



MILJØMINISTERIET

Miljøstyrelsen J. NR.: 321-0208

14 DEC. 1988

BREV NR.: 3 BILAG:

GENBRUG AF FRISK BETONSPILD

STATE-OF-THE-ART RAPPORT

TEKNOLOGISK INSTITUT
BYGGETEKNIK

Bent Grek
Civilingeniør



0. FORORD

Denne "State-of-the-Art" rapport er en del af et projekt med titlen:

"Genbrug af frisk betonspild".

Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen, Genanvendelseskontoret.

"State-of-the-Art" rapporten er et litteraturstudium af udenlandske undersøgelser af genbrug af frisk betonspild. Ud over de mange referencer (litteraturlisten) har følgende firmaer, institutter, læreanstalter mv. bidraget med viden og kildematerialer:

Laboratoriet for Bygningsmaterialer
Danmarks Tekniske Højskole
v/Professor Torben C. Hansen.

Stetter GmbH, Manufacturers of Construction Equipment
P.O. Box 1942, D-8940 Memmingen, Vesttyskland
v/Ingeniør Rudolf Riker.

Readymix Transportbeton GmbH
Postfach 1617, 4030 Ratingen, Vesttyskland
v/ Schneider.

Bekoteknik a.s
Industriskellet 4
2635 Ishøj
v/J. Kilhof.

Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e.V.
Tornhallenstrasse 19, Postfach 100810, 41 Duisburg
v/Dr. Bönner.

Institut für Transportbeton
Baustoffprüfstelle der Transportbeton-Beratungs-GmbH
Christinenstrasse, 403 Ratingen, Vesttyskland.

National Ready Mixed Concrete Association
900 Spring Street, Silver Spring, Maryland 20910
USA.

"State-of-the-Art" danner grundlag for en større betonteknologisk undersøgelse af mulighederne for genbrug af "slamvand" som blandevand til ny beton. Denne undersøgelse er rapporteret i projektrapporten "Genbrug af frisk betonspild".



1. Indledning

På færdigbetonfabrikker ender ca. 2-3% af betonproduktionen, ifølge danske og udenlandske eksperter, som rest- eller returbeton på grund af betonrester i betonkanoner fra vask og rengøring af betonkanoner, betonpumper, blandedeanlæg mv. Rest- eller returbeton kan også stamme fra fejlblandinger på færdigbetonfabrikken eller som overskydende beton fra betonstøbninger på byggepladser mv.

Hovedparten af al rest- og returbeton bliver i dag deponeret på kontrollerede lossepladser. En del af betonslammet/blandevandet ender ofte i kloaksystemet med en dertil hørende risiko for tilstopning af denne.

Alt dette betyder såvel et spild af naturlige råstoffer (sand, sten og vand) samt en unødigt belastning af eksisterende losse- og deponeringspladser. For betonproducenten betyder dette omkostninger til transport og deponering samt omkostelig rensning af kloaksystemet.

I Vesttyskland bliver der årligt produceret ca. 50 mio. m³ færdigbeton, hvoraf ca. 1,5 mio. m³ ender som rest- og returbeton /1/.

I Japan producerede 3436 færdigbetonfabrikker i 1973 tilsammen ca. 150 mio. m³ beton. I gennemsnit producerede fabrikkerne ca. 43.500 m³ beton hver. Japanske eksperter skønner, at ca. 2,5 mio. m³ tilslagsmaterialer kunne spares, hvis samtlige japanske fabrikker genanvendte den overskydende beton /9/.

I Danmark blev der i 1986 produceret ca. 2 mio. m³ færdigbeton. Det skønnes, at ca. 2-3% af denne, dvs. ca. 50.000 m³ beton endte som rest- eller returbeton.

Med udgangen af 1987 findes der i Danmark en færdigbetonfabrik, der har installeret et oparbejdningsanlæg for rest- og returbeton. I Vesttyskland findes allerede mange tilsvarende oparbejdningsanlæg. I 1979 havde ca. 52% af samtlige færdigbetonfabrikker i Japan en eller anden form for genanvendelsesanlæg. Ca. 10% af samtlige anlæg oparbejdede al rest- og returbeton (100% recycling), og yderligere ca. 31% anvendte slamvand til betonproduktionen på forsøgsbasis. Ved planlægning og opbygning af et restbeton-oparbejdningsanlæg er overvejelser omkring miljømæssige, drifttekniske, økonomiske og betonteknologiske spørgsmål nødvendige.



2. Miljømæssige aspekter

Som det fremgår af tallene i indledningen drejer det sig om store mængder af faste råstoffer i rest- og returbetonen, der bliver deponeret som spild i dag. Hertil kommer spildevand fra vaskning af betonkanoner, -pumper og -blandeanlæg som bliver ledt ud i kloaksystemet. Alene i Danmark kunne der spares ca. 35.000 m³ tilslagsmaterialer og ca. 250.000 m³ vand om året, hvis al rest- og returbetonen blev genanvendt. Dette ville betyde en stor aflastning af naturen og miljøet.

3. Drifttekniske aspekter

3.1 Anlægstyper

De eksisterende typer for oparbejdning af rest- og returbeton og vaskevand kan opdeles i 3 hovedtyper:

- I Klaringsbassin for rest- og returbeton med mekanisk/maskinel tømning - evt. genanvendelse af vand ("klaringsvand").
- II Mekanisk system for grovstofudskillelse af tilslag fra ca. 0,5 til 32 mm og klaringsbassin for finstoffer under 0,5 mm. Genanvendelse af tilslag 0,5 - 32 mm og evt. af klaringsvand. Bundfældning af finstof (< 0,5 mm), der kan opsamles og tørres i bunker.
- III 100% genbrugsanlæg. Udnyttelse af alle stoffer (vand, tilslag og slam) inden for samme fabrik.

I det følgende beskrives kun hovedtype III (100% genbrug).

3.2 Materialsortering

En indledende materialsorteringen har det formål at frasortere så meget tilslagsmateriale som muligt og dermed begrænse mængden af slam. Niveaueet for en adskillelse mellem finstoffer (cement- og fillerslam) og findele af sand (0,3 - 1 mm) skal derfor lægges så fint som muligt, dvs. helst i området 0,1 - 0,3 mm /2/, /3/. Tilslagsmaterialerne skal vaskes omhyggeligt, så andelen af endnu aktive cementkorn er mindre end 1%, for at forhindre dannelsen af klumper.

Den tilbageværende bindeevne af den endnu aktive cement er ifølge Riker /2/ størst i den grove del af finstofferne



(0,3 - 1 mm). Dette betyder, at der skal bruges en forholdsmæssig stor del vaskeenergi og vaskevand inden for denne fraktion. De sådan genvundne tilslagsmaterialer kan efter sigtning genbruges som almindelig (normale) tilslagsmaterialer. Genbrug af slammet er et betonteknologisk spørgsmål, som bliver behandlet senere.

3.3 Slamoplagring

Ifølge Riker /2/ er der to slamvandopbevaringsmuligheder, som har vist sig som værende ideelle:

Koncentreret slam- og suspensionsmetoden.

Den første sigter på at afsætte slammet i et lille volumen, at anvende hovedsageligt frisk vand med lav pH-værdi for betonfabrikationen og at dosere slamvand i koncentreret form (højere faststofandel pr. liter) som additiv for friskvandet. Der findes et vandrensesystem, og skyllevandet kan udtages fra rensesystemets rentvandsbassin.

Vandkredsløbet er lukket inden for virksomheden. Et nødoverløb kan tilsluttes det offentlige kloaksystem, hvis den forhøjede pH-værdi tillader det.

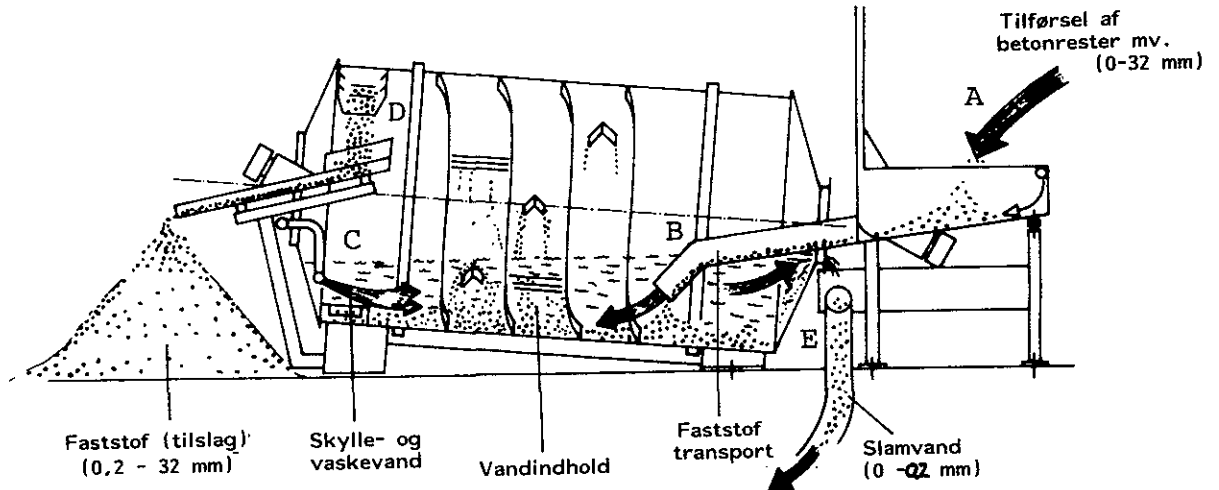
I denne sammenhæng er begrænsning af strømningshastigheden af vandet fra oparbejdningsanlæg igennem afsætningsbassinet til rentvandsbassinet af stor betydning. Jo større vandmængde pr. tidsenhed for oparbejdningsanlæg, desto flere finstoffer vil der blive trukket over i rentvandsbassinet med alle dets uheldige følger.

"Røreværksenergien" er minimal. Denne såkaldte koncentrer/slamm metode muliggør målrettet anbringelse af den opståede slammængde i mindre produktionsmængder af ringere kvalitet beton. Faststofkoncentrationen er varierende. Tidligt om morgenen er den højere end senere på dagen.

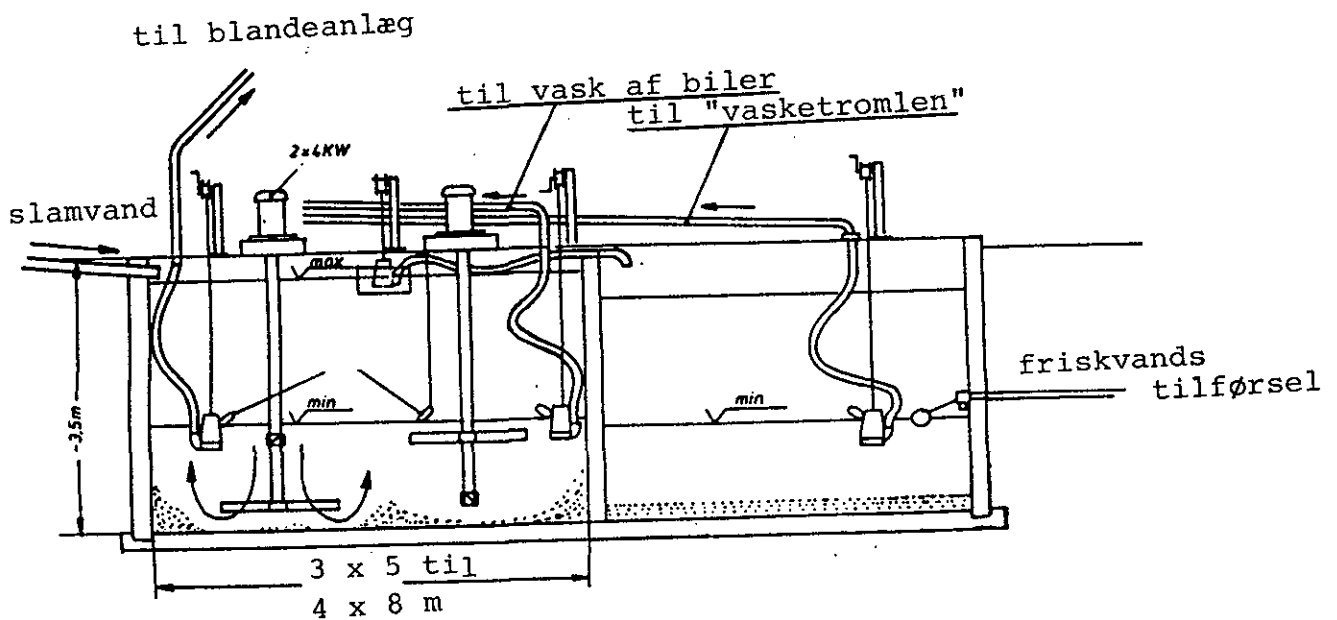
Ved den anden metode tilføres det samlede betonbrugsvand over restbetonoparbejdningsanlægget. Først renses med rent vand, og det med cementlim og grovdele belastede vand holdes ved omrøring i suspension (som forhindrer grove dele i at bundfælde sig). Rørenergien er ca. dobbelt så stor som ved koncentrer/slamm drift. I dette tilfælde er vandhusholdningen helt i orden. Der følger ingen vandrensning. Det i suspension værende slamvand må ikke komme i kloakken. Der må derfor ikke opstå mere slamvand end der kan forbruges næste dag for nye betonblandinger. Fordelen ved denne metode er, at faststofkoncentrationen i løbet af dagen er nogenlunde konstant.



OPARBEJDNINGSANLÆG



Figur 1
Såkaldt "sortertromle" af mærket Stetter til sortering
af spildbeton



Figur 2
Princip i slamopbevaring ved suspensionsdrift



I flere tilfælde har man anbragt et buffer-, reserve- eller rentvandsbassin bagved suspensions-røreværksbassinet. Ved anvendelse af en svømmepumpe i røreværksbassinet og bortpumpning af delrenset vand over i det såkaldte bufferbassin kan koncentrationen også forhøjes ved suspensionsdrift.

Udformning og dimensioner for røreværksbassinet, især dybden og "skillesnit" for den foran placerede faststof/slamvand-skilleanordning, har en meget stor indflydelse på den samlede økonomi for restbetonoparbejdningsanlæg.

4. Økonomiske aspekter

4.1 Rentabilitetsovervejelser

Ved vurdering af restbetonoparbejdningsanlæg spiller følgende økonomiske faktorer en rolle:

Besparelser

- Tilslagsmaterialer
- Vand
- Deponeringsgebyrer
- Transportudgifter
- Spildevandsafgifter (vandudledningsafgifter)
- Evt. udgifter til oprensning af kloaksystemet

Omkostninger

- Anskaffelsesomkostninger
- Afskrivning, renter
- Reparations- og vedligeholdelsesomkostninger
- Energiomkostninger
- Pladsbehov af anlægget

Delomkostninger kan variere meget fra sted til sted. Grundlag for enhver rentabilitetsberegning er derfor det nøjagtige kendskab til disse tal i egen virksomhed. Det afhænger af den enkelte virksomheds størrelse, hvilken slags oparbejdningsanlæg, man evt. bør beslutte sig for. Ved mindre virksomheder er det i de fleste tilfælde ikke rentabelt at have et 100% recyclingsanlæg.



5. Betonteknologiske aspekter

5.1 Sammensætning af betonslam og slamvand

Kasai har (9) konstateret, at slammets densitet kunne variere fra ca. 1960 til 2460 kg/m³ med et gennemsnit på ca. 2140 kg/m³. Undersøgelser af slam fra NF-Beton viser, at slammets densitet her varierer mellem 2200 og 2453 kg/m³.

Indhold af K₂O og Na₂O fandt Kasai (9) lå i gennemsnit på ca. 0,35 - 0,40% (Na₂O-ækv.). Slam fra NF-Beton viser et Na₂O-ækv. indhold på ca. 0,75 - 0,93%. Pistilli (11) fandt Na₂O-ækv. indhold på ca. 0,87%.

Kasai fandt, af slamvandets pH var 12-13.

Slammet består af en blanding af cementpartikler, mere eller mindre hydratiseret, evt. puzzolaner og finsand. Kasai fandt ved sine undersøgelser, at slammets cementandel var ca. 80%, og sandandelen udgjorde ca. 20%. Forholdet mellem cementandelen og sandandelen afhænger af tilslagets kornkurve samt restbetonens cementindhold.

Foreløbige undersøgelser af slam fra NF-Beton viser en sandandel på ca. 20-25% og en cementandel på ca. 75-80%.

Kasai og Pistilli (11) fandt ved kemiske analyser en slam-sammensætning ifølge nedenstående tabel:

Tabel 1

<u>Indhold</u>	<u>Kasai (9)*</u>	<u>Kasai (9)**</u>	<u>Pistilli (11)</u>
600°C glødetab	13 %	15 %	-
1000°C glødetab	17 %	19 %	23,3%
Uopløseligt mat.	12,8 %	14,2 %	-
CaO	40,7 %	37,3 %	38,4%
SiO ₂	17,4 %	16,4 %	24,5%
Al ₂ O ₃	5,6 %	5,5 %	5,3%
Fe ₂ O ₃	2,8 %	2,9 %	2,8%
MgO	1,6 %	1,6 %	4,2%
SO ₃	1,5 %	1,4 %	1,0%
Na ₂ O	0,23%	0,16%	0,35%
K ₂ O	0,18%	0,18%	0,53%

* Research Committee for Recycling Waste Water at Ready-mixed Concrete Plants (RWC), gennemsnit af 36 prøver.

** Cement Association of Japan (CAJ), gennemsnit af 9 prøver.



5.2 Slammets betydning for den friske betons egenskaber

5.2.1 Sætmål (bearbejdelighed) luftindhold og densitet

Frisenborg /10/ fandt at bearbejdeligheden (sætmål), luftindholdet og densiteten for frisk beton med slam ikke afveg væsentligt fra frisk beton uden slam. Frisenborg anvendte slamkoncentrationer på mellem 5 og 16% (af cementvægt) svarende til 19 henholdsvis 38 kg/m³, og brugte 3 forskellige cementtyper samt tilsatte flyveaske i en række af blandingerne (i Tyskland er tilsætningen af flyveaske almindeligvis < 10% af cementvægten).

Kasai /9/ fandt ved sine undersøgelser, at betonens vandbehov (ved konstant sætmål) øgedes med ca. 5-6%, når der blev tilsat 5% slam (af cementvægt). Størst øgning i vandbehovet havde de stive betoner, medens de mere flydende betoner (sætmål: 21 cm) gav en mindre stigning. Kasai fandt, at vandbehovet ville stige med ca. 1 - 1 1/2% for hver 1% slam (af cementvægt), der blev tilsat. Jo større sandfillerandelen i slammets udgjorde, jo mindre stigning i vandbehovet. Lewandowski /8/ kunne med hensyn til udbredelsesmålet (flydemål), densitet og luftindholdet ikke konstatere nogen entydig forskel mellem frisk beton uden slam og frisk beton med 1% slam (af tilslaget), svarende til ca. 19 kg/m³.

Slammets betragtes i tyske undersøgelser på den ene side som filler /2/ og på den anden side som opslembare bestanddele /8/. Faktisk må slammets betragtes som en blanding af filler (sandandel < 0,25 mm) og opslembare bestanddele (cementslam og ler, der stammer fra tilslaget).

5.2.2 Afbindingstid og bleeding

Kasai /9/ fandt, at afbindingstiden faldt med stigende slamindhold i betonen. Samtidig konstaterede Kasai, at bleedingstendensen faldt med stigende slamindhold.

5.3 Slammets betydning for den hærtnede betons egenskaber

5.3.1 Trykstyrke

Kasai /9/ fandt, at trykstyrken for betonen ikke ændrede sig, hvis man tilsatte helt op til 5% slam (af cementvægten) under forudsætning af v/c-forholdet blev holdt konstant.



Nogenlunde det samme fandt Frisenborg /10/ og Riker /3/ frem til. Lewandowski /8/ kunne imidlertid konstatere styrkeforringelse på op til 20% under ugunstige forhold (højovencement i kombination med højovencementslam) ved tilsætning af 19 kg slam pr. m³ beton. Ved almindelig Portland-cement kunne der ved slambetonerne konstateres en styrkeforøgelse efter 1,2 og 7 døgn, men næsten tilsvarende styrke som referencebeton (uden slam) efter 28 døgn.

Efter Lewandowski afhænger den tidlige trykstyrke af cementtypen, der bruges såvel i slammets som til betonfremstillingen. Ved brug af Portland-cement har tidlige trykstyrken i alle forsøg været højere end i blandingerne uden slam, mens ved brug af højovencement har trykstyrken i alle tilfælde været lavere end i beton uden slam. Den værste kombination var beton fremstillet med højovencement og tilsat højovencementslam.

Lewandowski fandt videre, at slambetonens trykstyrke også afhænger af slamalderen. Prøver med 10 døgn gammelt slam giver mindre trykstyrker end prøver med 1 døgn gammelt slam.

Den hollandske workgroup bedrijfsstechniek /22/ fandt, at trykstyrken faldt med op til 7% ved tilsætning af 4% slam af cementvægt uanset om cementtyperne i beton og i slam er Portland- eller højovencement. Hollænderne siger også, at beton med højovencement medfører et større styrketab end beton med Portlandcement.

Pastilli /11/ konstaterer generelt en styrkeforringelse med stigende slamindhold i betonen. Forudsætningen for Pastilli's beregninger var et konstant vand/(cement + slam)-forhold, hvorved slammets, som indeholdt mere eller mindre hydratiseret cement, aktivt ville tage del i styrkeudviklingen.

5.3.2 Svind

Lewandowski /8/ fandt, at tilsætning af slam gav lidt større svind end i beton uden slam. Svindets størrelse afhang dog i høj grad af cementtypen. Frisenborg /10/ konstaterede imidlertid samme svindrevneomfang for beton med 19 kg slam pr. m³, som for beton uden slam. Kasai /9/ fandt ved sine målinger et stigende svind med stigende slamindhold i betonen. Ved et slamindhold på 3% eller mindre (af cementvægten) var forøgelsen i svindet på mellem 0 og 10%.



5.3.3 Elasticitetsmodul

Ifølge Kasai /9/ er E-modulet næsten tilsvarende for slam-beton som for en referencebeton uden slam.

5.3.4 Bøje-trækstyrke

Kasai /9/ fandt, at bøje-trækstyrken for slambetoner med op til 3% slam (af cementvægten) ved konstant v/c-forhold var den samme som for en tilsvarende referencebeton uden slam.

Lewandowski's /8/ resultater viser en forringelse af bøje-trækstyrken med stigende slamtilsætning. Ved en slamtilsætning af 5% (af cementvægt) antog bøje-trækstyrken kun 80% af en tilsvarende referencemørtel uden slam efter 28 døgn. Efter 2 døgn var der endnu mindre (76%).

5.3.5 Luftindhold

Den hollandske "Workgroep Bedrijfstechniek" fandt, at betonens luftindhold ikke forandres ved tilsætning af slam.

5.3.6 Luftporestruktur og strukturanalyse

Iblandt den tilgængelige litteratur er der tilsyneladende ingen, der har berørt områderne strukturanalyse eller luftporeanalyse i forbindelse med undersøgelser af slambetoner.

5.3.7 Udblomstringer

Lewandowski /8/ og Frisenborg /10/ har gennemført udludningsforsøg og bedømmer slambetonen at være mindre egnet til fx hvid beton på grund af udblomstringer og dannelse af en uregelmæssig farvet overflade.



6. Danske og udenlandske normer og retningslinier

I Danmark har man hidtil i praksis ikke kunnet anvende slamvand med op til 5-10% opslemmede bestanddele, som blandedvand til beton i henhold til gældende norm og retningslinier.

I Dansk Ingeniørforenings norm for Betonkonstruktioner, Dansk Standard DS 411, 3. udgave marts 1984, står der bl.a. følgende:

"3.1.2.3 Vand

Vand må ikke indeholde stoffer, der kan skade armeringen eller forringe betonens holdbarhed.

Vandprøver skal udtages i henhold til Ds 423.2.

"Vejledning": Normens krav til støbevand vil normalt være overholdt, når der anvendes vandværksvand".

I Betonbogen (2. udgave 1985, CtO) findes en tabel med vejledende grænser for maksimalt indhold af forskellige urenheder i støbevand til beton. Tabellen fandtes i den gamle udgave af DS 411 (2. udgave, december 1973).

Urenhed	Armeret beton	Uarmeret beton
pH	4,5-8,5	4,5-8,5
Opslemmede bestanddele	2 g/l	5 g/l
Totalmængde opløste salte	15 g/l	30 g/l
Svovlsyreanhydrid	3 g/l	3 g/l
Sulfider	5 g/l	5 g/l
Klorider	10 g/l	20 g/l
Organiske stoffer	3 g/l	3 g/l
Kulhydrater	0	0

Tabel C 8.2.4

Vejledende øvre grænse (samt nedre for pH) for indhold af urenheder i støbevand.

I Bassinbetonbeskrivelsen står der direkte, at vand, der skal bruges til betonfremstilling, skal være vandværksvand.



Som normen og Bassinbetonbeskrivelsen bliver fortolket i dag, så vil man ikke kunne acceptere et indhold af opslemmede bestanddele i form af hydratiserede cementkorn, flyveaske, mikrosilica og sandfiller på op til fx vægt-% (100 g/l) i støbevand, hvilket jo vil overskride de vejledende grænser med ca. 20-50 gange ved hhv. uarmeret og armeret beton.

Man kan se på, hvordan lande som USA, Japan og Vesttyskland klarer de normmæssige problemer mht. støbevand, som indeholder "betonslam", og hvilke undersøgelser der er foretaget i forbindelse med genbrug af friske betonrester.

I USA begyndte man allerede i 1974 at undersøge mulighederne for at begrænse affaldsmængderne (rest- og returbeton) fra betonindustrien. I forbindelse med en NRMCA-konference med temaet "Pollution Control" blev der ved den lejlighed omtalt forskellige metoder til behandling af rest- og returbeton. Problemet med deponering af rest- og returbeton var til stadighed voksende.

For at imødegå strengere restriktioner fra myndighedernes side begyndte man at undersøge muligheden for at genbruge den (friske) rest- og returbeton til fremstilling af ny færdigbeton.

NRMCA (national Ready-Mixed Concrete Association) iværksatte et projekt, der skulle undersøge muligheden for genbrug af rest- og returbeton fra færdigbetonfabrikker.

Undersøgelserne viste, at det var muligt at fremstille god holdbar beton på færdigbetonfabrikker med slamvand som blandevand.

I den amerikanske norm ACI-Standard 318-77 "Building code requirements for reinforced concrete" står der i afsnittet omhandlende betonens delmaterialer bl.a.:

3.4 Vand

- 3.4.1 Vand, som skal bruges som støbevand til beton, skal være fri for skadelige mængder af olier, syrer, alkalier, salte, organisk materiale eller andre bestanddele, som kan være skadelige for betonen eller armeringen.



3.4.3 Vand, som ikke er "drikkeligt" (= vandværksvand), må ikke anvendes til beton, medmindre følgende er opfyldt.

Mørtel-terninger, fremstillet med ikke drikkeligt vand (dvs. vand, som ikke er vandværksvand eller tilsvarende) skal have en 7 og 28 døgns styrke, som er den samme eller er mindst 90% af styrken af tilsvarende terninger fremstillet med drikkevand (vandværksvand).

Sammenligningen af styrker skal foregå på mørtler, som er identiske med undtagelse af støbevandet og foretages efter ASTM C 109.

I Japan mellem 1970 og 1971 udstedte den japanske regering mange regulativer og love i et forsøg på at få kontrol på udledning af industrispildevand og deponering af affald.

Det daværende japanske betoninstitut (Japan Concrete Institute JCI) etablerede i 1973 en forskningsgruppe på opfordring af "Cement Association", som skulle undersøge muligheden for genbrug af spildevand fra færdigbetonfabrikker.

Forskningsgruppen udførte i perioden 1973-1975 en hel række forsøg med genanvendelse af "slamvand" som blandevand til ny beton /9/.

Forskningsgruppens undersøgelse førte til, at Japanese Industrial Standards, JIS A 5308 (ready mixed concrete) vedrørende vandkvalitet til betonfremstilling blev modificeret. Kravet til blandevand blev nu: "Blandevand til betonfremstilling må ikke indeholde mere end en bestemt mængde stoffer, som kan være skadelig for betonen, fx. olie, syre, salte og organisk materiale".

Tidligere stod der i normen, at blandevandet skulle være rent, dvs. en kvalitet som vandværksvand. I 1976 udarbejdede Japan National Ready-mixed Concrete Association i alt 6 standarder for anvendelse af slamvand til beton.

Disse undersøgelser betød sammen med den ændrede normtekst og de nye standarder, at langt flere japanske færdigbetonfabrikker forsøgte sig med genbrug af slamvand. I 1979 anvendte mere end 10% af samtlige japanske færdigbetonfabrikker slamvand til betonfremstilling.

I Vesttyskland har situationen næsten været den samme som både i Japan og USA. I starten af 1970'erne iværksatte man en række undersøgelser omkring genbrug af friske betonrester, herunder anvendelsen af slamvand til ny beton.



Undersøgelserne blev bl.a. finansieret af Ministeriet for forskning og Teknologi. I store træk fik man i de Vesttyske undersøgelser de samme resultater som i Japan og USA. Imidlertid har det tilsyneladende ikke ført til ændringer af den vesttyske betonnorm. Dette skyldes, at der åbenbart i forvejen findes muligheder i normen for at anvende slamvand som blandevand.

I DIN 1045 "Beton- und Stahlbetonbau" står der i afsnit 6.4: "Støbevand" (blandevand): Som blandevand er det i naturen forekommende vand egnet, dersom det ikke indeholder bestanddele, der indvirker skadeligt på betonens hærdning (afbinding) samt andre af betonens egenskaber eller ødelægger armeringen.

I den vesttyske tilslagsnorm DIN 4226, blatt 1 "Zuschlag für Beton" findes i afsnit 7.6.1 et krav til mængden af opslembare bestanddele, dvs. partikler med en max. kornstørrelse på 0,063 mm.

Omregnet til en normalbeton med et sandindhold på ca. 750 kg svarer det til et indhold af max. 30 kg opslembare bestanddele pr. m³ beton, hvilket omregnet til vægt-% af blandevandet svarer til et sted mellem 15 og 25%. Dette krav i tilslagsnormen lægger således normalt ingen begrænsning på anvendelsen af slamvand med op til 5-10 vægt-% opslemmede bestanddele. Kun betonsand med højt lerindhold får således indflydelse på brugen af slamvand som blandevand.



7. Litteraturliste

1. Torben C. Hansen: "Recycled aggregates and recycled aggregate concrete". Second State-of-the-art report. *Materiaux et Constructions*, vol. 19 - No. 111.
2. Rudolf Riker: "Restbetonaufbereitung". Foredrag (notat) holdt den 1. foredragsdag i forbindelse med BAUMA 86. (1986).
3. Rudolf Riker: "Neue Erkenntniss bei der Aufbereitung von Rest- und Ruckbeton", teil 1 - 2. *Betonwerk + Fertigteil-Technik*, heft 9-10, 1983. pp. 569-573, 634-637.
4. Harold H. Steinour: "Concrete mix water. How impure can it be"? *Journal of PCA, Research and Development Laboratories* vol. 2 (1960), pp. 32-50.
5. Josef Theiner: "Restbeton-Recycling - Systeme und Technologien für Restbeton-Aufbereitungsanlagen. *Beton* 4, 1979, pp. 127-132.
6. Heikki Poijarvi: "Inverkan på betongens egenskaper av ballastens fina partikler". *Nordisk Betong* 1967:3, pp 225-252.
7. ACI Committee 221: "Guide for use of normal weight aggregates in concrete". *ACI Journal*, March-April 1984, pp. 115-139.
8. Ralf Lewandowski und Paul Peterfy: "Beeinflussung der Betoneigenschaften durch Zusatz von mineralischen Schlammen, Teil 1-2. *Betonwerk + Fertigteil-Technik*, heft 10-11, 1976, pp. 562-566, 503-505.
9. Yoshio Kasai: "Recycling waste water and cement slurry disposal at ready-mixed concrete plants" Seminar under The Japan-U.S. Cooperative Science Program. September 1979, USA, pp. 101-110.
10. Bernd Friesenborg, Rolf Genenger und Franz Orłowski: "Recycling of waste concrete". *Betonwerk + Fertigteil-Technik*, heft 12, 1984, pp. 830-836.



11. M.F. Pistilli and C.F. Peterson: "Properties and possible recycling of solid waste from ready-mix concrete". Cement and Concrete Research, vol. 5, 1975, pp. 249-260.
12. C. Leon Parker and Michael W. Slimak: "Waste treatment and disposal cost for the ready-mixed concrete industry". ACI Journal, july 1977, pp. 281-287.
13. Rudolf Riker: "Die Behandlung von Restbeton". Beton 7, 1978, pp. 235-240.
14. Werner Christensen: "Danske vandtypers indvirkning på beton". Ingeniøren nr. 4, 15. februar 1961, pp. 156-161.
15. "Machines voor hergebruik von betonspecie" Cement XXIX nr. 8, 1977, pp. 360-361.
16. "Hergebruik van cementslib als vulstof in beton" Cement XXIX, nr. 8, 1977, pp. 357-360.
17. Bill Blaha: "R/M washout system includes aggregate screening plant" Concrete Products nr. 12, december 1973.
18. British Standard Methods of test for: Water for making concrete (including notes on the suitability of the water) BS 3148:1980.
19. Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor: "Betonbogen", 2. udgave 1985, pp. 324-342.
20. Kleinmann: Spülwasser und Restbeton Schreiben der VBN-Vereniging von Betonmortelfabrikanten in Nederland, Kon. Julianaweg 122, Leidschendam. pp-1-18.
21. J. Theiner: "Ready Clär - ein neues System für Abwasserklärung und Schlammaufbereitung". Industri Anzeiger, Nr. 39, 1977, pp. 696-697.
22. "Stopping the darin on ready-mix costs". Contract Journal, April 15, 1976.
23. Herbert L. Harger: Ein System für 100%-ige Restbeton Aufbereitung: Vorrichtung, Verfahren und Auswirkungen auf die Produkt-Qualität. NRMCA-Publikation nr. 150 (NRMCA = National Ready Mixed Concrete Association) 1975.



24. Institut für Transportbeton:
"Untersuchung der Betriebsabwässer in Transportbeton-
werken". Ausarbeitung für den Bundesverband der
Deutschen Transportbetonindustrie e.V. 1975.
25. Shigemasa Hasaba, Mitsunovi Kawamura, Kazuyuki Torii
og Kunio Takemoto: The Reutilisation of the Cement
Slurry Discharged at Concrete Product Factories.
Transactions of the Japan concrete Institute, vol. 2
(1980) and vol. 6 (1984) (to artikler).
26. Recycling van Zand-Grind en Cementslurry - foredrag
holdt af P.M. Bax på "International Day" ved et møde
i Las Vegas.
27. Vejledning til Dansk Ingeniørforenings norm for be-
tonkonstruktioner, 2. udgave, 1973.
28. ACI-Standard 318-77 "Building code requirements for
reinforced concrete".
29. ACI-Standard 318-77, Comment on "Building code require-
ments for reinforced concrete".
30. DIN 1045 Deutsche Norm "Beton- und Stahlbetonbau".
31. DIN 4226 Deutsche Norm "Zuschlag für Beton".
32. Designation: C 33-86
Standard Specification for Concrete Aggregates
33. British Standard 882, 1983.
34. Götz Krahl: Abwasser im Transportbetonwerk. Das
Baugewerbe 16, 1974.