

# Sementmørtelforinger i støpejernsrør — Utløsning av stoffer fra foringen

Av Hans Kristiansen og Lars Aaby.

Hans Kristiansen er ansatt som seniorforsker ved NIVA.  
Lars Aaby var tidligere ansatt som forsker ved NIVA, men driver nå eget konsulentfirma.

Sementmørtelforinger er blitt standard som innvendig korrosjonsbeskyttelse for duktile støpejernsrør. Rørfabrikkene i Europa ligger i land tilknyttet det europeiske fellesmarked. For disse landene gjelder at drikkevannet ikke må være aggressivt. Det betyr at det skal være i karbonatlikevekt og vil da ikke være korrosivt overfor sementmørtelforinger.

Imidlertid er det forbundet med vanskeligheter å holde drikkevannet i karbonatlikevekt gjennom et langt og forgrenet ledningsnett. Det skjer endringer underveis både med hensyn til trykk og temperatur som gjør at vannet kan avvike fra likevektstilstanden. Rørfabrikkene arbeider kontinuerlig med å finne frem til sementtyper som ikke angripes av aggressivt vann. I tillegg er det av interesse for fabrikkene å kunne levere rør til land utenfor EF hvor det

ikke er krav at drikkevannet ikke må være aggressivt.

Hovedtrenden i valg av sementtype har vært bort fra portland sement, hvor hovedbestanddelen er trikalsiumsilikat, og til sement med hovedbestanddel av dikalsiumsilikat og trikalsiumaluminat. Ved denne overgangen til andre sementtyper er faren tilstede for at aggressivt vann skal løse ut aluminium fra foringen.

## Forsøksopplegg

Tre prøver av duktile støpejernsrør med sementmørtelforinger av forskjellig nasjonalitet ble skaffet. Rørene ble kuttet i håndterlige lengder for forsøket og påmontert bunn. Data for forsøksrørene er gitt i tabell 1.

Før forsøkets start ble rørene behandlet med fortennet saltsyre over en

Tabell 1. *Data for rørprøvene.*

Rør nr.	Produsentland	Diameter mm	Eksponert flate dm <sup>2</sup>	Vannvolum liter
1	England	100	8	2
2	Vest-Tyskland	100	8	2
3	Frankrike	150	8	3

periode på tre døgn. Deretter ble rørene omhyggelig renset med springvann. Rørprøvene ble deretter fylt med angitte volum av vann fra ledningsnettet. Vannet er svakt surt og meget

mineralfattig, kalsiuminnhold 3 mg/L Ca og alkalitet 0.050 mmol/L. Vannet i prøverørene ble satt i sirkulasjon ved pumping og forsøkene ble utført i rom ved 10 °C.

Rør nr.	Ekspone- ringstid  døgn	Antall enkelt- analyser	Analysert i vannprøver			Utløst fra foringen pr. m <sup>2</sup> og år	
			pH-verdi	Alkalitet mmol/L	Kalsium mg/L Ca	Alkalitet mol	Kalsium g Ca
1	7	4	9.9	1.379	11.7	1.733	11.4
2	7	4	10.0	1.248	39.6	1.562	47.7
3	7	4	8.1	0.586	22.3	1.048	36.8
1	4	2	9.3	0.626	7.6	1.314	10.6
2	4	2	9.7	0.822	18.0	1.760	34.4
3	4	2	7.6	0.306	9.6	0.878	22.4
1	3	1	9.4	0.729	6.4	2.065	10.3
2	3	1	9.9	1.071	25.5	3.105	68.4
3	3	1	8.4	0.396	10.6	1.579	34.7
1	2	4	9.0	0.429	6.4	1.730	15.4
2	2	4	9.5	0.548	12.0	2.274	41.3
3	2	4	6.9	0.211	6.7	1.101	25.6
1	1	3	7.4	0.340	5.8	1.743	19.1
2	1	3	8.7	0.439	10.0	2.235	44.8
3	1	3	6.5	0.185	5.8	1.323	25.4
1	Middelverdier					1.698	14.0
2						1.826	44.8
3						1.136	29.0

Tabell 2. *Middelverdier av analyseresultater for vannprøver fra rørprøvene og middelverdier for spesifikk utløsning fra foringen etter forskjellige eksponeringstider og totalt.*

Rør nr.	Ekspone- ringstid døgn	pH- verdi	Metallkonsentrasjoner i mg/L				
			Kadium Cd	Bly Pb	Sink Zn	Kobber Cu	Aluminium Al
1	7	9.9	<0.0001	0.0009	0.030	0.090	0.124
2	7	10.0	<0.0001	0.0008	0.040	0.110	0.451
3	7	8.1	<0.0001	<0.0005	0.120	0.032	0.104
1	4	9.5	<0.0001	<0.0005	0.030	0.100	0.091
2	4	9.9	<0.0001	0.0023	0.080	0.170	0.192
3	4	8.5	<0.0001	<0.0005	0.110	0.090	0.171
1	1	6.8		0.0007	0.030	0.090	0.149
2	1	8.1		0.0027	0.120	0.190	0.233
3	1	6.4		0.0007	0.130	0.080	0.109
1	1	7.8		0.0016	0.020	0.060	0.217
2	1	9.0		0.0011	0.020	0.060	0.227
3	1	6.6		0.0015	0.030	0.060	0.180
1	Middelverdier			0.0009	0.028	0.085	0.145
2				0.0017	0.065	0.132	0.276
3				0.0008	0.098	0.066	0.141

Tabell 3. Analyseresultater for tungmetaller og aluminium avgitt til testvannet.

## Diskusjon

Middelverdien i tabell 2 er basert på 14 enkeltanalyser fordelt på de ulike eksponeringstider. Analyseresultatene viser at vannet tærer på sementmørtelforingen i rørprøvene ved at kalsiuminnholdet og alkaliteten øker.

Middelverdiene av samtlige utførte analyser viser at vannkvaliteten påvirkes forskjellig av foringen i de tre rørprøvene. Vannet angriper sementen og forskjellen i utløsning kan både bero på forskjellig sementtype og forskjellig blandingsforhold mellom sement og tilslag. Standard portlandsement har et

kalsiuminnhold fra 60 til 65% CaO og et aluminiumsinnhold som kan variere mellom 6 og 8% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. I aluminiumsholdig sement kan både kalsium- og aluminiumsinnholdet variere mellom 40 og 45%. Når forskjellen i kalsiuminnhold i sementen er så stor, vil en sementmørtelforing av portlandsement ha 50% lengere varighet enn en foring av aluminiumsrik sement, dersom den spesifikke kalkutløsning fra de to foringene er den samme.

Vi har ingen detaljkunnskap om de sementtyper som inngår i foringene, men har fått følgende opplysninger: I

rørprøve nr. 1 er brukt en sement med betegnelsen PFA (Pulverized Furnace Ash). I rørprøve nr. 2 har sementen betegnelsen HOZ. Det er en høyovnsment med 45% CaO og bare 9% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. I prøve nr. 3 er brukt en aluminiumsrik sement.

Av de tre prøvene er det foringen i rørprøve nr. 1 som viser lavest spesifikk utløsning av kalsium og tilsvarer 0.7 ekvivalenter Ca. Det er vesentlig mindre enn utløst mengde base fra samme rørprøve og betyr at også andre positive metallioner enn de som er med i analysen, løses ut fra foringen. For foringene i de to andre rørprøvene er utløst, henholdsvis 2.24 og 1.45 for rørprøvene nr. 2 og 3 og avviker altså ikke meget fra mengden ekvivalenter base. Årsaken til det kan være at aluminium løses ut fra sementen i form av aluminat, men hydrolyseres og avsettes i form av aluminiumshydroksid på overflaten av foringen.

Analyseresultatene i tabell 3 gjelder innholdet i testvannet etter endt eksponeringstid uten fratrukk av innholdet i vannet før testen. Bakgrunnsverdier for blyinnholdet i testvannet er lavere enn 0.0005 mg/l Pb, for sinkinnholdet lavere enn 0.010 mg/L Zn, men for kobberinnholdet er det vanskelig å angi da testvannet ledes frem gjennom kobberør. Bakgrunnsverdien for aluminium ligger i området fra 0.05 til 0.10 mg/L Al. Resultatene viser at foringene har avgitt noe tungmetaller og aluminium til vannet og forskjellen i resultatene viser at angivelsen er forskjellig for de ulike foringer. Man kan konstatere at jo høyere vannets pH-verdi er desto høyere er aluminiumsinnholdet.

I sementen foreligger det meste av aluminiumen i form av trikalsiumaluminat (3CaO · Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) som under herdingen

tar opp vann og danner trikalsiumhydroaluminat (3 CaO · Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O). I teorien skal det ikke dannes hydratkalk som kan løses ut av vannet, mens resultatene i tabell 1 viser at foringen i rør nr. 3 også avgir kalsium til vannet. Det lave innhold av aluminium i vannprøvene skyldes at pH-verdien i vannet ikke er høy nok til å danne aluminat. Aluminium vil dermed forbli på sementmørteloverflaten i form av hydroksid.

Trikalsiumhydroaluminat i sementen gir foringen liten fasthet og ulempen er at det oppstår svinn og dermed sprekkdannelse i foringen.

Antas at mørtelen inneholder 700 kg sement pr. m<sup>3</sup> kan man beregne at den spesifikke kalkutløsningen tilsvarer en nedbrytningshastighet på mellom 0.15 og 0.20 mm pr. år.

## Konklusjon

Sementmørtelforinger i duktile støpejernsrør er utsatt for tæring av aggresivt vann. Tæringen forårsaker at pH-verdien og kalsiuminnholdet øker for vann i kontakt med foringen. I tillegg vil også andre stoffer som inngår i foringen tilføres vannet.

Økningen i vannets pH-verdi er størst for foringen hvor sementen under herdingen danner fri kalk. Fra disse foringer vil aluminium som frigjøres, tilføres vannet i form av aluminat. Under herdingen av aluminiumsrik sement dannes ikke fri kalk og økningen av vannets pH-verdi blir derfor mindre.

Disse undersøkelser har vist at aluminium som frigjøres ikke tilføres vannet, men antakelig holdes tilbake av foringen i form av aluminiumhydroksid. Hva som vil skje med aluminiumet etter lengere tids bruk av rør med denne type foring, kan det ikke sies noe om.