



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

229

R13: 1977

Byggnadsstatik

Cellulosabetong — orienterande undersökning

**Barbro Carlsson
Kai Ödeen**

Byggforskningen

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R13:1977

CELLULOSABETONG -
ORIENTERANDE UNDERSÖKNING

Barbro Carlsson
Kai Ödeen

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
751003-1 från Statens råd för byggnadsforskning till
avdelningen för Byggnadsmateriallära, KTH, Stockholm.

Nyckelord:
cellulosabetong
cementbundna material
fiberinblandning
cellulosafiber
restprodukter (utnyttjande)
egenskaper
laboratorieundersökningar

UDK 676.16
666.973.2

R13:1977

ISBN 91-540-2661-X
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

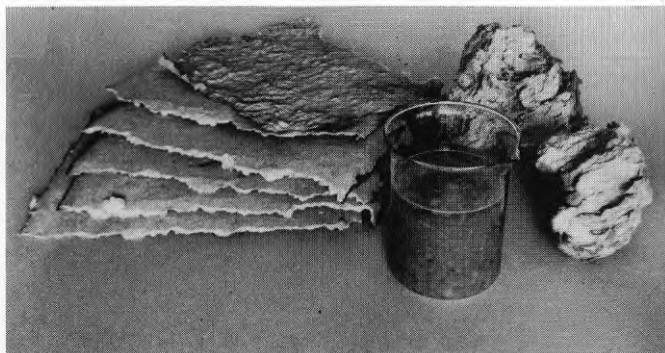
Målsättning	1
Utgångsmaterial	1
Angreppsmetod	2
Provkroppar	2
Provmaterial	4
Provkroppstillverkning	4
Provningar och provningsmetoder	5
Provningsresultat	7
Tryckhållfasthetsutveckling	7
Tryckhållfasthet efter 28 dygns lagring	8
Elasticitetsmodul	10
Draghållfasthet efter 28 dygns lagring	12
Porositet	15
Densitet	16
Värmeledningsförmåga (λ -värde)	18
Glödgningsförlust	20
Kompletterande undersökningar	21
Synpunkter i anslutning till försöksresultaten	22
Materialutveckling	23
REFERENSER	26

Målsättning

Detta arbete är ett första försök att förutsättningslöst angripa och kartlägga ett restproduktbaserat, cementstabiliserat byggnadsmaterial med avseende på användningstekniska aspekter i byggnadstekniska tillämpningar. Systematisering och uppdelning av de grundläggande tekniska, miljömässiga och estetiska krav som ställs på nutida byggnadsmaterial är ett led i denna utveckling. Vi har försökt finna en angreppsväg till en metod att smidigt få fram väsentliga grundläggande egenskaper för materialet ifråga.

Utgångsmaterial

Till vårt förfogande i detta projekt ställdes en fibermassa huvudsakligen bestående av cellulosa. Denna utgör en restprodukt vid sulfatmassatillverkning i detta fall vid Skutskär. Cellulosamassan stabiliserades med standardportlandcement av Cementas tillverkning. Vi använde genomgående i provserien cement ur samma leverans. Jonbytt vatten användes vid gjutning och lagring. Dessa åtgärder vidtogs för att renodla förutsättningarna och minimera antalet okända faktorer.



Cellulosafibermassa i 3 olika former

Angreppsmetod

De materialegenskaper vilka i ett inledande skede kan anses primärt viktiga är följande:

- Grundläggande strukturanalys.

Bestämning av materialets porositet och densitet ger underlag för bedömning av ett flertal användningstekniska viktiga egenskaper t ex vad gäller hållfasthet och värmeledning.

- Hållfasthets- och deformationsegenskaper.

Bestämning av tryck- och draghållfasthet skall därför utföras och elasticitetsmodulen bestämmas.

- Värmetekniska egenskaper.

Provkroppar

Vi valde att tillverka provkropparna i cylinderform med måtten 5 cm i diameter och 10 cm i höjd. Därmed erhålls förhållandet $H/D = 2$ vilket medför att inverkan av friktionskrafterna mellan provkropp och tryckyta kan försummas vid tryckprovning. (Jfr fig 1)

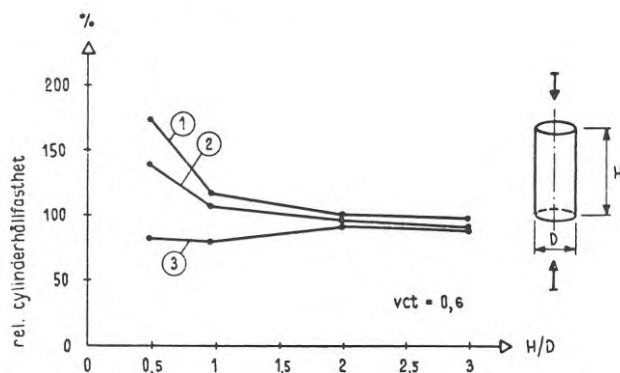


Fig 1 Effekt på tryckhållfastheten av de i kontaktytorna mellan provkropp och tryckplattor verkande friktionskrafterna.

Kurva 1. Direkt provningsmaskinens stålplattor

Kurva 2. Mellanlägg av 8 mm spånskivor

Kurva 3. Mellanlägg av 2.4 mm plast (Iridon 1000, polyetylen).

(Källa Pettersson 64)

Cylinderformade provkroppar ger ett renodlat spänningstillstånd utan störande hörneffekter vid tryckprovning. För dragprovning kan det så kallade brasilianska spräckprovet användas. Därvid brottbelastar man en liggande cylinder med jämnt fördelade tryckande linjelaster P längs två diametralt motstående generatriser.

I tryckutjämnande syfte läggs mellan cylindern och pressens tryckplattor remsor av hård träfiberskiva. Brottet blir en diametral spjälkning av cylindern efter belastningsplanet. (Jfr fig 2).

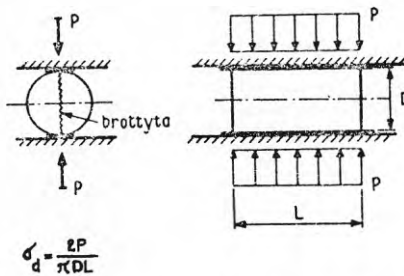
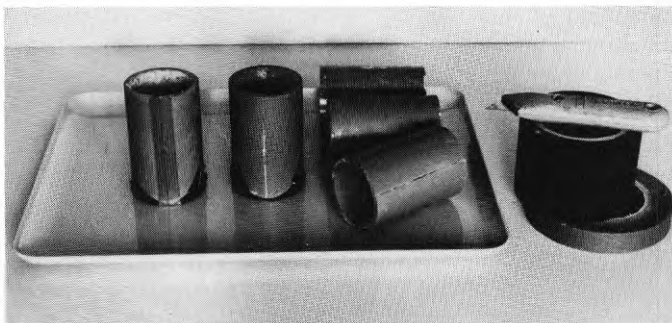


Fig 2 Det brasilianska spräckprovet med formel för draghållfasthet. (Källa Pettersson 64)

Gjutformarna bestod av PVC-rör där botten tätades med vävtape. Rören var uppslitsade längs en generatris för att underlätta avformningen av provkropparna. Även slitsen tätades under gjutning med vävtape för att vatten ej skulle pressas ur formen vid bearbetning och komprimering.



Preparering av gjutformar

Provmaterial

Materialet som provades utgjordes som tidigare nämnts av cement, cellulosa-fibrer och vatten. Parametrar som varierades var vattencementtalet - vct = vikt vatten/vikt cement - och andel iblandad cellulosa. Cellulosamängden uttrycktes i procent genom att relatera torr vikt cellulosa till torr vikt cement. Valda undersökningskombinationer ses i tabell 1. Fullständigast gjordes undersökning med vct = 0.40 där teoretisk förutsättning för fullständig hydratisering av cementet föreligger.

VALDA BLANDNINGSKOMBINATIONER.

vct %	0.32	0.40	0.43	0.50	0.63
0		X			
1	X	X			
3	X	X	X		
5		X		X	X

TABELL 1

Provkroppstillverkning

Cellulosamassan levererades i mycket ohanterlig form och fick därför först prepareras på olika sätt. Fibrerna slammades upp i jonbytt vatten, vilket avdunstades i värmeugn. För att få tillverkningen av provkropparna lätthanterlig hölls suspensionen upp på plåtar och placerades i värmeskåp vid 60-70 °C. Man erhöll då tunna porösa skivor av cellulosa, vilka nu lätt gick att slamma upp i vatten. (Se bild sid 1).

Vid gjutningarna blandades först vatten och cellulosa som fick stå och svälla några minuter varunder rutin-tester på pH och glukoshalt gjordes. Därefter i-blandades cementet. För att få så homogena och jämna provkroppar som möjligt utan iblandade luftporer utfördes gjutningen i formarna med en kombination av vibrering och stavpackning. Formarna fylldes i minst tre etapper som var och en först packades med stav och därefter vibrerades på Vebe-bord. Kompri-meringen och packningen var problematisk då bland-ningarna var mycket elastiska. Vid låga vct var blandningarna dessutom mycket svåra att bearbeta. Efter ett dygn under våta säckar avformades prov-kropparna och vattenlagrades i rumstemperatur.

Provningar och provningsmetoder

För att undersöka hållfasthetsutvecklingen hos "cellulosabetongen" utfördes tryckhållfasthetsprov på en serie provkroppar vid olika tidpunkter. Vald blandning karakteriserades av vct = 0.40 och 3 % iblandad cellulosa. Denna blandning antogs represen-tativ i vår undersökning. Undersökta hydratiserings-tider var tre, sex, tio, 19 och 28 dygn.

Efter 28 dygns hydratisering utfördes tryckhållfast-hetsprov på alla olika blandningskombinationerna. (Jfr tabell 1). Provcylindrarnas tryckytor slipades där-vid först planparallella. Vid tryckhållfasthetsprov-ningen uppmättes även provkropparnas stukning varvid $\sigma - \epsilon$ - diagram kunde uppritas varur elasticitets-modulen sedan beräknades.

Det s k brasilianska spräckprovet användes för att bestämma draghållfastheten, vilket genomgående ut-fördes efter 28 dygns hydratisering. Vid tryck- och spräckprovningen var provkropparna vattenmättade.

Porositet och skrymdensitet bestämdes på samtliga provkroppar i tryckprov- och spräckprovserierna. Porositeten bestämdes enligt metoden "totalporositet" vilken bygger på uttorkning vid 105 °C från vattenmättnad. Den ger principiellt ett värde på porositeten som är något högre än "den verkliga". Man får således ett värde som vanligen i byggnadstekniska sammanhang är "på säkra sidan". (Materialet ifråga övervärderas ej med avseende på hållfastheter, dock kanske i värmetekniska hänseenden). Skrymdensiteten γ - massa/volym - beräknades för både vattenmättat och torrt tillstånd.

Glödgningsförlusten - den förlust man får då ett prov upphettas ca 1200 °C i omkring en halvtimme - togs fram för de olika blandningskombinationerna. Dessa relaterades ej till samma hydratiseringstid, men alla prover hade uppnått minst 28 dygns ålder.

Provningsresultat

Tryckhållfasthetsutveckling

Tryckhållfasthetsutvecklingen med avseende på hydratiseringstiden framgår av diagram 1. Förloppet uppvisar en jämn utveckling med tillväxt utklingande asymptotiskt mot ett maxvärde. Blandningen med denna cellulosa-koncentration hydratiserar sålunda analogt med vanlig betong men sluthållfastheten är dock mycket lägre än för ren cementpasta. Enligt Grudemo 75 kan cementpasta med $v_{ct} = 0.40$ uppnå en tryckhållfasthet av nära 70 MPa efter 30 dygn. Vår egen undersökning med provkroppar av större volym gav nära 50 MPa för ren cementpasta med $v_{ct} = 0.40$. Tryckhållfasthetsutvecklingen har undersökts på ett begränsat antal provkroppar med 5 stycken i varje moment.

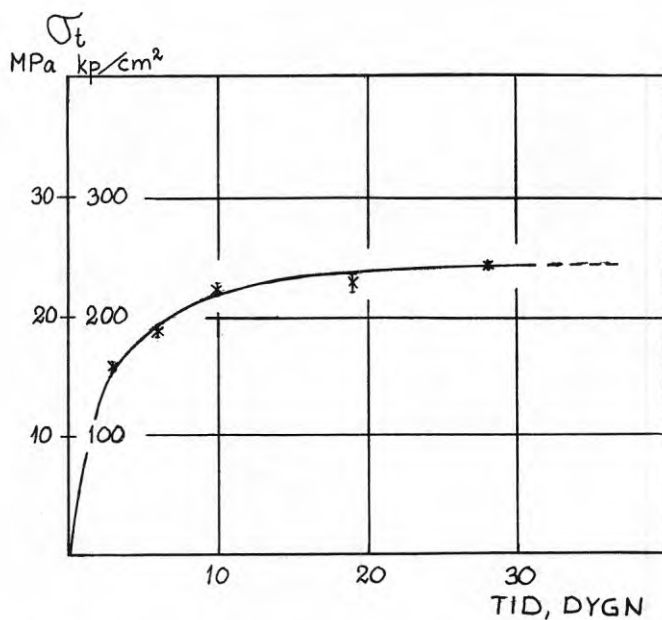


DIAGRAM 1

Tryckhållfasthet efter 28 dygns lagring

Diagram 2 visar tryckhållfastheten med avseende på iblandad cellulosa-fibermängd. I diagrammet står vid respektive blandning dess vct. Hållfastheten sjunker för ökande fiberblandning. För högra fiberhalter ligger dock de erhållna värdena förhållandevis samlade.

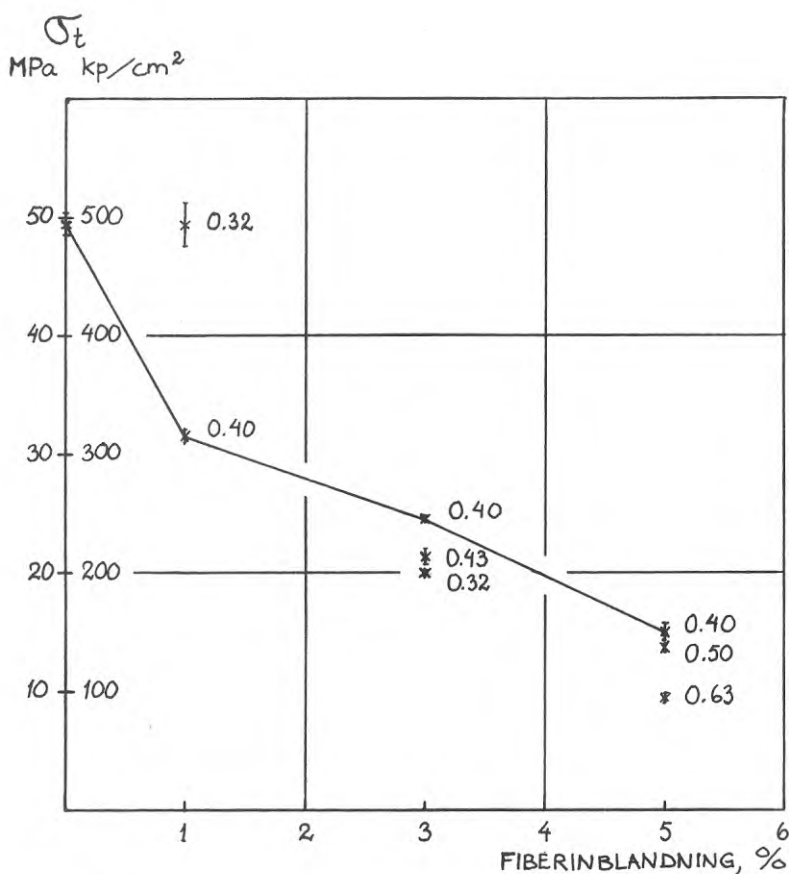


DIAGRAM 2

Tryckhållfastheten redovisas också med avseende på vct, se diagram 3. Där kan man se att för vct = 0.40 nedsätts hållfastheten nära 35 % mellan 0 % och 1 %

fiberblandning. Fibrerna har ej nämnvärd armeringskaraktär. Övervägande delen av fibrerna är mycket korta.

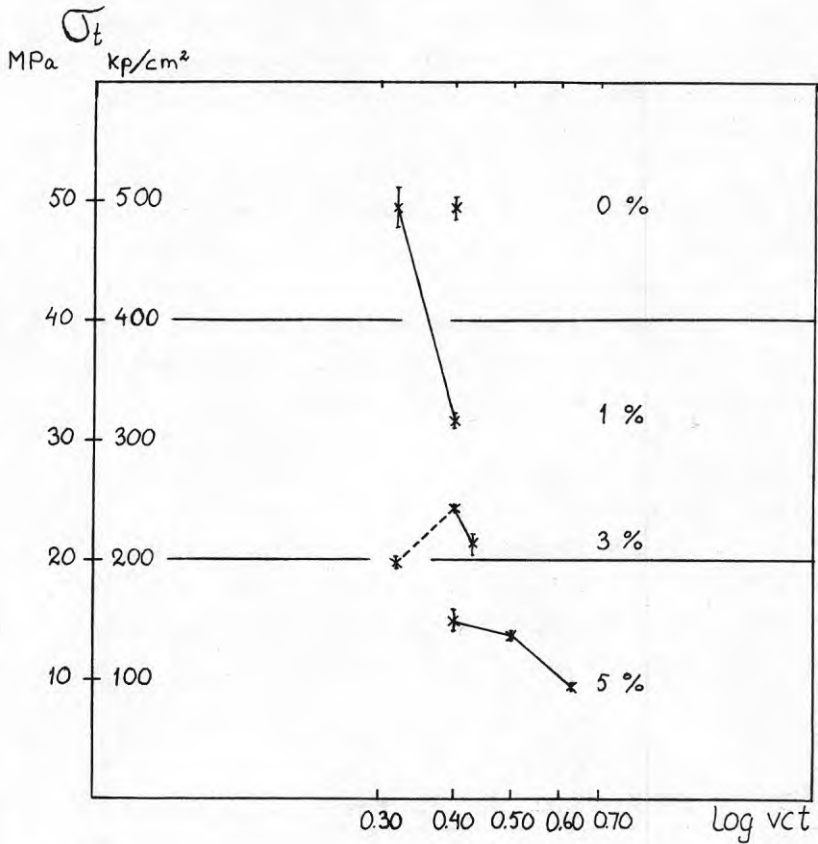


DIAGRAM 3

Provnings eftersträvade omfattning var tio provkroppar för varje blandning. I diagrammen har medelvärdeets standardavvikelse markerats. Vct har utsatts i diagram 2 och %-andelen i diagram 3 som komplettering. Blandningen med vct = 0.32 och 3 % fiber var mycket svårblandad och svärgjuten. Detta kan förklara varför det erhållna resultatet ligger så markant lågt i diagrammet. Dessutom har kanske fibrerna som är mycket vattensugande, dragit åt sig en större mängd vatten så att cementet inte fått tillräckligt för sin hydratisering.

Elasticitetsmodul

I samband med tryckprovningen bestämdes också materialets stukning. Med hjälp av dessa värden uppritades $\sigma - \epsilon$ -diagram för de olika blandningskombinationerna. I diagram 4 redovisas resultaten. Där har varje kurva baserats på en population av i genomsnitt tio provningar.

Man kan i diagrammet se antydning till minskning i brottstukning vid ökande iblandning av fibrer. Detta tycks vara fallet för blandningen med vct = 0.40 vid vilken tyngdpunkten i undersökningen har lagts. Dock förefaller höga vattencementtal med hög fiberiblandning ha hög brottstukning.

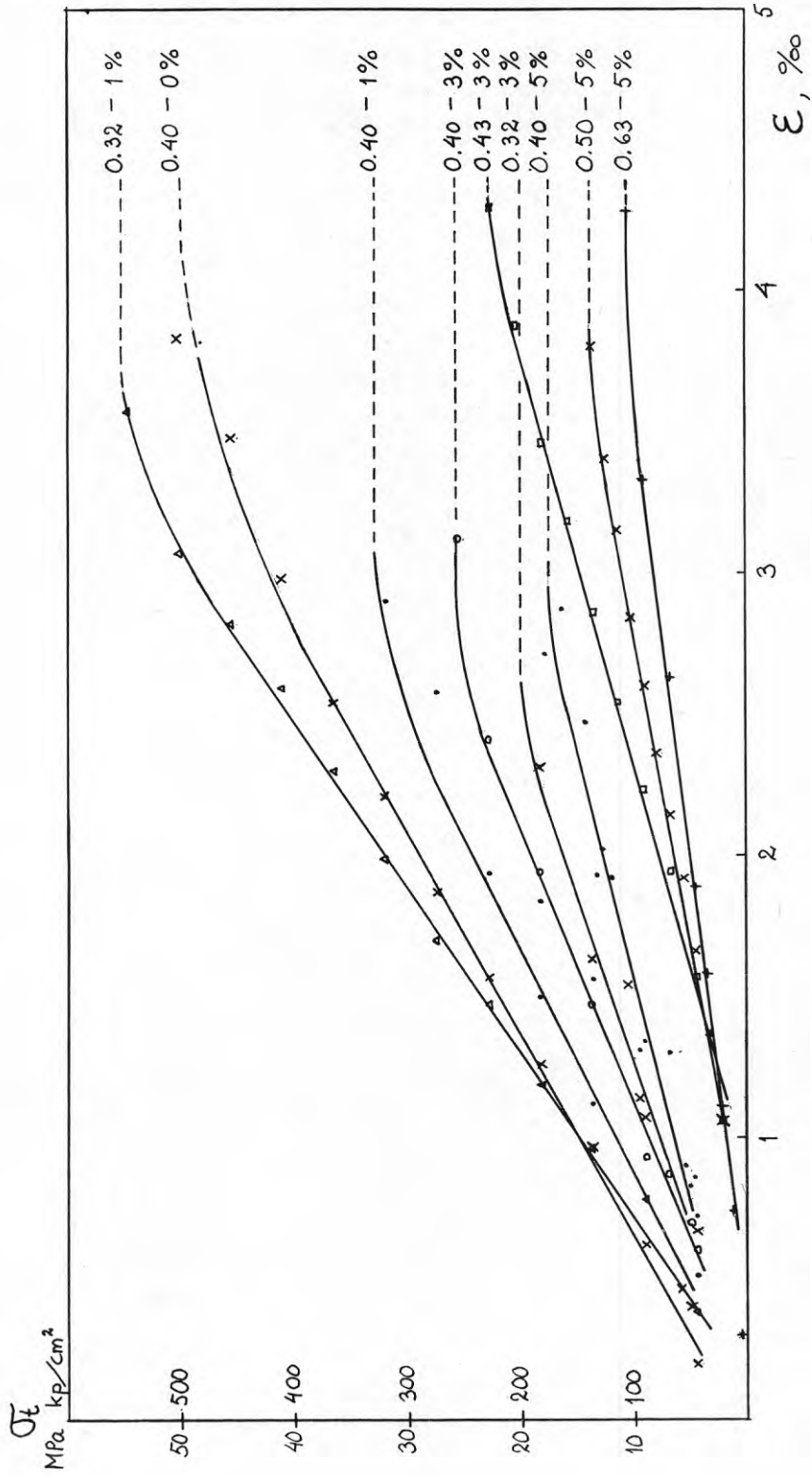
Med hjälp av diagrammet har elasticitetsmodulen för de olika blandningarna beräknats, se tabell 2. Ur litteraturen kan nämnas att trä parallellt med fibrerna har en E-modul inom området $0.10-0.13 \cdot 10^5$ MPa vid dragning och högtrycksånghärdad gasbetong ligger vid tryck inom området $0.01-0.03 \cdot 10^5$ MPa.

ELASTICITETSMODULER, $\cdot 10^5$ MPa

vct %	0.32	0.40	0.43	0.50	0.63
0		0.14			
1	0.17	0.12			
3	0.08	0.10	0.07		
5		0.06		0.04	0.03

TABELL 2

DIAGRAM 4



Draghållfasthet efter 28 døgns lagring

Resultaten av spräckprovningarna redovisas i diagram 5 med avseende på fiberiblandningen och i diagram 6 med avseende på vattencementtalet.

Även draghållfastheten sjunker med ökad fiberiblandning. När procentandelen fibrer ökas tycks inte storleken på vattencementtalet spela så stor roll vilket också kunde iakttas vid provningar av tryckhållfastheten. Draghållfastheten avtar inte så snabbt som tryckhållfastheten vid ökande fiberiblandning.

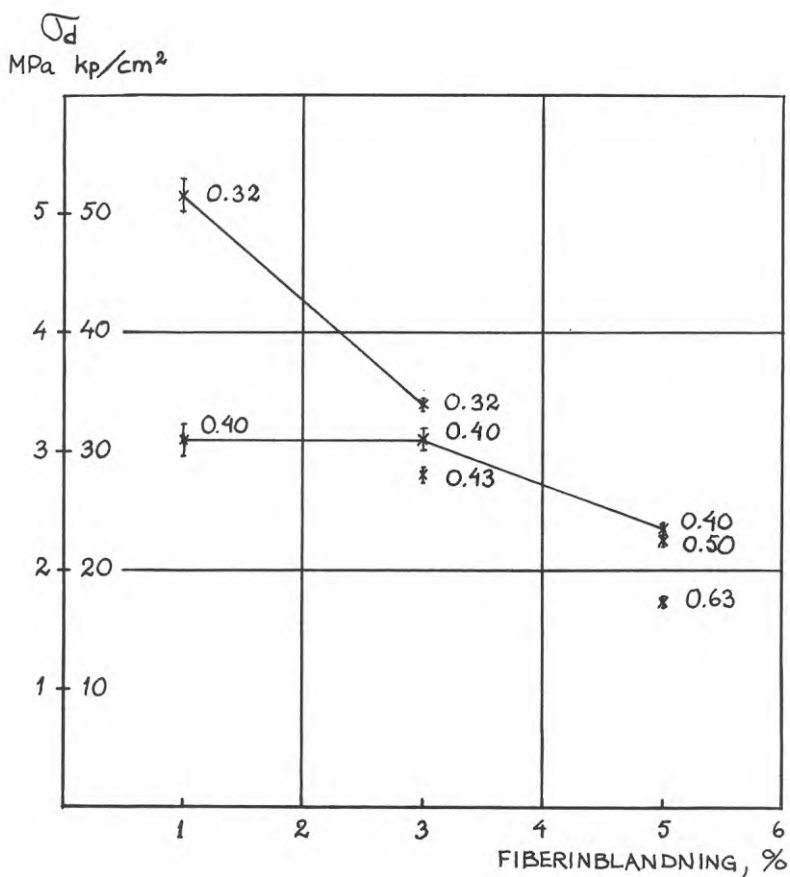


DIAGRAM 5

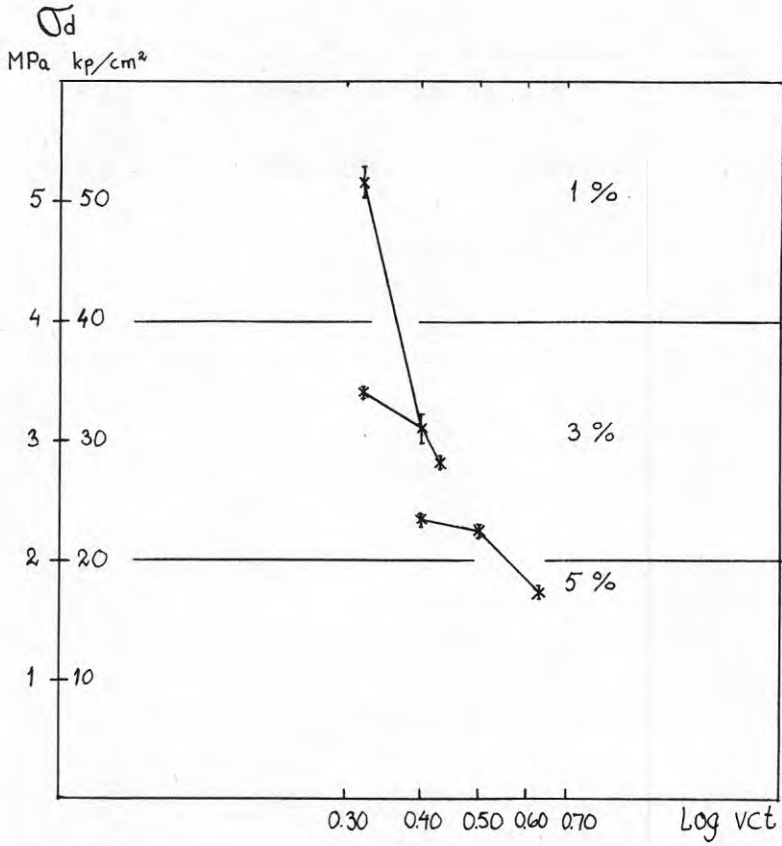
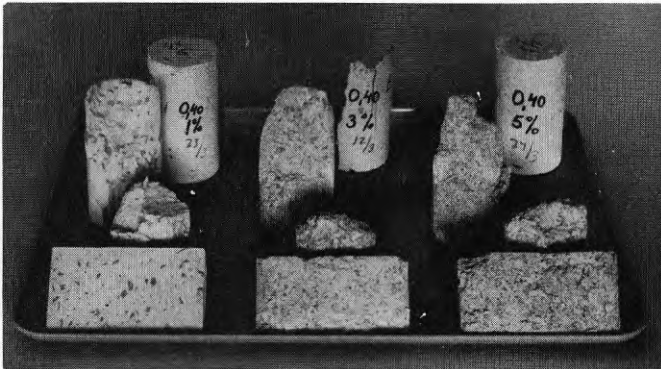


DIAGRAM 6



Cellulosabetong med vct = 0.40 och
1 - 3 - 5 % fiberblandning.
Tryckta och spräckta provkroppar.

Draghållfasthetsbestämningarna gjordes på tio provkroppar och medelvärdet och dess standardavvikelse är utsatta i diagrammen. Den "tredje parametern" finns också markerad i respektive diagram.

Diagram 7 visar förhållandet mellan drag- och tryckhållfastheterna som funktion av andel iblandade cellulosa-fibrer. Vattencementtalen är utsatta i diagrammet.

Hållfasthetskvoten ökar vid ökad iblandning av fibrer. Förhållandet är uttryckt i procent. Det skuggade bandet i diagram 7 visar området för förhållandet $\frac{\sigma_d}{\sigma_t}$ för betong av aktuell provkroppsstorlek och form. Värdena är framtagna ur litteraturen.

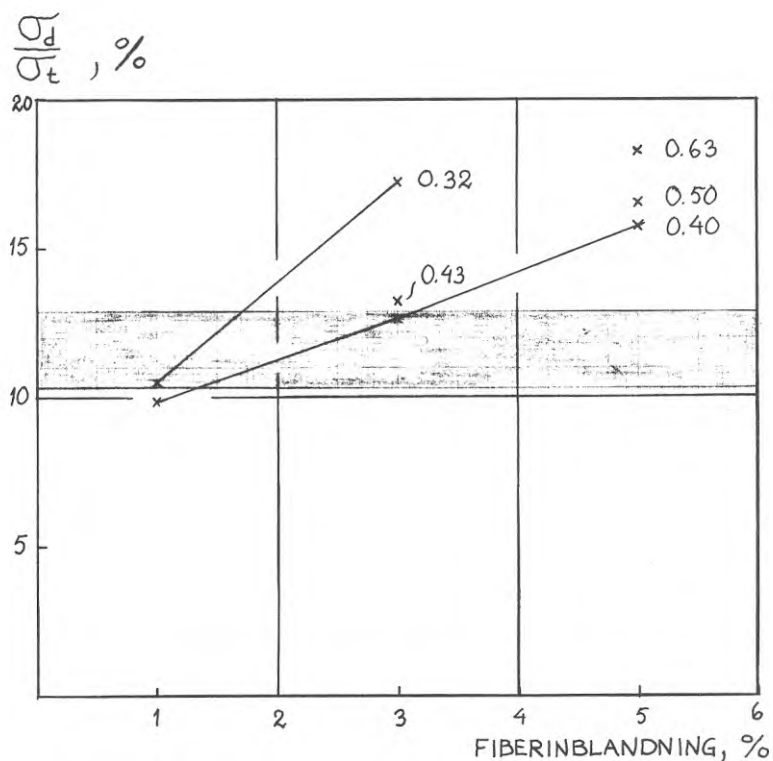


DIAGRAM 7

Porositet

Porositet hos de olika blandningskombinationerna med avseende på vattencementtalet är uppritad i diagram 8. De erhållna värdena kan approximeras till en rät linje utan större inverkan av blandningskombination. Olika procentblandning ger förvånansvärt liten differens.

Den streckade linjen anger teoretiskt beräknade värden på porositeten för ren cementpasta vid olika vct. Dessa teoretiska värden ansluter med god approximation till värden framtagna med hjälp av totalporositetsmetoden (Carlsson 75). Maximala differensen mellan kurvorna vid olika vattencementtal är ca 2 %.

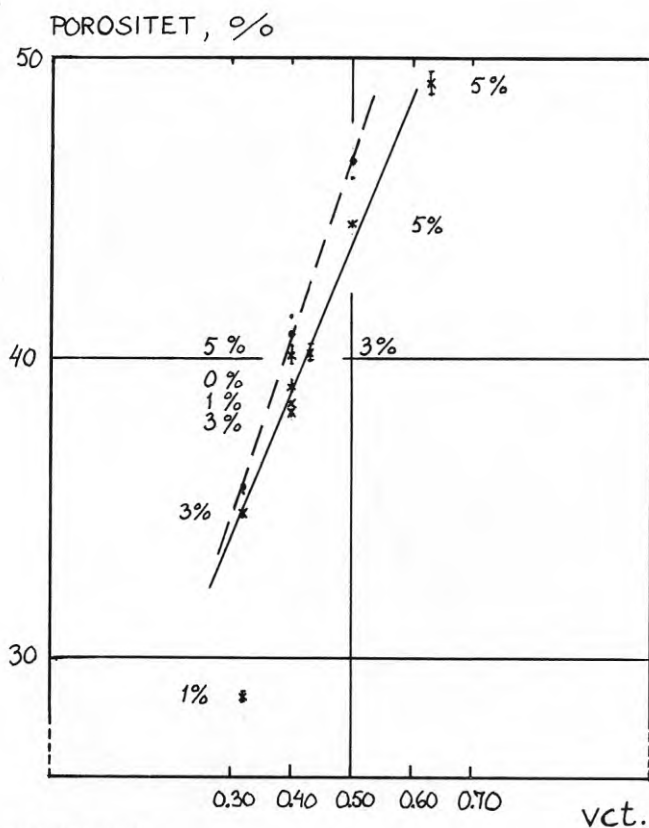


DIAGRAM 8

Densitet

Sambandet mellan tryckhållfastheten och skrymdensiteten för torrt material framgår av diagram 9. Tre styrkenivåer kan svagt urskiljas vid de tre olika fiberblandningarna. Erhållna resultat för 5 % blandningar ligger mellan 10 - 15 MPa och för 3 % blandningar mellan 20 - 25 MPa. Vid lägre fiberblandning tycks vattencementtalet ha större inverkan då 1 % blandningarna skiljer från ca 30 till 50 MPa. Något klart samband mellan densitet och hållfasthet kan ej urskiljas. Möjligen är resultaten vid vct = 0.40 att anse som väl samlade med avseende på densiteten.

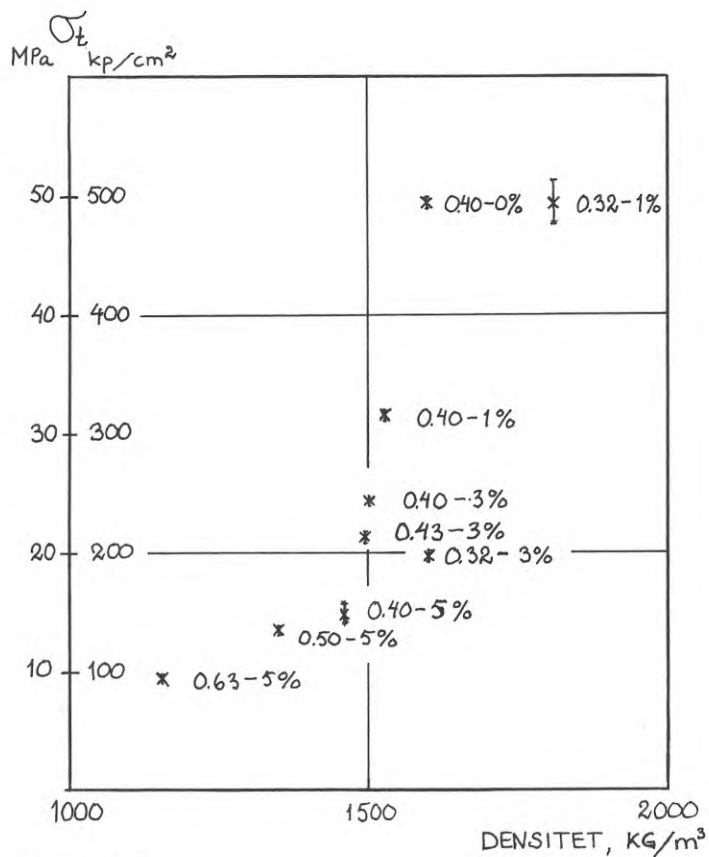


DIAGRAM 9

Ovanstående gäller i princip även för diagram 10 där draghållfastheten med avseende på skrymdensiteten för torrt material redovisas. Grovt sett ligger 5 % och 3 % områdena mellan 2 - 2.5 MPa respektive 3 - 3.5 MPa. Den lägsta procentblandningen varierar mellan 3 - 5 MPa.

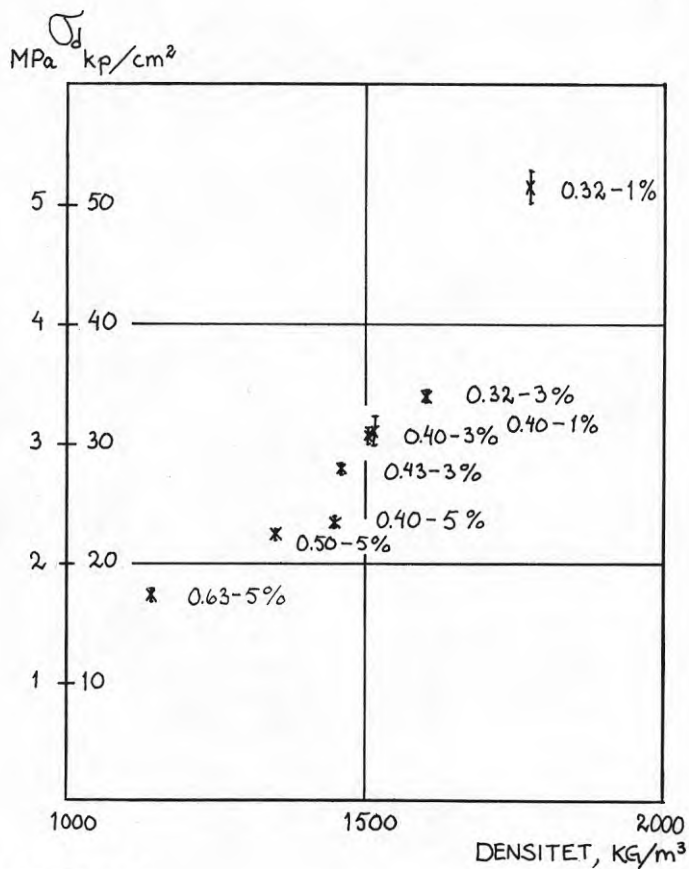


DIAGRAM 10

Värmeledningsförmåga (λ -värde)

För att få ett grepp om materialets värmeledningsförmåga och därigenom få vägledning till ytterligare undersökningar användes en av Kreüger - Eriksson uppställd formel

$$\lambda = K \left[\frac{\gamma}{5} + \frac{\gamma^4}{30} \right]$$

Den är ett empiriskt samband vilket är uppställt, baserat på en stor mängd provningar av i huvudsak tyngre material. Detta gör den lämplig vid dessa blandningskoncentrationer.

Konstanten K får värdet 1.2 vid cementbundna material. De beräknade resultaten redovisas i diagram 11.

λ , VÄRMELEDNINGSFÖRMÅGA, W/mK .

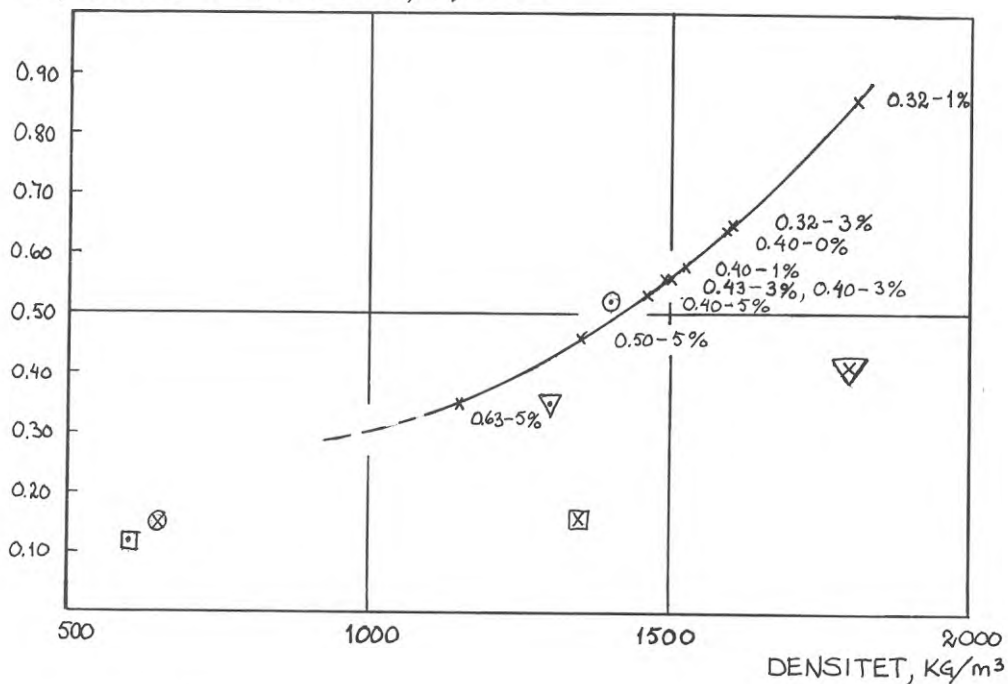


DIAGRAM 11

Värmeledningsförmågan minskar vid ökande vct och ökande fiberblandning. De erhållna värdena bildar en jämn kurva, vilken har skissats en bit vid låga densiteter. Värmeisoleringsförmågan ökar följaktligen vid ökande fiberblandning. Den skissade delen av kurvan antyder dock att ett gränsvärde nedåt tycks finnas för λ -värdet.

I diagrammet har några värden på värmeledningsförmågan för andra material medtagits som jämförelse.

Murverk av håltegel markerat	⊙
Kork- och sågspånsbetong markerat	▽
Trä \perp fibrerna (gran eller furu) markerat	◻
Autoklaverad gasbetong markerat	⊗
Asbestcementskivor markerade	▽
PVC-plast halvård markerad	⊗

Observera att värdena som angivits ovan inte är de direkt praktiskt tillämpbara. Redovisade värden gäller för torra material. I praktiken har man alltid ett visst fukttinnehåll i materialet. (Jfr. Svensk Byggnorm 1967).

Glödgningsförlust

Resultaten av glödgningsförlustbestämningarna redovisas i diagram 12. Där kan utläsas att förlusten ökar med ökande fiberblandning. Varje blandning med lika vattencementtal, borde ha lika stor glödgningsförlust. Av resultaten ser man att en del av de iblandade fibrerna förbränns. Den stora differensen vid vct = 0.32 kan kanske förklaras av att fibrerna inte "impregnerats" med cement som tidigare antytts. Det bör här påpekas att detta glödgningsförlustförsök inte säger något om materialets brandegenskaper.

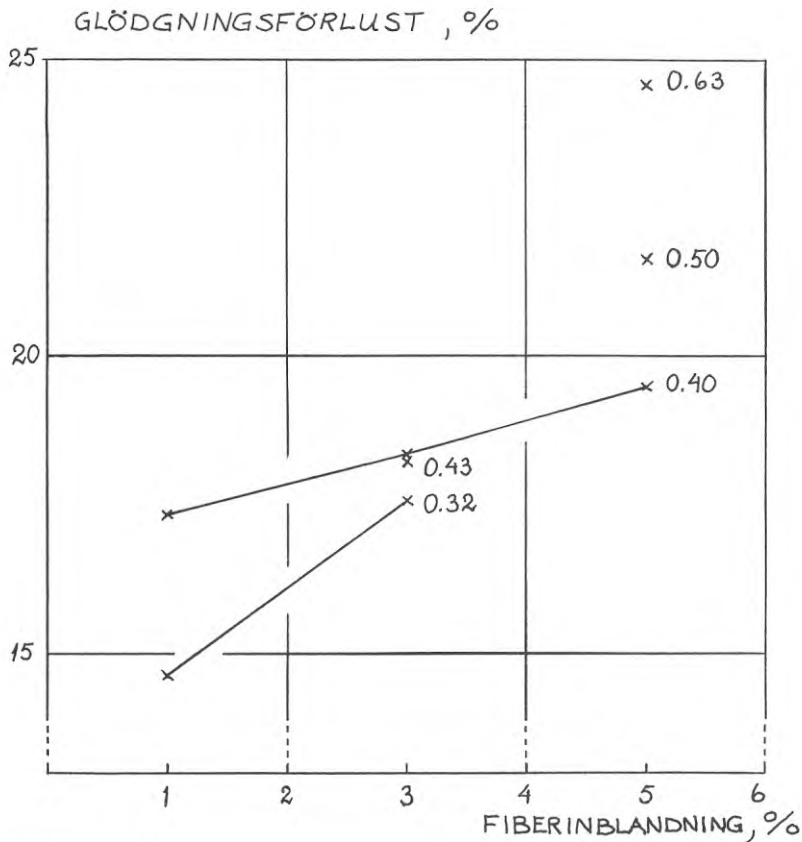


DIAGRAM 12

Kompletterande undersökningar

Det första försöket som gjordes med cellulosa-fiber-massan var att prova hur materialet reagerade vid en undersökning över förekomst av organiska föroreningar enligt B5-73. Detta - s k humustest - är utarbetat för undersökning av ballastmaterial till betong. Vi modifierade det på så sätt att vi gjorde provet med två olika fiberkoncentrationer. Den naturfuktiga fibermassan togs direkt vid leverans och blandades med 3-procentig natriumhydroxidlösning enligt instruktion i B5. Ingen anmärkningsvärd färgning erhöles. De uppslammade fibrerna sedimenterade dock dåligt.

I orienterande syfte bestämdes kompaktdensiteten för den torra fibermassan. Det utfördes i en Beckman-pyknometer. Resultatet blev 1.6 g/cm^3 , vilket är ungefär lika med kompaktdensiteten för trä.

Kontrollen av pH utfördes främst vid höga koncentrationer av fibrer. I blandningen av vatten och cellulosa för respektive blandningskombination gjordes mätningen innan cementet blandades i. Värdet på pH sjönk vid vct = 0.40 från 5.1 vid 3 % fiberiblandning till 4.6 vid 5 % iblandning. Vid vct = 0.50 och 5 % fiberiblandning erhöles pH = 4.8 och vid vct = 0.63 med lika stor fiberandel låg pH-värdet mellan 4.3 - 4.5.

För att få en uppfattning om huruvida de använda fiberkoncentrationerna innehöll något glukos, provade vi blandningarna med indikatorpapper. Dessa reagerade svagt positivt endast vid 5 %-satserna. Socker i någon form finns tydligen i materialet, vilket man bör observera och vara vaksam på. I litteraturen anges att kolhydrater (socker) i mätbar mängd inte får finnas i de ingående delmaterialen till betong. Noggrannare utredning och undersökning rekommenderas med avseende på detta sammanhang.

Synpunkter i anslutning till försöksresultaten

Tryck- och draghållfastheten nedsätts avsevärt hos cementpastan vid iblandning av cellulosa-fibrer. Med ledning av orienterande försök och vetenskapen om glukoshalt i cellulosa-massan tycks det finnas ett gränsvärde för tillsatt cellulosa-mängd i cement-pastan, där blandningen ej längre hydratiserar. Vilket detta värde är kan ej utläsas direkt ur vår försöksserie. Möjligheten att häva denna effekt med hjälp av tillsatsmedel bör undersökas. De i denna undersökning använda fiberhalterna ligger emellertid betryggande under gränsvärdet.

Förhållandet mellan drag- och tryckhållfastheterna ökar med ökande fiberblandning vilket torde kunna räknas till materialets fördelar. Kanske kan ett slagseghetstest ytterligare dokumentera en egenskapsförbättring med avseende på materialets energiupptagningsförmåga.

Intressant är diagrammet över värmeledningsförmågan med avseende på densiteten. Följer man den grovt skisserade kurvan ner till låga λ -värden ($< \text{ca } 800 \text{ kg/m}^3$), har dessa blandningar också låga densiteter. Ser man då på diagram 9 och 10 kan man vid dessa låga densiteter inte förvänta sig någon nämnvärd hållfasthet hos materialet, som då inte kan användas som kraftupptagande. Möjligen ligger dessa blandningar i den nämnda "riskzonen" med avseende på hydratiseringen. Lägsta praktiska densitet torde ligga vid $\text{ca } 1200 \text{ kg/m}^3$ vid här använd blandningsteknik. Ytterligare undersökningar inom området med högre iblandningar av cellulosa är ett intressant område, där ytterligare utveckling torde kunna ske.

Materialutveckling

För att få en samlad bedömning av ett nytt material kan man systematisera detta till ett schema i likhet med tabell 3. Där har uppställts en jämförande studie mellan olika skivmaterial, där egenskaper som ansetts signifikanta för användning i lägenheter medtagits. Utifrån dessa egenskaper har därefter en klassificering i funktionshänseende gjorts för funktionerna inner-, yttervägg, golv och innertak. En sådan skisserad metod kan vidgas och utvecklas till en samlad bedömning av användningsområde inom husbyggnadstekniken.

Ett område som bör beaktas och utredas avser fuktproblematiken. Sorptionsisotermen för ett material är mycket värdefull då den ger uppfattning om uttorkningsförlopp såväl som av materialets porstorleksförhållanden. Även kapillärsugning hos materialet är viktig för byggnadsdelar t ex vid eventuell användning som fasadmateriäl.

Då ett materials olika användningsområden kunnat urskiljas är det önskvärt att beständighetsfrågorna för dessa ytterligare utreds.

Byggnadsmateriäl i olika byggnadsdelar utsätts för olika angrepp och påfrestningar. Dessa bör även beaktas i en kravprofil enligt tidigare skisserat förfarande. Beständighet mot klimatiska angrepp och beständighet mot brand kan anses som de viktigaste.

På grund av materialets innehåll av organiskt (brännbart) materiäl bör brandfrågorna något kommenteras. Som nämnts tidigare är uppgifter om glödgningsförlustens storlek inte tillräckliga för en brandteknisk bedömning utan en sådan måste i princip baseras på de av statens planverk fastställda provningsmetoder som anges i Svensk Byggnorm 1975.

En viss jämförelse kan dock i detta fall göras med t ex träullsplatta. Detta material - utfört enligt svensk standard - består av ca 67 vikt-% cementpasta och 33 vikt-% trä d v s väsentligt mer organiskt material än i det material som undersökts. Träullsplattan har emellertid trots att den inte formellt uppfyller kraven för obrännbart material godkänts av planverket för "användning där eljest obrännbarhet krävs".

Det finns därför grundad anledning anta att även cellulosabetong av här undersökt slag bör kunna bedömas gynnsamt vad gäller de brandtekniska egenskaperna.

TABELL 3

(Källa Björklin, Falkeborn, Nyman, Svensson 76).

OBS. Fiberbetongen i tabellen är armerad med stålfibrer.

MATERIAL:	FIBERBETONG	GIPS	SPÅNSKIVA	ASBESTCEMENT
EGENSKAPER:				
Tjocklek	(mm)	9 13	12 22	3 6
Densitet	(kg/m ³)	800 800	700 700	1700 1500
Vikt	(kg/m ²)	8 10	8 15	5 9
Böjhållfasthet (tvärrikt.)	(MPa)	4 3	20	25 22
E-modul	(GPa)	2 2	3 3	15 15
Krypning	(%)	0.6	0.6	
Fuktrörelse	(%)	0.4 0.4	1.0 1.0	1.0 2.5
Obrännbart	(-)	+	+	(+)
Tändskyddande	(-)	+	+	+
Flamsäkert	(-)	+	+	+
Värmemotstånd	(m ² C/W)	0.02 0.04 0.04 0.06	0.06 0.11	0.01 0.02
Ljudisolering	(-)	-	-	-
Spikbarhet (ut.borrn.)		+	+	+
FUNKTION:				
Innervägg		+	++	
Yttervägg		+		++
Golv		++	++	
Innertak		++	++	

REFERENSER

- Grudemo, Å, 1975, On the role of the pore size and shape in strength - structure relationships of cement pastes. (Cement- och betonginstitutet.) Rapport 11. Stockholm.
- Nilsson, L, 1975, Reinforcement of concrete with sisal and other vegetable fibres. (Swedish Council for Building Research.) Document 14. Stockholm.
- Petersons, N, 1964, Strength of Concrete in Finished Structures. (Cement- och betonginstitutet.) Särtryck 26. Stockholm.
- Skarendahl, Å, 1975, Fiberarmerade cementbaserade material. (Cement- och betonginstitutet.) Rapport 6. Stockholm.
- Skarendahl, Å, 1975, Fiberbetong - produktionsmetoder, egenskaper och användning. (Cement- och betonginstitutet.) Rapport 14. Stockholm.
- Bestämmelser för betongkonstruktioner. Material och utförande, 1973, (Statens betongkommitté.) Stockholm.
- Bygg huvuddel 2. Materiallära, 1968, (AB Byggmästarens förlag.) Stockholm.
- Svensk Byggnorm 67, 1967, (Statens planverk.) Stockholm.
- Svensk Byggnorm 1975, (Statens planverk.) Stockholm.
- Ahlgren, L, Bergström, S G, Fagerlund, G, Hillerborg, A, Nielsen, A, 1974, Allmän kurs i byggnadsmateriallära. (Sigma-tryck.) Kompendium. Lund.

Hartler, N, Cellulosateknik, orienterande kurs.
(Institutionen för Cellulosateknik, KTH.) Kompendium.
Stockholm.

Carlsson, B, 1975, Bestämning av porositet i cement-
pasta. Jämförelse mellan fyra metoder. (Avd för
Byggnadsmateriallära, KTH.) Examensarbete 1975:2.
Stockholm.

Sandin, K, Söderberg, R, 1971, Fiberarmerad betong.
(Avd för Byggnadsmateriallära, LTH.) Examensarbete
4.5. Lund.

Svensson, G, Mattiasson, L-P, 1975, Fiberförstärkning
av gips. (Institutionen för Byggnadsteknik, LTH.)
Examensarbete. Rapport 65. Lund.

Björklin, O, Falkeborn, T, Nyman, B, Svensson, B,
1976, Fiberbetong som skivmaterial. En jämförelse
med etablerade skivmaterial. (Seminarium i Byggnads-
materiallära, KTH.) Mars. Stockholm. /Opublicerad
stencil./

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 751003-1 från
Statens råd för byggnadsforskning till avdelningen för Bygg-
nadsmateriallära, KTH, Stockholm**

**R13: 1977
ISBN 91-2661-X
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6600613
Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktion**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403,
111 84 Stockholm**

Pris: ca 20 kr + moms