

3



# Betonrør har god bestandighed og lang levetid

Temablad 3. Afløbsfraktionen, Dansk Beton Industriforening

# Betonrørs bestandighed og levetid

Nye betonrør har god, dokumenteret bestandighed og levetid, som opfylder alle rimelige brugerkrav. Undersøgelser af ældre betonafløbsledninger giver en værdifuld information om de forhold, der er vigtige for at sikre en lang levetid for nye betonafløbsledninger.

Afløbsledninger udgør en vigtig del af infrastrukturen i et samfund. Ledningernes funktion og levetid er derfor af stor betydning. Vurderinger af bestandighed knytter sig oftest til rørmaterialets evne til at tåle en kemisk påvirkning fra afløbsvandet og de omkringliggende jordarter samt slitage.

Det er imidlertid sådan, at også en række andre forhold har afgørende betydning for levetiden af en afløbsledning. Det er vigtigt at gøre sig klart, at en lednings levetid bl.a. afhænger af:

#### Ydre påvirkninger

- ◆ Belastninger
- ◆ Kemisk korrosion
- ◆ Slitage

#### Kapacitet og tilgængelighed

- ◆ Dimension og fald
- ◆ Ledningsgrav

#### Miljøkrav

- ◆ Tæthed
- ◆ Påvirkning på omgivelser

Det har ikke været helt klart, hvilke af faktorerne ovenfor, der har haft størst betydning for begrænsningen af levetiden. Der har derfor været gennemført undersøgelser i både ind- og udland for at klarlægge tilstanden af ældre ledninger og årsagerne til tidsafhængige skader.

På basis af undersøgelserne kan der drages følgende konklusioner: Kun en lille del af skaderne på betonrør har sammenhæng med manglende bestandighed. Mange af skaderne kunne være undgået ved en mere hensigtsmæssig udformning af nettet.

Nogle ældre ledningers beton kan være porøs, og kan derfor være påvirket af kemisk nedbrydning.

Korrekt projekterede og lagte betonafløbsledninger har en dokumenteret lang levetid.

## Undersøgelser viser kun få problemer

Undersøgelser herhjemme, i Holland og i Norge har givet følgende resultater:

1. I Danmark viste en spørgeskema-

undersøgelse i 1991 blandt kommunerne, at kun 0,6 % af ledningerne havde alvorlige tæringsproblemer. /1/.

2. I Holland fandt man i 1988 ud af, at ca. 8 % af nettet var så dårligt, at det trængte til fornyelse. /2/.
3. Kun en lille del af de registrerede skader kan tilbageføres til slitage eller korrosion. I Holland var således kun 1,2 % af nettet berørt af skader, som skyldes lav bestandighed af rørmaterialet. /1/.
4. I Norge er der registreret korrosion på betonrør i hovedledninger i et lokalt område. Det skyldes brug af store slamudskillere på nettet med deraf følgende svovlbrinteudvikling. /3/.
5. En undersøgelse af næsten 200 vandløbskrydsninger lavet af betonrør i Sydnorge viser meget små skader fra sandslitage og kemisk påvirkning af sur nedbør og surt grundvand. Dette til trods for at vandets pH-værdi kan komme helt ned på 4,5. /4/.
6. Ældre rør med en porøs beton kan være påvirket af slitage eller kemisk nedbrydning. /3/.
7. De fleste nyere rør lagt efter ca 1965 viser god modstandsevne over for kemisk nedbrydning. Overflader er nedbrudt mindre end 1 mm. Dette fremgår af en norsk doktorafhandling omhandlerende betonrør. /3/.

## Beton holder til det meste

Spildevand fra husholdninger eller regnvand fra gader og veje er normalt meget lidt aggressivt. Der er ingen indikation for, at spildevandet har ændret karakter i løbet af de sidste årtier.

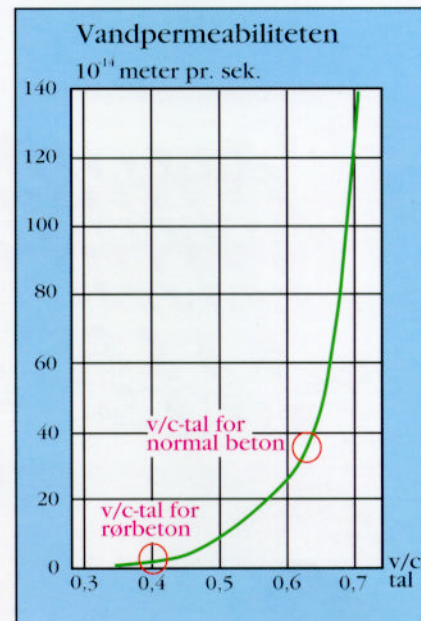
Aktuelle nedbrydende mekanismer på betonrør kan inddeles i:

- ◆ Udludningskorrosion
- ◆ Syrekorrosion
- ◆ Svovlbrintekorrosion
- ◆ Sulfatkorrosion
- ◆ Slitage
- ◆ Armeringskorrosion

## Beton modstår udludningskorrosion

I blødt vand, særligt i kombination med kulsyre, kan dele af cementpastaen opløses og fjernes. /5/

Konsekvensen er, at betonrørets yderste lag bliver angrebet, og styrken af røret tilsvarende reduceret. Blødt vand og kulsyre forekommer ofte i afløbsvand, men i så små koncentrationer, at beton af god kvalitet ikke påvirkes. Der er kun registreret skader på gamle ledninger af porøs beton. /3/.



Illustrationen viser forskellige cementpastaers tæthed afhængig af vand/cement-tallet. Lav vandpermeabilitet er lig lav vandgennemtrængelighed. Beton til rør har et v/c-tal på 0,35-0,4, og vandpermeabiliteten er derfor tæt på nul.

Hvis betonen har god tæthed, vil angreb kun forekomme i betonens overflade, og angrebene vil være uden betydning. Dagens betonrør med vand/cement-tal 0,35 - 0,40 har lav vandpermeabilitet (vandgennemtrængelighed), og vil derfor kunne modstå udludning.

## Sjældent syrekorrosion

Normalt forekommende spildevand har en pH-værdi, som er helt uskadelig for betonrør. Spildevand fra industrier kan ved et uheld indeholde stærkere organiske eller uorganiske syrer. Det kan f.eks. være mælkesyre, saltsyre eller svovlsyre.

Alle syrer løser gradvist betonens bindelem i overfladen. Nedbrydningshastigheden for et betonrør er afhængig af syrens pH-værdi, syremængden, syretypen og betonkvaliteten. /5/.

Kommuner stiller normalt krav til, at industrispildevandet skal have en pH-værdi i området 6,5 til 9. Kortvarige spidsværdier accepteres som regel.

Hvis disse pH-værdier overholdes vil dagens betonrør være helt upåvirkede af industrispildevandet.

## Svovlbrinte kan undgås

Svovlbrintekorrosion er begrænset til ledninger med spildevand, hvor lang opholdstid og mangel på ilt har medført anerobe forhold. Angrebsprocessen og beskyttelsestiltag er beskrevet i litteraturen /3/, /6/, /7/. Hvis der opstår anerobe forhold, kan der udvikles svovlsyre, som giver en kraftig syrekorrosion.

Der er især registreret skader på ledninger efter septiktanke og pumpestationer.

Svovlbrinte er uønsket i afløbssystemer. Den forårsager lugtgener, dårligt arbejdsmiljø og tæring af stål, beton og

elektrisk udstyr. Svovlbrinten nedbryder desuden SBR-gummitætningspakninger i både plast-, ler- og betonrør. Processerne i rensningsanlæggene kan desuden hæmmes af svovlbrinte i spildevandet.

Man har kendskab til flere metoder, som kan begrænse eller helt undgå en svovlbrinteudvikling i såvel nye som i ældre ledninger. Det kan f.eks. være lufttilførsel til ledningen eller tilsætning af neutraliserende stoffer til spildevandet.

## Sjældent brug for sulfatbestandig cement

Betonrør kan udsættes for angreb fra naturlige, aggressive jordbunds- eller grundvandsforhold. Sulfatholdigt jord og grundvand kan tære røernes udvendige overflade. /6/, /8/.

Undersøgelser af mange ældre rør i Norge har kun afsløret sulfatangreb på få ældre rør af porøs beton. /3/.

Sulfater i reaktion med beton har svelende egenskaber, som kan ødelægge betonmaterialet. Hvis sulfatindholdet i spildevand eller grundvandet er over 600 mg/l, bør der ved fremstillingen af rørene anvendes en sulfatbestandig cement. Det gælder også, hvis jordens sulfatindhold er over 6000 mg/kg tørret jord. Hvis et område vurderes at være sulfatholdigt bør der for en sikkerheds skyld udtages jord- og grundvandsprøver. Det kan f.eks. gøres, som anvist i DIN 4030 Teil 2. »Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase«. Juni 1991.

Sulfatkorrosion opstår også, hvis afløbsvandet har et højt sulfatindhold. Det kan f.eks. forekomme ved afløbsvand fra nogle kemiske industrier. Kommunerne stiller normalt krav til, at industrispildevandets indhold af sulfat er kontrolleret og passende lavt.

I Danmark er det sjældent nødvendigt at anvende sulfatbestandig cement til afløbsrør.

## Slitage intet problem

Med dagens kvalitet på betonrør har slitage som en levetidsbegrænsende faktor kun historisk interesse. Skader ses kun på ældre rør af porøs beton. /3/, /9/.

## Ingen armeringskorrosion

En meget lille del af de danske betonrør er armerede, under 0,5 %.

Indtil nu er der ikke registreret skader på armerede rør, der har årsag i egentlig armeringskorrosion, som man ofte ser det på ældre vejbroer og altaner. Det hænger sammen med betonens lave v/c-tal.

Rør brugt til vejformål bliver ofte udsat for salt. Dette skulle kunne føre til kloridangreb af armeringen. Undersøgelser viser imidlertid, at armerede betonrør med normal god beton fremstillet på moderne rørmaskiner ikke påvirkes negativt. /10/.

I Tyskland er hovedparten af betonrørene armerede og der er ikke kendskab til skader, der skyldes armeringskorrosion

## Vejledende værdier for aggressive væsker og jords påvirkning af betonrør

Værdier i tabellen, som er fastlagt ud fra forsøg og erfaringer, anvendes i de fleste europæiske lande. De er gældende for en velkomprimeret rørbeton med vand/cement-tal på 0,35-0,40. De viste påvirkningsgrader fæses ved 50 års kontinuerlig påvirkning af spildevand og jord med de viste pH-værdier og koncentrationer. Ved »Svagt angreb« forstæses et 1-3 mm nedbrudt lag efter 50 års påvirkning. Ved »Moderat angreb« forstæses et 3-12 mm nedbrudt lag efter 50 års påvirkning. Såfremt påvirkningerne kun er periodiske, vil man kunne tillade lavere pH-værdier og højere koncentrationer af de nævnte stoffer for påvirkningsgraden. Betonrør bør normalt beskyttes ved hjælp af coating eller lining ved pH-værdier og stofkoncentrationer som angivet ved påvirkningsgrad »Stærkt angreb« og »Meget stærkt angreb«. Det er dog afhængigt af den ønskede levetid.

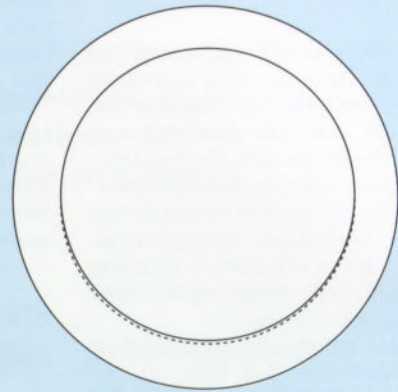
Påvirkningsgrad	Ingen angreb	Svagt angreb	Moderat angreb	Stærkt angreb	Meget stærkt angreb
pH-værdi (vand)	> 6,5	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	4,5 - 4,0	< 4,0
Aggressivt kulsyre (CO <sub>2</sub> ) i mg/l	< 15	15 - 30	30 - 60	60 - 100	> 100
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) i mg/l	< 15	15 - 30	30 - 60	60 - 100	> 100
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> ) i mg/l	< 100	100 - 300	300 - 1500	1500 - 3000	> 3000
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) i mg/l	< 200	200 - 600	600 - 3000	3000 - 6000	> 6000
Sulfat, (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) i mg/kg lufttørret jord	< 2000	2000 - 6000	6000 - 12000	> 12000	-

## Kontrolleret korrosion

Betonrør kan udmærket anvendes til at transportere spildevand med pH-værdi og koncentrationer af stoffer svarende til de påvirkninger, der er anført ved »Moderat angreb«. Men røret vil, afhængigt af påvirkningen, få et nedbrudt lag indvendigt i vandzonen. Det har for de fleste ledninger ingen betydning for rørets funktion. Et 3-12 mm ødelagt lag i vandzonen efter 50 års påvirkning har eksempelvis ingen betydning for et Ø 700 mm rør med en 192 mm godstykkelse i foden. Et Ø 200 mm rør, som transporterer spildevand med pH-værdi og andre koncentrationer af stoffer svarende

til de påvirkninger, der er anført under »Svagt angreb«, vil have et nedbrudt lag på 1-3 mm efter 50 års konstant påvirkning. Det korroderede lags tykkelse er tyndt i forhold til rørets godstykkelse på 42 mm, og derfor vil røret have en funktionstid ud over de 50 år.

I USA benyttes betonrør ofte til industrispildevand med en lavere pH-værdi end den, der er normal herhjemme. I det konkrete afløbsprojekt vurderes, om den forventede korrosionshastighed får betydning for rørets bæreevne i den krævede levetid.



4-5 mm nedbrudt beton i vandzonen efter 100 års brug har ingen betydning for et Ø 500 mm standard betonrør med godstykkelse 78 mm.

## Bestandighedsforskning

Laboratorieundersøgelser af flere end hundrede opgravede ældre og nyere rør i Norge har givet stor indsigt i de forhold, der sikrer en lang levetid for betonrør. En af konklusionerne er, at betonens tæthed har stor betydning for levetiden. Moderne betonrør har god tæthed, men der er selvfølgelig grader af tæt beton. Udviklingen koncentrerer sig nu om at færdigudvikle målemetoder, som er tilstrækkeligt nøjagtige til bestemmelse af betontætheden.

I Norge forventer man i 1995-96 på baggrund af målinger på de ældre, nyere og helt nye rør at kunne dokumentere en 100 års levetid over for spildevand med pH-værdi og stofkoncentrationer svarende til det, der er anført under »Svagt angreb« i tabellen på forrige side. Disse målinger udføres hovedsageligt af »SINTEF Konstruksjoner og Betong«, Norges

Tekniske Højskole, Trondheim. De har den fornødne erfaring med betondata for både ældre, nyere og helt nye rør, og er dermed i stand til at fastlægge en levetid.

På nordisk plan er der etableret et samarbejde vedrørende betonrørs bestandighed, således at alle erfaringer med ældre og nye rør udnyttes i bestandighedsforskningen.

Bestandighedsforskningen og betonudviklingen vil medføre, at man inden for få år reviderer tabellen over vejledende værdier for aggressive væsker og jords påvirkning af betonrør.

Uddybende materiale om norske undersøgelser af opgravede rør kan rekvireres hos Afløbsfraktionen, Dansk Beton Industriforening, tlf. 33 13 88 01, fax 33 13 24 50.

## Referencer

- /1/. »Hvad skal vi investere i fornyelsen af afløbssystemer«. Artikel af Erling Holm, I Krüger A/S og Otto Larsen, CONVISOR A/S, 1991.
- /2/. »Kvantitativt vrijverval riolering onderzoek in Nederland«. NIPO Amsterdam, 1988.
- /3/. »Tilstand og tilstandsændring i afløbsledninger«. S. Sægrov, NTH, Trondheim, Norge. 1992.
- /4/. »Fältundersökning av vägtrummor av betong«. CBI, Norge. 1991.
- /5/. »Beton i aggressivt miljø«. Betonteknik, CtO, Aalborg. 3/03/1974.
- /6/. »Svovlbrintedannelse og -kontrol i trykledninger«. Miljøprojekt nr. 96. 1988.
- /7/. »Betonrørs holdbarhed«. Betonteknik, CtO, Aalborg. 5/02/1982.
- /8/. »Tilstandsvurdering af eldre betongrør«. BLF, Norge. 1992.
- /9/. »Slitasje i afløbsledninger PRA 4.4.0 11«. Norge. 1975/76.
- /10/. »Om betonrørs bestandighet og levetid«. Artikel i tidsskrift »Cement Nå« nr. 2, Norge. 1993.



Spildevandsrøret viser kun få tegn på udvaskning efter 68 år i jorden. Kendskabet til ældre rørs betonkvalitet er vigtigt for fastlæggelse af nye rørs levetid.