



**SINTEF Teknologi og samfunn**  
Betong

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: Richard Birkelands vei 3  
Telefon: 73 59 52 24  
Telefaks: 73 59 71 36

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Innvirkning av betong, vaskevann og –slam på miljøet ved deponi og muligheter for gjenbruk**

FORFATTER(E)

Harald Justnes

OPPDRAGSGIVER(E)

FABEKO, Norsk Fabrikkbetongforening

RAPPORTNR. STF50 F05205	GRADERING Fortrolig	OPPDRAGSGIVERS REF. Hallvard Magerøy	
GRADER. DENNE SIDE Fortrolig	ISBN	PROSJEKTNR. 502052.00	ANTALL SIDER OG BILAG 10
ELEKTRONISK ARKIVKODE I:/pro/502052/miljø rapport fornorsket.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Harald Justnes	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Per Arne Dahl
ARKIVKODE	DATO 2005-12-14	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Forskningssjef Einar Aasved Hansen	

## SAMMENDRAG

Rapporten er en vurdering av innvirkning av deponert betong på miljøet, spesielt ved deponering til sjø, enten som fersk masse eller som herdet masse for fylling. Dessuten er det vurdert utslipp og eventuelt gjenbruk av vaskevann og slam fra betongstasjoner.

Innhold av tungmetaller i betong, slam eller vaskevann ansees ikke som noe problem for deponi eller gjenbruk, da det meste er bundet i sementen selv eller dens hydratasjonsprodukter.

Betong, samt slam og vann fra vasking, er i varierende grad alkalisk. Sjøvann er også svakt alkalisk. Økt alkalinitet ved deponi ansees ikke som noe problem ettersom det vil fortynnes raskt pga strømminger og tidevann.

Det ansees ikke å være noe kjemisk i veien for å deponere fersk eller herdet betong på land eller til sjø, men det kan vel oppfattes som estetisk skjemmende hvis det ikke deponeres på et dertil egnet sted.

Filtrert eller sedimentert vaskevann er det enkleste å bruke om igjen i ny betong uten eller med et minimum av tekniske justeringer så lenge det oppfyller kravene i Norsk Standard NS-EN 1008 "Blandevann for betong". Eventuelle beskjedne tidligere størkning eller redusert flyt vil relativt enkelt kunne justeres med allerede brukte tilsetningsstoffer. Filtrert eller sedimentert vaskevann bør også kunne slippes ut da forhøyet pH raskt vil nøytraliseres/tynnes ut.

Det anbefales at slam avvannes, kompakteres og gis anledning til å herde før det eventuelt deponeres som for betong. Det er ingen kjemiske betenkeligheter med å deponere slam. Det er sannsynlig at slam kan gjenbrukes i ny betong i mindre mengder. Større mengder forventes å gi redusert støpelighet og tidligere størkning, men dette kan muligens motvirkes ved bruk av plastiserende tilsetningsstoffer.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Materialteknologi	Materials Technology
GRUPPE 2	Betong	Concrete
EGENVALGTE	Deponering	Depositing
	Miljø	Environment
	Gjenbruk	Recycling

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>BETONG</b> .....	<b>3</b>
	2.1 Alkalinitet.....	3
	2.2 Tungmetaller .....	4
	2.3 Tilsetningsstoffer.....	4
	2.4 Betong konklusjon.....	4
<b>3</b>	<b>VASKEVANN</b> .....	<b>5</b>
	3.1 Alkalinitet av vaskevann .....	5
	3.2 Tungmetaller i vaskevann .....	5
	3.3 Gjenbruk av vaskevann .....	5
	3.4 Vaskevann konklusjon .....	7
<b>4</b>	<b>SLAM</b> .....	<b>7</b>
	4.1 Alkalinitet i slam .....	7
	4.2 Slammets spesifikke overflate.....	7
	4.3 Tungmetaller i slam.....	7
	4.4 Gjenbruk av slam i betong .....	8
	4.5 Slam konklusjon.....	8
<b>5</b>	<b>KONSTRUKSJONSBETONG I MARINT MILJØ</b> .....	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>KONKLUSJON</b> .....	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>REFERANSER</b> .....	<b>10</b>

## 1 INNLEDNING

Rapporten er en vurdering av innvirkning av deponert betong på miljøet, spesielt ved deponering til sjø, enten som fersk masse eller som herdet masse for fylling. Dessuten er det vurdert utslipp og eventuelt gjenbruk av vaskevann og slam fra betongstasjoner. Det understrekes at vurderingen er gjort for betong basert på ren portlandsement (CEM I).

## 2 BETONG

Betong består av Portland sement, tilslag (pukk, grus, sand og filler), vann og tilsetningsstoffer. På grunn av sementen er betong sterkt alkalisk, og avhengig av råstoffene så kan den også inneholde mindre mengder av ulike tungmetaller. De vanligste tilsetningsstoffene er plastiserende stoffer, som er ulike vannløselige polymerer. Alkalinitet, tungmetaller og tilsetningsstoffer er vurdert hver for seg. Tilslaget er ikke vurdert med hensyn på helsefare, da dette er naturlig forekommende materiale.

### 2.1 Alkalinitet

Bindemiddelet i betong er mer eller mindre porøst (avhengig av resept) og inneholder for en velherdet betong ca 25 % kalsiumhydroksid,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Kalsiumhydroksid er bare delvis løselig i vann, men løseligheten øker med avtagende temperatur. Løseligheten ved 0, 10, 20 og 30°C er oppgitt til henholdsvis 1,89, 1,82, 1,73 og 1,60 g/liter.

Sement inneholder også rundt regnet 1 % alkalioksider ( $\text{Na}_2\text{O}$  og  $\text{K}_2\text{O}$ ), ofte som sulfater. Disse omdannes raskt til lettløselige hydroksider ( $\text{NaOH}$  og  $\text{KOH}$ ) når sementen blandes med vann.

Merk at alkalihydroksidene i porevannet vil påvirke løseligheten av kalsiumhydroksid siden kalsiumhydroksid er tungt løselig og de har felles anion. Dermed kan man si at i porevannet til en betong basert på en sement med mye alkalier vil det være mindre kalsiumhydroksid enn for en sement med mindre alkalier.

Løselighetsproduktet til kalsiumhydroksid ved 25°C er oppgitt til

$$[\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = 5.5 \cdot 10^{-6}$$

I rent vann er konsentrasjonen av kalsium halvparten av hydroksid;  $[\text{Ca}^{2+}] = \frac{1}{2} \cdot [\text{OH}^-]$  hvilket gir  $[\text{OH}^-]^3 = 11 \cdot 10^{-6}$  eller en konsentrasjon av hydroksid på 0,0222 mol/liter som tilsvarer  $\text{pH} = 12,35$  og en løselighet på 1,64 g kalsiumhydroksid/liter. På grunn av alkalihydroksidene har imidlertid ofte porevannet  $\text{pH} = 13,2$  tilsvarende hydroksylkonsentrasjon på 0,158 mol/liter.

Konsentrasjonen av kalsiumhydroksid blir da satt ned fra 0,011 til  $5.5 \cdot 10^{-6} / (0,158)^2 = 0,22 \cdot 10^{-3}$  mol/liter eller fra 820 til 16 mg/liter (en reduksjon på 98 %!). Reduserte løselighet av kalsiumhydroksid vil være helt til alkalihydroksidene eventuelt er vasket ut, men det vil være en gradvis økning avhengig av konsentrasjon.

Det viktigste med tanke på miljøet er imidlertid ikke kalsium versus natrium/kalium, men  $\text{pH}$  (dvs konsentrasjonen av hydroksylioner,  $\text{OH}^-$ ) i betongens porevann som vil synke gradvis fra 13,2 til 12,35.  $\text{pH}$  i det ytterste lag vil synke betraktelig i kontakt med karbondioksid fra luften (såkalt karbonatisering), men dette er ignorert her siden betongen er fersk eller ung.

Overflatevann og jordsmonn i Norge er ofte surt ( $\text{pH} \approx 5$ ) og vil raskt nøytralisere avrenning av basisk vann fra betong, mens sjøvann er naturlig basisk ( $\text{pH}$  8-9) siden det er mettet på kalsiumkarbonat. En volumenhet porevann med på  $\text{pH}$  13 må imidlertid tynnes 10 000 ganger

med sjøvann før pH blir 9 siden pH er en logaritmisk skala. Porevannet fra herdet betong må imidlertid diffundere ut av porene (en langsom prosess), så en slik uttynning i sjøvann er sannsynligvis ikke noe problem. Man kan anta at pH i vannet ikke vil være særlig høyere enn naturlig mer enn få meter rundt deponert betong.

## 2.2 Tungmetaller

Størstedelen av tungmetallene i betong er bundet i hydrasjonsproduktene og bare en liten andel er i vannfasen (se avsnitt 3.2 for vaskevann). Dermed blir utlekkingen kontrollert av desorpsjon og diffusjon for deponier av herdet betong.

Marion et al [1] undersøkte utvaskingen fra fortausbetong og fant at kun 1 % av den totale mengden tungmetaller i betongen ble vasket ut. De mente også at typiske verdier av tungmetaller i CEM I sementer (verdier i mg/kg = ppm) er for arsen (As) 7-11, kadmium (Cd) 0,5-1,5, krom (Cr) 74-121, kobber (Cu) 22-60, kvikksølv (Hg) 0,7-3,5, mangan (Mn) 234-465, nikkel (Ni) 56-84, bly (Pb) 12-145, antimon (Sb) 4,4-9,4, sink (Zn) 91-514, selen (Se) 4-10, sølv (Ag) 0,5-0,6 og barium (Ba) 205-577.

Bindingen av enkelte tungmetaller i bindemiddelet i betong er faktisk så sterk at Coleman et al [2] fant at man kunne bruke finstoffet fra nedknust betong til å binde kobber, sink og bly fra annen avrenning. Knust betong med partikkelstørrelse 1-2 mm fjernet effektivt tungmetallene fra løsninger med 35 000 ppm  $\text{Cu}^{2+}$ , 33 000 ppm  $\text{Zn}^{2+}$  og 37 000 ppm  $\text{Pb}^{2+}$ . Etterfølgende utlutning viste at henholdsvis bare 1,9, 0,9 og 0,2 % av de bundne metallene kobber, sink og bly lot seg løse ut igjen.

Hohberg et al [3] har utviklet en prosedyre for utvaskingstester fra herdet betong. Utviklingen av en korttids test var vanskelig, ettersom de også innså at selve utlekkingen fra betong er diffusjonskontrollert. Dvs at utlekkingen er relativt langsom og at den vil være langsommere jo lavere porøsiteten er. En betong med lavere v/c vil dermed ha lavere utvaskingshastighet enn en med høyere v/c.

## 2.3 Tilsetningsstoffer

Innvirkningen av de vannreducerende tilsetningsstoffene lignosulfonat (P-stoff), naftalensulfonat-formaldehyd kondensat (SP-stoff) og sulfonert melamin-formaldehyd kondensat (SP-stoff) på miljøet ble vurdert i en SINTEF rapport fra 1994 [4]. Det ble da blant annet konkludert med at de utgjør neglisjerbar fare for utvasking av stoffene selv, eller potensielle nebytningsstoffer som formaldehyd og ammoniakk, fra herdet betong til f eks drikkevann når man anvender dem under anbefalte maksimaldosering på 2,0 % av sementvekten.

Man kan allikevel tenke seg at noe kan vaskes ut fra fersk betong, men dette er stoffer av meget lav giftighet som omtalt i rapporten [4].

Den siste generasjon av super-plastiserende stoffer basert på polyakrylater med podete sidekjedder av polyeter er ikke omtalt i rapporten [4], men dette er ufarlige stoffer. En kontroll av databladene for slike produkter til et par av de største norske tilsetningsstoffleverandørene viste at denne typen stoffer ikke er ansett som helse-, brann- eller miljøfarlige i henhold til gjeldende regelverk.

## 2.4 Betong konklusjon

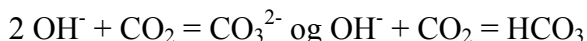
Det ansees ikke å være noe kjemisk i veien for å deponere fersk eller herdet betong på land eller til sjø, men det kan vel oppfattes som estetisk skjemmende hvis det ikke deponeres på et dertil egnet sted.

### 3 VASKEVANN

Vaskevann fra betongbiler og blandemaskiner vil inneholde partikler som kan sedimentere til slam og vil i seg selv være basisk og kunne inneholde tungmetaller (eventuelt bundet på svevepartikler).

#### 3.1 Alkalinitet av vaskevann

Man kan anta at vaskevann i utgangspunktet vil være mettet med kalsiumhydroksid (pH = 12,35), samt inneholde noe natrium og kaliumhydroksid, og at pH gradvis vil synke ettersom karbondioksid fra luften blandes inn og virker nøytraliserende;



Til sammenlikning vil 0,05 M NaOH ha pH 12,7, mens en karbonatisert løsning til 0,025 M  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 0,025 \text{ M NaHCO}_3$  vil ha senket pH til 10,0 ved 20°C.

Et vaskevann med pH f eks 12 må fortynnes 1 000 ganger før det når sjøvannets bakgrunnsnivå, mens karbonatisert vaskevann med pH 10 bare må fortynnes 10 ganger.

#### 3.2 Tungmetaller i vaskevann

I vaskevannet vil noe av tungmetallene være i vannfasen, men mesteparten forventes å være adsorbent til partikler som vil sedimentere som slam. I tabell 1 er det gjengitt typiske verdier i filtrert vaskevann. Analysene er utført av Norcem, mens uttakene ble gjort fra 15 betongstasjoner sommeren 1998 av Bjørn Vik, Fabeko. Disse verdiene er sammenliknet med naturlig innhold i sjøvann og det er også angitt nødvendig fortynningsgrad for å nå dette nivået.

Tabell1 Typisk innhold av tungmetall i vaskevann fra betongstasjoner sammenliknet med naturlig forekomst i sjøvann (ppb,  $10^{-9}$ )

Tungmetall	Typisk vaskevann	Naturlig sjøvann	Fortynning til naturlig nivå
Bly (Pb)	35-145	0,03	1 200-4 800
Kadmium (Cd)	<5-13	0,11	<45-120
Sink (Zn)	12-27	10	0-3
Nikkel (Ni)	24-95	5,4	5-20
Krom (Cr)	17-90	0,05	340-1 800
Kobber (Cu)	31-110	3	10-35
Kvikksølv (Hg)	<0,4	0,03	<10

#### 3.3 Gjenbruk av vaskevann

Det ansees ikke som noe problem å gjenbruke rent vaskevann (slam fjernet ved sedimentasjon eller filtrering). Tungmetallene er på et nivå som sannsynligvis ikke vil påvirke størkningen av sementen (større konsentrasjoner av sink, bly og kadmium kan forsinke avbinding og styrkeutvikling på betongen betydelig [5]).

Hvis størkningen påvirkes så er det mer trolig at avbindingen skjer tidligere. Justnes [6] har nylig vist for hydratasjon av alitt (hovedmineralet i sement) ved 5°C at hydratasjonen starter tidligere ved økende pH (alkali hydroksider), men også av små mengder kalsiumhydroksid. Eksempler på varmestrukskurver fra isoterm kalorimetri ved 5°C er gjengitt i Fig. 1.

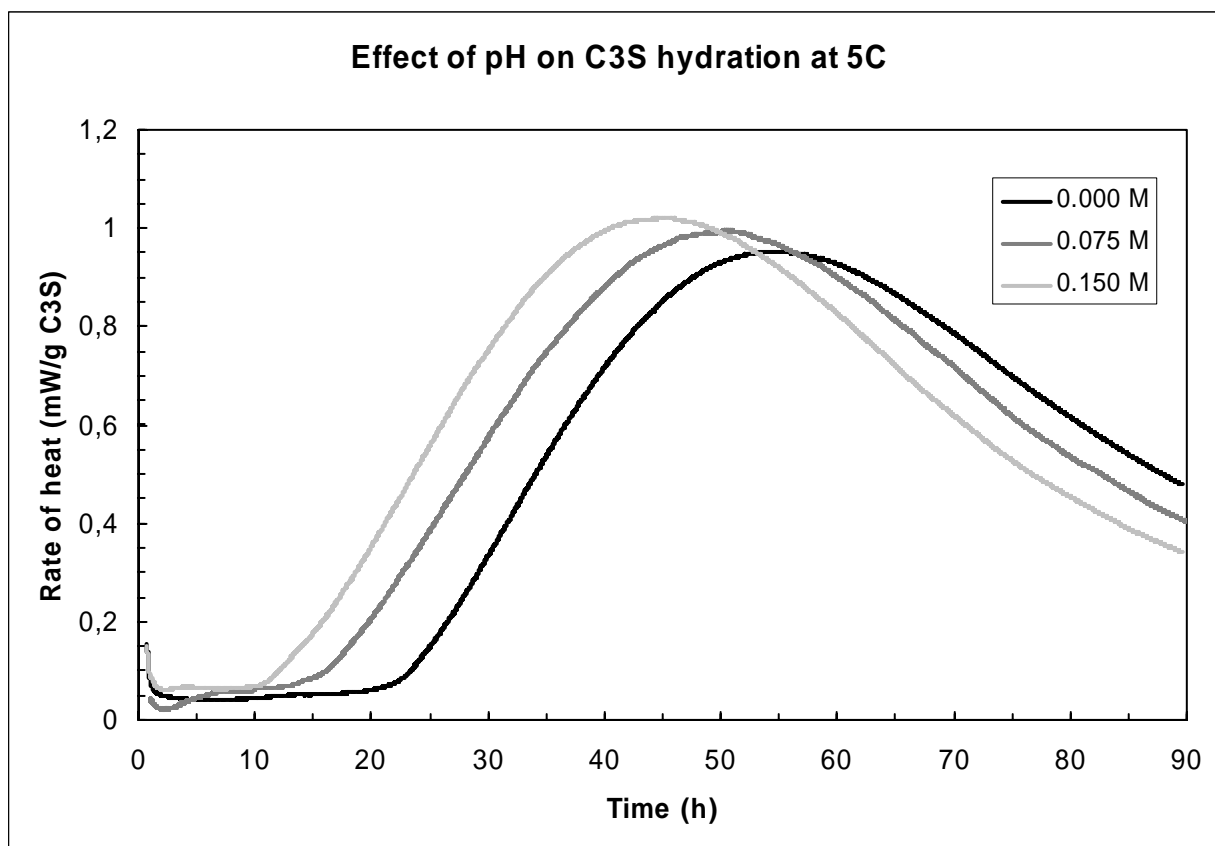


Fig. 1 Innflytelse av alkaliholdig vann (KOH/NaOH = 2/1) på hydrasjonsutviklingen av alitt pasta ved 5°C. Konsentrasjonene 0,00, 0,075 og 0,150 M tilsvarer henholdsvis pH 7,0, 12,9 og 13,2. En endring av vannets pH fra 7,0 til 13,2 endrer altså avbindingen av alitt ved 5°C fra 22 til 10 timer. De andre mineralene i sement vil imidlertid også påvirke størkningen, så det er uvisst hvilke følger det ville få for sement. NS-EN 1008 stiller bare krav til at  $\text{pH} \geq 4$  i blandevann til betong.

Norsk standard NS-EN 1008 "Blandevann for betong" omfatter også gjenvunnet vann fra betongproduksjonsanlegg og stiller blant annet følgende krav; 1) innholdet av bly (som  $\text{Pb}^{2+}$ ), sink (som  $\text{Zn}^{2+}$ ), fosfater (som  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) eller sukker skal ikke overskride 100 ppm, 2) nitrater (som  $\text{NO}_3^-$ ) skal ikke overstige 500 ppm, 3) innholdet av ekvivalente natriumoksid ( $\text{Na}_2\text{O}_e$ ) skal ikke overstige 1 500 ppm med mindre det er iverksatt tiltak for å forhindre alkali-silika reaksjoner (ASR), 4) sulfatinnholdet (som  $\text{SO}_4^{2-}$ ) skal ikke overstige 2 000 ppm og 5) faststoffinnholdet skal ikke utgjøre mer enn 1 % av tilslaget i betongen.

Innholdet av Pb og Zn i vaskevannet i tabell 1 er imidlertid ca 1 000 gangere lavere enn kravet i NS-EN 1008 (merk ppb i tabell versus ppm eller mg/l i krav). Det vites ikke om alkaliinnholdet kan være for høyt, men uansett er det vel ikke aktuelt å bruke 100 % gjenvunnet vaskevann i en betongblanding.

Et annet forhold som ikke er belyst i noe annet dokument, er innholdet av plastiserende stoffer i vaskevannet fra betong som er tilsatt slike stoffer. Disse stoffene adsorberes nemlig ikke 100 % på sementen. Hedda Vikan [7] har nylig vist at ca 20 % av tilsatt lignosulfonat eller naftalenbasert plastiserende stoff, og hele 80-90% av polyakrylat-baserte super-plastiserende stoffer, kan befinne seg i vannfasen til den ferske betongen. Dosert mengde er vanligvis under 1 % av sementvekt regnet som ren polymer. Denne konsentrasjonen vil selvfølgelig være ytterligere tynnet i

vaskevann. Dette ansees imidlertid ikke som noe problem, og om noe, ville det heller redusere mengden nytt tilsetningsstoff i betong laget med vaskevann.

### 3.4 Vaskevann konklusjon

Filtrert eller sedimentert vaskevann er det enkleste å bruke om igjen i ny betong uten eller med et minimum av tekniske justeringer så lenge det oppfyller kravene i Norsk Standard NS-EN 1008 "Blandevann for betong". Eventuelle beskjedne tidligere størkning eller redusert flyt vil relativt enkelt kunne justeres med allerede brukte tilsetningsstoffer.

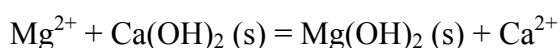
Filtrert eller sedimentert vaskevann bør også kunne slippes ut da forhøyet pH raskt vil nøytraliseres/tynnes ut.

## 4 SLAM

### 4.1 Alkalinitet i slam

Slammet antas å bestå av anrikt fast stoff oppfuktet med vaskevann. I tillegg til alkaliniteten i vaskevannet som diskutert under 3.1, så kan kanskje slammet inneholde noe kalsiumhydroksid krystaller. I utgangspunktet er det ikke mye siden det er fersk betong som er spylt vekk, men hvis slammet har ligget en stund ser en for seg at sementkornene kan ha hydratisert en del uten å utvikle noe særlig fasthet pga høy effektiv v/c. I en fullstendig hydratisert sementpasta utgjør kalsiumhydroksid kanskje så mye som 25 % av bindemidlet. Uansett så vil kalsiumhydroksid, som for betong diskutert i 2.1, gi en bufret pH på 12,5. Slammet vil vel være såpass "åpent" at kalsiumhydroksid ganske fort vil innstille seg i likevekt med omgivelsene.

Deponeres slammet i sjøvann, så vil kalsiumhydroksid ganske fort reagere med magnesium i sjøvannet (ionebytting) samtidig som pH senkes fra 12,5 til 10,0;



Naturlig innhold av magnesium og kalsium i sjøvann er henholdsvis 1 350 og 400 ppm.

Ved deponi av slam på grunn antas det at jordsmonn og regnvann er så surt at eventuell avrenning raskt vil nøytraliseres. Dessuten vil kontakt med luftens CO<sub>2</sub> også bidra til en rask nøytralisering.

### 4.2 Slammets spesifikke overflate

Det antas at slammet har en relativ høy spesifikk overflate og lett kan virvles opp ved deponi til sjø, og sågar renne av hvis det utsettes for regn i landdeponi. Hvis det virvles opp i sjø kan det muligens skape problemer ved avsetning på uønskede steder (tildekking av tare, gjeller på nærgående fisk etc.).

Det anbefales derfor at slam kompakteres/avvannes og gis anledning til å herde ved at sementen hydratiserer før det eventuelt deponeres som for herdet betong.

### 4.3 Tungmetaller i slam

Slam fra segregert vaskevann ble tatt ut fra 1) NOCO Betong A/S, 2) Kvinesdal Ferdigbetong A/S og 3) Randesund Betong A/S i perioden 13-14 juni 1996. Slammet ble tørket og oppluttet med salpetersyre før analyse av tungmetaller som beskrevet i Norcem rapport 9D4/R96051. Innholdet av tungmetaller i tørket slam er gjengitt i tabell 2.

Slammet ble også utsatt for en utvaskingstest hvor fuktig slam ble rørt ut i 10 ganger så mye vann og holdt under omrøring i 24 timer. Vannet ble så filtrert av og analysert for tungmetaller og gjengitt i tabell 3 som  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ( $\text{ppb} = 10^{-9}$ , eller en faktor på 1 000 i forhold til tabell 2).

Tabell 2 Tungmetall i tørket slam ( $\text{mg}/\text{kg} = \text{ppm}$ )

Prøve	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
1- fin	6	11	8	21	<0,5	7
1-grov	10	28	15	38	1,2	16
2	19	39	18	68	1,6	35
3	9	13	7	26	<0,5	8

Tabell 3 Tungmetall i filtrat fra slam i utlutningstest ( $\mu\text{g}/\text{kg} = \text{ppb}$ )

Prøve	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
1- fin	25	40	20	4	10	90
1-grov	15	30	12	4	6	30
2	15	70	38	6	7	60
3	30	30	14	4	9	30

Resultatene fra utlutningstesten viser at tungmetallene er sterkt bundet siden  $<1\%$  av tungmetallene er vannløselige. Tungmetallene i slammet ansees derfor ikke å være noe problem for omgivelsene ved eventuelt deponi.

#### 4.4 Gjenbruk av slam i betong

Slammets alkalinitet og potensielle innhold av kalsiumhydroksid kan føre til raskere avbinding av betong med tilsats av slam som diskutert for vaskevann i 3.3.

Hvis slammet har høy finhet så kan man se for seg at det kan redusere betongens støpelighet ved for store mengder. Grovere fraksjoner (separert ved rask sedimentering) kan muligens brukes uten større problem.

Tungmetallene i slammet ansees ikke som noe problem for eventuell gjenbruk i betong da disse i all hovedsak er bundet.

#### 4.5 Slam konklusjon

Det anbefales at slam avvannes, kompakteres og gis anledning til å herde før det eventuelt deponeres som for betong. Det er ingen kjemiske betenkeligheter med å deponere slam.

Det er sannsynlig at slam kan gjenbrukes i ny betong i mindre mengder. Større mengder forventes å gi redusert støpelighet og tidligere størkning, men dette kan muligens motvirkes ved bruk av egne plastiserende tilsetningsstoffer.



## **5 KONSTRUKSJONSBETONG I MARINT MILJØ**

Med tanke på eventuell deponi av nedknust betong til sjø, er det verdt å merke seg at mye betong allerede er i direkte kontakt med sjøvann i form av konstruksjoner (eksempelvis brupilarer, kaier, betongplattformer). Slik betong blir fort begrodd av alger, tang og skjell. Det sies også at fisken trives godt rundt betongskiftene til plattformene i Nordsjøen. Det bør også nevnes at man faktisk lager kunstige rev av betong, samt kunstige boliger for hummer. Det er derfor vanskelig å tenke seg at i alle fall herdet restbetong eller herdet vaskeslam skal ha betydning for marint miljø ved deponi til sjø.

## **6 KONKLUSJON**

Innvirkning av deponert betong på miljøet er vurdert, spesielt ved deponering til sjø, enten som fersk masse eller som herdet masse for fylling. Dessuten er det vurdert utslipp og eventuelt gjenbruk av vaskevann og slam fra betongstasjoner.

Innhold av tungmetaller i betong, slam eller vaskevann ansees ikke som noe problem for deponi eller gjenbruk, da det meste er bundet i sementen selv eller dens hydrasjonsprodukter.

Betong, samt slam og vann fra vasking, er i varierende grad alkalisk. Sjøvann er også svakt alkalisk. Økt alkalinitet ved deponi ansees ikke som noe problem ettersom det vil fortynnes raskt pga strømminger og tidevann.

Det anbefales at vaskevann filtreres eller sedimenteres før det brukes til ny betong eller eventuelt slippes ut, mens slammet avvannes, kompakteres og herdes før det eventuelt deponeres.

De eneste potensielle tekniske problem ved gjenbruk av vaskevann og – slam i ny betong er at støpeligheten kan reduseres og at størkningen kan inntreffe noe raskere. Dette bør imidlertid kunne motvirkes ved bruk av allerede benyttede tilsetningsstoffer.

## 7 REFERANSER

1. A.M. Marion, M. De Lanève and A. De Grauw: "Study of the Leaching of Paving Concretes: Quantification of Heavy Metal Content in Leachates Issued from Tank Test using Demineralized Water", *Cement and Concrete Research*, Vol. 35 (2005), pp. 951-957
2. N. J. Coleman, W. E. Lee and I.J. Slipper: "Interactions of Aqueous  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  and  $\text{Pb}^{2+}$  Ions with Crushed Concrete Fines", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. B121 (2005), pp. 203-213.
3. I. Hohberg, G.J. de Groot, A. M.H. van der Veen and W. Wassing: "Development of a Leaching Protocol for Concrete", *Waste Management*, Vol. 20 (2000) pp. 177-184.
4. H. Justnes: "En vurdering av helse- og miljøaspekt ved håndtering og bruk av plastiserende stoffer til betongformål", SINTEF Rapport STF70 A94005, 1993-12-08, 15 pp.
5. W. Nocún-Wczelik, J. Małolepszy: "Application of Calorimetry in Studies of the Immobilization of Heavy Metals in Cementitious Materials", *Thermochimica Acta* 260/270 (1995) pp. 613-619.
6. H. Justnes: "Reactivity of Alite and Belite at 5°C", Proceedings of 25<sup>th</sup> Cement and Concrete Science Conference, Institute of Materials, Minerals & Mining, Royal Holloway, University of London, 15-16<sup>th</sup> September, 2005, 1 pp.
7. H. Vikan: "Rheology and Reactivity of Cementitious Binders with Plasticizers", Doctoral Thesis 2005:189 at NTNU. To be defended 2005-10-24.