	7	5,9	37,0	0,4	1,4
27/10	3	5,3	37,0	1,1	1,0
"	7	5,8	35,5	1,1	2,0
<u>1972</u>					
19/1	3	5,2	36,6	0,3	0,9
"	7	5,6	36,2	0,3	1,1
5/4	3	5,1	41,7	0,3	0,9
"	7	5,4	44,0	0,4	1,1
9/4	3	7,2	38,1	0,7	1,9
"	7	6,7	37,5	0,6	1,9
4/7	3	7,6	42,0	1,2	3,1
"	7	8,0	47,0	1,3	4,1
<u>1973</u>					
25/1	3	7,4	58,2		3,87
"	7	7,3	64,1		4,00
25/4	3	7,2	46,0	1,6	3,80
"	7	7,2	46,0	1,6	3,93
18/6	3	7,2	43,9	1,4	3,42
"	7	7,4	44,5	1,4	3,70
30/10	3	6,9	44,2	1,7	3,71
"	7	7,0	43,0	1,7	3,85
<u>1974</u>					
16/1	3	7,0	47,8	2,4	4,00
	7	7,2	48,5	2,4	4,20
4/4	3	7,3	42,0	3,7	4,24
"	7	7,4	50,0	2,5	4,41

Tabell 2. Analysedata for vannprøver fra Langevatn 9 meter under overflaten.

År	1967		1968		1969		1970		1971		1972		1973		1974			
	17/1	30/8	23/1	1/8	23/1	27/8	22/1	13/8	21/1	30/8	2/2	8/8	19/10	12/2	19/7	16/8	21/2	22/7
Temperatur °C																		
pH	6,0	6,4	5,7	5,9	5,8	5,6	6,7	5,9	5,8	6,4	17	1	17	10			3	
Spes.el. ledn.evne µS/cm	32,1	31,7	32,0	32,8	32,0	35,6	49,0	41,6	40,5	39,0		33,5	45,0	46,5	44,5	40,1	41,5	47,5
Farge, mg Pt/l	6	3	14	4	4	10	6	9	14	0		5	15	10	6	0	20	6
Turbiditet, mg SiO ₂ /l	1,2	0,6	0,6	0,1	0,7	0,1	0,2	0,1	0,5	0,4		1,5	1,0	0,7	0,5	0,3	0,3	0,5
KMnO ₄ , mg O/l	0,6	0,7	0,8	0,4	0,6	2,0	0,6	0,6	0,9	0,5		0,6	2,0	0,6	0,9	0,8	1,0	0,4
Alkalitet, ml N HCl/l	0,9	1,0	1,0	0,2	0,4	0,3	0,2	0,4	0,2	0,4		0,4	1,5	1,8	1,7	1,6	2,4	1,9
Hårdhet, mg CaO/l	5,0	3,8	3,4	4,0	3,1	2,6	4,2	3,6	4,5	2,9		3,0	6,6	7,1	6,8	6,5	7,3	8,3
Kalsium, mg Ca/l					0,9							1,0	3,64	4,05	3,59	3,46	4,04	4,74
Magnesium, mg Mg/l												0,71	0,66	0,60	0,65	0,73	0,71	0,73
Jern, mg Fe/l	0,045	0,045	0,055	0,075	0,06	0,070	0,035	0,010	0,065	0,040		0,03	0,075	0,08	0,03	0,04	0,040	0,06
Mangan, mg Mn/l	0,027	0,024	0,021	0,015	0,025	0,034	0,045	0,085	0,060	0,045		0,045	0,015	0,01	0,01	0,06	0,006	0,006
Klorid, mg Cl/l	6,8	6,6	6,1	7,1	7,1	6,3	9,8	7,6	8,6	7,0		7,8	6,6	6,8	6,9	7,0	7,0	3,6
Sulfat, mg SO ₄ /l	3,2	2,2	1,6		3,3	3,2	4,1	5,3	3,7	4,3			4,0	3,3	3,1	4,0	4,6	
Tyrrstoff, mg/l							44,0	32,0	80,0	95,0			35,0		112,0		319,0	126,0
Ammonium, mg N/l					0,34	0,17	0,2		0,3	<0,01		0,13	0,15		<0,01	<0,05	0,02	0,02

Middelværdier fra før og etter kalking.

Komponent	Middel	
	Før	Etter
pH	6,0	7,2
Spes.el. ledn.evne µS/cm	36,8	44,3
Farge, mg Pt/l	7	10
Turbiditet, mg SiO ₂ /l	0,5	0,5
KMnO ₄ , mg O/l	0,7	1,0
Alkalitet, ml N HCl/l	0,4	1,8
Hårdhet, mg CaO/l	3,5	7,0
Kalsium, mg Ca/l	1,14	3,92

Tabell 3. Analysedata for vannprøver fra Tjensvoll basseng.

År	1968		1969		1970		1971		1972			1973			1974	
	Dato		Dato		Dato		Dato		Dato		Dato		Dato		Dato	
Temperatur °C	23/1	1,8	23/1	27/8	20/1	11/8	20/1	30/8	2/2	8/8	18/10	12/2	19/7	16/8	24/2	22/7
pH	5,9	6,2	5,9	6,2	5,6	6,8	5,6	6,5	2	16	10	7,3	7,0	7,2	4	7,3
Spes.el. ledn.evne µS/cm	34,1	34,0	31,2	34,6	40,0	42,8	39,0	37,0	5,6	7,1	7,3	45,5	49,5	45,0	50,5	48,0
Farge, mg Pt/l	10	15	50	35	7	9	6	7	33,5	46,6	47,0	6	32	8	0	14
Turbiditet, mg SiO ₂ /l	1,0	0,7	8,6	0,9	0,2	0,1	0,6	0,8	0,7	1,8	0,6	0,4	0,6	0,3	0,3	1,7
KMnO ₄ , mg O/l	<0,5	0,6	0,5	1,1	0,6	0,6	0,3	<0,5	0,8	1,3	0,5	0,8	2,0	0,6	0,7	0,7
Alkalitet, ml $\frac{N}{10}$ HCl/l	1,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4	1,7	0,5	1,6	1,6	1,8	2,5	2,1
Hårdhet, mg CaO/l	4,0	3,6	3,2	3,6	4,0	3,7	3,2	3,3	3,3	6,9	7,4	7,0	6,6	6,9	7,6	8,7
Kalsium, mg Ca/l			1,1						1,2	3,96	4,30	3,71	3,71	3,79	4,32	5,07
Magnesium, mg Mg/l									0,72	0,59	0,59	0,62	0,62	0,68	0,69	0,69
Jern, mg Fe/l	0,06	0,22	0,95	0,21	0,065	0,050	0,040	0,070	0,04	0,23	0,08	0,03	0,05	0,04	0,30	
Mangan, mg Mn/l			0,03	0,042	0,045	0,060	0,055	0,065	0,04	0,05	0,01	0,01	0,01	0,006	0,005	
Klorid, mg Cl/l	5,8	7,7	7,6	6,3	10,0	7,6	8,6	7,0	7,8	6,8	6,8	7,2	7,2	7,2	7,0	3,6
Sulfat, mg SO ₄ /l	1,5		7,9	4,8	4,2	5,7	3,5	3,7	6,5	4,0	3,5	3,4	3,4	4,0	3,8	
Tørrstoff, mg/l					69,0	50,0	77,0	80,0		22,0		<0,05	<0,05	41,0	103,0	50,0
Ammonium, mg N/l					0,3		0,3	<0,01		0,10	0,45			<0,05	0,025	0,015

Middelværdier fra før og etter kalking.

Komponent	Middel	
	Før	Etter
pH	6,1	7,2
Spes.el. ledn.evne µS/cm	36,2	47,4
Farge, mg Pt/l	13	15
Turbiditet, mg SiO ₂ /l	1,5	0,8
KMnO ₄ , mg O/l	0,6	0,9
Alkalitet, ml $\frac{N}{10}$ HCl/l	0,5	1,9
Hårdhet, mg CaO/l	3,5	7,3
Kalsium, mg Ca/l		4,19

Tabell 4. Årsmiddel for kalsiuminnhold og utluting av kalsium fra rørmaterialet.

År	Kalsiuminnhold i vann mg Ca/l			Utluting av Ca fra rørmaterialet g Ca/m ² .år	
	Inntak	Utløp	Diff. Vannhastighet l/s		
1960	2,02	5,78	3,76	400	590
1961	1,69	3,80	2,11	400	330
1962	1,52	2,74	1,22	420	200
1963	1,38	2,27	0,89	450	150
1964	2,10	3,00	0,90	450	160
1965	1,64	2,46	0,82	500	160
1966	1,40	1,90	0,50	550	105
1967	1,28	1,82	0,54	600	120
1968	1,20	1,65	0,45	650	110
1969	1,20	1,54	0,34	700	92
1970	1,00	1,30	0,30	750	87
1971	1,10	1,30	0,20	800	62
1972	0,95	1,15	0,20	900	69
1973	3,70	3,87	0,17	1000	65