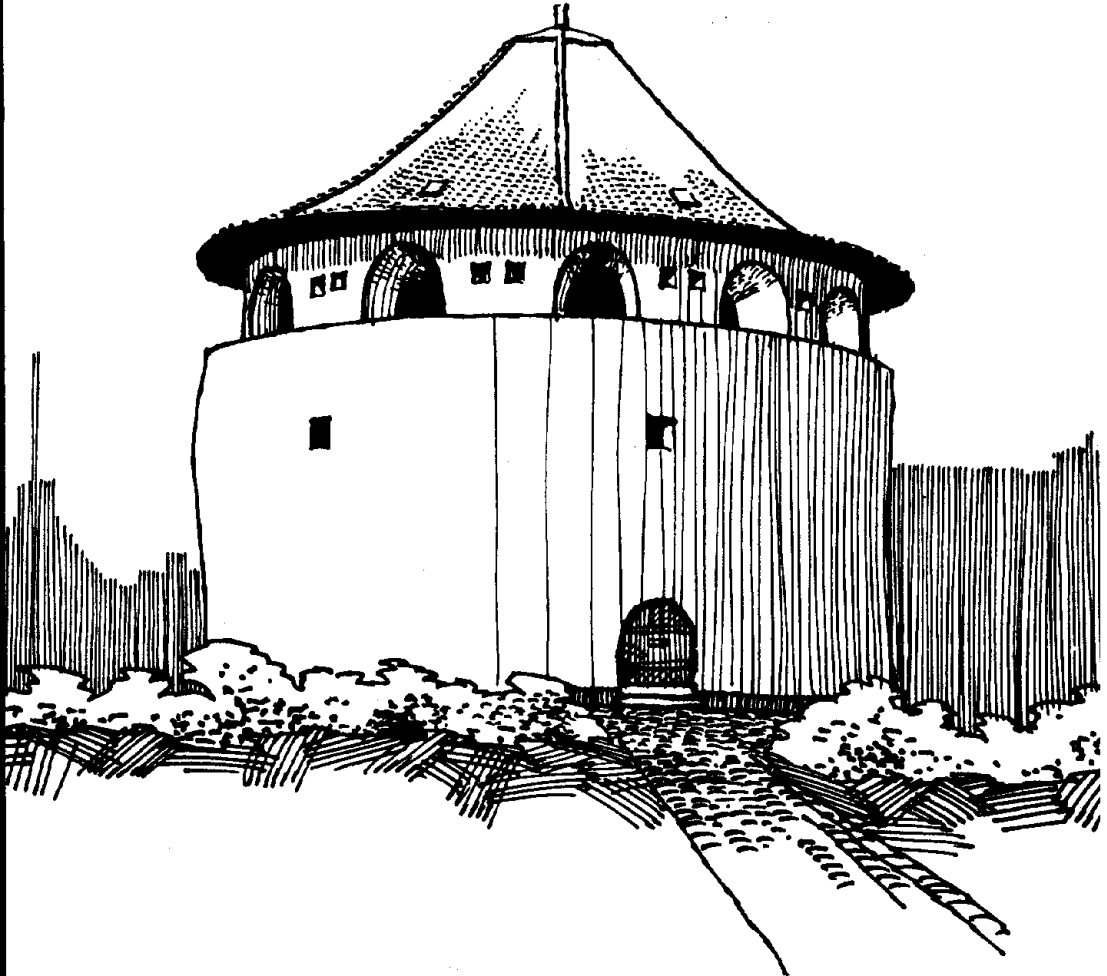
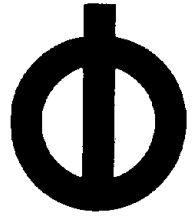
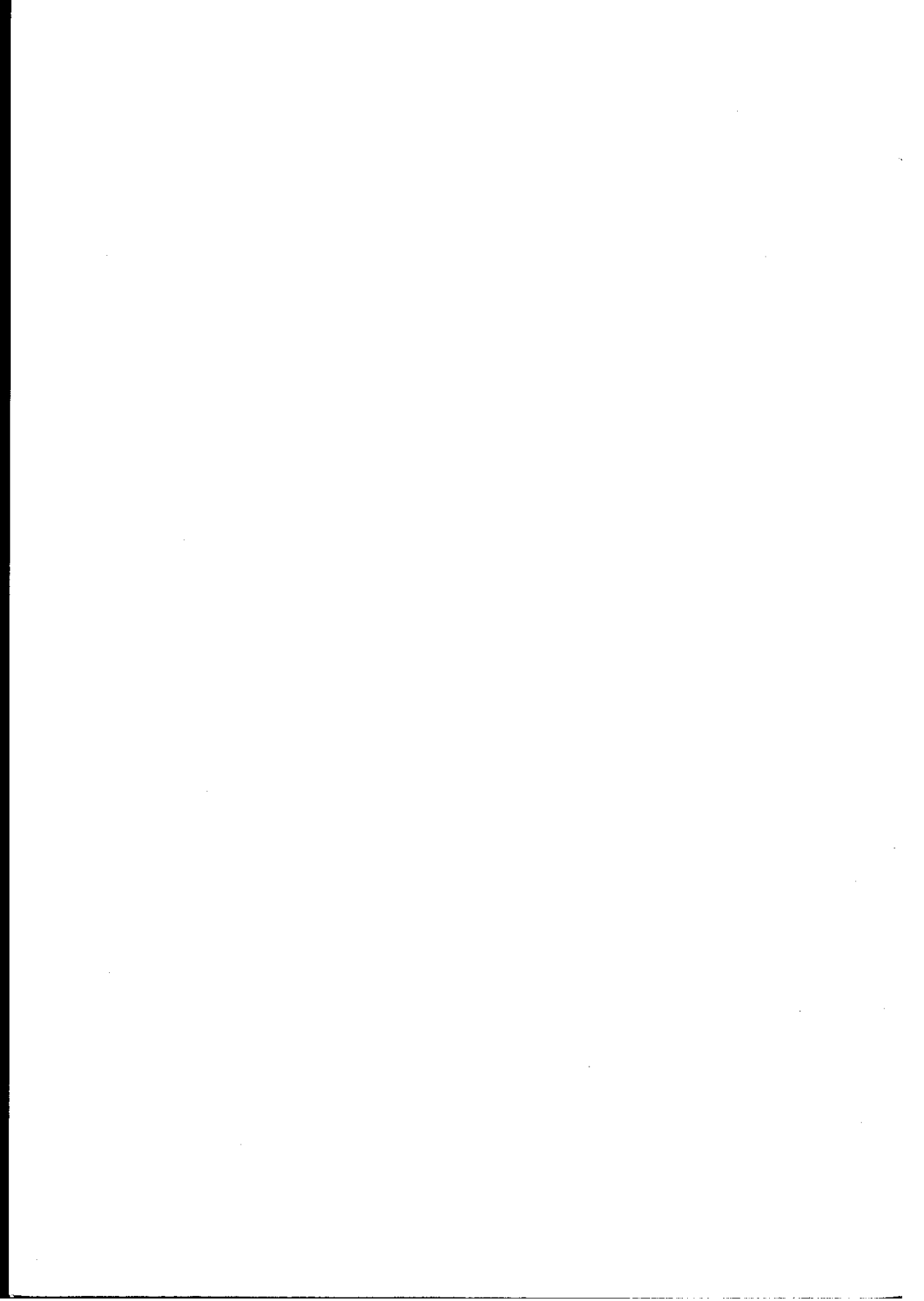


Dansk Betonforening

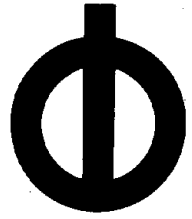


Dansk Betondag 1988

Publikation nr. **32**



Dansk Betonforening



Dansk Betondag 1988

Publikation nr. 32

Publikation nr. 32:88

Denne publikation indeholder
indelæggene fra

Dansk Betondag 1988

der blev afholdt
den 8. september 1988
på Hotel Frederikshavn

Billedtekst til forsiden

Krudttårnet i Frederikshavn

Publikationen er udgivet af:

Dansk Betonforening
c/o Dansk Ingeniørforening
Vester Farimagsgade 29
1606 København V
Tlf.: 01 15 65 65

<u>Indhold:</u>	<u>Side</u>
Christian Munch-Petersen BRUGER LANDBRUGET DEN RIGTIGE BETON	5
Bent Grell GENBRUG AF FRISK BETONSPILD	21
Jens Abildgaard GENBRUG AF FRISK BETON OG OPARBEJDNING HERAF	29
Bjarne Chr. Jensen BETON MED GENBRUGSMATERIALER	41
Kaare Ulbak SAMMENDRAG AF FOREDRAG OVER EMNET RADON I BOLIGEN	59
Henrik Harving INDEKLIMA OG ALLERGI	67
H.E. Borgholm NY CEMENTPRODUKTION	75
Søren Olesen FORSØGSEYGGERIET »LÆRKEBO« I SKEJBY	47



B. Højlund Rasmussen
Rådgivende Civilingeniører
Nørregade 7A
1165 København K

BRUGER LANDBRUGET DEN RIGTIGE BETON

af

Civilingeniør Christian Munch-Petersen

Juli 1988

<u>INDHOLD</u>	<u>Side</u>
Indledning	3
Hvad er den rigtige kvalitet	3
Hvem stiller krav til kvaliteten	3
Hvilke krav stilles der så	5
Betontæthed contra revnevidder	9
Betonens delmaterialer og sammensætning	11
Gødningsbeholderkontrollen, GBK	13
Hvorfor ikke BBB	14

Indledning

Da landbruget for et par år siden blev pålagt at begrænse forurening og gener fra husdyrgødning - blandt andet ved hjælp af gylletanke - skabte det glæde hos betonfolket.

Budskabet var, at kun med et stort betonforbrug enten som elementer eller in-situ beton kunne der bygges det fornødne antal tanke til den rigtige pris. Sandhedsværdien i dette budskab skal ikke diskuteres i dag på betonens festdag, men det skal derimod betonens kvalitet.

Hvad er den rigtige kvalitet

Kvalitet er noget meget subjektivt, især god kvalitet. Kvalitetssikringseksperterne definerer dog kvalitet som:

Kvalitet = opfyldelse af brugerens forventninger.

Det er derfor vigtigt at vurdere sagen fra landmandens synspunkt. Han/hun vil typisk være 30-35 år, dvs. med 30-40 år's aktiv tjeneste foran sig. I denne periode forventes det, at de anlæg, der er investeret i, ikke skal udskiftes. Dvs., at landmandens forventninger til kvaliteten vil være, at gylletanken skal have ca. 50 års levetid. Det er muligt, at visse nutidsværdifikserede økonomer vil kunne beregne, at 15-20 år er en mere optimal levetid, men det opfylder som beskrevet ikke landmandens forventninger.

Hvem stiller krav til kvaliteten

Nu kan man jo ikke forvente nogen som helst betonkyndighed hos den enkelte landmand. Dvs. at ansvaret for betonkvaliteten er hos leverandøren, producenten eller teknikeren, der fremstiller gylletanken.

For at få styr på dette og dermed en ensartethed i krav og udformning har man fra ministerier m.v. søgt at styre kravene til betonen.

Overordnet er det loven om miljøbeskyttelse, der giver miljøministeren bemyndigelse til at udsende bekendtgørelser (reelt tillæg til loven) og til disse er der igen udsendt cirkulærer (interne skrivelser fra staten til kommunerne m.v. Et cirkulære har ikke lovkraft).

Der foreligger p.t. i hvert fald følgende papirer med relevans for betonfolk:

- Bekendtgørelse nr. 15 af 24. januar 1986, UDGAET og erstattet af
- Bekendtgørelse nr. 668 af 14. oktober 1987.

Bekendtgørelse nr. 15 er medtaget fordi:

- Cirkulære nr. 136 om miljøregler for dyrhold og husdyrgødning af 29. juli 1986 er gældende stadigvæk selv om det henviser til nr. 15.

Et nyt cirkulære omfattende dele af bekendtgørelsen er dog under udsendelse, men det angives ikke at vedrøre betonen.

I tilknytning hertil har Statens Byggeforskningsinstitut udgivet landbrugets Byggeblade vedr.:

- Beholdere til gylle, alje, møddingsaft og ensilage-saft, SBI - landbrugsbyggeri 67.

I disse byggeblade giver SBI en tolkning og vurdering af de overordnede krav, således at projekterende hurtigt kan få overblik over projekteringsforudsætningerne.

Også andre har søgt at skabe overblik. Således har Miljøgruppen ved landbrugets Rådgivningscenter, Aarhus N udgivet en:

- Vejledning om husdyrgødning og ensilage m.v. Januar 1988, 2. udgave.

Heri er man gået et skridt videre end SBI-projekteringsvejledning, idet vejledningen indeholder tegninger og detaljer, der (næsten) kan tegnes direkte af i et konkret projekt.

Hvilke krav stilles der så

I det følgende omhandles udelukkende gylletanke.

I bekendtgørelse nr. 668 står der i § 2

----Flydende gødning omfatter alje, gylle og mødding-saft---

----Gylle er en blanding af faste ekskrementer og urin samt eventuel strøelse----"

I § 14 anføres:

"§ 14 Beholdere for flydende husdyrgødning, ensilage-saft og spildevand skal være udført af bestandige og for fugtighed vanskeligt gennemtrængelige materialer. Beholderne skal dimensioneres for lasten af indholdet, og der skal tages hensyn til eventuelle kræfter på beholdervæg og -bund, herunder fra anlæg for omrøring og mekanisk bearbejdning. Beholderne skal endvidere udformes således, at de kan modstå påvirkninger fra omrøring og tømning."

Betonmæssigt kræves det altså

- 1) At betonen skal være bestandig (lang holdbarhed)
- 2) At betonen skal være vanskeligt gennemtrængelig for fugtighed

I cirkulære nr. 136 er der anført en lang bemærkning til hvorledes bekendtgørelsens tekst skal forstås. Det skal her pointeres, at et cirkulære ikke har lovkraft, men er et papir som kommunalbestyrelser og amtsråd herunder Hovedstadsrådet har som hjælp til deres administration af loven. Cirkulæret skal derfor ikke nødvendigvis overholdes, men da gyllebeholderne

ofte skal godkendes af kommunerne, har cirkulæret alligevel trods alt betydning.

I cirkulæret står:

"Til § 14

Nye gyllebeholdere, aljebeholdere, møddingsaftbeholdere og ensilagebeholdere skal dimensioneres og udføres efter DS 409 og 410, Dansk Ingeniørforenings normer for sikkerhedsbestemmelser og for last på konstruktioner, samt efter de gældende materialenormer (vedrørende betonkonstruktioner, f.eks. DS 411). Der skal regnes med normal sikkerhedsklasse og aggressiv miljøklasse.-----

Til beholdere af beton skal der anvendes vandtæt beton i henhold til DS 411.

Sider og bund skal forsynes med armering til imødegåelse af revnedannelse.-----"

Som det ses udformes det ovenstående krav fra bekendtgørelsen om bestandighed til

Bestandighed

- a) DS 411 skal følges
- b) Miljøklasse A
- c) Vandtæt beton i.h.t. DS 411
- d) Der skal anvendes armering til imødegåelse af revnedannelse

Det er bl.a. disse krav som SBI 67 har udmøntet. Nu er vi helt ude af lovgivningsmæssige forviklinger, og SBI 67 er derfor udelukkende en projekteringsvejledning. Den anfører også, at DS 411 skal følges.

Med hensyn til cirkulærets valg af miljøklassen A anfører SBI ingen begrundelse.

Hvad angår vandtæthed henviser SBI til DS 411, der angives at anføre:

"Skal betonen være vandtæt, bør den mindst tilfreds-
stille kravene i tabel 3.1.3.2 (max. vand-cementfor-
hold $v/c = 0,50$ og min. karakteristisk trykstyrke
 $f_{ck} = 30\text{MN/m}^2$) til beton i aggressiv miljøklasse, og
indholdet af cement og filler (partikler med kornstør-
relse mindre end $0,25\text{ mm}$) bør tilsammen være mindst
 375 kg/m^3 beton".

Det er korrekt, at disse krav står i DS 411 dog således, at den første parentes er normtekst, mens resten er vejledningstekst. Normteksten, der er hentet fra tabel 3.1.3.2 (øverst p. 22: DS 411) er helt klart slet ikke møntet på forholdet vandtæthed. Tabellen står ulykkeligvis øverst på side 22, hvilket gør, at de fleste glemmer tabellens forudsætning. Den står nemlig nederst på side 21 og lyder:

"For armeret beton stilles - afhængigt af miljøklassen - de i tabel 3.1.3.2 anførte krav til v/c -forhold og foreskrevne karakteristisk trykstyrke f_{ck} for opnåelse af tilstrækkelig tæthed til at sikre mod armeringskorrosion."

Dvs., at v/c -forhold ≤ 0.50 , styrke $\geq 30\text{ MPa}$ er af hensyn til armeringen, ikke af hensyn til vandtætheden.

Men hvor stammer vejledningsteksten så fra? I Betonbogen 2. udgave står der i indholdsfortegnelsen 4 henvisninger til vandtæt beton, krav:

Side 664: Her anbefales lufttilsætning, dels fordi luftindblanding modvirker vandseparation i den friske beton dels på grund af luftboblernes kapillarbrydende virkning i den hærkede beton.

Side 670: Her anføres, at dersom betonen skal være vandtæt, må v/c-forholdet ikke overstige 0.50. Det pointeres desuden, at dette ikke er det eneste krav, der skal være opfyldt for at sikre vandtæthed, og der henvises til side 673.

Side 673: Her anføres, at i vandtæt beton skal cementindholdet være mindst 300 kg/m^3 . Samtidigt skal cement + filler udgøre mindst 375 kg/m^3 .

Side 675: Her anføres, at til vandtæt beton anbefales en sandprocent i området 40-45%.

Dvs., at i henhold til Betonbogen mangler SBI mindst følgende krav

- 1) Krav til luftindblanding
- 2) Krav til min. $300 \text{ kg cement pr. m}^3$
- 3) Krav til sandprocent i området 40-45%

I hvilket omfang (evt. slet ikke) mikrosilica eller flyveaske kan indregnes i de 300 kg/m^3 er ikke anført i betonbogen.

Konklusionen må derfor være, at SBI's krav om en styrke på 30 MPa og et v/c ≤ 0.50 næppe er tilstrækkeligt til i alle tilfælde at sikre vandtæthed.

Selve den anførte værdi for v/c-forholdet ≤ 0.50 har næppe nogen videnskabelig baggrund udover at være et bekvemt tal, der desuden er anført i DS 411's tabel for miljøklasse A af hensyn til armeringskorrosion. Når vand trykkes igennem et porøst materiale som beton, er der en modstand herimod, der kan udtrykkes ved permeabilitetskoefficienten (Kcp). Betonbogen angiver i figur 3.4-18 sammenhængen mellem Kcp og v/c. Figuren viser, at et v/c-forhold på 0.50 ikke er noget helligt tal, omend der er nogle undersøgelser, der kan tyde på, at omkring 0.50 drejer kurven mod vandret. Dette understøttes af andre tilsvarende kurver. Men som sagt er dette ikke et argument for at vælge

v/c = 0.50 frem for f.eks. 0.45 eller 0.55.

Det sidste punkt vedr. bestandighed er det mest alvorlige, nemlig revnevidder. SBI 67 angiver blot en gentagelse af vejledningsteksten til DS 411 desangående (p. 56):

"Der er ingen klar sammenhæng mellem revnevidder og faren for korrosion af armeringen, og almindeligvis er korrosionsfaren som følge af revnedannelse nok så meget afhængig af betonens tæthed som revnevidden. Når det drejer sig om konstruktioner, for hvilke revnevidden kan have betydning for holdbarheden, tilrådes det dog at verificere, at de beregnede maksimale revnevidder ikke overskrider 0,2-0,3 mm i aggressiv og 0,3-0,4 mm i moderat miljøklasse. Værdierne gælder for slapt armeret beton. For spændbeton bør de maksimale revnevidder være 0,1-0,2 mm mindre".

Dette handler kun om armeringskorrosion og ikke om tæthed. Vejledningen til DS 411 anfører desuden, at "Revneviddebestemmelse kan være nødvendig af æstetiske, psykologiske og funktionelle årsager".

En af disse funktionelle årsager kunne være vandtæthed. Dvs. hvilken revnevidde, der er tilladelig, er måske mere afhængig af tæthedskrav end af holdbarhedskrav til armeringen.

Den gamle vits om "betonen var tæt - mellem revnerne" skulle nødvendig gå i opfyldelse.

Betontæthed contra revnevidder

Det er derfor relevant at vurdere selve betonens tæthed i forhold til tætheden af en revne.

Betonbogen, 2. udgave har på side 188 i eks. 3.4-3 beregnet dette. Hvis dette eksempel omregnes til gylletanke fås:

Forudsætning

1 gylletank har en dybde på 3 meter og et indhold på 900 m³. Bundareal er 300 m²

Beton med v/c = 0.50, cementindhold 300 kg/m³

Situation 1

Bundpladen er tør på undersiden (urealistisk, men pessimistisk forudsætning).

Gennemstrømningen pr. m² bliver nu

$$q = 0.03 \text{ kg/m}^2 \times \text{døgn}$$

Eller for hele bunden

$$Q = 0.03 \times 300 = 9 \text{ kg/døgn}$$

=====

Situation 2

Bundpladen er våd på undersiden.

Gennemstrømningen pr. m² bliver da

$$q = 0.0001 \text{ kg/m}^2 \times \text{døgn}$$

Eller for hele bunden

$$Q = 0.0001 \times 300 = 0.03 \text{ kg/døgn}$$

=====

Svarende til et snapseglass pr. døgn.

Situation 3

Der dannes en revne i bundpladen. Revnevidde ifølge SBI 67 ~ 0.25 mm. Revnen er kun 1 meter lang, og der er kun 1 revne i hele bundpladen. Gennem denne revne vil der strømme

$$q = 25000 \text{ kg/døgn} = (17 \text{ liter/minut})$$

=====

Det betyder, at overfladen i gylletanken vil synke

$$H = \frac{25000 \times 10^{-3}}{300} = 0.08 \text{ meter/døgn}$$

Svarende til 8 centimeter i døgnnet.

Nu er sådanne beregninger usikre, men de viser med stor tydelighed, at det afgørende ikke er selve betonens tæthed (og dermed v/c-forholdet), men derimod antallet og størrelsen af eventuelle revner. Foruden egentlige revner vil utætte samlinger, støbeskel m.v. være kritiske.

Konklusionen er, at alle kræfter må sættes ind på at undgå revner af enhver slags i tankene. SBI's revneviddekrav er godt nok taget fra vejledningen til normen, men de er beregnet til vurdering af helt andre forhold end tæthed.

Betonens delmaterialer og sammensætning

Et andet kritisk forhold for tankene må forventes at være betonmaterialets holdbarhed i relation til betonedbrydning. Det drejer sig om hovedsagligt følgende forhold

- a) Frost
- b) Alkalikiselreaktioner
- c) Armeringskorrosion
- d) Kemiske angreb

Cirkulæret kræver beton i miljøklasse A i.h.t. DS 411. Det ulykkelige er imidlertid, at DS 411 ikke stiller krav med talangivelser, svarende til frost, alkalikiselreaktioner og kemiske angreb. Armeringskorrosion er derimod klaret igennem tabel 3.1.3.2 som ovenfor beskrevet. De øvrige punkter skal klares gennem krav til delmaterialer, betonens sammensætning og betonarbejdets udførelse. Normen er godt selv klar over, at den ikke stiller talmæssige krav til andet end sikkerhed mod brud (sikkerhed for betonstyrke og sikkerhed mod armeringskorrosion). Der står nemlig på side 10:

"1.1 Almene funktionskrav

Normens bestemmelser tilsigter primært, at betonkonstruktioner får fornøden sikkerhed mod brud i den forventede levetid.

En betonkonstruktion skal dog opfylde en del andre krav, for at den ved normal brug kan virke tilfredsstillende og have fornøden bestandighed."

Disse og en del andre krav er det op til brugeren af normen at definere. Det vil typisk sige, at den projekterende skal definere disse krav.

Da SBI 67 angiveligt henvender sig til disse projekterende, og de der bagefter skal kontrollere projekterne, er det ærgeligt, at SBI 67 ikke angiver detaljerede materialekrav.

Det betyder nemlig, at den projekterende selv skal opfinde disse detaljerede krav eller også holde sig til etablerede kravsystemer som f.eks. Basisbetonbeskrivelsen.

De krav den projekterende selv skal overveje er

ad a) Frost, herunder bl.a.

- krav til tæthed
- krav til luftporestruktur
- krav til puzzolanindhold

ad b) Alkalikiselreaktion, herunder bl.a.

- krav til tæthed
- krav til cementtype
- krav til alkaliindhold
- krav til puzzolanindhold
- krav til sand
- krav til sten

ad d) Kemiske angreb, herunder bl.a.

- krav til tæthed
- krav til cementens type
- krav til puzzolanindhold
- krav til sand
- krav til sten

Det må reelt betragtes som næsten umuligt at gøre korrekt i hver eneste lille gylletanksag.

Og kommunens tilsynspligt med ovenstående er vel også svær at håndhæve.

Gødningsbeholderkontrollen, GBK

Virkeligheden har jo desværre vist, at de første gylletanke bygget efter de nye regler ikke har de fornødne kvaliteter.

Derfor har branchen set sig nødsaget til at oprette:

- Frivillig kontrolordning for danske virksomheder, der opfører beholdere til husdyrgødning og ensilage-saft, 25. april 1988.

I denne er der en lang række fornuftige og alm. anerkendte regler for opbyggelse af kontrolordninger.

Hvad angår beton findes kravene til delmaterialer og sammensætning i punkt 3.3 og 3.6. Her anføres

- | | | |
|-------------------|--------|--|
| a) v/c | \leq | 0.50 |
| b) f_{ck} | \geq | 30 MPa |
| c) sand | | Klasse A i.h.t. BBB |
| d) sten | | Klasse M i.h.t. BBB
dog klasse A, hvis vægtykkelsen er mindre end 100 mm |
| e) luft | | Min. 15% i kitmasse |
| f) filler | | Min. 650 kg/m ³ mørtel (svarende til 375 kg/m ³ beton) |
| g) plastificering | | Skal benyttes |

h) kontrol

Beton fra Fabriksbetonkontrollen
Elementer fra Betonelementkon-
trollen

Herved er afhjulpet nogle af de værste mangler i de detaljerede krav, men resten er stadig overladt til den projekterende.

Vedr. selve kravenes indhold må det undre, at sten i klasse M tillades anvendt. Det er i klar uoverensstemmelse med cirkulæret. Dvs. formelt kan den tilsynsførende kommune afvise gyllebeholderne.

Kravet om en bedre kvalitet sten, hvis vægtykkelsen er mindre end 100 mm er en betonteknologisk nydannelse, som næppe har andet formål end at tvinge vægtykkelserne op over 100 mm. Formuleringen må anses for meget uheldig, specielt da de fleste tankes vægtykkelse netop ligger lige omkring de 100 mm.

Det skal iøvrigt påpeges, at for en tank med vægtykkelse over 100 mm tillades reelt klasse M materialer, da klasse M og A sand har samme krav.

Hvorfor ikke BBB

Det må anses for uforståeligt, at landbruget ikke har ønsket at gøre brug af den eksisterende betonteknologiske viden, som den er formuleret i BBB.

Nogle tror fejlagtigt, at BBB er en stramning af DS 411, men det er ikke korrekt. BBB er blot en udmøntning af de krav, som den projekterende selv skal opstille, når han bruger DS 411. Den projekterende skal bruge tabel 3.1.3.2, som det minimum han/hun ikke må gå under af hensyn til armeringen. Men de øvrige krav af hensyn til holdbarheden, jf. f.eks. DS 411, pkt. 1.1 med tilhørende vejledning, pkt. 3.1.2.2 med tilhørende vejledning, pkt. 3.1.3.2 med tilhørende vejledning, pkt. 8.1 og pkt. 8.2 begge med tilhørende vejledning, skal den projekterende selv definere.

Det forhold, at der ikke er sat tal på kravene medfører ikke, at der blot kan ses bort fra dem.

Nu er BBB som beskrevet en udmøntning af de sprogligt formulerede krav i DS 411. Der kan findes andre udmøntninger selvfølgelig. Og andre kan være relevante i det omfang, der er forskel på aggressivt miljø i husbygningskonstruktioner og i gylletanke.

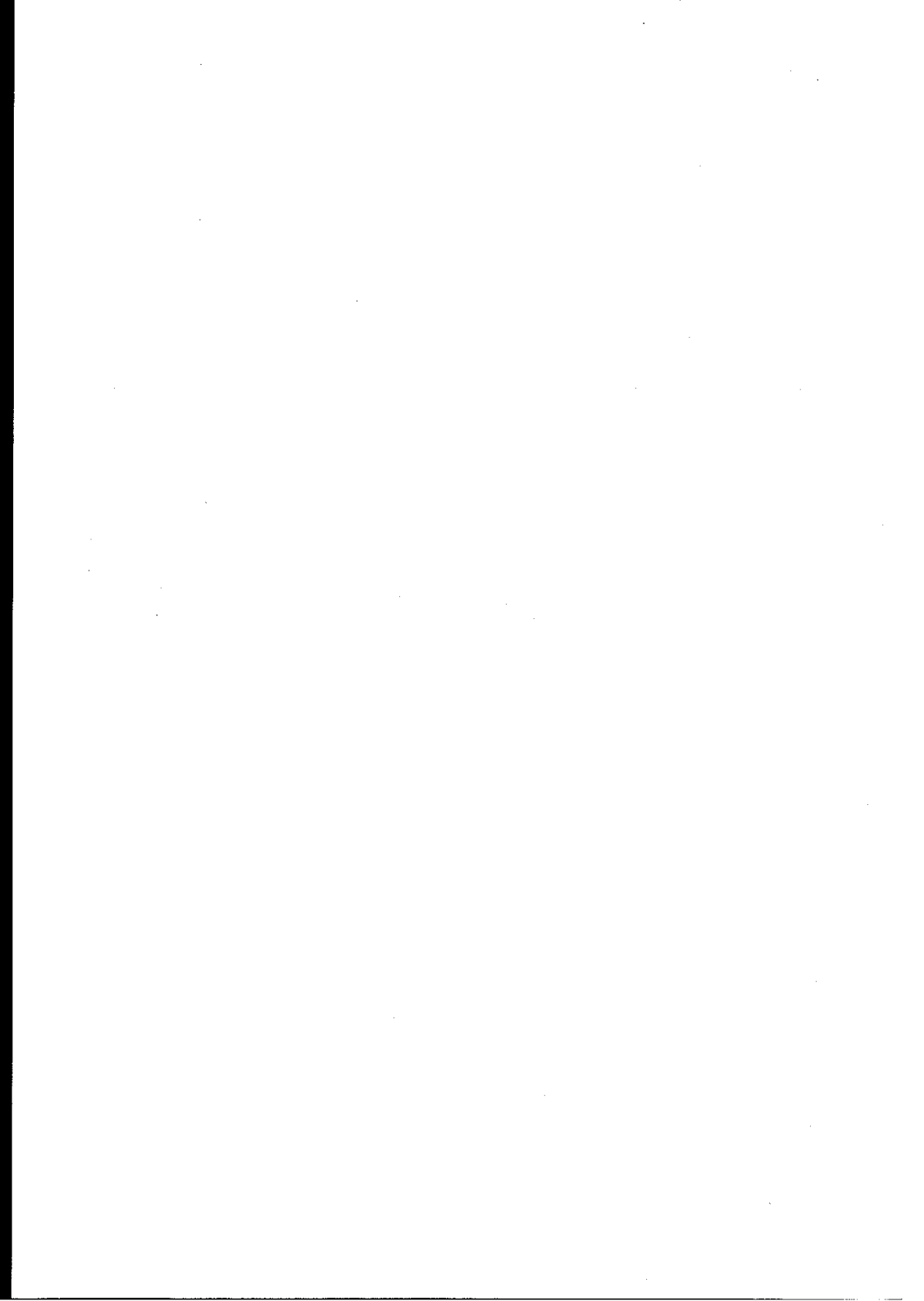
Men omvendt ville en anvendelse af BBB have givet landbruget en helt gratis dokumentation og kvalitetssikring af en lang række relevante betonkrav. Det drejer sig udover de omtalte delmaterialekrav og krav til betonens sammensætning f.eks. om krav til efterbehandling. Det er en aktivitet, der sikrer mod revner, der som eftervist er helt katastrofale for en tank.

Og det er bestemt min opfattelse, at BBB havde været gratis at bruge for landbruget. For alternativet er vel ikke, at SBI vil anbefale at den danske betonnorms bogstav ikke følges?

Hvis endelig der skal spares, havde det været relevant at overveje, om ikke en klasse M beton i.h.t. BBB, ($v/c \leq 0.55$) ville være tilstrækkelig set ud fra en holdbarhedsmæssig vurdering. Det tillader kontrolordningen jo allerede for (sand og) sten.

Og så kunne besparelsen passende have været brugt til det aller vigtigste for en gylletank nemlig at

UNDDA REVNER !



Teknologisk Institut
BYGGETEKNIK
Postboks 141 (Gregersensvej)
2630 Tåstrup

GENBRUG AF FRISK BETONSPILD

Bent Grell
Civilingeniør

JUNI 1988

INDHOLD	Side
Indledning	23
"Betonslammets" sammensætning	23
"Slamvandets" betydning for den friske betons egenskaber	24
"Slamvandets" betydning for den hærtnede betons egenskaber	24
Samlet vurdering	26
Danske og udenlandske normer og retningslinier	26

Indledning

Det anslås at ca 2-3% af betonproduktionen på danske færdigbetonfabrikker ender som rest- eller returbeton (spildbeton). Hovedparten af spildbetonen bliver i dag deponeret på kontrolerede lossepladser.

I Danmark blev der i 1986 produceret ca 2 mio. m³ færdigbeton. Det skønnes at ca 50.000 m³ af denne beton endte som spildbeton.

Oparbejdning og genbrug af spildbeton er noget relativt nyt i Danmark. I lande som USA, Vesttyskland, Japan og Holland har man dog næsten 15 års erfaring i genbrug af frisk betonspild. Princippet i at genbruge friske betonrester er at foretage en "rensning" af spildbetonen. Ved "rensningen" af betonen, der kan foretages i en avanceret vasketromle, udskilles tilslagsmaterialerne med kornstørrelse større end ca 0.2-0.3 mm. Vask vandet, der benyttes til udvaskningen, vil herefter indeholde mere eller mindre hydratiserede cementpartikler og filler med kornstørrelse mindre end ca 0.2-0.3 mm. Det herved fremkomne slamvand opsamles i et bassin, hvor det holdes i bevægelse, således at der ikke sker en bundfældning og hældning af slammet. De opslemmede materialer (cement, flyveaske, mikrosilica samt sandfiller) vil kunne genanvendes ved at blive pumpet op i betonblanderen og anvendt som støbevand til nye betonblandinger. Teknologisk Institut, Byggeteknik har i samarbejde med NF-Beton i Helsingør netop afsluttet et projekt finansieret af Miljøstyrelsen, Genanvendelseskontoret. Projektets formål var at undersøge den friske og den hærtnede betons egenskaber, når der blev anvendt blandevand med op til ca 15% opslemmet betonslam (beregnet som vægt-% af vand). NF-Beton, Helsingør stillede velvilligt sit genbrugsanlæg til rådighed for projektet.

Betonslammets sammensætning

Undersøgelse af betonslammet fra NF-Beton viser at dette består af ca 20-25 % sandfiller og 75-80 % mere eller mindre hydratiserede cementkorn og flyveaskepartikler.

Betonslammet der blev anvendt til hovedparten af laboratorie-

forsøgene på Teknologisk Institut, bestod af 100 % mere eller mindre hydratiserede cementpartikler. Betonslammet havde en alder på min. 7 dage og blev fremstillet af enten rapidcement eller standardcement med flyveaske.

Slamvandets betydning for den friske betons egenskaber.

Resultaterne fra både de praktiske forsøg på NF-Beton og fra laboratorieforsøgene viser at :

Den friske betons densitet og luftindhold ændres ikke nævneværdigt, selvom der tilsættes op til 15 vægt-% betonslam til blandevandet.

Der sker dog et mærkbart tab i sætmål ved slamtilsætning. Sætmålstabet er større jo større slamtilsætning. Tabet er mest markant ved betonblandinger, hvor der er anvendt sand (bakkesand) med et relativt højt fillerindhold. Ved betonblandinger, hvor der er brugt søsand, med et i forvejen lavt fillerindhold, er tabet i sætmål lavt eller ubetydeligt.

Desuden viser undersøgelserne at bleedingstendensen falder med stigende slamindhold i blandevandet.

Undersøgelse af afbindingstiden for betonblandinger med og uden slamtilsætning viser, at afbindingstiden falder med stigende slamindhold. Afbindingstiden bliver forkortet med mellem $\frac{1}{2}$ -1 time ved en slamtilsætning på mellem 5-15 vægt-% slam.

Årsagen til den kortere afbindingstid for beton med slam, skal antagelig ses i lyset af, at slammet indeholder Ca(OH)_2 -krystaller, som kan virke som kimdannere for hydratiseringen, således at afbindingen accelereres.

Slamvandets betydning for den hærtnede betons egenskaber.

Slamtilsætning på op til 15 vægt-% (af blandevandet) synes hverken at bidrage positivt eller negativt på betonernes trykstyrker eller styrkeudviklingen. Dette gælder både 1,7,14,28 og 90 døgn trykstyrker.

Eksempel:

Betonsammensætning:

Rapidcement	:	275	kg/m ³
Søsand 0-4 mm	:	875	- " -
Gravilit 8-16 mm	:	1000	- " -
Vandcementforhold	:	0.55	
Tilsætningsstoffer	:	ingen	
betonslam, type	:	rapidcement	

Blanding	Luft %	Sætmål mm	Densitet kg/m ³	28-døgns trykstyrke MN/m ²
0 - beton	1.8	120	2380	37.5
3.6% slambeton	2.2	100	2380	37.4
7.3% slambeton	2.2	80	2360	39.0
14.5% slambeton	2.4	40	2370	37.4

Styrkeudvikling - trykstyrke

Blanding	1 døgn	7 døgn	14 døgn	28 døgn	90 døgn
0 - beton	15.2	28.5	32.6	34.1	45.7
3.6% slambeton	15.8	29.6	31.7	36.9	49.5
7.3% slambeton	12.5	28.9	32.7	36.7	44.8
14.5% slambeton	15.6	30.4	32.4	36.6	44.3

Undersøgelse af bøjningstrækstyrken efter TI-B 27 (83) viser næsten ingen forskel mellem betoner med og uden slam.

Der er en svag tendens til, at en cementmørtelsvindmålt efter TI-B 26 (86) er stigende med stigende slamindhold.

Undersøgelser af E-modul, vedhæftning til underlag (TI-B 13 (86)), krakelering (TI-B 27 (83)), luftporeanalyse (TI-B 4) viser ingen nævneværdige forskelle mellem betoner/mørtler med eller uden slamtilsætning i blandevandet (op til 15 vægt-%).

Samlet vurdering

På to punkter synes slamtilsætning (op til 15 vægt-% af blandedevandet) at have mærkbar indflydelse på den friske betons egenskaber. Afbindingstiden bestemt efter DS 423.17 bliver afkortet med $\frac{1}{2}$ til 1 time, hvilket må antages skyldes $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -krystallernes kimdannende virkning på hydratiseringen.

Derudover ses et generelt sætmålstab for alle betontyperne. Sætmålstabet er dog relativt lavt for betoner med højt sætmål og/eller betoner med søsand (lavt fillerindhold).

Med hensyn til den hårdnede betons egenskaber synes der ikke være markant forskel på betoner med og uden slamtilsætning. Der synes derfor ikke være noget i vejen for at genanvende frisk betonspild til nye betonblandinger.

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 blandedevand 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 Beton-Bogen (2 udgave 1985, Ct0) 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).

I tabellen står der bl.a. ,at den vejledende øvre grænse for opslemmede bestanddele for armeret henholdsvis uarmeret beton er 2 g/l (= 2 0/00) respektiv 5g/l (= 5 0/00).

Som normen bliver fortolket i dag, så vil man ikke kunne acceptere et indhold af opslæmmede bestanddele i form af hydratiserede cementkorn, flyveaske, mikrosilica og sandfiller på op til fx 10 vægt-% (100 g/l) i støbevand, hvilket jo vil overskride de vejledende grænser med ca 20-50 gange ved henholdsvis uarmeret og armeret beton.

Hvis man betragter de opslæmmede bestanddele i støbevandet, som en del af tilslaget, istedet for som urenheder i vandet, vil man komme ud for nogle styringsmæssige og prøvningsmæssige problemer.

Man kan se på , hvordan lande som USA og Japan har klaret de normmæssige problemer m.h.t. støbevand, som indeholder "betonslæm". 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

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

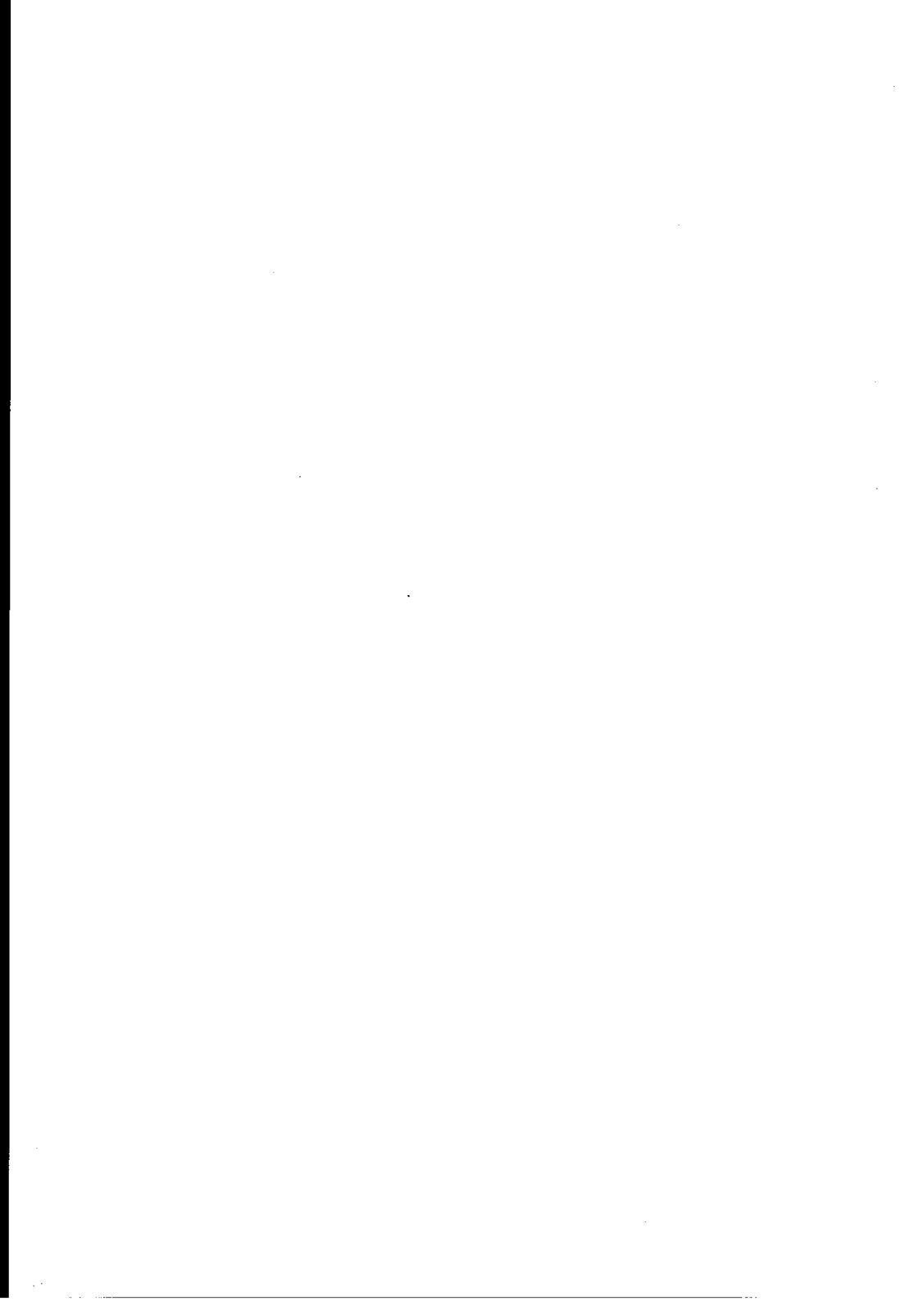
- b) Mørtel-terninger fremstillet med ikke drikbart vand skal have en 7- og 28 døgns styrke, som er den samme eller er mindst 90 % af styrken af tilsvarende terninger fremstillet med drikkevand.

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

I forbindelse med en stor japansk betonteknologisk undersøgelse i 1973 blev den japanske betonnorm på 7 punkter ændret, således at det blev muligt at genanvende frisk betonspild.

Det er derfor ønskeligt ,at de gældende danske normer og retningslinier vil blive "justeret" på en sådan måde, at det bliver almindeligt accepteret at bruge "genbrugsvand" som støbevand til nye betonblandinger. På den måde fremmer man genanvendelsen af frisk betonrester mv.

Brugen af "genbrugsvand" har ingen skadelig indflydelse på hverken betonens holdbarhed eller armeringens tilstand.



Rådgivende ingeniørfirma
Johs. Jørgensen A/S
Klostermosevej 115
3000 Helsingør

GENBRUG AF FRISK BETON OG OPARBEJDNING HERAF.

af
civilingeniør Jens Abildgaard.

JUNI 1988

INDHOLD	Side
Indledning	31
Miljømæssige, samfundsmæssige og lovmæssige aspekter	31
Ressourcemæssige aspekter	32
Økonomiske aspekter	33
Anlægstyper	34
Materialerortering	35
Slamvandslagring	37
Sammenfatning, konklusion	39

GENBRUG AF FRISK BETON OG OPARBEJDNING HERAF

Indledning.

Det har altid været forbundet med besvær - især om vinteren - og større eller mindre udgifter for producenter af betonvarer, betonelementer og færdigbeton at slippe af med frisk spildbeton og restbeton samt vaskevand fra rengøring af blandemaskiner, betonkærrer og betonkanoner.

Alligevel er der i dag kun en virksomhed i Danmark, der har investeret i et anlæg for 100% genanvendelse af vaskevand og spildbeton m.v. . Dette skyldes nok, at der hidtil har været rigeligt med billige deponeringsmuligheder.

Miljømæssige, samfundsmæssige og lovmæssige aspekter.

Med indførelse af en ny havmiljøplan, skrappe miljølovgivning og med færre kontrollerede lossepladser vil det fremover være forbundet med større besvær og omkostninger at slippe af med frisk spildbeton og betonslam.

Den nye miljølov stiller store krav til udledning af spildevand i vore vandløb, søer og have. Ligeledes stiller den store krav til vore lossepladser. Disse hensyn til miljøet samt omkostningerne hertil vil gøre det attraktivt at investere i en eller anden form for genbrug, hvor man genanvender vaskevand og frisk spildbeton.

Miljøstyrelsen finansierer i dag en forsøgsrække, der skal klarlægge, hvilken indflydelse slamvand fra et genvindingsanlæg har på såvel frisk som hærdet beton. Målet med denne forsøgsrække, der udføres af Teknologisk Institut, er at op-

stille et regelsæt for benyttelse af slamvandet som blandedevand ved betonfremstilling.

Såfremt det permanente normudvalg kan godkende dette regelsæt, og hermed benyttelsen af slamvand som blandedevand, er det ikke utænkeligt, at myndighederne ved miljøgokendelse af betonfremstillende virksomheder vil stille krav om genanvendelse af vaskevand og spildbeton.

Endvidere kan det gøres mere fordelagtigt at investere i genanvendelse gennem forhøjede deponeringsafgifter for genanvendelige materialer samt ved en differentieret vandafledningsafgift afhængig af spildevandets forureningsgrad.

Ressourcemæssige aspekter.

Man regner med, at alene fra færdigbetonfabrikker i Danmark ender 2 - 3% af produktionen som rest- eller returbeton på grund af fejlblandinger, returbeton fra byggepladser, overskydende beton fra laboratorieforsøg, betonrester i betonkanoner, betonpumper og blandeanlæg samt fra vask af disse.

Hovedparten af denne rest- og returbeton bliver i dag deponeret på losseplads ligesom en del af betonslammet. Den øvrige del af betonslammet/vaskevandet ender ofte i det offentlige kloaksystem med dertil hørende risiko for tilstopning af dette.

Alt dette betyder såvel et spild af naturlige råstoffer (sand, sten og vand) som en unødigt belastning af losse- og deponeringspladser.

For producenterne betyder dette udgifter til transport og deponering. Endvidere for manges vedkommende udgiftskrævende rensning og i nogle tilfælde udskiftning af tilslammede kloakker.

Allene i Danmark kunne der spares ca. 30.000m³ tilslagsmaterialer og ca. 250.000m³ vand om året hvis al rest- og returbeton samt vaskevand blev genanvendt.

Dette ville betyde en stor aflastning af naturen og miljøet.

Økonomiske aspekter

Ved vurdering af rentabiliteten for et genbrugsanlæg spiller følgende faktorer en rolle:

Besparelser:

- Genbrugt tilslagsmateriale.
- Mindre forbrug af vand.
- Deponeringsudgifter for beton.
- Deponeringsudgifter for slam.
- Mindre vandafledningsafgift.
- Evt. rensning/udskiftning af tilslammet kloak.
- Herudover vil der være en indtægt i forbindelse med modtagelse af returbeton fra f.eks. byggepladser.

Omkostninger:

- Merforbrug af tilsætningsstoffer.
- Pasning af anlæg.
- Laboratorieprøver.
- Reparation og service.
- El.
- Deponeringsudgifter for slam.
- Afskrivning.
- Renter

Ovennævnte besparelser og omkostninger kan variere meget fra virksomhed til virksomhed og efter geografisk placering. Grundlaget for en rentabilitetsberegning er derfor det nøjagtige kendskab til disse tal i den enkelte virksomhed.

I det følgende er vist en sådan beregning for en færdigbetonfabrik med en årlig produktion på 40.000m^3 beton. Beregningen er udført for et komplet anlæg til 100% genanvendelse af restbeton m.v.

Der er ved beregningen regnet med en total anlægssum incl. omkostninger på kr. 1,8 mill. excl. moms. Der er endvidere regnet med den for Helsingør kommune gældende deponeringsafgift på kr. 190,- excl. moms. pr. ton affald samt opkræv-

ning af betaling for modtagelse af returbeton.

Endvidere er benyttet de erfaringer man har erhvervet gennem ca. 1 års benyttelse af et anlæg som det omtalte.

Alle beløb i det følgende er excl. moms.

Besparelser:

Vand	kr. 12.600,-	
Tilslag	kr. 36.000,-	
Deponering af beton	kr. 373.000,-	
Deponering af slam	kr. 145.000,-	
Udskiftning af kloak	kr. 15.000,-	
Indtægter fra returbeton	<u>kr. 144.000,-</u>	
Besparelser ialt		kr. 725.600,-

Omkostninger:

Ekstra tilsætningsstoffer	kr. 20.000,-	
Pasning af anlæg	kr. 19.300,-	
Laboratorieprøver	kr. 19.300,-	
Reparation og service	kr. 20.000,-	
El	kr. 19.000,-	
Deponering af slam	kr. 26.000,-	
Afskrivning af bygning	kr. 25.000,-	
Afskrivning af maskiner	kr. 100.000,-	
Renteudgift (gennemsnit)	<u>kr. 99.000,-</u>	
Omkostninger ialt		<u>kr. 347.600,-</u>
Overskud		<u>kr. 378.000,-</u>

Overskudet svarer i dette eksempel til 21% af anskaffelsessummen. I dette tilfælde er der ud over de miljø-, samfunds- og ressourcemæssige hensyn også en økonomisk fordel ved investering i et genbrugsanlæg.

Anlægstyper.

Genbrug af rest- og returbeton samt vaskevand har været benyttet i de sidste 10-15 år i andre lande. Der er i dag principielt 3 hovedgrupper for oparbejdning af frisk beton

og vaskevand.

- I Klaringsbassin for rest- og returbeton med automatisk/maskinel tømning - evt. genanvendelse af vand ("klaringsvand").
- II Mekanisk system for grovstofudskillelse fra 0,5 til 32mm og klaringsbassin for fin-stoffer under 0,5mm. Genanvendelse af tilslag og eventuelt af klaringsvand. Finstof opsamles og tørres i bunker.
- III 100% genbrugsanlæg hvor alle stoffer (vand, tilslag og slam) udnyttes inden for samme virksomhed.

Her i landet er der ingen tradition for metode III. Derimod er der enkelte virksomheder som forsøger sig med noget der minder om metoderne I og II, det vil sige en form for genanvendelse af tilslag og brug af klaringsvand som vaskevand. Der er dog problemer forbundet hermed om vinteren, når der er længere perioder med frost.

De fleste benytter sig af slambassiner med bundfældning og forskellige former for efterklaringsbassiner inden klaringsvandet bortledes til den offentlige kloak, en grøft, et vandløb eller ligende. De bundfældede materialer bliver kørt på lossepladsen. Disse systemer fungerer udmærket, når det ikke er frostvejr.

I det følgende beskrives metode III, da et anlæg for oparbejdning af frisk beton kan opbygges så det fungerer på alle årstider og bygger på 100% genanvendelse.

Materialerortering

Det første trin i et genanvendelsesanlæg er en materialesortering, der har til formål at frasortere så meget tilslagsmateriale som muligt for at begrænse slammængden.

Niveauet for en adskillelse mellem finstoffer (cement- og fillerslam) og findele af sand skal lægges så fint som mu-

ligt, det vil sige helst i området 0,1 - 0,3mm. Tilslagsmaterialerne skal vaskes omhyggeligt, så andelen af aktive cementkorn er mindre end 1%, for at forhindre klumpdannelse.

Den tilbageværende bindeevne af den endnu aktive cement er størst i den grove del af finstofferne (0,3 - 1mm). Jo større overfladen er, som skal renses for cementlim, desto større er vaskeenergien (vandmængde x tid), som skal anvendes. Dette betyder, at der skal bruges en forholdsmæssig stor del vaskeenergi i fraktionen 0,3 - 1mm. Således kræves for normalbeton en væsentlig mindre udvaskeenergi end for en mørtel.

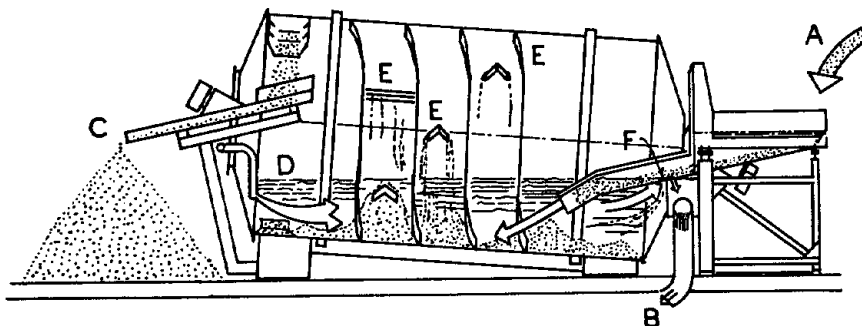


Fig. 1

A. Tilførsel af frisk beton 0-32mm. B. Overløb med slamvand 0-0,2mm. C. Sand og sten > 0,2-32mm. D. Spulevand. E. Spiraler og frembringere. F. Overløb.

I fig. 1 er vist princippet for en udvaske tromle, der opdeler vand fra vask af betonkononer samt returbeton, i slamvand med et faststofindhold med kornstørrelse fra 0-0,2mm og tilslagsmaterialer med kornstørrelse > 0,2mm.

Det genvundne tilslagsmateriale kan efter sigtning i fraktionerne 0,2-4mm, 4-16mm og > 16mm genbruges som tilslags-

materialer.

Endvidere genbruges slamvandet som blandevand ved betonfremstilling

Slamvandslagring.

Der er to opbevaringsmuligheder for slamvand, der er ideelle i forbindelse med genanvendelse. Disse er:

I Slamlagring med genanvendelse som koncentreret slam.

II Slamlagring med genanvendelse som suspension.

Koncentreret slammetoden bygger på at afsætte slammet i et så lille volumen som muligt, at anvende vandværksvand som blandevand og at dosere slamvand i koncentreret form som additiv for vandværksvandet.

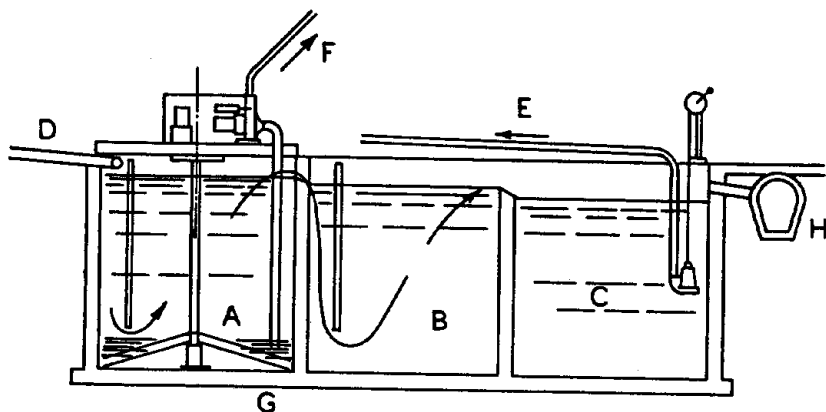


Fig. 2

- A. Afsætningsbassin for slam. B. Efterklaringsbassin.
C. Rentvandsbassin. D. Tilløb fra udvasketromle. E. Rentvand til udvasketromle. F. Slam til blandemaskine. G. Røreværk.
H. Overløb til offentlig kloak.

På fig. 2 er vist en bassinopbygning for koncentreret slammetoden. Anlægget er opdelt i tre bassiner et for afsætning af slam, et for efterklaring af overløbsvandet samt et for rent vand.

Vandkredsløbet er lukket, idet rentvandet benyttes til vask af bilernes tromler og til spulevand i udvasketromlen. Et nødoverløb er tilsluttet det offentlige kloaksystem. Afsætningsbassinet er forsynet med et langsomt kørende røreværk, der holder slammet pumpeklart.

Fordelen ved metoden er den lille "røreværksenergi" samt at man kan anvende meget slam ved få blandinger. Faststofkoncentrationen kan være op til 50%.

En ulempe ved metoden er at faststofkoncentrationen varierer i løbet af en dag - høj om morgenen og lavere senere på dagen. En anden ulempe er, at der ved store slamvandstilførsler fra udvasketromlen gennem afsætningsbassinet vil blive trukket finstof med over i efterklaringsbassinet og rentvandsbassinet.

Ved suspensionsmetoden lagres slamvandet i et større bassin således at en høj faststofkoncentration forhindres.

Slamvandet lagres i et bassin, som vist på fig. 3, forsynet med et røreværk, der ved omrøring holder det med cementlim og filler belastede vand i suspension. Slamvandet benyttes direkte som blandevand evt. tilsat 10 - 30% vandværksvand. Røreværksenergien er ca. 3 gange så stor som ved koncentreret slammetoden.

Fordelen ved suspensionsmetoden er, at faststofkoncentrationen i dagens løb er nogenlunde konstant, samt at der ingen vandrensning er.

I forbindelse med slamvandsbassinet opføres et rentvandsbassin, hvorfra spulevandet til udvasketromlen tages. Dette bassin benyttes endvidere i forbindelse med overfyldning af slamvandsbassinet i perioder, hvor der bruges mindre slam-

vand, end der tilføres.

Hertil benyttes en svømpumpe der overpumper overfladevand efter en stilstandsperiode for røreværket. Herved overpumpes kun en ringe mængde faststof.

Ved suspensionsmetoden er det muligt at opvarme slamvandet ved vinterdrift, så det kan benyttes ved fremstilling af varm beton.

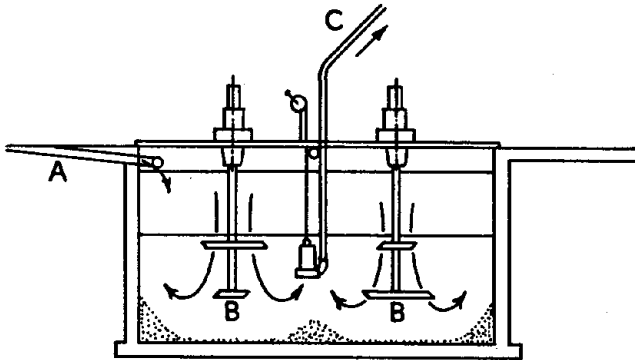


Fig 3

- A. Tilløb fra udvasketromle. B. Røreværk.
- C. Slamvand til blandemaskine.

Sammenfatning, konklusion.

Nødvendigheden af genvinding af frisk spildbeton og vaskevand, så de genvundne materialer kan benyttes påny, og så ingen skadelige stoffer ledes ud i de offentlige kloaker, er i dag åbenbar.

Teknikken hvormed dette kan gøres - udvaskning, transport, lagring m.v. - eksisterer idag og er gennemført utallige steder i udlandet. Mange af disse anlæg virker upåklageligt og har vist sig tilbagebetalt i løbet af 5 år.

Alt tyder på, at Teknologisk Instituts forsøgsrække medfører, at man i Danmark får lov til at benytte slamvand til fremstilling af beton i passiv og moderat miljøklasse.

Disse forhold samt de miljø-, samfunds- og ressourcemæssige fordele bør være medvirkende til at endnu flere end en enkelt betonfremstillende virksomhed, Nordsjællands Færdigbeton A/S i Helsingør, etablerer et genanvendelsesanlæg for frisk beton.

Axel Nielsen a/s
Rådgivende Ingeniører FRI
Langelinie 5
5230 Odense M

Beton med genbrugsmaterialer

af
akademiingeniør, lic.techn.
Bjarne Chr. Jensen

Juni 1988

INDHOLD

Baggrund	43
Arbejdsgruppe vedr. anvisning	44
Nuværende stade	44
Forventet afslutning	46

BAGGRUND

Det formodes at være en kendt sag, at vi i dagens Danmark har problemer med lossepladskapacitet. Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald er et hovedelement i nedbringelse af behovet for lossepladskapacitet. Samtidig repræsenterer genanvendelsen af denne affaldstype en ressource, der betyder, at der kan spares på vore primærråstoffer.

Hvor store mængder, det egentlig drejer sig om, står ikke helt klart. Der er udført nogle affaldskortlægninger, men de har vist sig for upræcise, til at der kan opstilles tilfredsstillende prognoser. Miljøministeriet har netop igangsat et større projekt om kortlægning og prognose for bygge- og anlægsaffald. Grove skøn siger dog 1-1.5 mio. t bygningsaffald, hvoraf ca. 100-150.000 t er beton.

Et meget væsentligt punkt i genanvendelsesarbejdet er naturligvis at få belyst mulighederne for genanvendelse af bygge- og anlægsaffald og helst også at få opstillet regler herfor. Selv om vi endnu ikke kender mængderne af beton- og teglafald, er det klart, at det udgør så stor en del af denne affaldsmængde, at det er særdeles interessant, om dette affald kan genanvendes.

Beton, hvori der genanvendes tegl og beton, kendes i dag. Herhjemme er det anvendt enkelte steder, ligesom det anvendes i f.eks. Holland og Japan. Anvendelsen har hidtil primært været til belægninger.

ARBEJDSGRUPPE VEDR. ANVISNING

Efter en opfordring fra det permanente normudvalg for betonkonstruktioner, PU5, nedsatte Dansk Betonforening i efteråret 1987 en arbejdsgruppe, der skulle udarbejde en anvisning for anvendelse af genbrugsmaterialer i beton i h.t. betonnormen, DS 411.

Når PU5 henvendte sig til Dansk Betonforening, skyldtes det bl.a., at PU5 var usikker på, om den eksisterende viden var tilstrækkelig til, at der kunne opstilles regler for beton med genbrugsmaterialer, anvendt som konstruktionsbeton. I den forbindelse kan jeg erindre om, at udførelse af forsøg eller andet egentligt udviklingsarbejde normalt ikke finder sted i udvalg under Dansk Ingeniørforenings Normorganisation.

Arbejdsgruppen fik følgende sammensætning:

Civilingeniør Erik Såbye-Hansen, 4K Beton A/S (formand)
Akademiingeniør Torsten Thorsen, B. Højlund Rasmussen/
DIA-B (sekretær)

Professor Torben C. Hansen, DTH
Akademiingeniør Attila Hegyközy, Sika-Beton A/S
Civilingeniør Anders Henrichsen, Dansk Beton Teknik A/S
Lic.techn. Bjarne Chr. Jensen, Axel Nielsen a/s
Fuldmægtig Lars Søborg, Miljøstyrelsen
Civilingeniør Niels Ørskov, RN Sten og Grus A/S

En arbejdsgruppe på 8 medlemmer er rigelig stor, men da vi med forskellige indfaldsvinkler supplerer hinanden godt, arbejder gruppen effektivt.

NUVÆRENDE STADE

Arbejdsgruppen arbejder i øjeblikket med en foreløbig indholdsfortegnelse, der ser således ud:

0. Forord
1. Indledning
 - .1 Gyldighedsområde
 - .2 Baggrund
 - .3 Begreber og definitioner

2. Genanvendte tilslagstyper
 - .1 Oprindelige materialer
 - .2 Produktion af genanvendelsesmaterialer
 - .3 Kvalitet af genanvendte materialer
 - .4 Deponering og håndtering af genanvendelsesmaterialer

3. Øvrige betonkomponenter
 - .1 Cementtyper
 - .2 Sand
 - .3 Vand
 - .4 Tilsætningsstoffer
 - .5 Opbevaring og håndtering af øvrige materialer

4. Beregning og konstruktionsregler

5. Proportionering af beton med genanvendelsesmaterialer
 - .1 Generelt
 - .2 Proportioneringsprocedure
 - .3 Proportioneringsbetingelser

6. Produktion af beton med genanvendelsesmaterialer
 - .1 Generelt
 - .2 Produktionsudstyr
 - .3 Afvejning og blanding af materialer
 - .4 Transport

7. Prøvningsmetoder

Indholdsfortegnelsen er foreløbig, og så snart vi begynder på konkrete formuleringer, vil der med meget stor sandsynlighed ske ændringer. Indholdsfortegnelsen giver dog et indtryk af det problemkompleks, vi arbejder med.

Om anvisningen i øvrigt kan siges, at den alene tager sigte på beton i passiv miljøklasse.

Som genanvendelsesmaterialer arbejdes med beton og tegl samt blandinger heraf. De deles i 2 klasser afhængigt af densitet.

Den ene klasse med densitet over 2000 kg/m³ og den anden med densitet over 1800 kg/m³. Derudover skal en række andre krav opfyldes, således at urenheder holdes under acceptable grænser.

Den væsentligste indsats med hensyn til forskning og udvikling af beton med genbrugsmaterialer har hidtil drejet sig om materialeteknologi samt nedbrydning, knusning og sortering. På disse områder baseres anvisningen på tilgængelig viden. Med hensyn til prøvningsmetoder ser vi i øjeblikket på, om vi er dækket ind. Bl.a. forventer vi at kunne bruge en metode til bestemmelse af genbrugsmaterialers absorption og gennemsnitstørhedsitet som Vejdirektoratet er ved at udvikle.

Med hensyn til beregninger er det sådan, at betonnormen, DS 411, baserer sig på en entydig sammenhæng mellem betonens trykstyrke og en lang række andre styrkeparametre. I hvilket omfang den samme sammenhæng kan anvendes for beton med genbrugsmaterialer vides ikke. Noget kunne tyde på, at sådanne betontyper har lavere elasticitetskoefficienter og lavere trækstyrker end traditionelle betontyper. Hvis det er tilfældet, kan det få indflydelse på beregnings- og konstruktionsregler. For at få et overblik over disse styrkedata har Miljøministeriet igangsat en mindre forsøgsserie med beton med genbrugsmaterialer. Forsøgsserien og bearbejdelse af data forløber i efteråret 1988.

FORVENTET AFSLUTNING

På grund af problemerne med manglende styrkedata forventes anvisningen først færdig omkring april 1989. Det giver samtidig mulighed for at vurdere og evt. at indarbejde de seneste nyheder inden for området, idet der er en stor kongres i november 1988 i Japan. Kongressen "Second International Rilem Symposium on Demolition and Reuse of Concrete and Masonry" arrangeres af RILEM, og mindst 3 af arbejdsgruppens medlemmer deltager. Vi tror, at den anvisning, vi får udarbejdet, bliver operationel. I hvert fald afhjælper den en stor mangel i hele vor affaldshåndtering, og den vil danne en udmærket basis for en senere indarbejdelse i vort betonnormkompleks.

Forfatterens
kontaktadresse:

Kollehus
Kollerødvej 5
3450 Allerød

Forsøgsbyggeriet "Lærkebo" i Skejby

af
rådgivende civilingeniør
Søren Olesen

Juli 1988

Indhold	Side
Formålet	3
Metoden	3
Organisation	5
Beplantning	7
Bygninger	8
Boligen	8
Inventar	9
Konstruktion	9
Overflader	10
Installationer	11

I denne fase gennemføres en analyse af de enkelte realistiske bygningsdeles tekniske, økonomiske og sundhedsmæssige egenskaber. Bygningsdelene opdeles efter SfB-systemet. Resultaterne samles i et "katalog" hvorfra de foreløbige bygningsdele udvælges.

2. fase forløber parallelt med udarbejdelsen af projektforslag og forprojekt.

I denne fase søges de valgte bygningsdele sammenbygget til en integreret bygning. Sideløbende hermed foretages justeringer af "katalogmaterialet".

Resultater af denne fase danner grundlag for udarbejdelse af hovedprojektet.

3. fase omhandler udbud og udførelsesperioden.

Under udførelsen gennemføres jævnlig kontrol af de foreskrevne materialer og udførelsesmetoder ved bl.a. udtagning af prøver m.v..

Denne kontrol skal især være koncentreret om forbindelsesmidler, belægninger, overfladebehandlinger o. lign.

4. fase består af en evaluering af forsøget ved undersøgelse af beboere og deres tidligere boliger før indflytning i Lærkebo og sammenlignende undersøgelser efter indflytning. Denne fase gennemføres af Lungeklinikken på Aarhus kommune hospital.

Organisation:

Bygherre: Boligselskabet Lejérbo, afd. 238, Århus
Arkitekt: Arkitektfirmaet Krohn & Hartvig Rasmus-
sen, v/arkitekt MAA John Ryde
Ingeniør og pro- Søren Olesen, rådgivende civil-
jektleder: ingeniører as
Hovedentreprenør: JME Byg A/S, Århus

Den forsøgsmæssige del af projektet er blevet økonomisk støttet af Byggeriets Udviklings Råd.

1. fase af projektet er blevet gennemført i samarbejde med en følgegruppe bestående af:

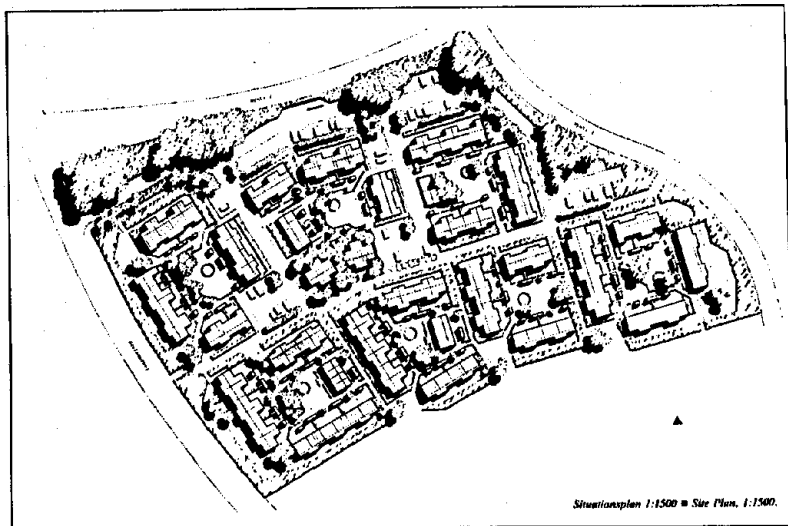
Akademiingeniør Peter A. Nielsen
Statens Byggeforskningsinstitut.

Ledende socialrådgiver Ruth Elbek
København Amts Sygehus Herlev

Cand. scient. Suzanne Gravesen
Allergologisk Laboratorium A/S

Læge Jens Korsgaard
Hygiejnisk Institut, Århus Universitet

Arkitekt John Høwisch
BPS-Centret



Bebyggelsen kom til at bestå af 111 boliger, der overvejende er i 1 1/2 etage, placeret i syv karrelignende boliggrupper. Tilsammen danner de bymæssig struktur, der indeholder gårdrum med opholds- og legeområder, vej- og stiforløb samt pladسدannelser. Bebyggelsesplanen adskiller sig ikke fra andre tidstypiske tæt/lave boligområder, men i bearbejdningen af udeområder er der dog væsentlige afvigelser. Man anvender i vid udstrækning hårdere terrænbelægning nær ved boligerne af hensyn til pollenallergikere.

Bebyggelsens syv boligtyper varierer fra et-rums ungdomsboliger til fem-rums familieboliger med hovedvægten lagt på tre- og fire-rums boliger. Boliger og fællesrum udgør tilsammen 9000 bruttoetagemeter, det samlede grundareal er 26.000 kvm.

stå helt dækket af forskellige klatrende vækster, Uden om de enkelte bebyggelsesenklaaver er niveauforskellen optaget i markante skråninger med klippet bøg. Inde i bebyggelsen er benyttet forskellige hvidblomsterende træer som tjørn i gårdene, fuglekirsebær ved fællesbygningen og hæk til markering af parkeringspladserne.

Bygninger:

Selve husene adskiller sig ikke væsentligt fra den gængse tæt/lave bygningstype, men der er dog gjort særlige foranstaltninger for om muligt at forhindre fugtdannelser i konstruktioner og på facader.

For det første er valgt er grundareal, der er højt beliggende og dermed enkelt at dræne. For det andet er husene udført med ventileret krybekælder. Dernæst er tagene udført med hældning og et stort udhæng for at sikre, at facaderne holdes tørre i regnvejr. Husene er i øvrigt orienteret således, at alle facader sikres udtørringsmuligheder fra solen.

I tilknytning til hovedstien og i centrum af bebyggelsen er fællesfaciliteterne placeret. Det er vigtigt at opfylde behovet for et fælles vaskeri, da man derved får koncentreret evt. fugt- og tekstilproblemer et sted og dermed har bedre kontrol med disses mulige gener.

Boligen:

I disponeringen af den enkelte bolig er der på forskellig måde taget hensyn til allergikere. For at undgå temperatursvingninger er der ikke udført store vinduepartier mod syd og vest, og soverum samt børneværelser er så vidt muligt undgået i nordlige facader, hvor der er forringede udtørringsmuligheder. På grund af risikoen for irriteranter fra madlavning er køkkenet placeret i selvstændige rum med

mulighed for aflukning fra den øvrige bolig. Af samme grund er der ikke indrettet spiseplads i køkken.

For at sikre, hvad man i allergisammenhæng kalder "rene rum", det vil sige rum, der indeholder så få irritanter som muligt, er alle soverum placeret på 1. sal og de er samtidig, for at forbedre indeklimaet, udformet som højtloftede rum.

Inventar:

Fast inventar og indvendige snedkerpartier er fremstillet uden anvendelse af spånplader eller lignende pladematerialer med varierende afgasning, og samtidig er der i udformningen taget hensyn til god rengøringsmulighed. Således er køkkenbordpladen udformet med hulkehl, og komfuret er et pladeelement nedsænket i bordpladen. Ovnene er indbygget. Garderobeskabe i soverum er enten ført til loft eller afsluttet skråt, så støvsamlinger på overside kan undgås. Som helhed er der i alle indvendige detaljløsninger taget hensyn til, at eventuelt skidt og støvsamlinger er gjort synlige og dermed sandsynligvis oftere vil blive fjernet.

Konstruktion:

Ydervæggene består af dels skalmurede, vandskurede, isolerede betonelementer, dels lette isolerede udfyldningselementer. Udfyldningselementer er beklædt med ru brædder på klink, indvendigt afsluttet med gipsplade. Vinduespartier er som forsøg udført i plastmateriale for at forhindre eventuelle gener fra råd- og svampebeskyttelse af trævinduer.

Etagedæk og tagkonstruktion er af Leca-plader med klimaskærm af bølgeeternitplader. Denne tunge tagkonstruktion er valgt med henblik på temperaturudjævning i varme sommerperioder. Indvendige vægge er dels gasbetonplader, dels gipsplader, og dels betonvægge som lejlighedsskel.

Overflader:

Overfladebehandlinger (maling/lak) indvendig har givet anledning til mange overvejelser. Der bør anvendes behandlinger, som har lang levetid (god slidstyrke), og som er nemme at holde rene. Hermed nedsættes vedligeholdelsesfrekvensen, så der ikke så ofte tilføres boligen nye, stærke afgassende materialer, Under og efter påføringen er det meget vigtigt, at der er varmt, tørt og god udluftning. Malingsleverandøren bør kontaktes for, om muligt at få en malingstype, der afgiver så få bestanddele som muligt, f.eks. en til to uger efter påføringen. Syrehærdende lakker må ikke anvendes. da de afgiver formaldehyd.

Malingstyper er som helhed et problemfyldt emne, dersom både arbejdsmiljø og beboerhensyn skal tilfredsstilles. Hvis man entydigt foretager en bedømmelse ud fra boligbrugers synsvinkel, er de sundhedsmæssige sider ved brug af vandbaserede plastmalinger ikke klarlagt i tilstrækkeligt omfang, og opløsningsmiddelholdige alkydmalinger er derfor prioriteret højere. En vandopløselig alkydmaling uden hjælpestoffer (med kort afgasningstid) vil formentlig kunne tilfredsstille kravene til både arbejds- og boligmiljø. Generelt bør der stilles følgende krav til malerverker til indvendigt brug:

- kort afgasningstid
- ingen konserveringsmidler (f.eks. formalin)
- ingen emulgatorer
- ingen filmdannere
- ingen andre mulige irriteranter.

Det bør i øvrigt tilstræbes, at så mange bygningskomponenter som overhovedet gørligt leveres færdigbehandlede og 100% afgassede. Hvad angår klæbemidler (spartel- og fugemasse) bør det aftales med leverandøren, at disse leveres uden konserveringsmidler, hvilket dog forudsætter, at de anvendes umiddelbart efter afleveringen. Da vægoverfladerne udgør en meget stor del af et rums samlede overfladeareal, er det vigtigt, at vægbeklædninger ikke afgiver skadelige stoffer. Det er ligeledes vigtigt, at beklædningen er nem at rengøre og ikke samler støv.

I Lærkebo er væggene spartlede og strøget med silikatmalning. Gulve er bølgeparket, som det dog har været nødvendigt at give en afsluttende behandling af isocyanatlak. Dørkarme og -indfatninger samt fodpaneler er bejdsede på vandbasis og derefter strøget med klar, vandbaseret lak. Gulv- og vægfliser i baderum giver via deres fuger grobund for skimmelsvampe. Derfor er gulvet udført som terrazzogulv med hulkehl støbt på stedet.

Vægge er glasfiberbeklædte med udfyldt struktur. Der er lagt stor vægt på, at så mange bygningskomponenter som overhovedet muligt, er færdigbehandlede og færdigafgassede fra fabrik/værksted. Det gælder blandt andet indvendige trapper, fast inventar overalt, døre m.v.

Installationer:

På trods af snævre økonomiske rammer er der også på installationsområdet foretaget arbejder for at sikre det bedst mulige indeklima for allergikere, det vil sige tørt og rengøringsvenligt med et passende stort luftskifte.

Hver bolig er udstyret med et ventilationsanlæg, der har til formål at holde boligerne tørre og koncentrationen af eventuelle gasser nede. I alle opholdsrum indblæses en luftmængde, der svarer til en gang luftskifte pr. time. Udsugning sker gennem de våde rum. Ventilationsenheden, der er placeret under trappen, er forsynet med varmeegevinding. Det er udstyret med pollenfilter og 1 kW el-varmeffekte. Indblæsningen sker gennem drejelige kugledyser, hvorved indblæsningsretningen kan varieres og opblanding af indblæsningsluften sikres.



Statens Institut for Strålehygiejne,
Frederikssundsvej 378
2700 Brønshøj

RADON I BOLIGEN

af
Kaare Ulbak

JULI 1988

INDHOLD

	<u>Side</u>
Måling i danske boliger	61
Strålingsdoser	63
Litteratur	65

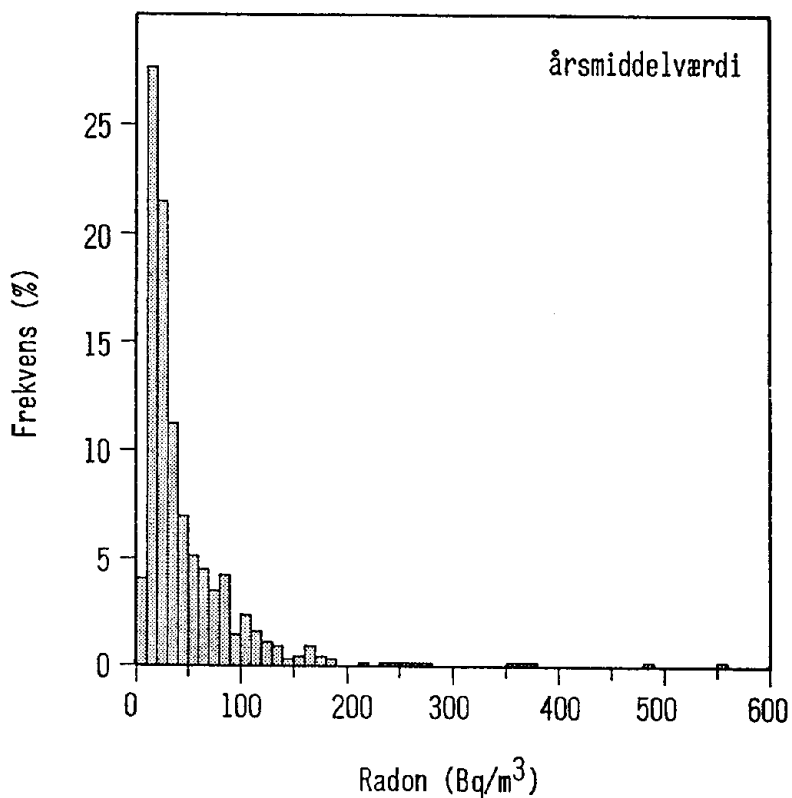
RADON I BOLIGEN

Måling i danske boliger

Radon er en radioaktiv luftart, som dannes naturligt i jorden og i byggematerialerne. Radon kan trænge ud af byggematerialerne eller gennem revner og sprækker ind i boligen, hvor den blandes med indendørsluften. Indholdet af radon i luften angives i enheden Bq/m^3 (becquerel pr. kubikmeter). Denne enhed er et mål for antallet af radioaktive henfald i en kubikmeter luft pr. sekund. Hvis indholdet af radon i luften f.eks. er 10 Bq/m^3 , betyder dette, at der i en kubikmeter luft i hvert sekund henfalder 10 radon-atomer.

Statens Institut for Strålehygiejne og Forskningscenter Risø gennemførte i fællesskab i 1985/86 målinger af årsmiddelværdien af radonkoncentrationen i 500 repræsentativt udvalgte danske boliger. Resultaterne er vist i den følgende figur.

I de fleste boliger er radonkoncentrationen mellem 10 og 50 Bq/m^3 , men en del boliger har dog en højere radonkoncentration. Den gennemsnitlige radonkoncentration er ca. 50 Bq/m^3 .



Målingerne har desuden vist:

- at radonkoncentrationen i en bolig i gennemsnit er dobbelt så stor om vinteren som om sommeren. Dette skyldes bl.a., at der luftes mere ud om sommeren end om vinteren.

- at radonkoncentrationen i enfamiliehuse (parcelhuse og lign.) i gennemsnit er ca. 70 Bq/m³. Dette er 3-4 gange højere end det gennemsnitlige radonindhold på ca. 20 Bq/m³ i etageejendomme. Dette skyldes, at det meste radon i enfamiliehuse kommer fra jordlagene under husene.
- at radonkoncentrationen i gennemsnit er ca. dobbelt så stor i enfamiliehuse opført på moræneler som i enfamiliehuse opført på andre jordbundstyper.
- at radonkoncentrationen i enfamiliehuse uden kældere i gennemsnit er lidt større end i enfamiliehuse med kældere. Dette skyldes, at radon i flere tilfælde lettere trænger ind i huse uden kældere end i huse med kældere.
- at der ikke er forskelle mellem de undersøgte boliger med hensyn til byggeår, byggematerialer, vinduestyper, ventilationsforhold, efterisolering eller udluftningsvaner. Der er således ikke fundet væsentligt højere radonkoncentrationer i enfamiliehuse opført efter 1973 eller i huse, hvori der er udført efterisolering.

Strålingsdoser

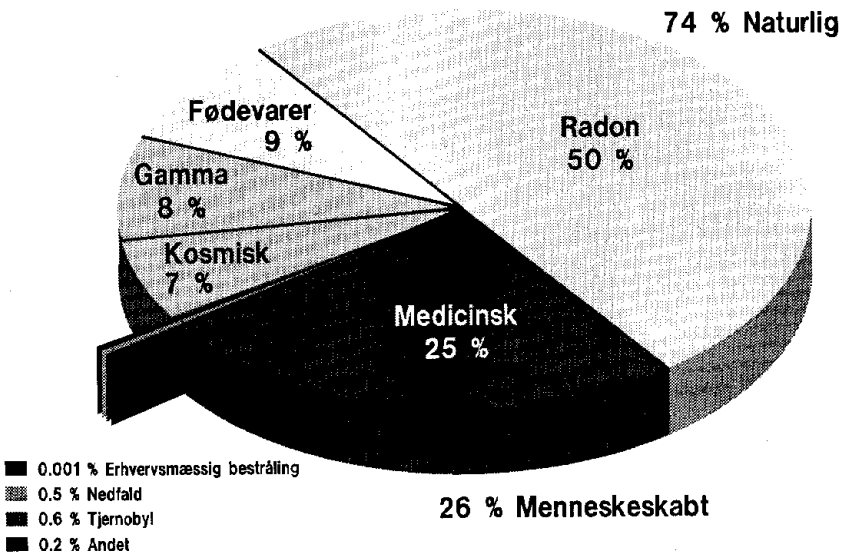
Ved indånding af luft med radon og dennes radioaktive henfaldsprodukter (radondøtre) udsættes lungerne for korttrækkende alfastråling. Et mål for denne strålingspåvirkning er den beregnede strålingsdosis, der angives i enheden mSv (millisievert).

Undersøgelsen har vist, at vi fra indånding af radon i luften i gennemsnit modtager en strålingsdosis på ca. 2

mSv/år. Heraf skyldes ca. 80% indånding af radon i hjemmet.

Den følgende figur viser, hvorledes de forskellige strålingskilder bidrog til den samlede gennemsnitlige strålingsdosis en dansker modtog i 1986. I alt modtog vi i gennemsnit ca. 4 mSv i 1986, heraf tegnede radon sig for ca. 50%, mens gammastrålingen (incl. kosmisk stråling) tegnede sig for ca. 15%. Desuden bidrog bestråling fra naturlige radioaktive stoffer i kroppen, der indtages med fødevarerne, med ca. 9%. De resterende ca. 26% skyldtes menneskeskabte strålingskilder med det altovervejende bidrag fra medicinsk brug af røntgenstråling og radioaktive stoffer på sygehuse og lignende.

Bestråling af den danske befolkning i 1986



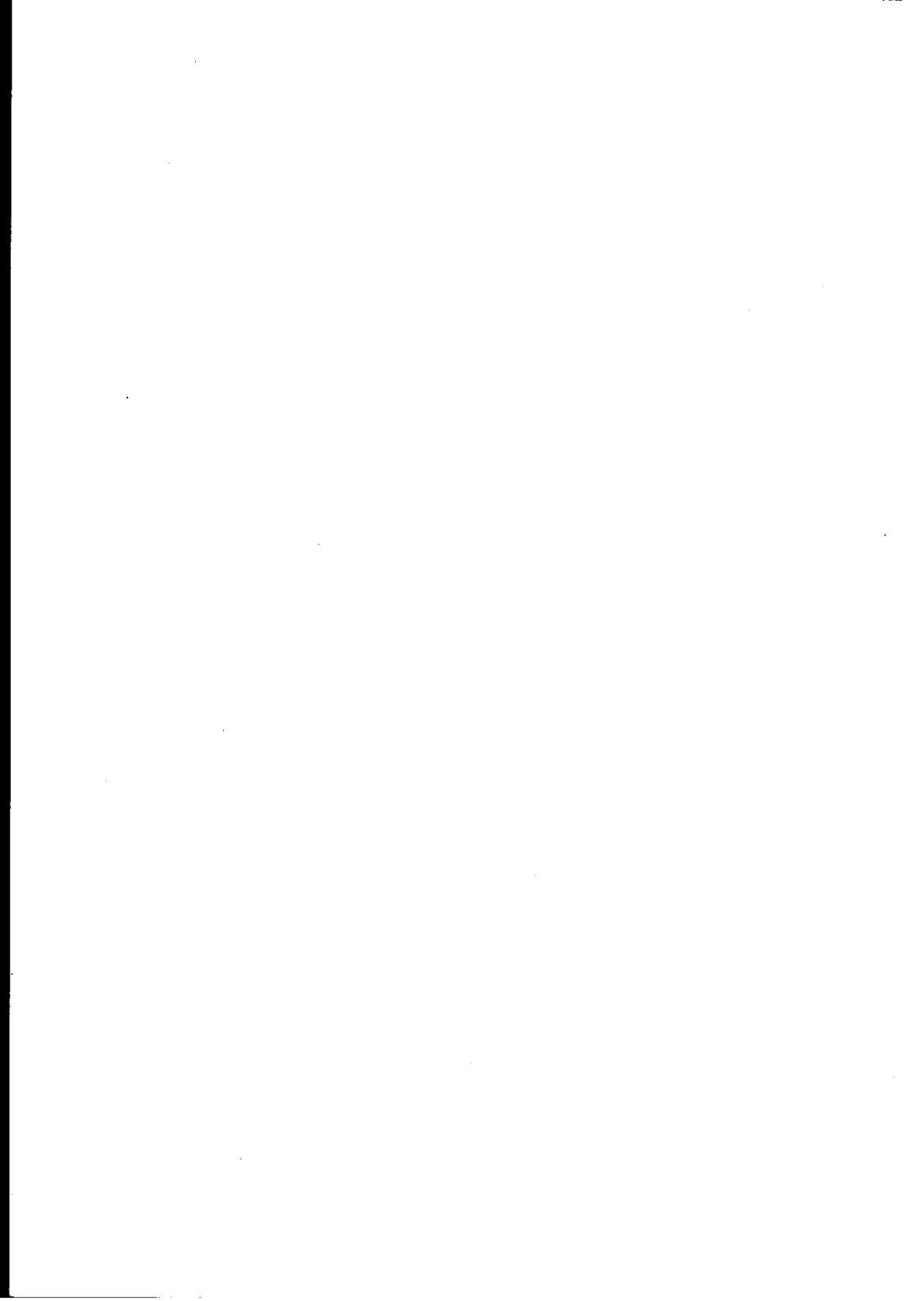
Vurderingen af de sundhedsmæssige konsekvenser af den omtalte bestråling af befolkningen er forbundet med en betydelig usikkerhed. Udsættes den danske befolkning over mange år for den fundne gennemsnitlige radonkoncentration i luften, giver et "bedste skøn", at dette vil kunne forårsage et årligt antal lungekræfttilfælde i befolkningen på omkring 300. Da der er tale om naturlige strålingskilder, vil det kun i begrænset omfang og på lang sigt være muligt at begrænse bestrålingen fra disse strålingskilder, og dermed det skønnede antal kræftdødsfald.

Litteratur

Naturlig stråling i danske boliger, Statens Institut for Strålehygiejne, Sundhedsstyrelsen, 1987.

Radon - boliger - strålingsdosis - lungekræfttrisiko, Statens Institut for Strålehygiejne, Sundhedsstyrelsen, 1987.

Radon i boliger, SBI-pjece, Statens Byggeforskningsinstitut, 1987.



LUNGEKLINIKKEN

Århus Kommunehospital

8000 Århus C.

INDEKLIMA OG ALLERGI

af

1.reservelæge Henrik Harving

JUNI 1988

<u>INDHOLD</u>	<u>Side</u>
INDLEDNING.....	69
ENKELTKOMPONENTER I INDELUFTE.....	69
Allergifremkaldende faktorer.....	69
Stoffer med uspecifik irriterende virkning.....	70
GENERELLE FORHOLD.....	71
Luftfugtighed.....	71
Ventilation.....	72
Materialer.....	72
RESULTATER I PRAKSIS.....	72

INDEKLIMA OG ALLERGI

INDLEDNING.

Personer med allergi og astma må anses for at være særligt følsomme for et dårligt indeklima. Det er derfor vigtigt ud fra et sundhedsmæssigt synspunkt at beskæftige sig med denne problemstilling. Samtidigt kan man ved undersøgelse af indeklima i relation til følsomme personer som allergikere lettere afsløre forhold af negativ betydning for alle mennesker. Det er nemlig sandsynligt, at de fleste faktorer i indeklimaet, som har indflydelse på allergikeren også har betydning for andre, blot i mindre udtalt grad.

ENKELTKOMPONENTER I INDELUFTEN.

De enkelte faktorer i indeluften, som vides eller mistænkes for at have negativ indflydelse på overfølsomme personer omfatter dels egentlig allergifremkaldende stoffer og dels stoffer med generelt irriterende virkning på slimhinder.

Allergifremkaldende faktorer.

De vigtigste allergifremkaldende stoffer i danske boliger kommer fra dyrehår, husstøvmider og svampe.

For dyrehårsallergikeren er der kun sjældent problemer med at udpege allergikilderne i boligmiljøet. Den forebyggende behandling må bestå i at fjerne dyret og fraråde anskaffelse af andre pelsdyr p.gr.a. udtalt tendens til at blive allergisk også for disse.

Allergi for husstøvmider er meget udbredt i Danmark og omfatter formentlig op mod 200.000 personer. Husstøvmider findes i betydelig grad i 25% af boligmassen og der er holdepunkter for at deres udbredelse stiger. Man har fundet en klar sammenhæng mellem antallet af mider og luftens indhold af vanddamp. De abnormt høje midetal er væsentligst fundet i boliger, hvor den relative luftfugtighed ikke kommer under 40-50% (målt ved 20-22 gr. C) i vintermånederne.

Skimmelsvampeallergi kan af og til have sammenhæng med svampevækst i boligen. Denne type allergi er dog langt overvejende betinget af svampesporer i udeluften, hvor koncentrationen gennemgående er højere. Høje koncentrationer af svampesporer i indeluften og synlig forekomst af skimmelsvamp indikerer, at der er fugtproblemer i boligen.

Stoffer med uspecifik irriterende virkning.

Det drejer sig om en gruppe af stoffer, som også i lavere koncentrationer kunne være irriterende for luftveje og slimhinder og dermed forværre symptomerne hos personer, som er allergiske. Det er samtidigt stoffer, som er mistænkt for at kunne medvirke til at fremkalde indeklimasyntomer.

Formaldehyd er et af de stoffer, som længe har været sat i forbindelse med dårligt indeklima. Man har tidligere fundet slimhindeirriterende virkninger af stoffet i forbindelse med ekstremt høje koncentrationer i boligen (eksempelvis skumisolering med overdosering af hærde-middel). Derimod er det ikke lykkedes at påvise negativ virkning af stoffet i lavere koncentrationer, når man har undersøgt det ved klimakammerforsøg.

Nitrøse gasser og svovldioxid er luftvejsirriterende stoffer, som forekommer i lave koncentrationer i indeluften. Det er fortsat usikkert i hvilket omfang disse lave koncentrationer influerer på personer med astma.

Organiske opløsningsmidler angives af personer med astma at

kunne forværre deres luftvejssymptomer. Dette forhold har ikke tidligere været undersøgt, men helt nye klimakammerundersøgelser synes at bekræfte, at dette kan være tilfældet i højere koncentrationer.

Partikler (røg og støv).

Disse partiklers indflydelse på luftvejene synes blandt andet at bero på deres funktion som transportører af andre stoffer. I kraft af deres store overflade kan de tænkes at adsorbere f.eks. et eller flere af de nævnte irriterende stoffer og føre dem ned i de dybere luftveje, hvor de samme stoffer i ren form ville være blevet opfanget (opløst) i næse eller svælg.

Ioner har i mange år været inde i billedet for mulig sammenhæng med dårligt indeklima og med astma- og slimhinde symptomer. Der er foretaget talrige undersøgelser af ioners mulige virkning med meget vekslende resultat. Ved gennemgang af de bedst kontrollerede undersøgelser må det konkluderes, at lette luftioner ikke kan tillægges nævneværdig betydning og at de ikke spiller nogen rolle i indeklimasammenhæng.

GENERELLE FORHOLD.

Luftfugtighed.

Luftfugtigheden opfattes af de fleste som værende af væsentlig betydning for indeklimaets kvalitet, og tør luft er for mange synonymt med dårligt indeklima. Flere undersøgelser viser imidlertid, at mennesker kun besidder ringe evne til at skelne forskellige grader af luftfugtighed. Det gælder både under forsøgsomstændigheder og i praksis. Således viste to danske undersøgelser i kontorbygninger med indeklimaproblemer, at mere end 80% af personerne vurderede luften som "for tør" under forhold, hvor luftfugtighed målttes til henholdsvis 30-40% og 40-60%. Man skal derfor gøre sig klart, når man stilles over for klager over for tør luft, at sådanne klager ofte optræder, når der er noget galt med indeluften, men at fejlen som oftest ikke har årsag i for lav luftfugtighed.

Ventilation.

Ventilationen synes at være en overordnet faktor i indeklimaet, idet størrelsen af denne oftest er bestemmende for i hvilken koncentration de forskellige stoffer forekommer i indeluften, ligesom ventilationen er afgørende for fugtighedsforholdene i boliger. Når vi møder for høj luftfugtighed i en moderne bolig, er det således oftest tale om utilstrækkelig ventilation i forhold til den vandmængde, der dannes ved menneskers ophold i boligen. Høj luftfugtighed er som tidligere anført nøje knyttet til forekomsten af husstøvmider og svampe i boligen.

Materialer.

Valget af materialer øver indflydelse på koncentrationen af irriterende stoffer i indeluften. Det er især under forhold med lav ventilationsrate, at betydningen af materialevalg bliver vigtig, hvorimod materialevalg bliver af underordnet betydning når luften udskiftes effektivt.

Med hensyn til beton støder man fortsat på den opfattelse, at betonbyggeri giver dårligere indeklima. Der er imidlertid intet som tyder på, at der er nogen forskel af betydning mellem bygninger af beton og eksempelvis mursten. Det synes at være andre forhold såsom tætningsmetoder, ventilationsmuligheder, størrelsen af vindusarealer m.m., der fremfor beton, mursten eller træ er afgørende for indeklimaets kvalitet.

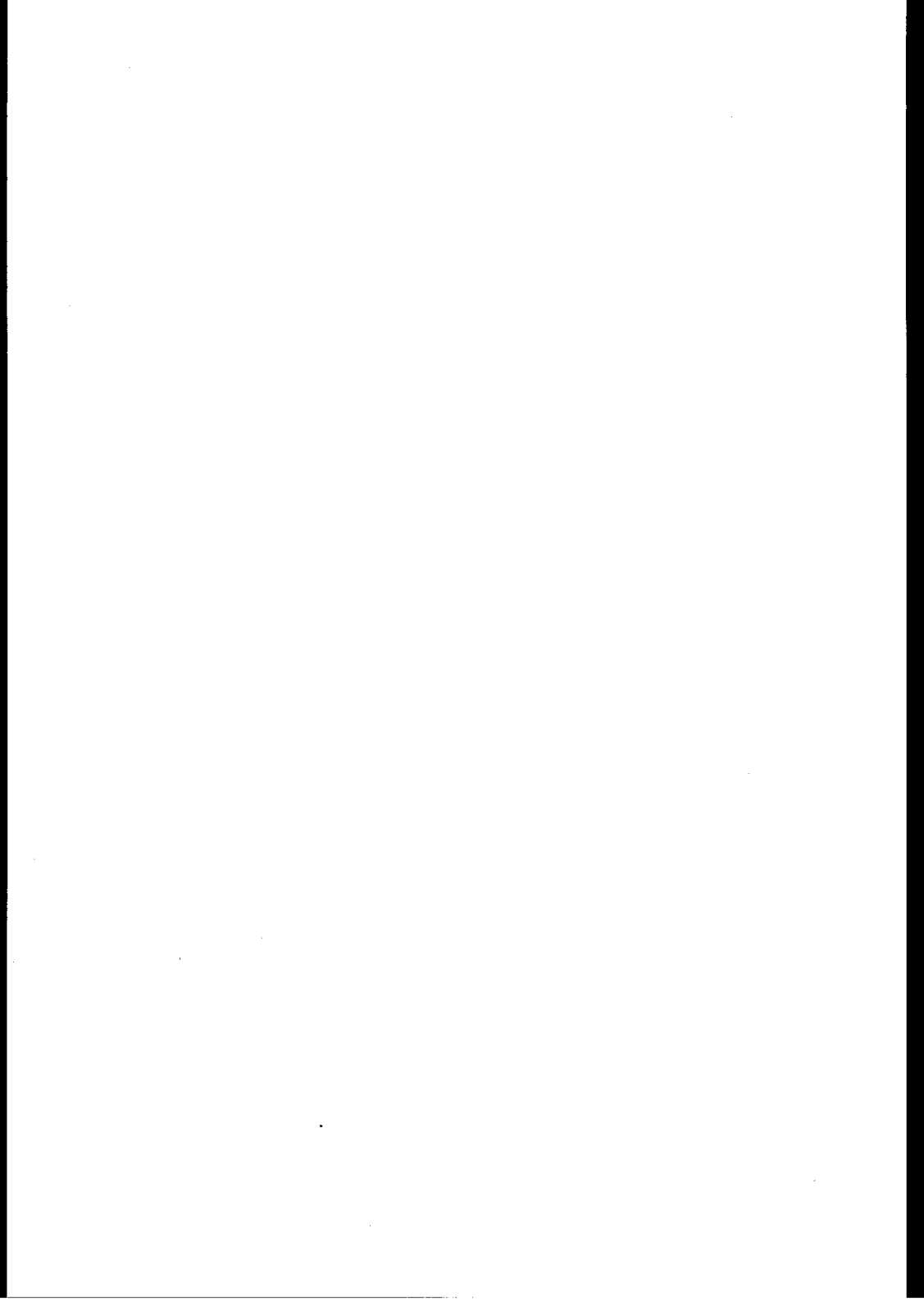
RESULTATER I PRAKSIS (Den sunde bolig).

Begrebet sund bolig er nøje knyttet sammen med et ideelt indeklima. Udformningen af en sund bolig må således betyde, at man som et væsentligt punkt søger at tilvejebringe forhold med lav forekomst af allergifremkaldende og slimhindeirriterende stoffer. Af det tidligere nævnte må dette betyde en bolig med effektive ventilationsforhold. Disse principper har været anvendt i udformningen af de allergivenlige boliger, "Lærkebo" i Skejby ved Århus.

I forbindelse med dette byggeri er der foretaget undersøgelser af personer som lider af allergi og astma. Undersøgelserne har omfattet en lægelig bedømmelse af sygdommens art og intensitet samt en indeklimaundersøgelse af personernes hidtidige hjem. Disse undersøgelser blev gennemført i løbet 1984 forud for indflytningen i forsøgsboligerne, som fandt sted omkring årsskiftet 84-85. Såvel lægeundersøgelserne som indeklimaundersøgelserne er herefter blevet gennemført to gange med et års mellemrum (85 og 86) efter flytning til de nye boliger.

Undersøgelsesresultaterne, som forventes offentliggjort i løbet af dette efterår viser bl.a. at det er lykkedes at opnå en betydelig reduktion i forekomsten af husstøvmider, således at hos hovedparten af de familier, som inden flytningen havde høje midetal, er husstøvmider forsvundet og parallelt med faldet i mideantallet er der indtrådt en bedring af allergisymptomerne.

Af de boligtekniske undersøgelser fremgår som det væsentligste, at der i de nye boliger er tilvejebragt en væsentlig øgning af luftskiftet i forhold til målingerne i de tidligere boliger. Der er samtidig holdepunkter for, at indeklimaet i de nye boliger er af høj kvalitet bedømt ud fra beboernes opfattelse.



Udviklingschef H.E. Borgholm
Aalborg Portland
Postboks 165
9100 Aalborg

NY CEMENTPRODUKTION

af

H.E. Borgholm

JUNI 1988

Indholdsfortegnelse:		Side
<hr/>		
1.	Indledning	77
2.	Nuværende driftsform	78
2.1	Råmaterialer og opberedningsprincipper	78
2.2	Vådovne	80
3.	Konverteringsmuligheder	81
3.1	Erstatning af ler med flyveaske	81
3.2	Tørproces	81
3.3	Semitørproces med slamfiltrering	82
3.4	Semitørproces uden slamfiltrering	86
4.	Det endelige projekt	88
4.1	Pilotforsøg	88
4.2	Tørringsanlæg	92
4.3	Ovnsystem	95
4.4	Genanvendelse af eksisterende ovndelev	97
5.	Konklusion	97

NY CEMENTPRODUKTION

1. Indledning

Den danske cementproduktion, der i dag udelukkende finder sted på Aalborg Portlands store anlæg ved Rørdal, foregår stadig efter den såkaldte vådproces. Stort set alle nye cementfabrikker, der er opført i verden siden tressernes begyndelse, anvender tørmetoden. De fleste vådprocesanlæg er enten blevet konverteret til tørproces, semitørproces, eller blevet afstillet.

Som ordene antyder, er den principielle forskel mellem de tre processer følgende:

- Vådproces : Råmaterialerne oparbejdes til en ovnføding bestående af en finkornet, vandholdig slam, som kan pumpes.
- Tørproces : Råmaterialerne oparbejdes til et tørt, finkornet pulver, der fødes til ovnen.
- Semitørproces: Råmaterialerne oparbejdes til en slam, som tørres til et pulver i en tørremaskine evt. efter frafiltrering af en del af vandindholdet. Det tørre pulver fødes til ovnen, som derfor principielt kan opbygges som ved tørprocessen.

Varmeforbruget er størst ved vådprocessen som følge af, at slammens vandindhold skal fordampes, og fordi varmeafgivelsen til omgivelserne ved stråling er større ved vådovne end ved moderne tørrovne.

Grunden til, at Rørdal-fabrikken stadig anvender vådmetoden, er, at råmaterialerne i Nordjylland og hele det nordeuropæiske lavland er meget fugtige.

Ikke desto mindre er forskellige muligheder for at konvertere klinkerfremstillingen for grå cement til tørproces eller semi-tørproces blevet undersøgt lige siden den første energikrise i 1973.

Der blev imidlertid ikke fundet en tilfredsstillende løsning før 1985. Denne løsning består i et helt nyt 4000 tons/døgn semi-tørt ovnanlæg, som ikke omfatter den ellers for denne proces anvendte slamfiltreringsproces.

Den nye ovn startes op i begyndelsen af juli 1988. Nærværende indlæg beskriver, hvorfor Aalborg Portland valgte denne nye processtype samt de grundlæggende funktionsprincipper.

2. Nuværende driftsform

2.1. Råmaterialer og opberedningsprincipper

Kalkandelen af råmaterialesammensætningen på Rørdal er skrivekridt, der graves ved hjælp af en dybdegravemaskine med en kapacitet på 1000 tons pr. time, arbejdende under grundvandspejlet. Desuden benyttes 2 skovlhjulsgravemaskiner, hver med en kapacitet på 800 tons pr. time. De arbejder på to bænke over grundvandspejlet. Kridtet transporteres til fabrikken af to ca. 1,6 km-lange gummitransportbånd. Det kridt, som graves under vandet, har et vandindhold på ca. 29%, mens det, der graves over vandlinien har et vandindhold på ca. 24%. Flintindholdet er ca. 1-5%.

Transportbåndene fører kridtet til slømetromler, hvor det blandes med lerslam og kisaske. Efter slømningen sigtes slammen, der har et vandindhold på 29 - 32%, og grovgodset returneres til slømetromlerne.

Lerkomponenten graves under grundvandslinien med flydende slømmer i en lergrav 6 km fra cementfabrikken. Lerslammen, der har et vandindhold på 45-47%, pumpes til et 16000 m³ slambassin på fabrikken.

Den kemiske sammensætning af ovnfødningen er vist i tabel 2.1 sammen med gennemsnitssammensætningen af kridt, ler og kisaske. Som det ses, er slømmens sammensætning baseret på efterfølgende tilsætning af 10% flyveaske i ovnens brændzone.

Tabel 2.1. Analyser af anvendte råmaterialer til den nuværende grå klinkerproduktion på Rørdal sammenlignet med analyser af ovnfødningslam og klinker.

Analyse (tør basis)	Kridt	Ler	Kisaske	Ovnfød. slam	Flyveaske	Klinker
SiO ₂	4,99	51,9	3,04	11,4	51,6	22,3
Al ₂ O ₃	0,50	10,1	0,43	1,87	28,1	5,09
Fe ₂ O ₃	0,21	4,33	93,7	1,57	7,14	2,91
CaO	52,0	13,7	0,65	45,8	4,24	66,4
MgO	0,39	1,79	0,28	0,60	1,68	1,03
K ₂ O	0,11	2,43	0,08	0,45	1,75	0,46
Glødetab	41,3	13,48	0,83	37,5	2,23	0
LSF				130		94,5
MS	7,1	3,58	0	3,34	1,46	2,79
MA	2,4	2,34	0	1,20	3,94	1,75

2.2. Vådoovne

I 1986 var der ialt 7 vådoovne i drift på Rørdal, se tabel 2.2, hvoraf de 3 største, med kapaciteter på 2350 tpd, 1600 tpd og 1200 tpd, producerede almindelige grå klinker.

De tre "grå" ovne fyres med kul via "semi-direct" kulfyrrings-systemer. 10% flyveaske (på klinkerbasis) indblæses i brændezonen. Indblæsning af flyveaske og et lavt vandindhold i slammen, som er blevet reduceret fra 39-40% til det nuværende niveau på 29-32%, har nedsat det gennemsnitlige varmeforbrug for disse ovne fra 1550 kcal/kg klinker til 1310 kcal/kg klinker, hvilket er lavt for vådoovne. Nedsættelsen af slammens vandindhold er opnået ved brug af dispergeringsmidler.

Tabel 2.2. Vådprocesovne i funktion på Rørdal-fabrikken:

Ovn Nr.	Dimensioner	Kølertype
73	3,3 x 3,6 x 153 m	Rist
74	3,6 x 3,9 x 165 m	Planet
78	3,75 x 3,0 x 3,75 x 163 m	Rist
79	3,3 x 3,6 x 153 m	Rist
84	4,55 x 4,35 x 5,0 x 165 m	Planet
85	5,25 x 6,0 x 180 m	Planet
86	6,3 x 6,9 x 210 m	Planet

Energiforbruget for de grå ovnafdelinger er ca. 14 kWh/ton.

Sammensætningen af den anvendte flyveaske i den grå klinkerproduktion samt gennemsnitssammensætningen af klinkerproduktet er anført i tabel 2.1.

3. Konverteringsmuligheder

3.1. Erstatning af ler med flyveaske

Indblæsningen af flyveaske i de eksisterende vådovne har ned-sat forbruget af ler betydeligt, da flyveasken hovedsageligt - erstatter leret i ovnfødningen.

Det næste trin ville naturligt være at øge anvendelsen af flyveaske yderligere i processen for at eliminere leret fuldstændigt. Dette ville betyde, at lergraven kunne lukkes, hvilket ville reducere produktionsomkostningerne. Desuden er der rigelige forsyninger af flyveaske fra de mange kulfyrede kraftværker i Danmark.

Imidlertid har det vist sig umuligt at øge indblæsningen af flyveaske i den nuværende produktionsproces. Klinkerinhomogeniteten bliver prohibitiv. Brændezonen bliver for udstrakt, når indblæsning af flyveaske stiger til over det nuværende 10%'s niveau og selv små mængder flyveaske tilsat slammen øger dens viskositet kraftigt og dermed også vandindholdet.

3.2. Tørproces

For at øge brugen af flyveaske og undgå anvendelse af ler, måtte man på Rørdal-fabrikken overveje en helt ny klinkerproduktionsproces.

Denne proces skulle baseres på råmaterialerne kridt, flyveaske, sand og kisaske. Da der på nogle danske kraftværker anvendes kul, hvis flyveaske har relativt højt silikatindhold, skulle behovet for sand kunne begrænses til et minimum og anvendelsen af flyveaske, som er et billigt affaldsprodukt, kunne øges.

Desuden indeholder flyveaske 2-5% kulstof (svarende til 160-400 kcal/kg, som i et velkonstrueret ovnsystem vil bidrage til ned-sættelse af forbruget af egentligt brændsel.

Det laveste brændselsforbrug ville naturligvis kunne opnås ved at konvertere helt til tørproces. For at begrænse anlægs- og driftsomkostninger så meget som muligt, var det også nærliggende at stile mod et stort ovnanlæg i stedet for flere til grå klinkerfremstilling på Rørdal.

For at klare den nuværende efterspørgsel skulle kapaciteten af et sådant anlæg være mindst 4000 tons pr. dag. Denne relativt høje kapacitet tilskynder desuden til brugen af forkalcinatorer. Dette er et system, hvor kridtets calciumkarbonatindhold kalcineres ud uden for roterovnen i specielle stationære kalcinatorer, hvor kalcineringen af råmelpulveret foregår i forbrændingsluftsuspension.

Imidlertid gør det våde kridt overgangen til total tørproces på Rørdal mere kompliceret og dyrere end på de fleste andre anlæg. Det er også indlysende, at en sådan overgang ville medføre nedlæggelse af det nuværende råmaterialeopberedningssystem og investering i et tørringsanlæg til kridtet, et tørt råmølleri samt råmelslager med homogeniseringssiloer.

En forkalkulation viste, at sådan en konvertering ville være uøkonomisk.

3.3. Semitørproces med slamfiltrering

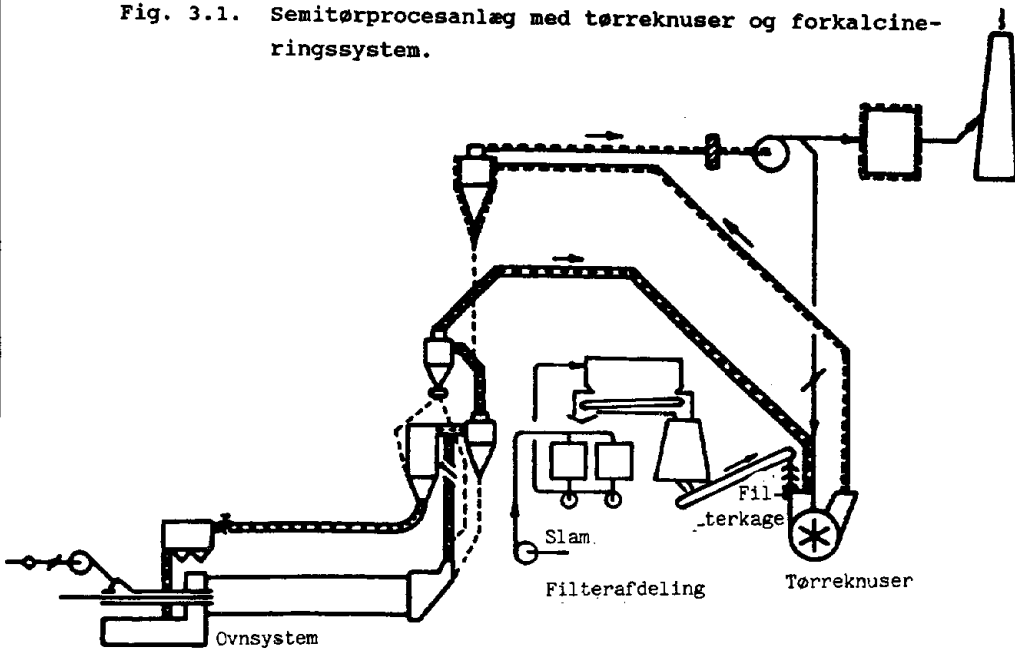
Ved anvendelse af semitørprocessen kan det eksisterende anlæg til behandling og formaling af de våde råmaterialer bibeholdes. I modsætning til den rene vådproces fjernes vandet imidlertid ved filtrering og/eller tørring med varme gasser, før råmaterialerne indføres i ovnsystemet. Ovnen arbejder således med tørt råmel, og en standard forkalcineringsovn kan anvendes.

Rundt om i verden (jvf. (1)-(3)) er der allerede et antal semitørprocesanlæg i drift. I de fleste af disse anlæg tørres slammen til en filterkage enten ved vacuum- eller trykfiltrering. Filterkagen tørres så enten i en tørretromle eller i en tørreknuser med varme røggasser fra ovnen, og muligvis også med anvendelse varm luft fra klinkerkøleren.

Et forenklet diagram over tørreknuserssystemet, er vist i figur 3.1.

Efter tørreknuseren udskilles råmelet fra gasserne i cyklonen på toppen af forvarmertårnet. Råmelet indføres derefter direkte i forvarmeren til tørprocesovnen. Sammenlignet med en tørretromle har tørreknuseren følgende fordele:

Fig. 3.1. Semitørprocesanlæg med tørreknuser og forkalcineringsystem.



1. Lavere anlægsomkostninger.
2. Mere hensigtsmæssig arbejdsgang p.g.a. kort opholdstid i tørreknuseren.
3. Mindre pladskrævende.
4. Lavere overfladevarmetab.
5. Mindre falsk luft i systemet.

Tørreknuseren er en specielt egnet maskine, som er udviklet af F.L. Smidth & Co., og som anvendes til dette formål på flere anlæg forskellige steder i verden.

Som følge af de førnævnte fordele, blev det undersøgt, om et lignende system ville være egnet til konverteringen på Rørdal.

Råmaterialerne, der skulle indgå i processen, ville også i dette tilfælde være kridt, flyveaske, sand og kisaske.

Kridt, sand og kisaske kunne tilberedes vådt i det nuværende slamopberedningssystem samt lagres og homogeniseres i de eksisterende slambassiner.

Et vandindhold på 28-30% i den færdige, meget kalkholdige slam ville være tilstrækkeligt til at holde slammen pumpbar.

Pilotscala filtreringsforsøg viste, at slammen kunne tørres ved trykfiltrering ned til 21% under tilsætning af 0,1% CaO til slammen som et flokkuleringsmiddel. Filtreringshastigheden var 56 kg/time/m^2 (på klinkerbasis) med en filtreringstid på 8 min. svarende til en cyklus på 25 min. for et anlæg i industriel skala.

På basis heraf kunne det beregnes, at man på Rørdal ville behøve filterpresser med et samlet filterareal på ikke mindre end 4000 m^2 .

Fra filterpresserne kunne filterkagen transporteres til siloer udstyret med udtræksnegle med variable hastigheder. Filterkagen kunne så føres til en blandesnegl, hvor flyveaske kunne tilsættes i den rigtige mængde. Til sidst skulle blandingen fødes til tørreknuseren. Fødningen til knuseren ville indholde ca. 19% vand, når det antages, at der tilsættes ca. 10% flyveaske til ler/sand-slammen (på tørbasis), jvf. sammensætningen af råblandingen vist i tabel 3.1.

Tabel 3.1 Råmaterialesammensætning og klinkeranalyse, semi-tør proces

	Kridt sand filterkage/slam	Flyveaske	Råblanding	Kulstøv	Total ovnfødn.
fødningsmængde (våd) kg/kg klinker	1,777/ 2,006*)	0,143	1,920/ 2,149*)	0,025	
vandindhold %	21/30*)	0	19,4/ 28,0*)		
Andel af råbland. (våd) %	92,6/ 93,3*)	7,4/ 6,7*)	100		
Sammensætning (tør) %					
Kridt	92,8		84,2		82,9
Sand	6,0		5,5		5,4
Kisaske	1,2		1,1		1,0
Flyveaske + kulstøv		100		100	10,7
Analyse (tør)					
SiO ₂ %	10,1	51,6	13,9	53	22,2
Al ₂ O ₃ %	0,75	28,1	3,28	29	5,63
Fe ₂ O ₃ %	1,36	7,14	1,89	7	3,01
CaO %	48,3	4,24	44,2	4	66,6
MgO %	0,37	1,68	0,49	2	0,78
K ₂ O %	0,19	1,75	0,33	1,8	0,53
Na ₂ O %	0,07	0,34	0,09	0,4	0,14
Glødetab %	38,4	2,23	35,1	0	0
LSF %	161		100		94
MS	4,79	1,46	2,69		2,57
MA	0,55	3,94	1,74		1,87
C, S %					60

*) Henholdsvis med/uden slamfiltrering.

I tabel 3.2 er vist en varmebalance for ovn- og tørreafdeling baseret på denne proces.

Tabel 3.2. Varmebalance for ovn- og tørreafdeling med slamfiltrering (19,4% vand i nettofødning til tørreknuserinstallation).

Variebalance ved 4000 tons pr. dag	kcal/kg klinker
Reaktionsvarme*)	360
+ Røggastab ved 140 °C	100
+ Vandfordampning og opvarmning af damp	230
+ Overfladevarmetab	100
+ Kølertab	120
- Varme i slam, luft, brændsel, etc.	- 20
= Netto brændselsforbrug	890

*) Inklusiv forbrændingsvarme af 0,29% organisk kulstof i råblandingen (svarende til 35 kcal/kg klinker.

3.4. Semitørproces uden slamfiltrering

Da den reduktion i slammens fugtindhold, som kunne opnås i filterpressen, ville være relativt lille, og anlægs- og driftsomkostninger fra filtreringsanlægget ville være store, blev det besluttet at undersøge, om slamfiltreringen kunne udelades i den nye proces, og om dette ville være en mere økonomisk løsning.

Såfremt det antages, at det ville være muligt at føde sand/kridtslammen direkte til tørreknuserinstallationen, hvor den ville blive blandet med flyveaske, og hvor alt vandet i slammen ville blive tørret bort bliver varmemeforbruget ca. 1025 Kcal/kg klinker. Den anslåede varmebalance for ovnen og tørreknuserinstallationen er vist i tabel 3.3.

Ifølge dette ville det anslåede brændselsforbrug være ca. 135 kcal/kg klinker højere end i tilfældet, hvor slammen blev for-tørret ved filtrering, før indføring i tørreknuseren. Med den nuværende brændstofpris på 55 DKK pr. Gcal, ville der kunne påregnes en ekstra omkostning på ca. 10 mill. DKK pr. år ved at udelade filterpresseinstallationen. Til gengæld ville anlægsomkostningerne til filterpresser, filterkagesiloer og ekstraktionsudstyr kunne spares.

Tabel 3.3. Varmebalance for ovn- og tørreafdeling uden slamfiltrering (28% vand i nettofødning til tørreknuserinstallation).

Varmebalance ved 4000 tons pr. dag	kcal/kg klinker
Reaktionsvarme*)	360
+ Røggastab ved 140 °C	115
+ Vandfordampning og opvarmning af damp	370
+ Overfladevarmetab	100
+ Kølertab	100
- Varme i slam, luft, brændsel, etc.	- 20
= Netto brændselsforbrug	<u>1025</u>

*) Inklusiv forbrændingsvarme af 0,29% organisk kulstof i råblandingen (svarende til 35 kcal/kg klinker.

Da de sidstnævnte investeringer beløber sig til ca. 100 mill. DKK, og driftsomkostningerne til ca. 10 mill. DKK pr. år, vil le filterpresseanlægget være en dårlig investering med de nuværende priser på brændstof.

Det blev derfor besluttet at gå videre med den foreslåede semitorproces uden et filterpresseanlæg med tanke på, at filterpresserne kunne anskaffes senere, hvis brændstofprisen skulle stige til et niveau, som ville gøre filtreringsanlægget økonomisk.

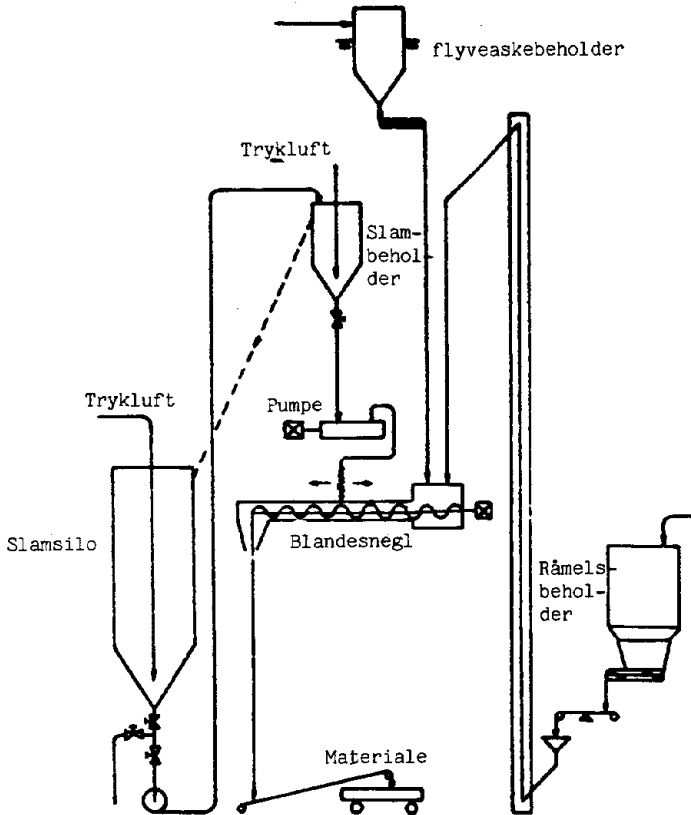
4. Det endelige projekt

4.1. Pilotforsøg

Blandt de kritiske punkter i den foreslåede løsning var, hvorledes slammen og flyveasken skulle fødes til tørreknuseren, og om disse to komponenter kunne blandes og tørres effektivt i tørreknuseranlægget. For at undersøge disse punkter blev der udført en række pilotforsøg på F.L. Smidth & Co.'s forsøgsanlæg ved Mariager Fjord.

Til at begynde med var det hensigten at blande slam, flyveaske og råmel (allerede tørret slam) i en specielt konstrueret blandesnegl, se figur 4.1.

Fig. 4.1 Pilotanlæg med blandesnegl.



Forholdet mellem råmel og slam + flyveaske blev varieret, og slammen blev indført på forskellige steder i blandesneglen. Formålet var at opnå et ensartet materiale fra blandesneglen med en konsistens svarende til en normal filterkage fra en trykfiltreringsinstallation. Dette produkt er kendt for at være velegnet som fødding til en tørreknuser.

Den optimale fordeling af råmel, slam og flyveaske viste sig at være en næsten "fifty-fifty" fødnings af tørre komponenter (råmel og flyveaske) og slam til blandesneglen. Det heraf følgende vandindhold i blandingen var 15-17%. Partikelstørrelsen og kornfordelingen i materialet fra blandesneglen er vist i tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kornfordeling i materiale fra blandesneglen.

Vandindhold i produktet	15%	17%
Sigterester:		
+ 20 mm	0,5%	6%
+ 10 mm	6%	20%
+ 5 mm	18%	43%
+ 1 mm	66%	92%

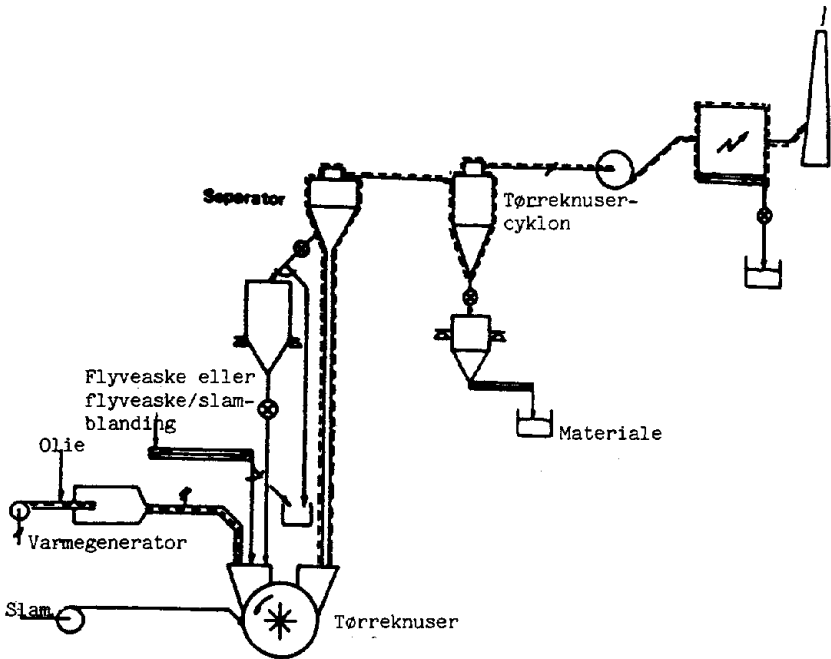
Materialet fra blandesneglen blev så tørret i pilotanlæggets tørreknuser. Da materialet fra blandesneglen viste sig at være meget lig en homogen filterkage, ventede man ingen problemer med at tørre det i tørreknuseren.

Imidlertid indeholdt det tørrede råmel fra tørreknusercyklonen en del relativt grove korn (sigterest 2-3% + 1 mm). Disse korn havde en lav kalkmætningsgrad, hvorimod den finekornede del havde en meget høj kalkmætningsgrad. Det var ventet, at det ville blive svært at brænde blandingen af fine og grove partikler, medmindre de grove partikler blev findelt i forvarmeren.

For at løse dette problem blev der indskudt en separator mellem tørreknuseren og udskillecyklonen, se fig. 4.2. De grove partikler blev recirkuleret fra separatoren til knuseren. Efter denne modifikation opnåedes et meget homogent materiale fra udskillecyklonen.

Som et alternativ til at mixe flyveasken og slammen i en blandsnegl blev det ligeledes prøvet at føde flyveasken og slammen separat til tørreknuseren, således at slammen sprøjtes direkte ind mod tørreknuserens rotor.

Fig. 4.2 Pilotanlæg - tørreknuserinstallation



Under disse forsøg blev tørreknuseranlægget også forsynet med en separator. Flyveasken blev indsprøjtet i den varme gas i tørreknuserindløbet sammen med returgodset fra separatoren. Slammen blev indsprøjtet gennem en dyse i tørreknuserkammerets indløbsside.

Med dette system opnåede man ligeledes et homogent og tørt materiale fra udskillecyklonen, svarende til normalt råmel.

For at sikre at der ikke ville opstå problemer med belægninger i tørreknuserudløbet og i separatoren, blev metoden med direkte slamfødning til tørreknuseren testet i næsten en uge. I denne periode blev der ikke konstateret belægninger af betydning, så denne metode syntes altså også velegnet til anvendelse i industriel skala.

4.2 Tørringsanlæg

Tørringsanlægget til 4000 tpd-ovnen blev så konstrueret med udgangspunkt i resultaterne fra pilotanlægget.

Tørringsanlægget består af to identiske, parallelle linier, hver forsynet med en tørreknuser. Den varme gas til tørreknuseren kommer fra ovnens to separate forvarmerstreng, jvf. flow-sheet, fig. 4.3 (som kun viser én af de to ens forvarmerstreng/tørreknuseranlæg).

For at reducere den tekniske risiko blev det besluttet at konstruere tørringsanlægget således at både direkte slamindsprøjtning i tørreknuseren samt blanding af slam, flyveaske og recirkuleret råmel i blandesnegle kan finde sted.

Anlægget skal startes op med en langsom fødning med direkte slamindsprøjtning i tørreknuserne, der hver er forsynet med fem slamindsprøjtningdyser. Ved at arbejde med dette forløb, bliver flyveasken tilsat i varmluftkanalerne til tørreknuserne, og alt det producerede råmel strømmer fra tørreknusercyklonerne i toppen af cyklontårnet til ovnens to forvarmerstreng.

Så snart der er opnået et nogenlunde stabilt råmel flow fra de to tørreknusercykloner, kan recirkulation af råmel fra cyklonerne igangsættes ved at dreje råmeldelespjældene under cyklonerne. Det recirkulerede råmel transporteres til de to blandesnegle af skruetransportører forsynet med gammastråleflowmålere.

Når råmelscirkulationen har nået det ønskede niveau, kan slamfødningepunktet flyttes fra dyserne i tørreknuserne til slamfødningssåbningerne i blandesneglene. På samme tid skiftes flyveaskefødningen om til blandesneglene, og anlægget vil så køre "blandesneglskørsel". Fødningen kan nu langsomt øges til fuldt produktionsniveau.

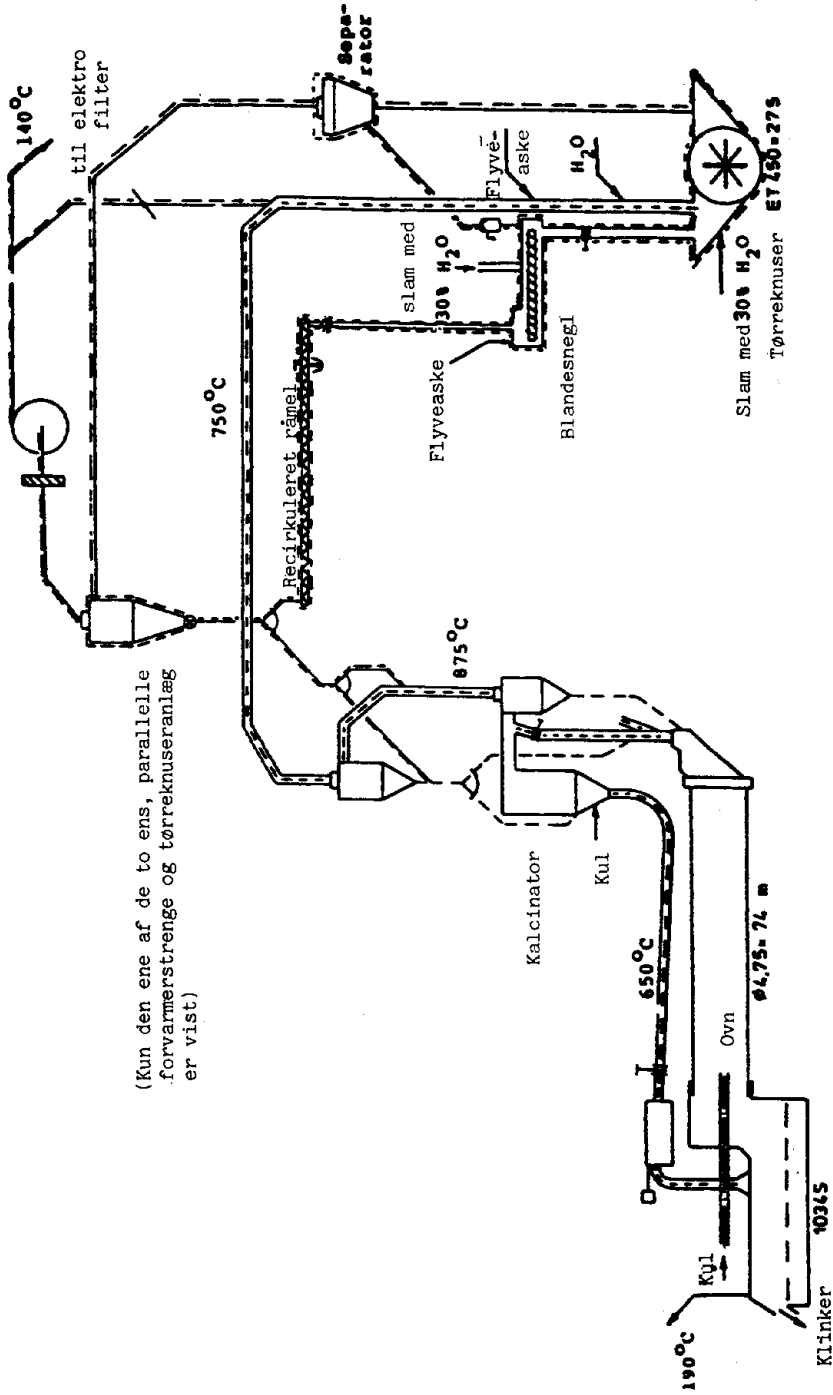
Anlægget kan når som helst omstilles til "slamindsprøjtningsskørsel" ved at returnere slamfødningen til dyserne i tørreknuserne, omstille flyveaskefødningen til varmluftledningerne og ved at standse råmelscirkulationen gennem blandesneglene.

Det normale forløb af anlæggets drift vil blive fastsat på baggrund af driftserfaringerne fra de to fødningsystemer under opstarten af anlægget.

I begge forløb forudses, at en gastemperatur på ca. 140°C i tørreknusercyklonerne vil være tilstrækkelig til at sikre et vandindhold i råmelet på under 0,7 %.

Røggassen trækkes fra tørreknusercyklonerne af to høj-effektive ventilatorer til et elektrostatisk afstøvningsfilter. Støvet returneres direkte til ovnsens cyklonforvarmer.

For at undgå at beskadige tørreknuserne, hvis fødnings svigter, er knuserne forsynet med et automatisk vandindsprøjtningssystem.



(Kun den ene af de to ens, parallelle forvarmerstrengte og tørreknuseranlæg er vist)

Fig. 4.3 Aalborg Portland A/S Rørdalanlæg. 4000 tpd semitor proces. Flowsheet af ovn og tørringsafdeling.

4.3 Ovnssystem

Ovnssystemet omfatter to identiske forvarmer/forkalcineringsstreng, hver med to cyklontrin.

I hver streng fordeles råmelet fra tørreknusercyklonerne i toppen af cyklontårnet via et delespjæld til stigrøret, der fører op til det øverste forvarmertrin eller direkte til materialenedløbsrøret under dette cyklontrin, og derved bypasses det øverste cyklontrin.

Ved at ændre delespjældets stilling kan varmeindholdet af røggassen fra det øverste trin reguleres nøjagtigt efter det specifikke tørringsbehov i tørreknuseren.

Delespjældets stilling reguleres automatisk på basis af temperaturen målt efter tørreknuseren (som vil blive holdt på ca. 140°C, der svarer til mindre end 0,7% vand i det tørrede råmel).

Under normale forhold vil kun ca. en trediedel af fødningsen passere gennem det øverste cyklontrin, mens den resterende del af fødningsen føres til andet delespjæld, der leder den enten til kalcinatoren eller til ovns stigrør. Røggastemperaturen i den gas, der ledes til tørreknuserne, vil være ca. 750°C.

I kalcinatoren sker forbrændingen i varm, atmosfærisk luft fra ristekøleren. Som noget specielt for ovnsystemet kan forbrændingstemperaturen i kalcinatorerne kontrolleres uafhængigt af temperaturen og kalcineringsgraden af materialet, der indføres i ovnen.

Temperaturen i kalcinatoren kontrolleres af delespjældet, som fordeler råmelet mellem kalcinatoren og ovns stigrør.

Ved at tilføre en relativt større mængde råmel til stigrøret (og derved omgå kalcinatoren), kan kalcinatortemperaturen hæves over råmelets normale kalcineringsstemperatur (850-900°C) til 950°C 1050°C. Dette vil forbedre forbrændingen af langsomt reagerende brændstoffer i forkalcinatoren. Derved vil det blive muligt at køre kalcinatoren med kul med lavt gasindhold og petroleumskoks.

Den anslåede varmebalance for oven og tørringsanlægget er vist i fig. 3.3, og det forventede specifikke kraftforbrug er specificeret i fig. 4.2.

Fig. 4.2 Sammenligning af specifikt kraftforbrug for våd-ovne og semitør ovne incl. tørringsanlæg.

Specifikt kraftforbrug i kWh/t klinker	Våd proces	Semi-tør proces uden slamfiltrering
Ovndrev	7,0 (6,4)	2,5 (2,3)
Køler og cementmølle	0,5 (0,4)	7,0 (6,3)
ID-ventilator	3,0 (2,7)	15,0 (13,6)
Knuser og blandesnegl		3,5 (3,2)
Afstøvning og div. udstyr	3,5 (3,2)	3,0 (2,7)
Totalt, ovn- og tørreafd	14,0 (12,8)	31,0 (28,1)

4.4 Genanvendelse af eksisterende ovndelev.

Den nye ovn opføres mellem ovn 86 og det eksisterende centralkontrollrum, se fig. 4.4. Inden den nye ovn fungerer, skal ovn 86 afstilles. Det eksisterende elektrofilter og skorsten fra ovn 86 vil blive anvendt til den nye ovn. Kulmelet til den nye ovn vil blive produceret af de eksisterende kulmøller til ovn 85 og 86.

Det er også undersøgt om dele af ovn 86's ovnskal kan anvendes til det nye ovnsystem. Til selve roterovnen vil en skal med en diameter på 6,3 meter være alt for stor.

I stedet overvejede man at genanvende dele af den eksisterende ovn 86 som roterende køler til den nye ovn. Imidlertid valgte Rørdal den dyrere løsning at forsyne den nye semitørovn med en ristekøler på baggrund af de dårlige erfaringer med roterende køling af ovne med en kapacitet på over 3000 tpd.

Figur 4.5 viser en arkitekttegning af det nye ovnanlæg.

5. Konklusion

Rørdalkonverteringen, der blev ordret som en turn-key leverance hos F.L. Smidth, er en nyskabelse, idet den giver anlæg med vådovne mulighed for at drage fordel af teknologien i forbindelse med moderne tørovnene uden at det kræver en betydelig omlægning af det eksisterende opberedningssystem for råmaterialer eller investering i et slamfiltreringsanlæg.

Den her beskrevne konverteringsmetode er et alternativ for vådprocesanlæg til konvertering til fuldstændig tørproces i de tilfælde, hvor råmaterialerne er relativt fugtige og det våde råmølleri er i god stand.

Ved konverteringen kan produktionen af flere vådovne kombineres i en tørproces ovnenhed, muligvis med forkalcinering. Der kan opnås betydelige besparelser til energi, vedligeholdelse og arbejdskraft.

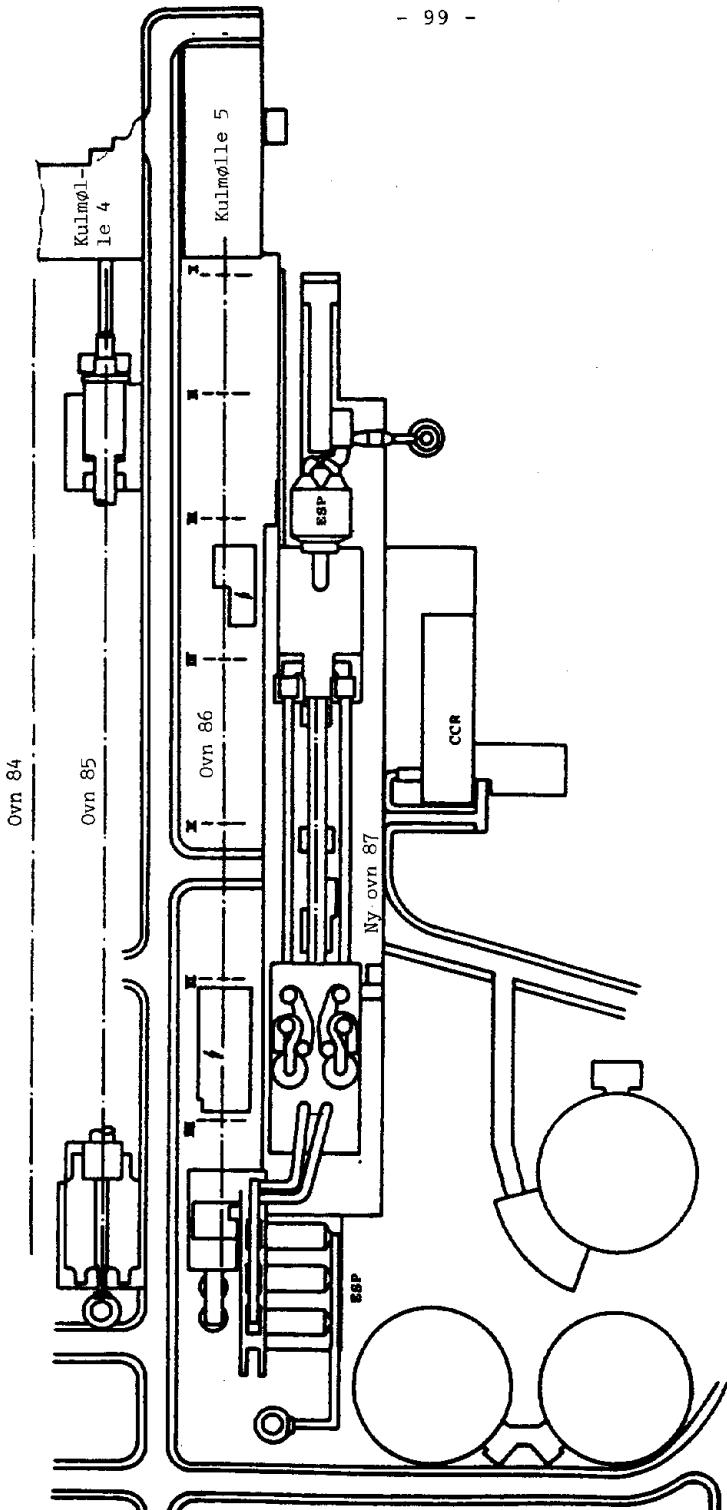


Fig. 4.4 Aalborg Portland Rørdalanlæg. Placering af ny semitorproces ovn 87.

Slambassiner

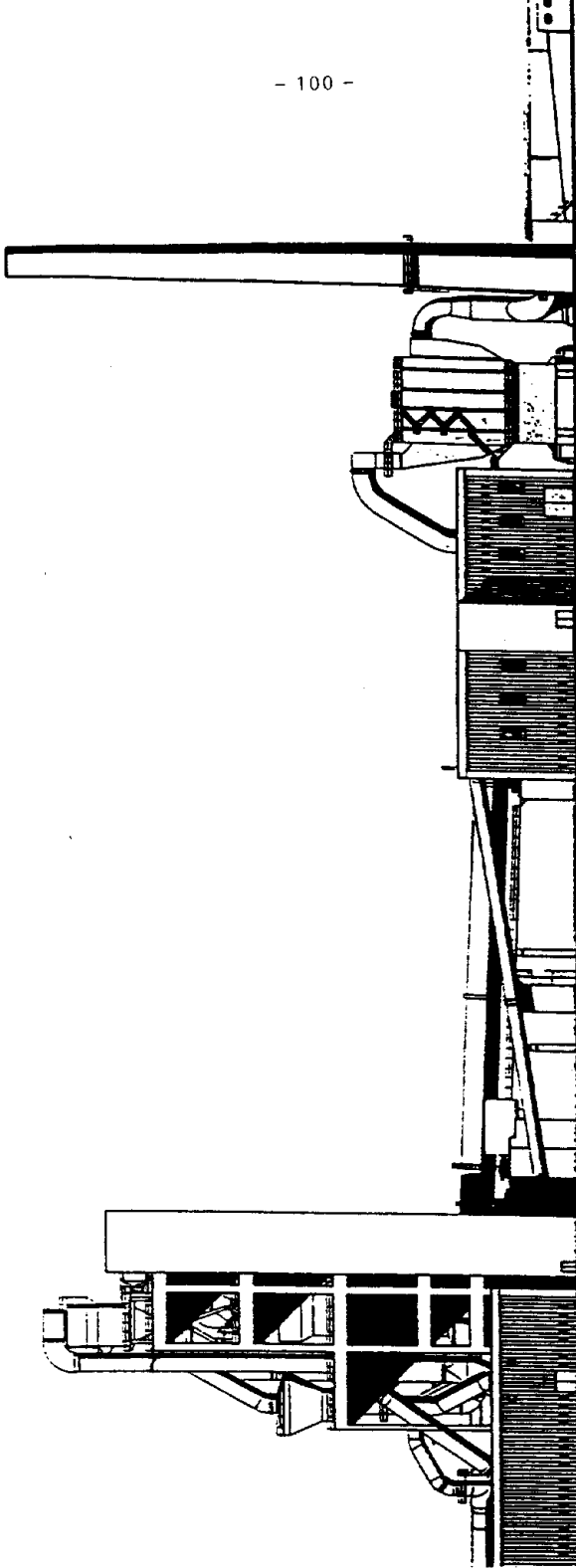


Fig. 4.5 Arkitekttegning af nyt ovnanlæg. Til venstre: forvarmer og tørningsanlæg.
Til højre: ristekøler, elektrofilter og skorsten.

DBF-publ.

" 4:77	"The Role of Ready mixed Concrete in constr.indust"	Kr. 15,-
" 6:77	"Seminar om BRUDMEKANIK" Afh. 29.sept. 1977	" 60,-
" 1:78	"Kontroljournaler" Blanketter kl. I&II/DS 411 ('73)	" 30,-
" 2:78	"Flydebeton" af B. Hysten og H.H. Bache	" 20,-
" 3:78	"Dansk Betondag 1978" Samtlige foredrag	" 20,-
" 4:78	"Prøvningsmetoder for beton" Møde 1.3.78	" 40,-
" 5:78	"Beton i svømmebade" (Anders Nielsen&Sv.E.Petersen)	" 30,-
" 6:79	"Betonuddannelserne i Danmark" (C de Fontenay)	Gratis
" 7:79	"Dansk Betondag 1979" Hovedparten af indlæggene	Kr. 55,-
" 8:79	"Nedbrydn.af beton & svingn.påvirkn.af bygværker"	" 35,-
" 9:80	"Farø broerne" Møde 3.okt. 1979	" 45,-
" 11:81	"Brandpåvirkede betonkonstruktioner" Møde 21.1.81	" 35,-
" 12:81	"Tilsætningsstoffer til beton" Datablad II.udg.81	" 30,-
" 14:81	"Luftindblanding i beton" Debatmøde 26.11.1980	" 25,-
" 15:82	"Plastificering af beton" Møde 30.9.81	" 35,-
" 16:82	"Dansk Betondag 1982" Hovedparten af indlæggene	" 35,-
" 17:83	"Holdbare svømmebassiner" (Sv. E. Petersen)	" 45,-
" 18:83	"Dansk Betondag 1983"	" 70,-
" 19:83	"Proportionering af holdbar beton"	" 60,-
" 20:84	"Demolering og genbrug af beton"	" 45,-
" 21:84	"Dansk Betondag 1984"	" 45,-
" 22:85	"Beton og frost" Nordisk Workshop okt. 1984	" 95,-
" 23:85	"Dansk Betondag 1985" Hovedparten af indlæggene	" 50,-
" 24:85	"Betonelementer - Europæisk udvikl" Møde 18.10.85	" 60,-
" 25:85	"In-situ ikke-destruktiv prøvning" Møde 6.11.1985	" 55,-
" 26:86	"Dansk Betondag 1986"	" 50,-
" 27:86	"Chlorider i armeret beton" Møde 11.12.86	" 55,-
" 28:86	"Luftporestruktur" Møde 22.1.86	" 70,-
" 29:87	"Dårlig beton - hvad nu?" Møde 18+25.3.87	" 70,-
" 30:87	"Store bro- og tunnelprojekter" Møde 26.11.86	" 60,-
" 31:87	"Dansk Betondag 1988"	" 55,-

ISSN 0106-0406

ISBN 87-87823-17-9

TEKNISK FORLAG A/S - KØBENHAVN