

1685

O – 84142

0-84142

Konsekvenser ved blanding av vann fra Holsfjorden og vannverk i Asker og Bærum

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA
Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Hovedkontor
Postadresse:
Postboks 333
0314 Oslo 3
Brekkeveien 19
Telefon (02)23 52 80

Sørlandsavdelingen
Postadresse:
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen
Postadresse:
Rute 866, 2312 Ottestad
Postgiro: 4 07 73 68
Telefon (065)76 752

Rapportnummer: 0-84142
Undernummer:
Løpenummer: 1685
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: KONSEKVENSER VED BLANDING AV VANN FRA HOLSFJORDEN OG VANNVERK I ASKER OG BÆRUM	Dato: 9. november 1984
Forfatter (e): Hans Kristiansen	Prosjektnummer:
	Faggruppe: HYDROØKOLOGI
	Geografisk område: Akershus
	Antall sider (inkl. bilag): 9

Oppdragsgiver: Bærum kommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---------------------------------	----------------------------------

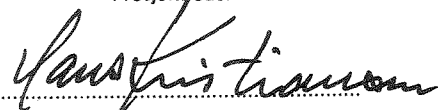
Ekstrakt:

Vannverkene i Asker og Bærum skal suppleres med vann fra Holsfjorden. Rapporten omhandler problemer som kan oppstå når vann fra forskjellige kilder blandes. De forskjellige vanntypers aggressivitet er vurdert og hvilke tilsetninger som må gjøres for å bringe vannet i karbonatlikevekt.


4 emneord, norske:
1. drikkevann
2. aggressivitet
3. karbonatisering
4. rensing

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.

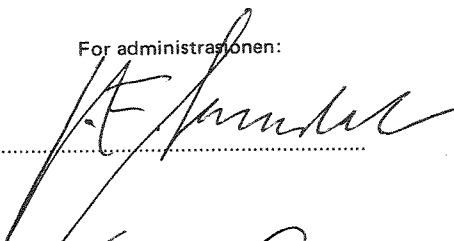

Prosjektleder:



Divisjonssjef:



For administrasjonen:

ISBN 82-577-0863-1

0-84142

KONSEKVENSER VED BLANDING AV VANN FRA
HOLSFJORDEN OG VANNVERK I ASKER OG BÆRUM

Oslo, 9. november 1984

Saksbehandler: Hans Kristiansen

INNHold

	Side
Innledning	1
Humusstoffenes stabilitet	1
Utfelling av humusstoffer	1
Blanding av vann fra Holsfjorden, Store Sandungen og Aurevann	2
Aggressivitet	2
Beregning av likevektsforhold	3
Hensyn å ta ved kostnadsberegninger	6
Infiltrasjon av grunnvann i råsprengt tunnel	7
Konklusjon	8
Videre arbeid	9

Innledning

Naturlig vann inneholder stoffer løst i kolloidal form. Slike stoffer er humusstoffer som foreligger sammen med hydroksyder av jern og i mange tilfeller også mangan og er årsak til at vannet er brunfarget.

I en kolloidal løsning foreligger stoffene løst i form av partikler. Partikkelstørrelsen ligger i området 10-1000 Ångstrøm og er for små til å kunne ses i mikroskop. Når en kolloidal løsning er stabil skyldes det at alle partiklene bærer en ladning med samme fortegn, slik at de frastøter hverandre. Jo større ladning kolloidene bærer desto mer stabil er løsningen.

Humusstoffenes stabilitet

Humusstoffer i vann har negativ ladning. Stabiliteten av de kolloidalt løste humusstoffene påvirkes av vannets innhold av uorganiske stoffer. Negative ioner virker stabiliserende, mens positive ioner virker destabiliserende, eller får humusstoffene til å koagulere. Flerverdige ioner har langt større virkning på kolloidene enn enverdige. Karakteristisk for humusvann er at innholdet av toverdige kalsium- og magnesiumioner er lavt i forhold til enverdige natrium- og kaliumioner og at toverdige sulfationer dominerer i forhold til enverdige klorid og hydrogenkarbonationer. Vann med høyt innhold av kalsium i form av hydrogenkarbonat og lavt sulfatinnhold inneholder lite humusstoffer og har lav farge.

Utfelling av humusstoffer

Vannets innhold av kolloidale stoffer og hvilke krefter som påvirker disse er viktig å være klar over når vann av forskjellig kjemisk sammensetning skal blandes eller når kjemikalier skal tilsettes vann. Når fargeløst hardt vann blandes med humusholdig bløtt vann, vil kolloidene i blandingen bli ustabile og utfelles i form av slam. Det samme vil skje når pH-verdien på surt humusholdig vann skal justeres med et metallhydroksyd. Det er konstatert at en pH-justering med kalsiumhydroksyd forårsaker større slamutfellinger enn om samme vann justeres til samme pH-verdi med natriumhydroksyd. Ved kalking av sure innsjøer har det vist seg at vannets fargetall blir vesentlig redusert etter kalkingen.

Blanding av vann fra Holsfjorden, Store Sandungen og Aurevann

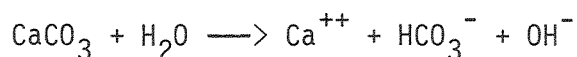
Analyse av vann fra overnevnte kilder har gitt som resultat.

	Holsfjorden	Sandungen	Aurevann
pH-verdi	6,8	7,0	6,5
Konduktivitet, 20°C $\mu\text{S}/\text{cm}$	35	43	27
Farge, mg Pt/l	10	20	25
Turbiditet, JTU	0,70	0,75	0,60
Permanganattall, mg KMnO_4/l	12	17	20
Alkalitet, mmol/l	0,18	0,22	0,061
Hydrogenkarbonat, mg HCO_3/l	11,0	13,4	3,7
Klorid, mg Cl/l	1,63	1,70	1,05
Sulfat, mg SO_4/l	5,0	7,8	4,4
Kalsium, mg Ca/l	7,59	6,43	3,45
Magnesium, mg Mg/l	1,14	0,59	0,46
Natrium, mg Na/l	1,3	1,4	1,4
Kalium, mg K/l	-	-	-
1. Forholdet $\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- / \text{SO}_4^{--}$	2,5	1,9	1,1
2. " $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$	0,15	0,2	0,3

Alle tre kildene har vann med lavt innhold av oppløste mineralstoffer. Vannet fra Aurevann inneholder mest humusstoffer og vannet fra Holsfjorden minst. Som kolloidal løsning vil vannet fra Aurevann gi størst risiko for slamutfelling. Forholdet $\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- / \text{SO}_4^{--}$ er lavest og forholdet $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ er riktignok høyest, men forskjellen fra de andre vannkildene er ikke stor. En blanding av vann fra disse kildene vil resultere i et vann som gir mindre slamutfelling enn hva man erfaringsmessig får av vannet fra Aurevann.

Aggressivitet

Vannet fra alle tre kildene er aggressivt. Det vil si at det evner å løse opp kalsiumkarbonat:



Under oppløsningen stiger vannets pH-verdi (dannelse av OH^- -ioner), men på grunn av lav alkalitet, kan vannets pH-verdi ikke bli så høy at kalk-oppløsningen stopper.

Aggressivt vann tærer på betong, asbestsement og sementmørtelforinger i støpejernsrør. Undersøkelser som Bærum kommune gjorde i Harald Økerns vei har vist at vannet fra Aurevann tærer på sementforinger. Undersøkelser som er gjort andre steder i landet har vist at i aggressivt vann er tærehastigheten for asbestsementrør 0,3-0,4 mm/år og betongrør 0,2-0,3 mm/år. Tæringshastigheten for sementforinger er ikke nærmere undersøkt, men må antas å være den samme som for betongrør. Det betyr at en sementforings varighet kan settes til omkring 20 år. Etter den tid vil rørmaterialet under begynne å ruste og resten av sementforingen vil slippe underlaget og forårsake slamproblemer.

Beregning av likevektsforhold

I det følgende skal karbonatlikevekten for vann fra de tre kildene beregnes. Beregningen går ut på å anta et kalsiuminnhold og beregne hvor høy alkaliteten må være ved likevekt ved antatte kalsiuminnhold. Det vil si hvor mye karbondioksyd som må tilsettes for å oppnå likevekt. Videre skal likevekt-pH beregnes.

I beregningen inngår kalsium og karbondioksydets ionevarianter samt pH-verdi. De øvrige ioner inngår som korreksjon for hydrogenkarbonatinnholdet. Likevektskonstantene som inngår i beregningen korrigeres for ionestyrken.

Hølsfjorden:

Kationer	Milliekv/l	Anioner	milliekv/l
Mg^{++}	0,09	SO_4^{--}	0,10
Na^+	0,06	Cl^-	0,05
K^+	~ 0	NO_3^-	~ 0
	<hr/> 0,15		<hr/> 0,15

Korreksjonen λ er halve differansen mellom negative og positive ioner.

$$\lambda = \frac{N - P}{2} = \frac{0,15 - 0,15}{2} = 0$$

Ionestyrken beregnes etter formelen

$$\mu = \frac{1}{2} \sum c \cdot n^2$$

hvor c er ionekonsentrasjonen og n er ioneladningen. Korreksjonsfaktoren for likevektskonstantene beregnes etter Debye Hückels formel

$$\epsilon = \frac{\sqrt{\mu}}{1 + 1,4 \cdot \sqrt{\mu}}$$

Store Sandungen:

Kationer	Milliekv/l	Anioner	milliekv/l
Mg ⁺⁺	0,05	SO ₄ ⁻⁻	0,16
Na ⁺	0,06	Cl ⁻	0,05
K ⁺	~ 0		
	<hr/>		<hr/>
	0,11		0,21

$$\lambda = \frac{N - P}{2} = \frac{0,21 - 0,11}{2} = 0,05$$

Aurevann:

Kationer	Milliekv/l	Anioner	milliekv/l
Mg ⁺⁺	0,04	SO ₄ ⁻⁻	0,09
Na ⁺	0,06	Cl ⁻	0,03
K ⁺	~ 0		
	<hr/>		<hr/>
	0,10		0,12

$$\lambda = \frac{N - P}{2} = \frac{0,12 - 0,10}{2} = 0,01$$

Kaliuminnholdet antas å være så lavt at det ikke influerer på beregningen.

Resultater:

Vann fra Holsfjorden.

Kalsium	mmol/l	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	3,0
	mg Ca/l	20	30	40	50	60	80	120
Hydrogen-	mmol/l	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	6,0
karbonat	mg CO ₂ /l	44	66	88	110	132	176	264
Karbonat	mmol/l	0,02	0,015	0,012	0,010	0,008	0,008	0,005
	mg CO ₂ /l	1,25	0,88	0,70	0,43	0,51	0,41	0,30
Karbondi-	mmol/l	-	-	0,037	-	-	0,26	0,815
oksyd, fritt	mg CO ₂ /l	-	-	1,66	-	-	11,65	35,8
CO ₂ -total	mg/l	45,3	67	90	112	134	188	300
pH-verdi		8,72	8,38	8,16	7,96	7,81	7,58	7,26

Vann fra Store Sandungen:

Kalsium	mmol/l	0,5	1,0	2,0	3,0
	mg Ca/l	20	40	80	120
Hydrogen-	mmol/l	0,9	1,9	3,9	5,9
karbonat	mg CO ₂	40	84	172	260
Karbonat	mmol/l	0,02	0,01	0,0068	0,006
	mg CO ₂ /l	0,9	0,5	0,3	0,2
Karbondi-	mmol/l	-	0,03	0,25	0,79
oksyd, fritt	mg CO ₂ /l	-	1,5	11,2	34,9
CO ₂ -total	mg/l	49	84	183	295
pH-verdi		8,77	8,17	7,59	7,26

Vann fra Aurevann

Kalsium	mmol/l	0,5	1,0	2,0	3,0
	mg Ca/l	20	40	80	120
Hydrogen-	mmol/l	0,98	1,98	3,98	5,98
karbonat	mg CO ₂ /l	44	8,7	175	236
Karbonat	mmol/l	0,02	0,01	0,0068	0,0026
	mg CO ₂ /l	0,88	0,44	0,30	0,11
Karbondi-	mmol/l	-	0,037	0,265	0,820
oksyd, fritt	mg CO ₂ /l	-	1,64	11,66	36,2
CO ₂ -total	mg/l	45	89	187	300
pH-verdi		8,73	8,15	7,58	7,25

Utregningen angir hvor mye kalsium og karbondioksyd vannet må inneholde for å oppnå karbonatlikevekt ved angitte pH-verdier. Når det skal beregnes hvor mye som må tilsettes, må det som er i vannet fra før trekkes fra. Av beregningene fremgår at jo lavere pH-verdi man ønsker på ferdigbehandlet vann desto mer må tilsettes av kalsium og karbondioksyd.

Vann som tilsettes kalsium i form av oksyd eller hydroksyd, vil bli ustabil med hensyn til innhold av kolloidalt oppløste stoffer som etter tilsetningen vil danne slam. Vannet må filtreres etter tilsetningen. Dersom vann fra en av kildene justeres til karbonatlikevekt og filtreres, vil det forårsake slamutfellinger hvis det blandes med ubehandlet vann fra de andre kildene.

Hensyn å ta ved kostnadsberegninger

Vann i karbonatlikevekt er ikke aggressivt og tærer ikke på rør eller rørbelegg basert på sement. Kostnadene for å bringe vannet i karbonatlikevekt må stå i forhold til vedlikeholdskostnadene for et ledningsnett, f.eks. utskiftninger av rør hvor sementforinger er utløst eller rebelegge slike rør. Man vil antakelig redusere tæringen ved å karbonatisere delvis til likevekt. Man antar at det er en omvendt proporsjonalitet mellom tærings-hastighet på ledningsnettet og grad av justering mot karbonatlikevekt.

Det er viktig å være klar over at de justeringer man gjør med drikkevannet for å hindre korrosjon på rentvannsnettene også vil komme avløpsnettene til gode. Renseprosesser i et kloakkrenseanlegg vil være enklere å få til å virke når drikkevannet er karbonatisert.

Infiltrasjon av grunnvann i råsprengt tunnel

Berggrunnen som tunnelen fra Holsfjorden går gjennom består av eruptive lagbergarter, som er dannet ved at flytende lava har strømmet ut på overflaten og størknet til fast fjell. Det har vært en rekke slike lavastrømmer, den ene oppå den andre, som har gitt opphav til en serie bergarter som er gitt fellesbetegnelsen rombeporfyr (RP). Hver enkelt rombeporfyrserie har forskjellig mektighet og kan forøvrig ha forskjellig karakter. Over tunneltraséen ligger Store Sandungen. Den ligger sannsynligvis i grenseflaten mellom to forholdsvis tidlige lavastrømmer (RP_{2a} og RP_{2b}). (Rombeporfyrserien i Oslofeltet går opp til RP₁₅).

Den eldre lavastrømmen (RP_{2a}) er en bergart med en porøs og blæret struktur. Porene er delvis fylt med manganoksyder, kalkspatt og jernspatt. Mektigheten av denne lavaserien er ikke fastslått, men vann som trenger gjennom bergarten vil få høye konsentrasjoner av kalsium, jern og mangan. At vannet kan få særlig høyt manganinnhold ble konstatert ved en undersøkelse av Store Sandungen (NIVA-nr. 0-26/62) i tiden 1962-1963. I det anaerobe bunnvannet under vinterstagnasjonsperioden steg manganinnholdet til hele 16,0 mg/l, mens jerninnholdet bare steg til omkring 2,0 mg/l. Kalsiuminnholdet viste derimot forholdsvis konstante verdier.

Vannet som infiltrerer tunnelen har hatt kontakt med overliggende bergarter som kan tilføre vannet fra Holsfjorden betydelige mengder kalsium, jern og mangan. Tilført kalsium vil ikke forårsake ulemper. Jern og mangan er løst i grunnvannet i toverdige form. Når grunnvannet oppblandes med oksygenholdig vann fra Holsfjorden dannes uløselige hydroksyder som vil forårsake slamproblemer.

De første årene planlegges levert 10 millioner m³ pr. år fra Holsfjorden. Infiltrasjonsvannet er forutsatt til 2000 l/minutt eller 1 million m³ pr. år. Det er 10% av den totale vannmengde. Dersom infiltrasjonsvannet inneholder 2 mg Fe/l og 10 mg Mn/l, vil vannet komme ut av tunnelen med et jern- og manganinnhold på henholdsvis 0,2 og 1,0 mg pr. liter. Jernet vil oksyderes direkte i vannmassen og danne treverdig jernhydroksyd i kolloidal form som med tiden koagulerer og danner slam. Mangan kan også oksyderes direkte i vannmassen, men det normale er at mangan oksyderes i nærvær av bakterier og avsetter seg på flater i form av et sort smøreaktig belegg. For å få sikret en rask oksydasjon av mangan i vannmassen kan det tilsettes en ekvivalent mengde kaliumpermanganat.

Utfelt jern og mangan i vannet fra tunnelen må fjernes ved filtrering. Filtreringen kan by på problemer, særlig for mangan. En eventuell justering av vannkvaliteten mot karbonatlikevekt vil lette filtrering.

Konklusjon

1. En blanding av vann fra Holsfjorden, Aurevann eller Store Sandungen vil ikke forårsake større utfellings- og slamproblemer enn man har av vann fra Aurevann.
2. Vannet i alle tre vannkildene er aggressivt og tærer på materialer laget på basis av sement. Tæringen kan reduseres eller stoppes helt ved justering av vannkvaliteten mot karbonatlikevekt. Etter justeringen må vannet filtreres.
3. Dersom vann fra en av vannkildene justeres og senere blandes med vann fra en eller begge av de andre kildene, må man regne med å få slamutfellinger fra blandingsvannet.
4. Infiltrert grunnvann i tunnelen fra Holsfjorden må forventes å ha høyt jern- og manganinnhold. I blanding med Holsfjordvann blir jern og mangan oksydert og kan forårsake slamproblemer.

Videre arbeid

Tyrifjordundersøkelsen som ble gjennomført i årene 1978 til 1981 har vist at vannet i Holsfjorden der vannuttaket er lagt har stabil kvalitet og er godt egnet til drikkevann. Infiltrasjon av grunnvann inn i tunnelen kan påvirke vannkvaliteten så mye at rensetiltak er nødvendig. Det er derfor viktig at infiltrasjonsvannet blir analysert og den kjemiske kvalitet fastlagt. Tunnelen har stålglattet betongbunn. Utløsning av kalsium fra betongen kan settes til $100 \text{ g Ca/m}^2 \cdot \text{år}$. Med en vanngjennomstrømning på 10 millioner m^3 pr. år, gir det en økning av vannets kalsiuminnhold på $0,16 \text{ mg Ca/l}$.

Duktile støpejernsrør med sementforing er den mest anvendte rørtype av større dimensjoner for drikkevann. Alle tre vanntypene tærer på foringen. Det bør undersøkes med hvilken hastighet sementmørtelforingen i rør tæres, for dermed å kunne dokumentere nødvendigheten av å iverksette tiltak for å redusere tæringen. Dersom det skulle vise seg å være nødvendig med rensing av vannet fra tunnelen må rensetiltak vurderes sammen med en karbonatisering av vannet.

Betydningen av problemer som kan oppstå ved at karbonatisert vann blandes med ukarbonatisert vann må tas opp på et senere tidspunkt med laboratorieundersøkelser.