

Miljøstyrelsen

Anvendelse af nedknust tegl i vejbygning



August 1989

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K

dwb DANSK VEJBETON A/S

 **Vejdirektoratet**
Statens Vejlaboratorium

ANVENDELSE AF NEDKNUST TEGL I VEJBYGNING

INDHOLDSFORTEGNELSE

- 0. INDLEDNING
 - 0.1 Forord
 - 0.2 Konklusioner
 - 0.3 anbefalinger
- 1. PROJEKTET
 - 1.1 Baggrund
 - 1.2 Projektgruppe
 - 1.3 Formål
- 2. MATERIALETYPER
- 3. FORSØG MED UBUNDNE MATERIALER
 - 3.1 Udtagning af prøver
 - 3.2 Sigteanalyser
 - 3.3 Sandækvivalent
 - 3.4 Proctorforsøg
 - 3.5 CBR-forsøg
 - 3.6 Absorption og densitet
 - 3.7 Los Angeles slidprocent
 - 3.8 Vibrationsindstampning
 - 3.9 Vurdering
- 4. FORSØG MED CEMENTBUNDNE MATERIALER
 - 4.1 Materialesammensætning
 - 4.2 Prøvningsomfang og beskrivelse af prøvningsmetoder
 - 4.3 Prøvningsresultater
 - 4.3.1 Densitet
 - 4.3.2 Spaltetrækstyrke
 - 4.3.3 Trykstyrke og frostbestandighed
 - 4.3.4 E-modul
 - 4.3.5 Udtørringssvind
- 5. VURDERING AF DE CEMENTBUNDNE MATERIALER
- 6. BILAG

0 INDLEDNING

0.1 Forord

Det i det efterfølgende beskrevne forsøg er gennemført med henblik på etablering af et grundlag for vurdering af egnetheden af genbrugsmaterialer fremstillet af bygningsaffald samt bærelag i vejbelægninger.

De fundne egenskaber i genbrugsmaterialerne er vurderet ved sammenligning med tilsvarende egenskaber i prøver, fremstillet af naturligt, forekommende grusmaterialer.

De nævnte forsøg er udført i perioden 1. maj 1988 til 30. april 1989 i et samarbejde mellem

Dansk Vejbeton A/S

og

Vejdirektoratet,
Statens Vejlaboratorium

Projektet er gennemført med støtte fra Rådet vedr. Genanvendelse og mindre forurenende teknologi med sekretariat i Miljøstyrelsen.

0.2 Konklusioner

Ubundne materialer

På baggrund af de udførte laboratorieforsøg kan man ikke entydigt sige, om nedknuste materialer af bygningsaffald, hovedsageligt bestående af tegl, egner sig til indbygning i ubundne bærelag.

Vi ved ikke, hvordan materialerne vil arte sig under indbygning og senere under trafikbelastning.

Forsøgsresultaterne antyder, at materialerne vil kunne anvendes i mindre veje og under pladser med ringe trafik.

Hvor der er tale om gentagne dynamiske belastninger og tung trafik, udgør nærværende forsøgsserie ikke tilstrækkeligt grundlag for sikre konklusioner.

Bundne materialer

De udførte laboratorieforsøg påviser ingen funktionsmæssig betydende forskel mellem materialer fremstillet af naturligt grus og af de nedknuste genbrugsmaterialer af tegl. Styrke og bestandighed er i alle tilfælde fundet tilfredsstillende.

Forsøgsresultaterne kan således - dog med prøvningens beskedne omfang som forbehold - danne grundlag for en anbefaling af genanvendelse af nedknust bygningstegl i cementbundne bærelag i vejbygningen.

Materialerne bedømmes som ligeværdige med naturligt forekommende grus. Det skal dog nævnes, at genanvendelse af de svageste tegltyper i cementbundne bærelag synes at føre til meget store udtørringssvind. Dette kan under ugunstige forhold føre til dannelse af reflektionsrevner i overliggende asfaltbelægninger. Såfremt det cementbundne genbrugsmateriale anvendes som bærelag for en betonbelægning, er forholdet uden betydning.

0.3 Anbefalinger

Det anbefales, at muligheden for anvendelse af de omhandlede materialer i ubundne bærelag gøres til genstand for yderligere undersøgelse, før en anvisning vedrørende materialets anvendelse i belægninger med gentagne, dynamiske belastninger og tung trafik udarbejdes.

Det anbefales endvidere, at det relativt store udtørringssvind, der er observeret, for så vidt angår de cementbundne materialer, gøres til genstand for en nærmere undersøgelse med særligt henblik på vurdering af betydningen af dette svind i relation til dannelse af reflektionsrevner i overliggende asfaltlag.

Det foreslås, at fænomenet studeres, dels ved gennemførelse af en række trækforsøg, kombineret med mikrostrukturelle undersøgelser, dels i praksis ved anlæg af en forsøgsbelægning med en længde på min. 200 m.

1. PROJEKTET

1.1 Baggrund

Koordinationsgruppen vedrørende genanvendelse af bygningsaffald, nedsat af Miljøstyrelsen februar 1987, konstaterede på et møde 1/12-1987, at en væsentlig årsag til den sparsomme anvendelse af nedknust bygningsaffald som substitutionsmateriale for stabilgrus, fremstillet af primære råstoffer, antageligt måtte søges i det forhold, at der ikke fandtes et sæt retningslinier for i hvilket omfang, det var hensigtsmæssigt at anvende dette genbrugsmateriale.

Gruppen nedsatte et arbejdsudvalg, der fik til opgave at udarbejde et forslag til forsøgsprogram med sigte på udgivelse af 'retningslinier for anvendelse af nedknust tegl i vejbygning'.

Arbejdsudvalget, der bestod af Knud Puckmann, Statens Vejlaboratorium og Anders Henrichsen, Dansk Vejbeton A/S, fremsendte efter udarbejdelse af projektskitsen denne til koordinationsgruppens medlemmer.

Forslaget blev behandlet på koordinationsgruppens møde den 9. februar 1988, hvor det blev vedtaget at søge arbejdet iværksat snarest. Det blev pålagt arbejdsudvalget at udarbejde en egentlig projektbeskrivelse og tilhørende ansøgning om dækning af projektomkostningerne til Miljøstyrelsen.

1.2 Projektgruppe

Med udgangspunkt i ovenstående etableredes en projektgruppe bestående af

Statens Vejlaboratorium

og

Dansk Vejbeton A/S.

Det blev samtidig vedtaget, at Dansk Vejbeton A/S skulle fremsende ansøgning til Miljøstyrelsen og ved projektgennemførelsen stå som projektansvarlig. En sådan ansøgning blev indsendt til Miljøstyrelsen 12. februar 1988. Ansøgningen blev imødekommet med skrivelse af 19. april 1988, hvori der tilbydes 100% tilskud til de budgetterede udgifter i projektansøgningen.

1.3 Formål

Nedknust bygningsaffald indeholder i overvejende grad tegl af varierende kvalitet. Anvendelse af et sådant produkt indenfor vejbygningen, og ved anlæg af befæstede pladser, synes nærliggende. En optimal anvendelse

fordrer imidlertid en bredere dokumentation af materialeegenskaber end de oplysninger, der på nuværende tidspunkt er tilgængelige vedrørende disse materialer.

Det er således formålet med gennemførelsen af nærværende projekt at etablere en materialedokumentation, der i sit omfang vil gøre det muligt at vurdere sådanne genbrugsmaterialers egnethed som substitutionsmateriale for almindeligt stabilgrus i vejbygningen.

Det er endvidere ønskeligt, om nærværende undersøgelse kan danne grundlag for, eller indgå i, et fortsat arbejde med udarbejdelse af 'anvisninger' eller 'retningslinier for anvendelse' f.eks. som en laboratorierapport fra Statens Vejlaboratorium.

Det forventes, at genbrug af bygningsmaterialer i form af nedknust tegl kan etableres indenfor følgende anvendelsesområder:

- 1) Byggepladsveje og interimsbelægnings.
- 2) Substitution for SG-bærelag i permanente konstruktioner.
- 3) Substitution for primære råstoffer i cementbundne bærelag.

2. MATERIALETYPER

Som en del af projektet er der gennemført en særskilt undersøgelse på hele mursten.

Resultaterne er anført i bilagsafsnittet og kan sammenfattes som nedenfor anført.

Egenskab	Trykstyrke (MPa)	Våddensitet (ton/m ³)	Tørdensitet (ton/m ³)	Hulrum (%)	Absorption (%)
Fejlbrændte mursten	14	1,98	1,65	33	20,0
Fuldbrændte mursten	16	2,00	1,70	30	17,6
Hårdtbrændte mursten	17	2,05	1,81	24	13,5
Klinker	46	2,19	2,08	11	5,9

Tallene er gennemsnit af 6-8 mursten af hver kategori.

I nærværende projekt indgår 3 forskellige materialetyper, A, B og C.

A Almindelig forekommende handelsvare, Stabilgrus, SC 0/32 mm, kvalitet I fra Superfos Dammann-Luxol's grusgrav i Reerslev.

B I sommeren 1988 gennemførtes i Miljøstyrelsens regi en kontrolleret nedrivning af et fabrikskompleks i Aarhus samt en efterfølgende oparbejdning af de nedrevne bygningsmaterialer til stabilgrus ved nedknusning (Cowi-Demex projektet). Da dette byggeri synes at være gennemført af gode, solide materialer, kan det antages at være et rimeligt udtryk for den type nedrivninger, der fremover kunne tænkes anvendt som råstofkilde til produktion af genbrugsgrus.

Murstenene, der overvejende er af typen hårdtbrændte, antages at have en tørdensitet i området 1,8-2,0 t/m³.

Som tilslagstype B er valgt et nedknust materiale, der stammer fra ovennævnte nedrivning. Materialet er oparbejdet på et mobilt knuseværk i Aarhus.

C Brændt tegl. Fuldbrændte teglsten fra Wewers Teglværk på Sjælland. Det materiale, der er anvendt til denne kategori, er fremstillet ved nedknusning af fejl-

brændte (for svagt brændte) mursten fra Prøvelyst Teglværk ved Karlebo.

Stenene formodes at tilhøre den svageste kategori af tegl, der kan tænkes at forekomme i materialer fra nedrivninger.

Stenenes tørdensitet er før nedknusning bestemt til 1,650 kg/m³. Trykstyrken er bestemt til 14 MPA.

Stenene er fra teglværket transporteret til Reerslev grusgrav ved Hedehusene, hvor nedknusning på derværende stabilgrusanlæg er foretaget. De således frembragte materialer A, B og C er oplagt i lager i ovennævnte grusgrav i en mængde af ca. 75 t af hver kategori.

I efterfølgende bilagsafsnit gengives, som bilag nr. 1, resultater af den indledningsvis omtalte undersøgelse af forskellige tegltypers egenskaber.

3. FORSØG MED UBUNDNE MATERIALER

Undersøgelse af forsøgsmaterialernes egenskaber omfatter følgende:

- * Udtagning af prøver
- * Sigteanalyse, kornstørrelsesfordeling
- * Sandækvivalent, SE
- * Proctorforsøg
- * CBR-forsøg (bastardproctorforsøg)
- * Absorption og densitet
- * Los Angeles slidprocent
- * Vibrationsindstampning

3.1 Udtagning af prøver

Prøverne af de sammensatte materialer er udtaget fra lagerbunker i en grusgrav i Reerslev.

Udtagningsmetode og prøvestørrelse iht DS 405.0. For så vidt angår brændt tegl var der, i forbindelse med materialets flytning fra sorteringsanlægget til lagerpladsen, sket en vis opblanding med knuste grusgravsmaterialer. Inden prøveudtagning blev de største fremmedelemer fjernet.

3.2 Sigteanalyser

Kornstørrelsesfordelingen blev bestemt ved sigteanalyse iht DS 405.9. Der er udført sigteanalyser på de 3 sammensatte materialer før og efter modificeret proctorindstampning (1 punkt) samt før og efter vibrationsindstampning.

Sigtekurver

Sigtekurverne før og efter proctor.

Som det fremgår af bilag nr. 2, sker der for bygningsaffald og brændt tegl en kraftigere nedknusning og dermed ændring af kornkurven efter 'punkt 1' (25 slag), end der sker med SG efter '6 punkter'.

Sigtekurver før og efter vibrationsindstampning.

Som det fremgår af bilag nr. 3, sker der en meget ringe knusning af materialerne, og dermed en ændring af kornkurverne.

Resultaterne viser altså, at vibrationsindstampning gør 'mindre skade' på bygningsaffaldet og brændt tegl, end proctorindstampning.

3.3 Sandækvivalent

Der er udført SE-værdibestemmelse iht DS 405.10.

Der er udført SE-værdibestemmelse på de 3 sammensatte materialer, både før og efter vibrationsindstampning.

SE-værdibestemmelserne før og efter vibrationsindstampning viser ikke for bygningsaffald og brændt tegl nogen markant faldende tendens, som man måske havde forventet.

SE-værdierne er iøvrigt for alle 3 materialer meget høje (krav iht DS 401, SE > 30-32%). Erfaringsmæssigt betyder stigende SE-værdi forøget krav til komprimeringsenergi ved indbygning.

3.4 Proctorforsøg

Der er udført modificeret proctorindstampninger i 4" form iht VD 611 på de 3 sammensatte materialer.

For 'bygningsaffald' og 'brændt tegls' vedkommende måtte forventes en vis nedknusning under proctorforsøget. Der er derfor, for at få den korrekte proctor-kurve, anvendt nyt materiale for hvert punkt.

3.5 CBR-forsøg

Der er udført bastard proctorforsøg på de 3 sammensatte materialer.

Bastard proctorforsøg består i, at der udføres modificeret proctorindstampning i 6" form, hvorefter CBR-værdien bestemmes (uden vandlagring). En bastard-proctor giver således afhængigheden mellem vandindhold og CBR-værdi.

For bygningsaffald og brændt tegl er der anvendt nyt materiale for hvert punkt.

Proctorkurver og CBR

Det optimale vandindhold ved proctorindstampning er for knust tegl og bygningsaffald væsentligt højere end for

stabilt grus. Dette skyldes disse materialers høje absorption. Proctorkurverne for knust tegl og bygningsaffald er meget 'fladere' end proctorkurven for det stabile grus, hvilket betyder, at materialernes komprimerbarhed ikke er så følsomme overfor et vandindhold, som afviger fra det optimale.

CBR-værdierne under og ved det optimale vandindhold er for alle materialer høje. CBR-værdien har relation til materialets E-modul. Som håndregel får man et udtryk for E-modulen i MPa ved det aktuelle vandindhold ved at multiplicere CBR-værdien med en faktor 6-10.

Både bygningsaffald og brændt tegl, men især sidstnævnte, udviser et mindre fald i CBR-værdien ved stigende vandindhold over det optimale, end det stabile grus.

3.6 Absorption og densitet

Der er på de 3 materialer bestemt absorption og densitet iht DS 405.2 på fraktionerne 0-4 mm og 4-31,5 mm.

Der er ligeledes på de 3 materialer bestemt absorption på fraktionen 0-4 mm efter IR-metoden (dobbelbestemmelser).

(IR-metoden er beskrevet i SV laboratorierapport nr. 63, side 31-32). Idet der er registreret væsentlige resultatafvielser ved analyse udført efter de to anførte prøvningsmetoder, anbefales, ved tolkning af nærværende resultater, at kun resultater opnået iht DS 405.2 indgår. Analyseresultater er gengivet i bilag nr. 4.

3.7 Los Angeles slidprocent

Der er udført LA-test på de 3 materialer iht ASTM C131-81.

LA-testen er udført for alle 3 materialers vedkommende på sortering B, d.v.s en sammensat blanding af 50% materiale 9,5-12,5 mm og 50% materiale 12,5-19,0 mm.

LA-slidprocenten (sortering B) var for materialerne A, B og C henhv. 26, 53 og 55.

Bygningsaffaldet og brændt tegl viser altså dobbelt så store slidprocenter, som det stabile grus.

3.8 Vibrationsindstampning

På de 3 sammensatte materialer er udført vibrationsindstampning iht ASTM D2049-69.

3.9 Vurdering af de udførte laboratorieforsøg

Med baggrund i udførte laboratorieforsøg kan det ikke entydigt siges, om bygningsaffald af brændt tegl egner sig til indbygning i ubundne bærelag.

Det understreges, at nærværende konklusion er baseret på et meget ringe datagrundlag, ligesom der ikke os bekendt, findes tilstrækkelige, danske erfaringer med tegl og bygningsaffald til vejbygning.

Resultaterne tyder på, at ubundne bærelag af knust tegl og bygningsaffald udviser ringe følsomhed for vandvariationen, hvilket kan foranledige, at materialerne udviser høj bæreevne i våd tilstand, modsat traditionelt, stabilt grus. Dette særdeles interessante forhold kan bl.a. forklares ved forskellen i karaktererne af fillerindholdet. Stabilt grus' fillerindhold består af silt, men også af lerfraktion. Fillerindholdet i knust tegl og i bygningsaffald består formentlig af skarpkantet grovsilt. Resultaterne tyder tillige på, at der under indbygning og trafikbelastning kan forventes en nedknusning og nedslidning i bærelag, opbygget af knust tegl og bygningsaffald, der er større end for bærelag af traditionelt, stabilt grus. Betydningen af sidstnævnte forhold formodes at give begrænsninger i anvendelse af knust tegl og bygningsaffald som ubundne bærelag.

For at kunne vurdere ovenstående fordele og ulemper, er yderligere laboratoriemæssige og praktiske undersøgelser nødvendige.

En oversigt over opnåede resultater er gengivet efterfølgende.

OVERSIGT over udførte laboratorieforsøg på ubundne materialer.

Forsøg	Bilag nr.	Fraktion mm	Enhed	A SG 0/32mm	B Bygningsaffald	C Brændt tegl	Bemærkninger
Materiale > 16mm	2		%	18	21	30	Stenprocenten for SG(A) er forholdsvis lille
Mod. Proctor $\rho_{d,max}$ w_{opt}	2	0-16	t/m ³ %	2,06 9,0	1,68 16,0	1,67 17,5	$\rho_{d,max}$ for SG(A) > $\rho_{d,max}$ for B og C. Det skyldes dels forskelle i ρ_d , dels forskelle i pakningsgrad
ASTM-vibr. $\rho_{d,max}$ w_{opt}	2 3		t/m ³ %	2,07 8,6	1,72 17,1	1,61 21,0	Se ovenstående
CBR max CBR min (målt)	2	0-16	%	140 5	110 7	140 67	Samme størrelsesorden for A, B og C. A udviser lavere værdi end B og C. B og C mindre vandfølsomme
SE før vibr. SE efter vibr.	3	0-4,75 0-4,75	% %	65 66	57 49	67 76	Krav > 30 (SGII), > 34 (SGI)
LA (sortering B)	2		%	26	53	55	Amerikanske krav til subbase og base er LA < 50. B og C viser tegn på nedslidning
Absorption, w_a (DS405)	4		%	2,8 2,61 2,43 2,50	9,3 2,56 2,06 2,26	10,8 2,57 2,01 2,23	B og C indeholder porøse korn
Densitet ρ_l ρ_d ρ_{ssd}	4	0-4	t/m ³				
Absorption, w_a (DS405)	4		%	3,7 2,61 2,38 2,47	15,1 2,48 1,81 2,08	15,8 2,45 1,77 2,05	Se ovenstående
Densitet ρ_l ρ_d ρ_{ssd}	4	4-31,5	t/m ³				
Absorption (IR-met.)	4	0-4	%	1,9	3,8	3,8	Se ovenstående

De angivne tal er middelværdier, hvor der er tale om flere bestemmelser.

4. Forsøg med cementbundne materialer

Idet det vurderes, at genbrugsmaterialer af tegl muligvis kan anvendes som substitutionsmateriale for almindelige grusmaterialer i cementbundne bærelag, ønskes sådanne materialers egenskaber, specielt med henblik på holdbarhed, undersøgt ved forskellige styrkeniveauer.

Normalt foreskrives anvendelse af cementindhold i størrelse 80-120 kg pr. m³. For at opnå en stor spændvidde i nærværende undersøgelse er valgt at fremstille materialer med cementindhold på henhv. 50 kg/m³, 100 kg/m³ og 150 kg/m³.

Det forventes, at blandingerne vil resultere i materialer med henhv. lave, normale og højstyrkeniveauer. Der er således fremstillet prøver baseret på de 3 materialer og 3 styrkeniveauer, ialt 9 forskellige materialsammensætninger.

Recepter for de 9 prøveblandinger fremgår af det efterfølgende. Prøveblanding og udstøbning af cylindre og bjælker er foretaget hos Dansk Beton Teknik A/S. Emner er lagret i 28 døgn ved 20°C og 100%RF, hvorefter de er sendt til Statens Vejlaboratorium for videre undersøgelse.

4.1 Materialer sammensætning

Prøveblandinger med knust tegl og stabilgrus.

Der fremstilles i hver serie følgende antal prøver:

ø10/20 cylindre	: 10 stk.	(20 l)
ø15/30 cylindre	: 5 stk.	(30 l)
10x10x60 cm bjælke:	3 stk.	(20 l)

Samlet materialeforbrug pr. blanding, teoretisk 70 l

Sammensætning

Type A, naturligt 0/32 mm stabilgrus

<u>A,50</u>	<u>pr. m³</u>	<u>pr. 80 l</u>
Stabilgrus	2300 kg	185 kg
Rapid cement	50 kg	4 kg
Vand	0 kg	0 kg

A,100

Stabilgrus	2300 kg	185 kg
Rapid cement	100 kg	8 kg
Vand	12 kg	1 kg

A,150

Stabilgrus	2300 kg	185 kg
Rapid cement	150 kg	12 kg
Vand	25 kg	2 kg

Type B, nedknust tegl fra nedrivning i Aarhus

<u>B,50</u>	<u>pr. m³</u>	<u>pr. 80 l</u>
Knust tegl(Aarhus)	1525 kg	122 kg
Rapid cement	50 kg	4 kg
Vand	0 kg	0 kg

B,100

Knust tegl(Aarhus)	1525 kg	122 kg
Rapid cement	100 kg	12 kg
Vand	12 kg	1 kg

B,150

Knust tegl(Aarhus)	1525 kg	122 kg
Rapid cement	150 kg	12 kg
Vand	25 kg	2

Type C, nedknuste mursten fra Sjælland

<u>C,50</u>	<u>pr. m³</u>	<u>pr. 80 l</u>
Knust mursten	1500 kg	120 kg
Rapid cement	50 kg	4 kg
Vand	0 kg	0 kg

C,100

Knust mursten	1500 kg	120 kg
Rapid cement	100 kg	8 kg
Vand	12 kg	1 kg

C,150

Knust mursten	1500 kg	120 kg
Rapid cement	150 kg	12 kg
Vand	25 kg	2 kg

4.2 Prøvningsomfang og beskrivelse af prøvningsmetoder

Der er med de cementbundne materialer gennemført en række analyser, hvis resultater ved den afsluttende vurdering er sat i relation til forventninger, baseret på prøvning af referencematerialet. Materialerne er undersøgt for følgende egenskaber:

- densitet (tørdensitet)
- trykstyrke
- spaltetrækstyrke
- E-modul (sekant E-modul)
- frostprøvning
- udtørringssvind

Prøvningsmetoder

Den anførte prøvning er i videst muligt omfang udført i overensstemmelse med DS-prøvningsforskrifter. Eventuelle afvigelser herfra er anført i umiddelbar forlængelse af resultatangivelserne.

I enkelte tilfælde er anvendt ikke-standardiserede prøvningsmetoder. Disse prøvningsmetoder er beskrevet nedenfor:

Frostprøvning

Der er udført frostforsøg på 4 stk. $\varnothing 10 \times 20$ cm cylindre af hver af de 9 blandinger, ialt 36 cylindre.

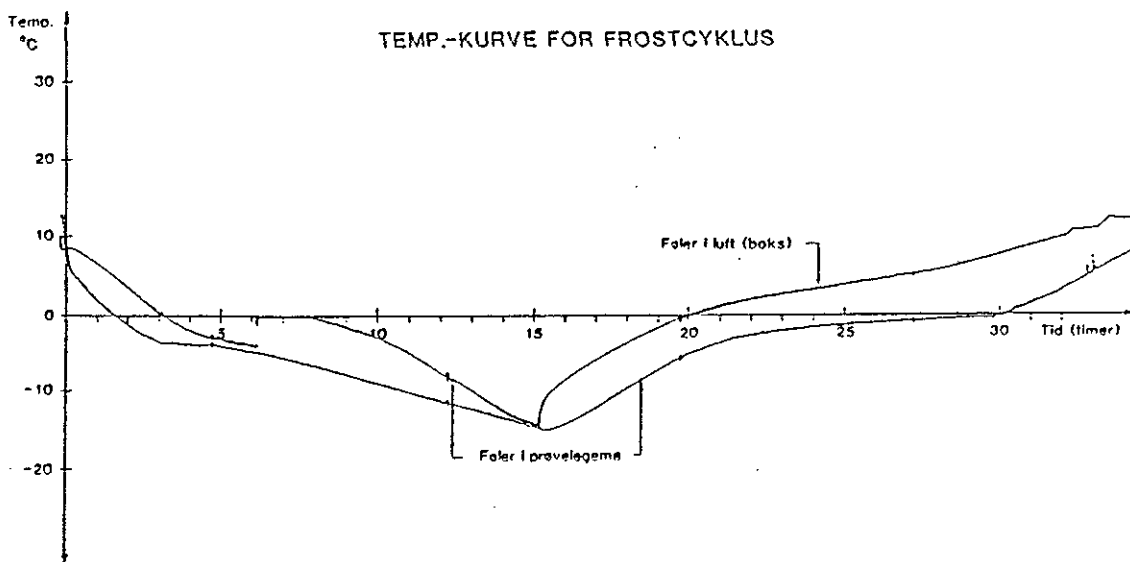
Prøverne, der var 40 døgn gamle, blev anbragt i opret position i 5 cm, 20°C varmt vand i 24 timer. De blev derefter taget op af vandet og anbragt i klimaboks ved 20°C og 100% RF i 24 timer.

Prøverne blev derefter vejjet, målt, anbragt enkeltvis i plastposer og placeret i en dybfryser i (3 niveauer)

Et prøvelegeme anbragt midt i fryseren havde en termoføler boret ind i midten til måling/styring af temperaturen.

Der blev frosset 25 cykler i intervallet $+10^{\circ}\text{C}$ til -15°C . For hver 5 cykler blev prøvelegemerne byttet rundt (fra top til bund o.s.v.). Efter 10, 20 og 25 cykler blev prøverne tøet op til 20°C , målt, vejjet og beskrevet. Efter 25 cykler blev prøvelegemerne trykprøvet. På grund af det meget store antal prøvelegemer tog en cyklus typisk 32-35 timer.

Under hele forsøget blev temperaturen, der blev målt i prøvelegemet og temperaturen i fryseren registreret grafisk som funktion af tiden. Et typisk forløb af en cyklus er gengivet nedenfor. Som det ses, sker der en underafkøling af prøvelegemet til ca. -5°C , inden isen udkrystalliserer sig, og temperaturen stiger til 0°C for derefter igen at falde.



Måling af udtørringssvind

Der er målt udtørringssvind på ialt 27 betoncylindre fordelt på 9 forskellige blandinger. Cylindrenes dimension var $\varnothing 15 \times 30$ cm. Cylindrene blev efter udstøbningen opbevaret ved 20°C og 100% RF i 28 døgn, hvorefter prøverne blev anbragt i klimarum ved 20°C og 50% RF.

Efter 2 døgn akklimatisering blev svindmålingerne påbegyndt.

Cylindrene har i hele måleperioden været opbevaret ved 20°C (variation -1° , $+2^{\circ}\text{C}$) og 50% RF (variation $\pm 5\%$ RF)

Efter udstøbningen af cylindrene er boret et hul i endefladerne, hvori er istøbt en metaltap.

Svindmålingerne er foretaget ved registrering af længden mellem disse modstående endetappe. Længdemålingen er foretaget med en målebro i stål, påsat et måleur i den ene ende.

Måleurets inddeling var 0,01 mm, aflæsningsnøjagtighed 0,002 mm.

Før og efter hver måleserie blev der foretaget en måling på en referencelængde af stål til kontrol af 'nulpunktet'.

Der er foretaget svindmålinger over 4 måneder.

Prøvningsresultater

I det følgende præsenteres de fundne resultater i en oversigtsmæssig form.

En mere detaljeret information om de opnåede resultater vedrørende trykstyrke og E-modul er anført i bilag nr. 5.

4.3.1 Tørdensitet

Materiale \ Cementindhold	50kg	100kg	150kg
	A SG 0/32mm	2,26 t/m ³	2,23 t/m ³
B Bygningsaffald	1,79 t/m ³	1,81 t/m ³	1,90 t/m ³
C Brændt tegl	1,82 t/m ³	1,84 t/m ³	1,87 t/m ³

Tørdensiteten er bestemt på grundlag af mål og vægt af prøvelegemer med fradrag af vandindhold.

4.3.2 Spaltetrækstyrke

Materiale \ Cementindhold	50kg	100kg	150kg
	A SG 0/32mm	1,15 MPa (0,10)	2,28 MPa (0,18)
B Bygningsaffald	1,16 MPa (0,11)	1,56 MPa (0,18)	2,18 MPa (0,10)
C Brændt tegl	0,98 MPa (0,06)	1,85 MPa (0,06)	2,37 MPa (0,14)

Spaltetrækstyrken er bestemt på cylindre \varnothing 15 x 30cm i.h.t. DS423.24

Spaltetrækstyrken er bestemt på 3 prøver af hver blanding.

De angivne styrker er middelværdien og tallene i parentes er spredningen, σ_{n-1} .

4.3.3a Trykstyrke

Cement- indhold Materiale	50kg	100kg	150kg
	A SG 0/32mm	11,5 MPa (0,87)	21,9 MPa (4,41)
B Bygningsaffald	12,4 MPa (0,83)	14,4 MPa (2,18)	19,4 MPa (1,74)
C Brændt tegl	8,9 MPa (0,66)	15,4 MPa (1,67)	23,3 MPa (4,07)

Trykstyrken er bestemt efter 42 døgn på cylindre \varnothing 10 x 20cm.

Trykstyrkerne er bestemt på 5 prøver af hver blanding.

De angivne styrker er middelværdier og tallene i parentes er spredningen, σ_{n-1} .

4.3.3b Trykstyrker efter 25 frost/tø cykler

Cement- indhold Materiale	50kg	100kg	150kg
	A SG 0/32mm	10,4 MPa (0,83)	23,0 MPa (2,46)
B Bygningsaffald	11,8 MPa (0,74)	12,4 MPa (1,58)	17,2 MPa (2,74)
C Brændt tegl	8,7 MPa (0,24)	16,4 MPa (0,18)	23,3 MPa (1,32)

Trykstyrken er bestemt efter 70 døgn på cylindre \varnothing 10 x 20cm.

Trykstyrkerne er bestemt på 4 prøver af hver blanding.

De angivne styrker er middelværdier og tallene i parentes er spredningen, σ_{n-1} .

4.3.4 E-modul

Cement- indhold Materiale	50kg MPa x 10 ⁻³	100kg MPa x 10 ⁻³	150kg MPa x 10 ⁻³
A SG 0/32mm	19 (8,4)	29 (10,2)	69 (27,6)
B Bygningsaffald	12 (4,5)	15 (2,8)	20 (7,3)
C Brændt tegl	10 (4,6)	15 (2,3)	22 (6,3)

E-modulerne er bestemt på cylindre \varnothing 10 x 20cm, 5 af hver blanding, idet der under trykstyrkemålingerne var anbragt transducere på 2 modstående frembringere til måling af deformationen.

På dette grundlag blev optegnet en arbejdskurve der viste sammenhængen mellem kraft og deformation.

Ved hjælp af arbejdskurven er sekant - E-modulet svarende til 0,3 x brudspændingen bestemt.

De angivne E-moduler er middelværdien og tallene i parentes er spredningen $\sigma_{n-1} \times 10^{-3}$.

STATENS VEJLABORATORIUM
Laboratorieafdelingen

Rekvirent: Dansk Vejbeton/Miljø.

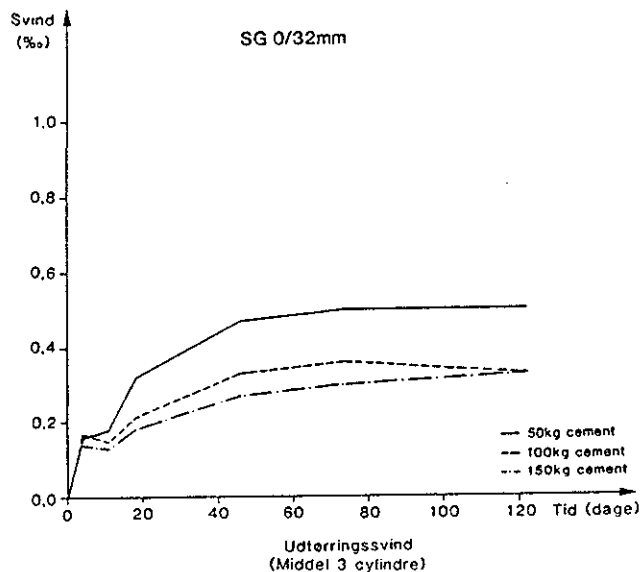
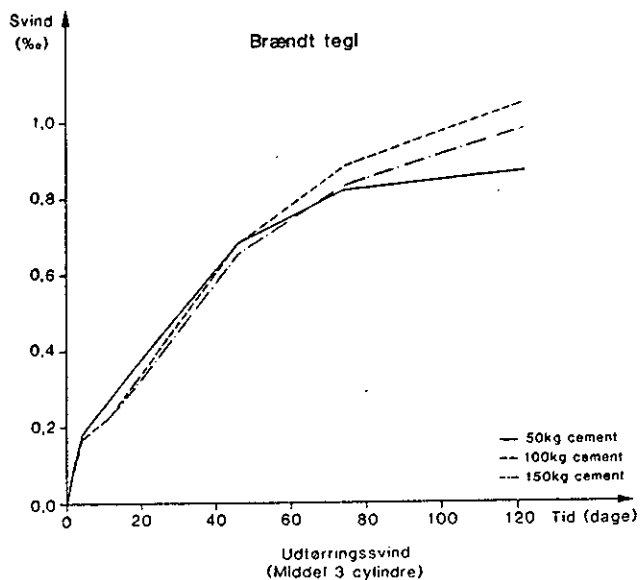
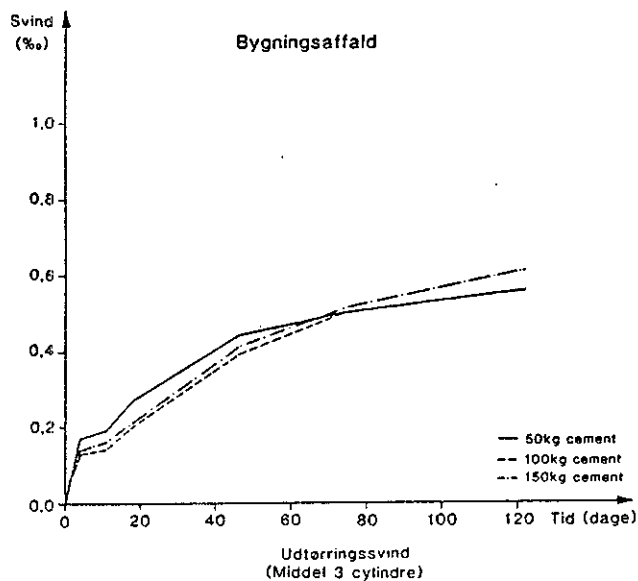
Sag nr. : 343006

Ekspd. : 89.06.02

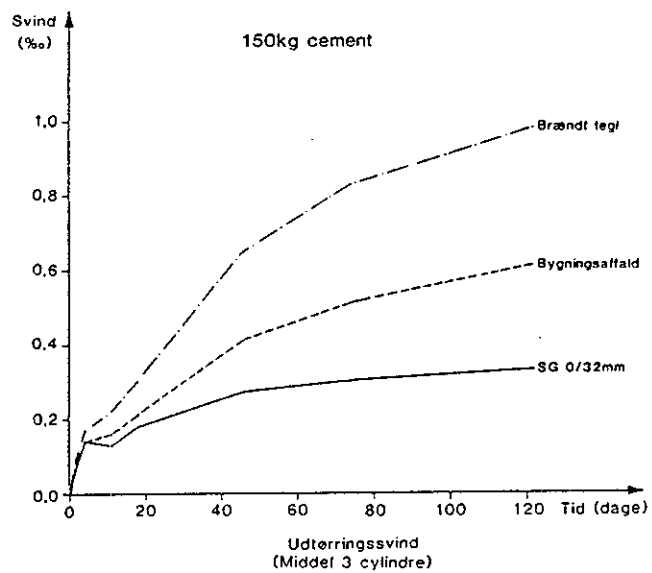
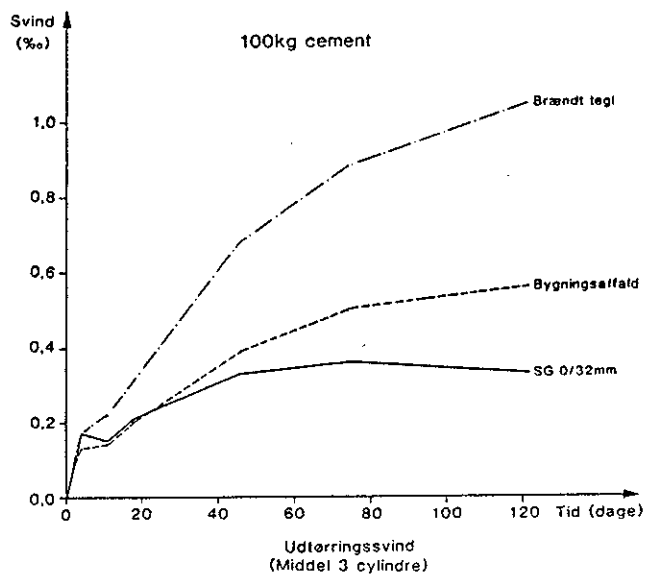
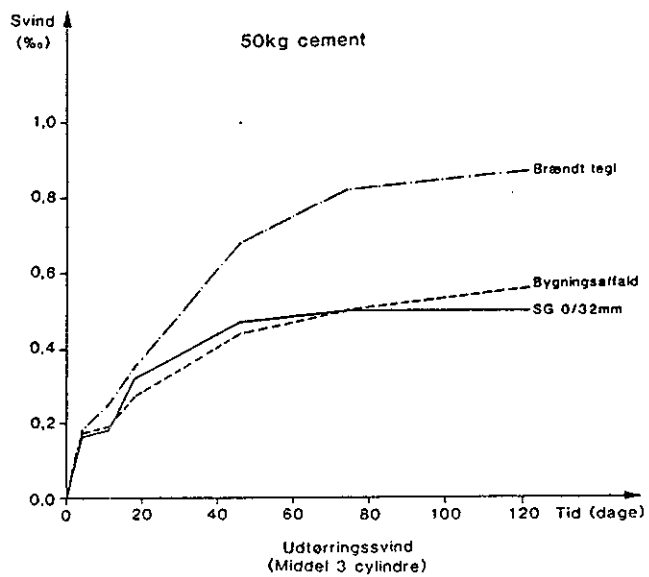
Lab./ing.: HAAJ/047.

Bilag nr.:

4.3.5 Udtørringssvind



Udtørringssvind
(Middel 3 cylindre)



Udtørringssvind
(Middel 3 cylindre)

5. VURDERING AF DE CEMENTBUNDNE MATERIALER PÅ GRUNDLAG AF UDFØRTE LABORATORIEFORSØG

Den gennemførte prøvning giver mulighed for at bedømme de 2 anvendte genbrugsmaterialers egnethed som grusmateriale i et cementbundet bærelag ved sammenligning med egenskaberne af det traditionelle produkt, baseret på stabilgrus I fra en sjællandsk grusgrav.

Det kan indledningsvis konstateres, at genbrugsmaterialerne, ud fra et produktionsmæssigt synspunkt, i egnethed ikke adskiller sig fra de naturlige råstoffer.

Styrkemæssigt adskiller cementbundne materialer med genbrugstilslag sig ikke væsentligt fra referencematerialet, og styrken synes i alle 9 forsøgsmaterialer at have nået det forventede niveau. Proportionering af cementbundne materialer med genbrugstilslag kan således ske på traditionel vis.

Styrkerne ved en cementtilsætning på 150 kg/m³ skønnes i alle materialetyper at befinde sig på et for højt niveau.

Der synes ikke at være anledning til at skelne mellem de forskellige typer genbrugsmaterialer, blot må det kræves, at enhver proportionering verificeres ved en egentlig forprøvning.

Referencematerialets E-modul (tryk) adskiller sig markant fra materialer fremstillet af genbrugsmaterialer. Denne forskel skønnes ikke at tale imod anvendelse af genbrugsmaterialer.

Frostprøvning af materialerne er gennemført efter en metode, der ikke er standardiseret. Den anvendte metode er tidligere beskrevet. Den gennemførte frostprøvning giver anledning til at antage, at samtlige fremstillede materialer vil vise sig at være frostbestandige ved normal anvendelse som bærelag i vejbygningen.

Undersøgelse af materialernes udtørringssvind viser, at dette øges væsentligt ved anvendelse af genbrugsmaterialer. For materialer fremstillet af type B genbrugsmateriale synes udtørringssvindet ved et cementindhold på 100 kg/m³ at udgøre ca. 2 x svindet af referencematerialets svind.

For materialetype C, der er det svageste materiale, er udtørringssvindet ca. 5 x referencematerialets svind.

Hvorvidt dette høje udtørringssvind vil medføre holdbarhedsmæssige eller anvendelssmæssige problemer, kan laboratorieprøvningerne ikke give svar på.

Forholdet skønnes dog at være uden større betydning, såfremt det forøgede svind ikke optræder i kombination med stor styrke og heraf følgende stor afstand mellem bærelagets naturlige kontraktionsrevner.

Det må anbefales, at dette forhold søges nærmere belyst.

6. BILAG

OVERSIGT

- Bilag nr. 1 Undersøgelse af tegltyper
Absorption, densitet og styrkedata
- Bilag nr. 2 Sigtekurver før og efter proctorindstampning.
Sandækvivalent, slidstyrke og indstampningsdata.
- a) Stabilt grus 0/32 mm (materialetype A)
 - b) Bygningsaffald (materialetype B)
 - c) Brændt tegl (materialetype C)
- Bilag nr. 3 Sigtekurver før og efter vibrationsindstampning.
Sandækvivalent før og efter vibrationsindstampning
- a) stabilt grus 0/32 mm (materialetype A)
 - b) Bygningsaffald (materialetype B)
 - c) Brændt tegl (materialetype C)
- Bilag nr. 4 Bestemmelse af absorption og densitet
- a) DS 405.2, resultatoversigt.
 - b) Desorptionskurve (IR 110), materialetype A, 0/4 mm
 - c) Desorptionskurve (IR 110) materialetype A, 0/4 mm
 - d) Desorptionskurve (IR 110), materialetype B, 0/4 mm
 - e) Desorptionskurve (IR 110), materialetype B, 0/4 mm
 - f) Desorptionskurve (IR 110) materialetype C, 0/4 mm
 - g) Desorptionskurve (IR 110) materialetype C, 0/4 mm
- Bilag nr. 5 Bestemmelse af trykstyrke og E-modul
- a) 42-døgns trykstyrke og sekant E-modul
 - b) Trykstyrke efter 25 frost/tø cykler
 - c) Temp.-kurve for frost cyklus.

DANSK BETON TEKNIK A/S, HELLERUPLUND ALLE 21, 2900 HELLERUP

PRØVNINGSRAPPORT: UNDERSØGELSE AF TEGLTYPEN

REKVIRENT : MILJØSTYRELSEN

LAB.NR. : 88.064-1

DATO: 1988-05-16

Som en del af et igangværende projekt for Miljøstyrelsen med henblik på undersøgelse af teglmaterialers anvendelighed som substitutionsmateriale for SG i vejbelægninger er nærværende undersøgelse gennemført.

Undersøgelsen omfatter en bedømmelse eller analyse af almindeligt forekommende teglprodukters egenskaber indenfor følgende materialeparametre:

- trykstyrke
- densitet
- hulrum
- absorption

Forsøgsmaterialet er indsamlet i april 1987 fra tilfældigt udvalgte sjællandske teglværker og omfatter 20 produkter som anført på efterfølgende bilag.

Resultatet af undersøgelsen fremgår af vedlagte analyseskemaer.

DBT/AH

PRØVNINGSRAPPORT: INDSAMLING AF TEGLMATERIALER

REKVIRENT : MILJØSTYRELSEN

LAB.NR. : 88.064-1

DATO: 1988-05-16

<u>Prøvemrk.</u>	<u>Teglværk</u>	<u>Type</u>	<u>Brændingsgrad</u>	<u>Bemærkninger</u>
1	Dianelund	rød sten	hårdtbrændt	
2	Dianelund	gul sten	fuldbrændt	
3	Wewers	rød sten	hårdtbrændt	3 store huller
4	Wewers	gul sten	fuldbrændt	
5	Wewers	rød tagsten	hårdtbrændt	
6	KT	rød sten	hårdtbrændt	
7	KT	gul sten	klinke	
8	KT	gulbrun sten	klinke	krum m. småhuller
9	Sorø	rød sten	hårdtbrændt	m. småhuller
10	Sorø	rødt rør	fuldbrændt	
11	Borup	lys, gul sten	fuldbrændt	
12	Borup	grågul sten	fuldbrændt	
13	Borup	gul sten	klinke	
14	Borup	mørk, gul sten	klinke	
15	Borup	hvidlig rød "	fuldbrændt	
16	Borup	lys rød sten	hårdtbrændt	
17	Borup	rødbrun sten	hårdtbrændt	
18	Borup	rødbrun sten	hårdtbrændt	
19	Borup	rød sten	klinke	krum
20	Borup	sortrød sten	klinke	blank

DANSK BETON TEKNIK A/S, HELLERUPLUND ALLE 21, 2900 HELLERUP

PRØVNINGSRAPPORT: FREMSTILLING AF KNUST MATERIALE MED KENDT ABSORPTION OG DENSITET

REKVIRENT : MILJØSTYRELSEN

LAB.NR. : 88.064-2

DATO: 1988-05-16

I direkte tilknytning til undersøgelse udført under lab.nr. 88.064-1 og med de i denne undersøgelse indgående materialer er fremstillet sammensatte materialer med kendt gennemsnits densitet og absorption.

Materialerne er sammensat som følger:

Materialetype: Fuldblændt tegl

<u>Prøvemærke</u>	<u>Masse, g</u>	<u>Volumen, cm³</u>	<u>Hulrum, cm³</u>
2	2157	1358	423
4	2200	1212	355
10	1800	977	283
11	2050	1261	400
12	2250	1296	355
15	2050	1275	401
	12507	7379	2217
Tørdensitet		1,695 t/m ³	
VOT		1,995 t/m ³	
Absorption		18,3%	
Hulrum		30,0%	

Materialetype: Hårdtbrændt tegl

<u>Prøvemærke</u>	<u>Masse, g</u>	<u>Volumen, cm³</u>	<u>Hulrum, cm³</u>
1	2314	1325	329
3	2510	1324	300
5	2500	1428	330
6	2100	1208	297
9	2070	1091	298
16	2375	1253	320
17	2260	1252	320
18	2250	1247	255
	18379	10128	2449

Tørdensitet	1,815 t/m ³
VOT	2,056 t/m ³
Absorption	13,3%
Hulrum	24,1%

Materialetype: Klinker

<u>Prøvemærke</u>	<u>Masse, g</u>	<u>Volumen, cm³</u>	<u>Hulrum, cm³</u>
7	2338	1233	267
8	1926	912	115
13	1935	989	141
19	2220	1156	185
	8419	4290	708

Tørdensitet	1,962 t/m ³
VOT	2,128 t/m ³
Absorption	8,5%
Hulrum	16,6%

DANSK BETON TEKNIK A/S, HELLERUPLUND ALLE 21, 2900 HELLERUP

PRØVNINGSRAPPORT: STYRKE, DENSITET, HULRUM OG DENSITET

REKVIRENT : MILJØSTYRELSEN

LAB.NR. : 88.064-2

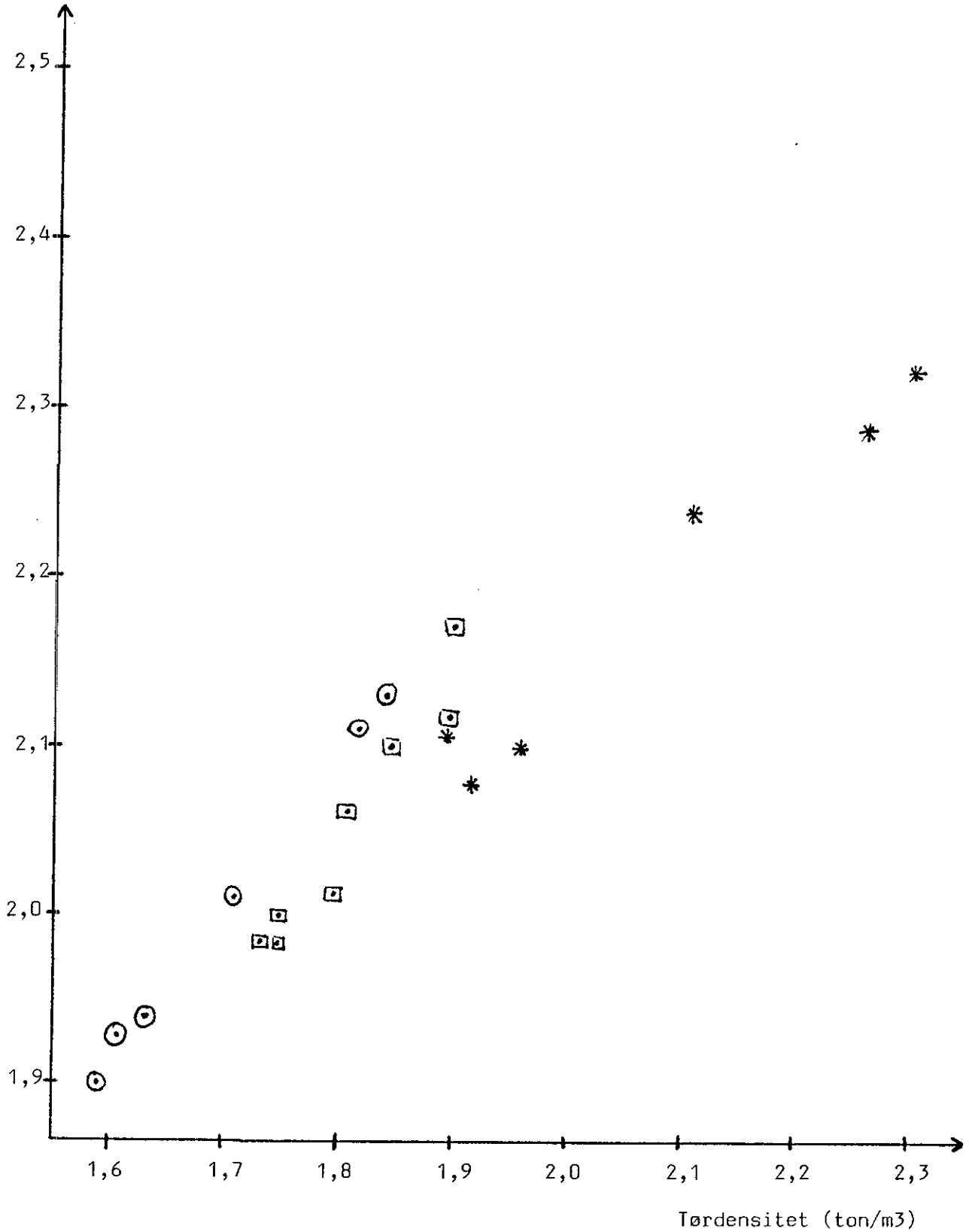
DATO: 1988-05-16

Prøve- mærke	Våddensitet t/m ³	Tørdensitet t/m ³	Hulrum (%)	Absorption (%)	Trykstyrke Mpa
1	2,00	1,75	25	14,3	17
2	1,90	1,59	31	19,5	17
3	2,12	1,90	22	12,1	17
4	2,11	1,82	29	15,9	16
5	1,98	1,75	23	13,1	-
6	1,98	1,74	24	14,3	16
7	2,11	1,90	21	11,6	30
8	2,24	2,11	13	6,2	55
9	2,17	1,90	27	14,2	-
10	2,13	1,84	29	15,8	-
11	1,94	1,63	31	19,6	17
12	2,01	1,71	30	17,5	13
13	2,10	1,96	14	7,1	31
14	2,29	2,26	3	1,3	76
15	1,92	1,61	31	19,3	18
16	2,10	1,85	25	13,5	17
17	2,06	1,81	25	14,4	17
18	2,01	1,80	21	11,7	17
19	2,08	1,92	16	8,3	17
20	2,32	2,30	2	0,9	65
Granit	2,70	2,66	0,4	0,1	67

NEDKNUST TEGL I VEJBYGNING

- Fuldblændt ler
- Hårdtblændt ler
- * Klinke

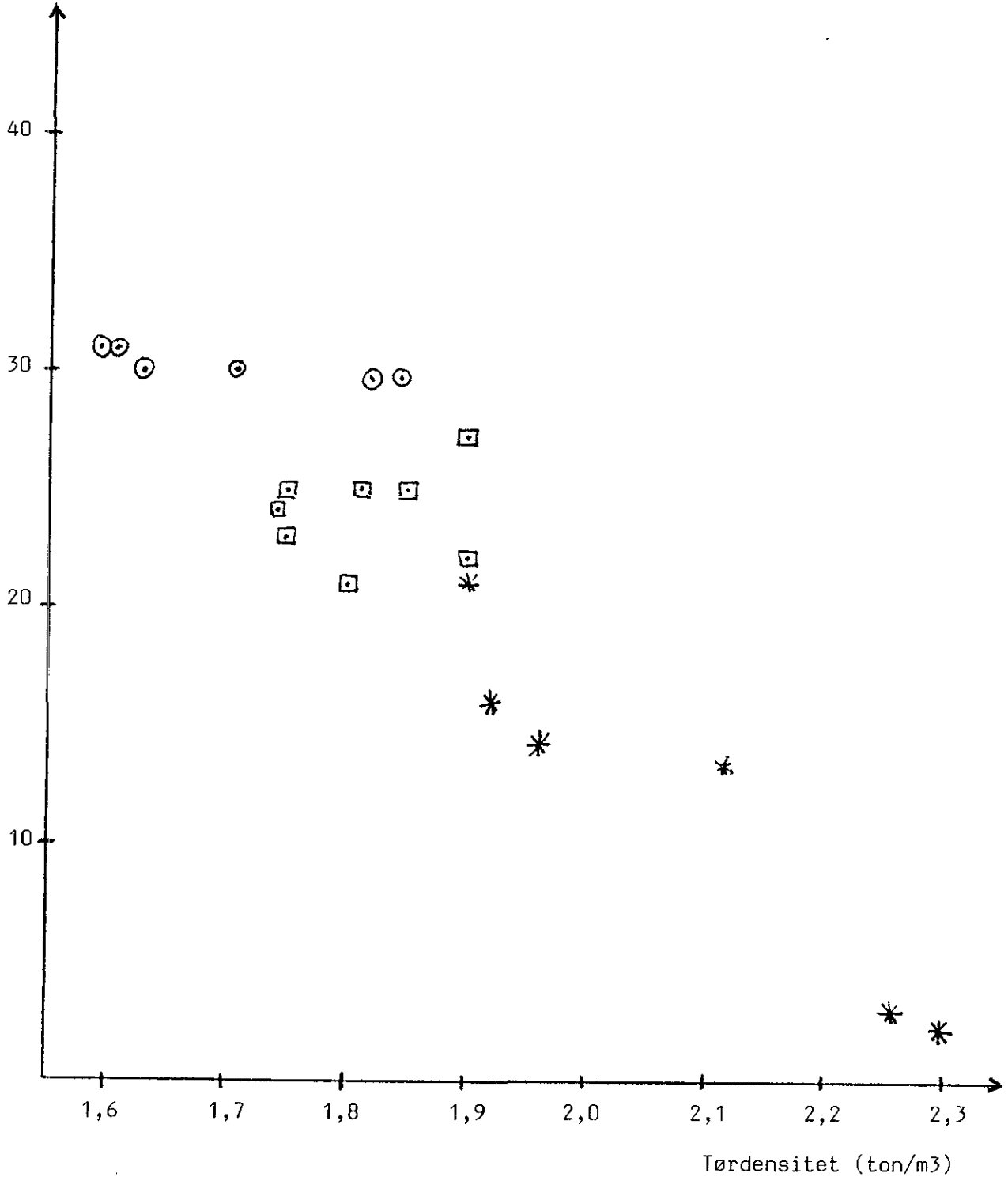
Våddensitet
(ton/m³)



NEDKNUST TEGL I VEJBYGNING

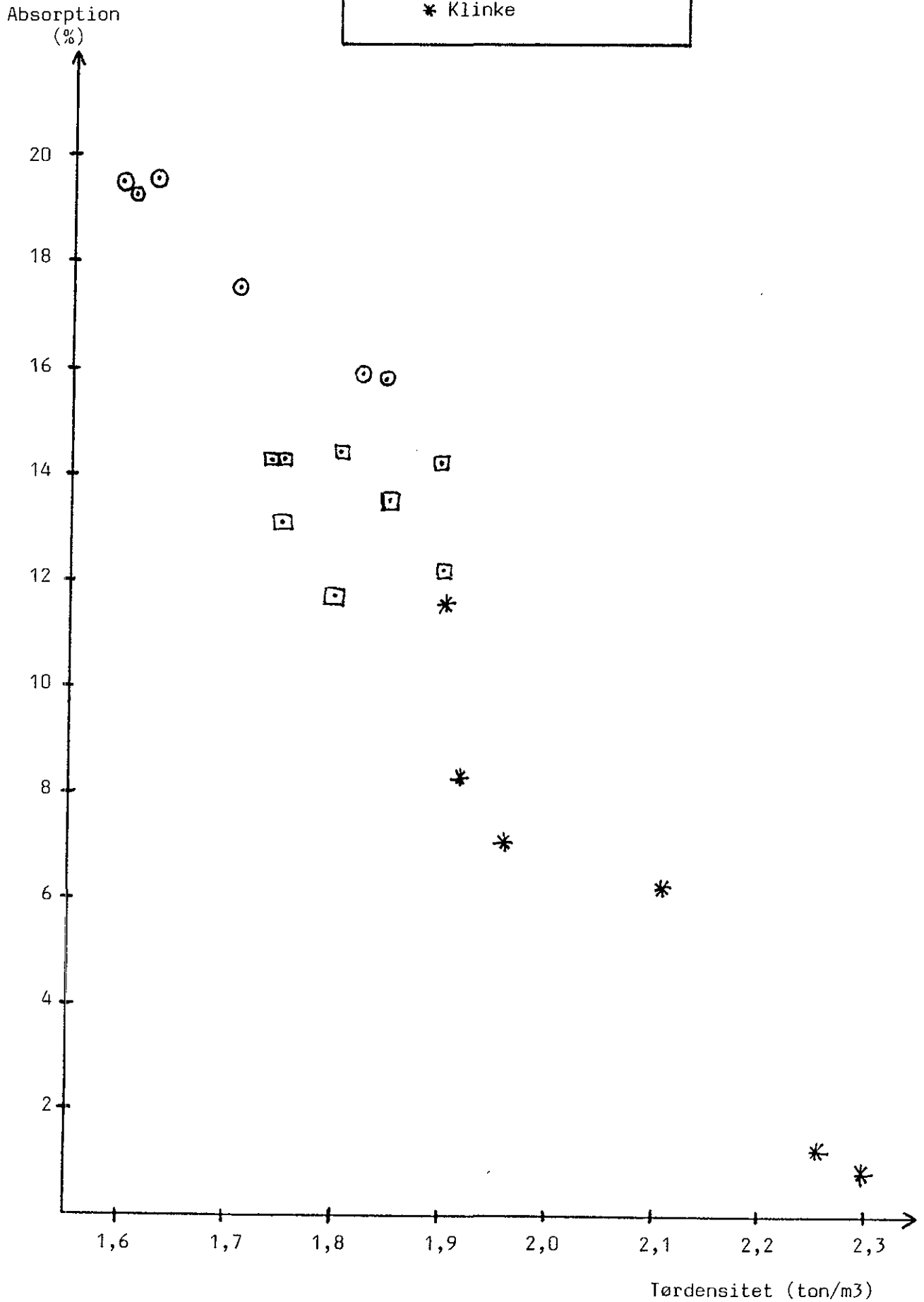
- Fuldblændt ler
- Hårdtblændt ler
- * Klinke

Hulrum
(%)



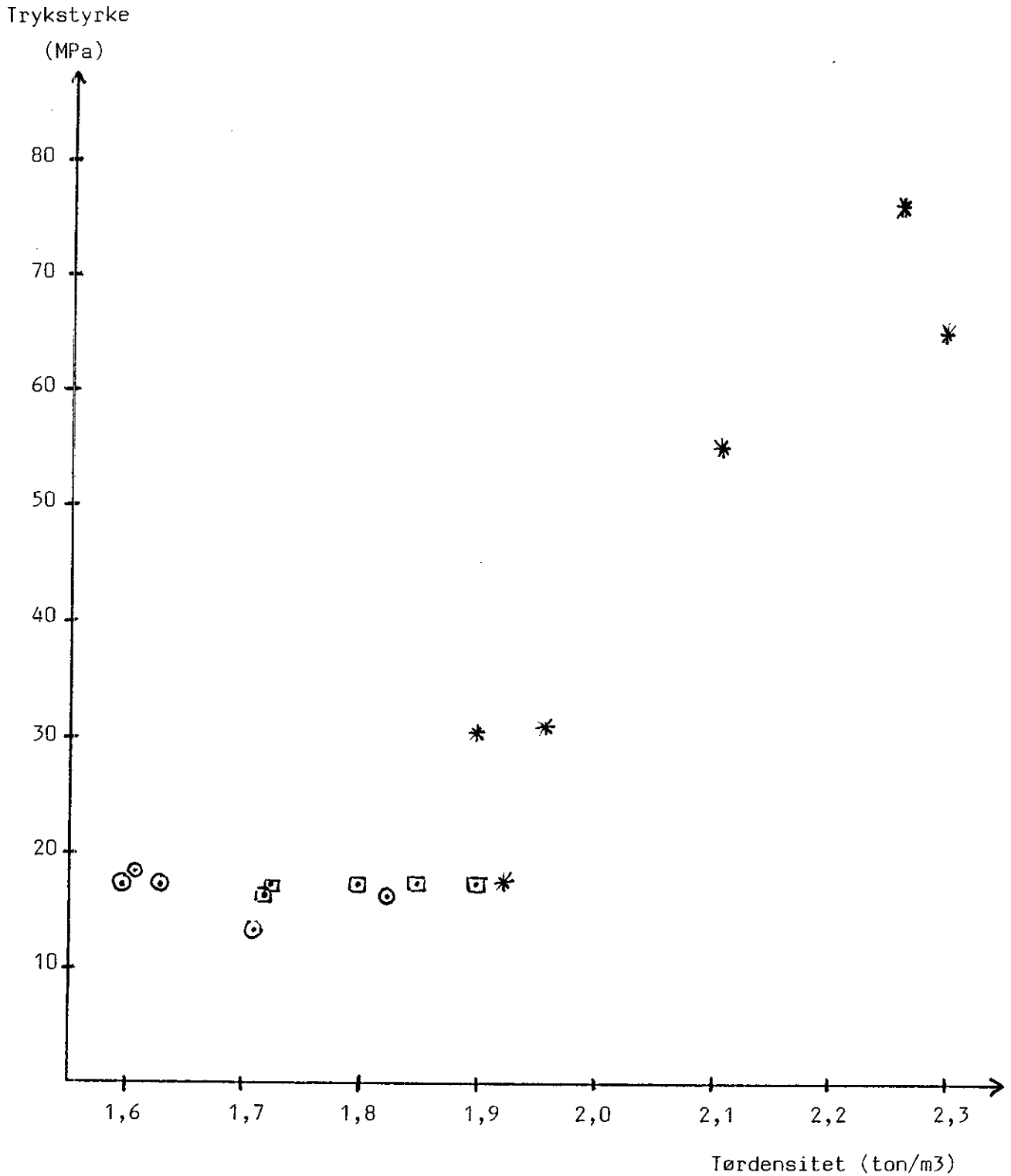
NEDKNUST TEGL I VEJBYGNING

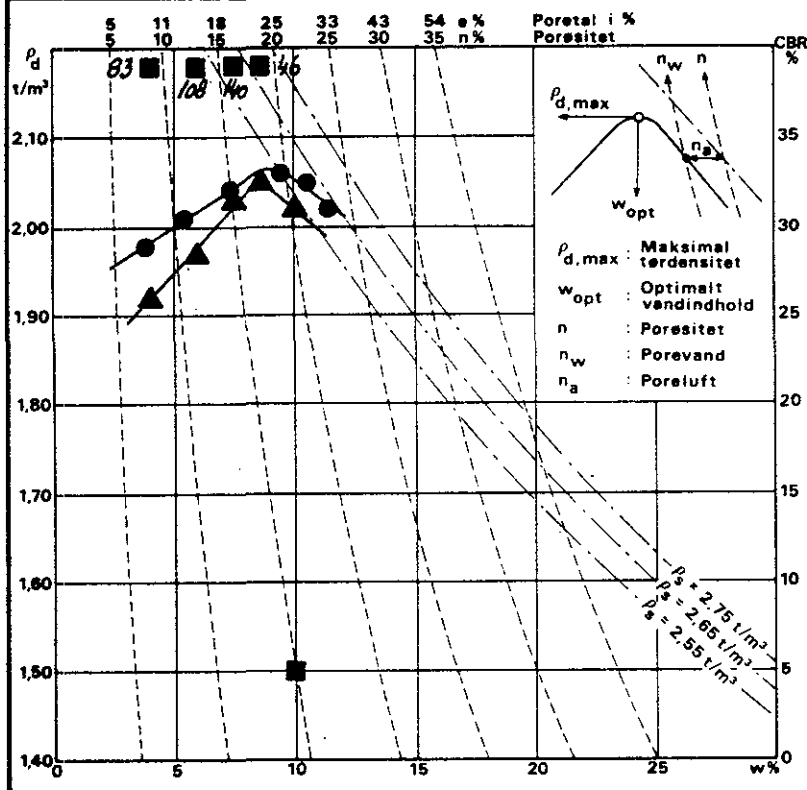
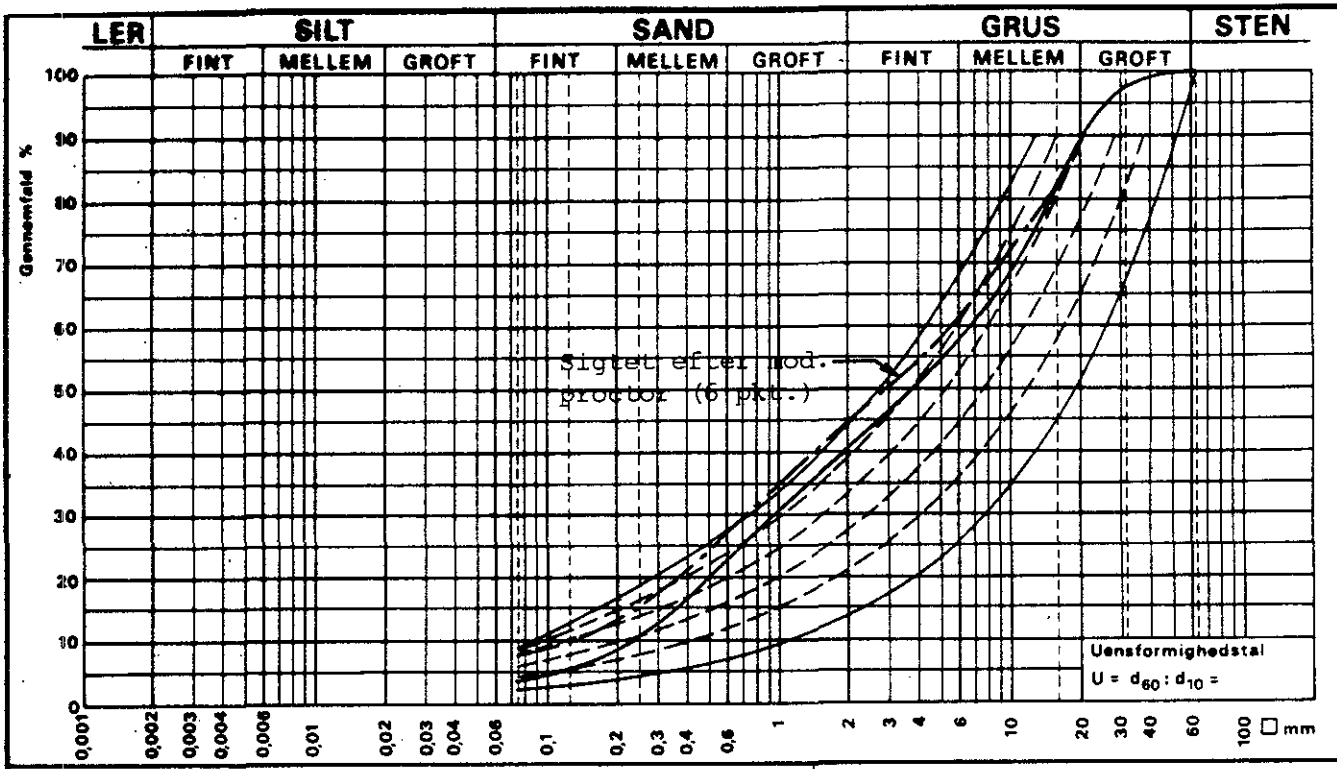
- Fuldblændt ler
- Hårdtblændt ler
- * Klinke



NEDKNUST TEGL I VEJBYGNING

- Fuldblændt ler
- Hårdtblændt ler
- * Klinke



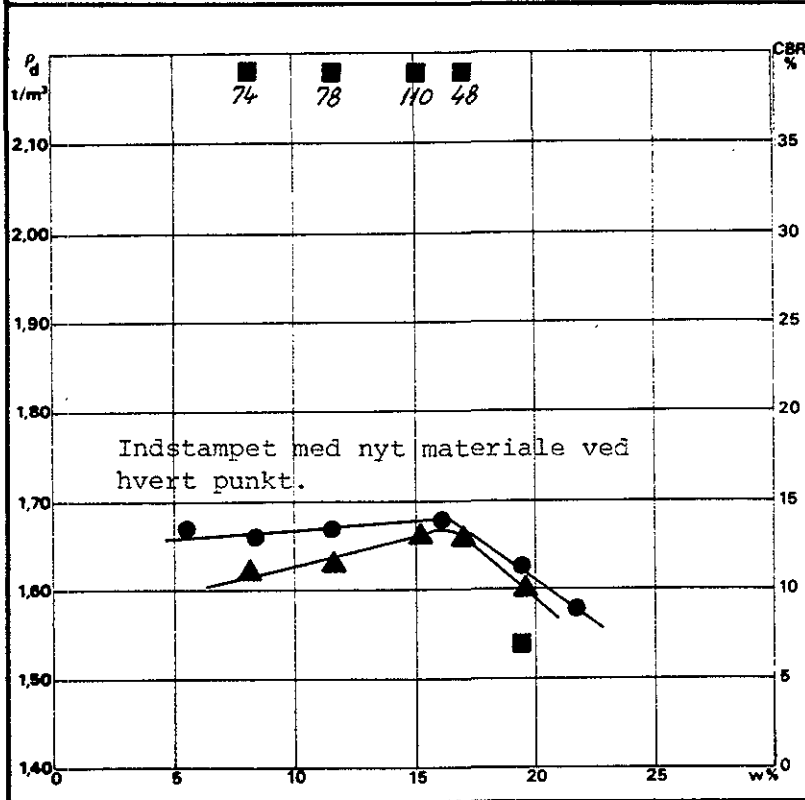
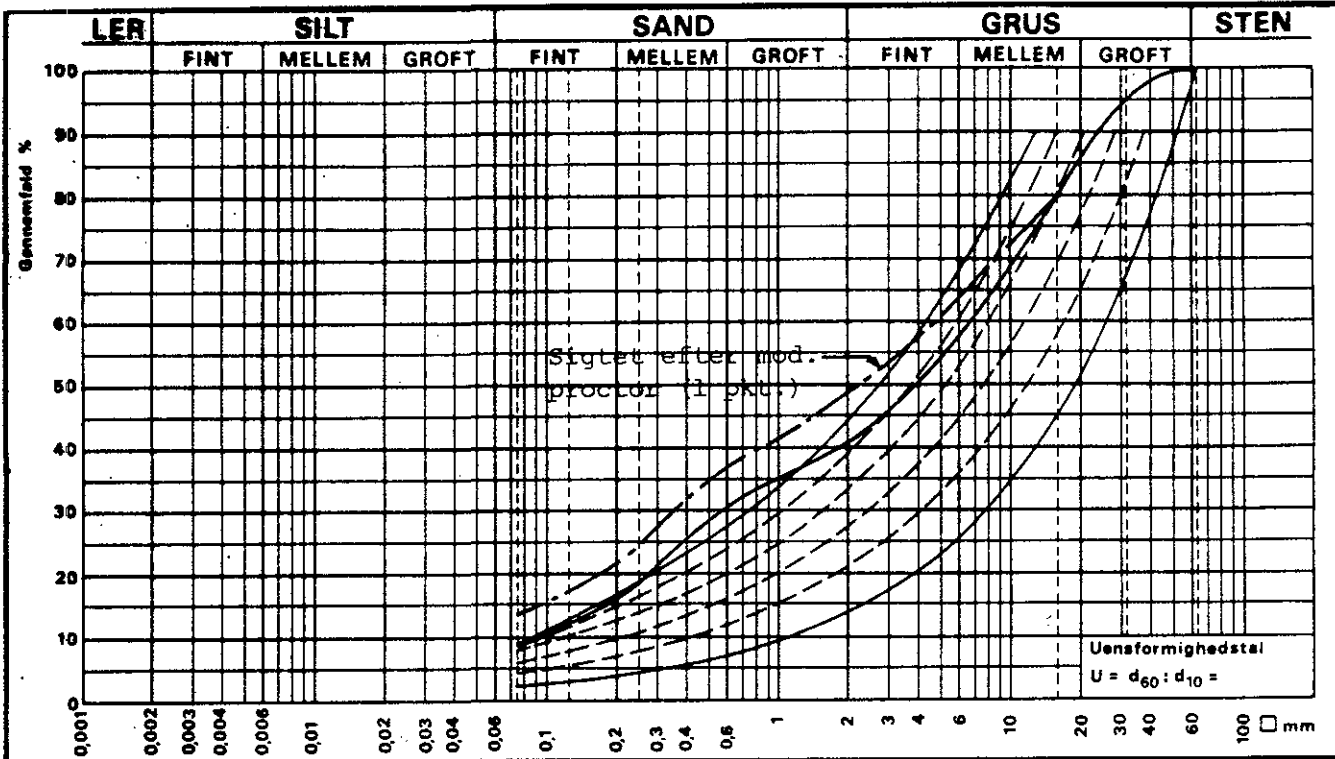


Signaturer		
Form	10 cm	15 cm
Forsøg	Komprimering	CBR
Standard	○	△
Modifieret	●	▲
Mætninglinie	---	m. vandl.
Hjælpelinie	----	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Proctorforsøg		
Indstamping	10cm Modifieret	15cm Modifieret
$\rho_{d,max}$	t/m ³ 2,06	2,05
w_{opt}	% 9,0	8,5
CBR - forsøg		
Indstamping	Standard	Standard
CBR	%	
Tærdensitet, ρ_d	t/m ³	
Vandindhold, w	%	
Vandlagret	nej ja	nej ja
Vandoptagelse	%	
Udkvældning	mm	

Frasigtet > 16 mm	s	18	%	Vandindhold in situ	w_{nat}	%	Vurderet frostfare	
Flydegrænse	w_L		%	Plasticitetsgrænse	w_P	%	Plasticitetsindeks	I_P %
Korndensitet (0-75 μ m)	ρ_s	t/m ³		Korndensitet (0-16 mm)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (> 16 mm)	ρ_s t/m ³
Kalkindhold (0-1 mm)	k_a	%		Kalkindhold (0-16 mm)	k_a	%	Kalkindhold (> 16 mm)	k_a %
Gledetab	g_l	%		Gledetab reduceret	$g_{l,red}$	%	LA (Sortering B)	26 %
Sandækvivalent	SE	65	%	Kapillaritet	h_c	cm	ASTM $\rho_{d,max}$	2,06 t/m ³
Tærdensitet i marken	ρ_d	t/m ³		Tærdensitet korrigeret	$\rho_{d,k}$	t/m ³	Vandindhold w_{opt}	7,9 %

Prøvebeskrivelse: Stabilt grus 0/32mm.

Rekvirent: Dansk Vejbeton/Miljø.		STATENS VEJLABORATORIUM		FORSØGSOVERSIGT	
Sted: Superfos, Reerslev	Mrk.:	Dybde: Kote:	Station: Boring:	SVnr.: 6	
Udt. d.: 88.08.22	Tegn.: HAAJ	Godk. d.: 7/10 88 O.H.	Sag nr.: 343006	Bilag nr.: 2a	



Signaturer		
Form	10 cm	15 cm
Forsøg	Komprimering	CBR
Standard	○	△
Modifieret	●	▲
Mætningslinje	---	m. vandl.
Hjælpelinie	----	☒ ☑

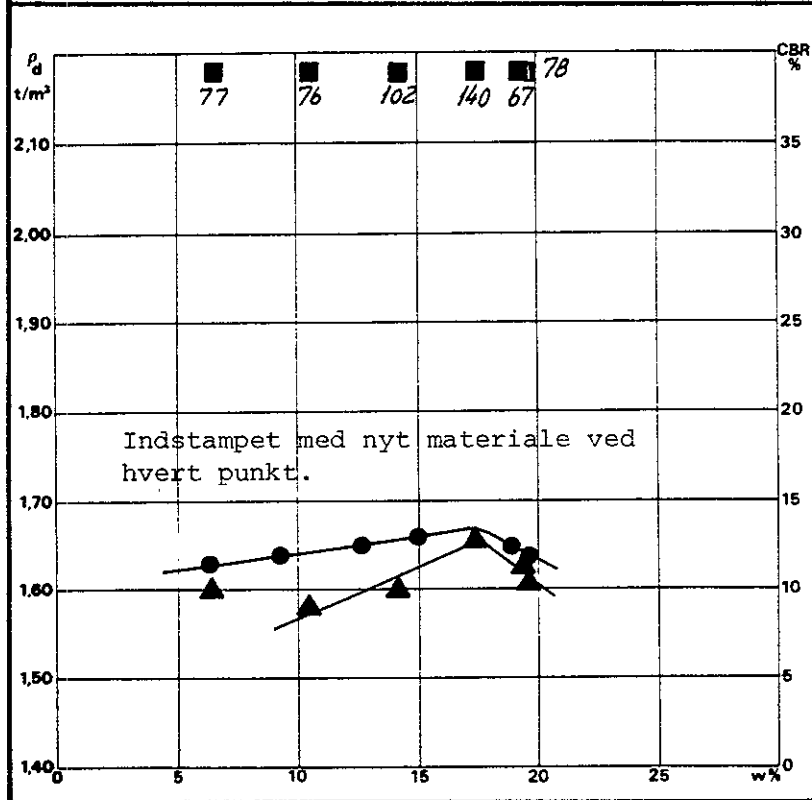
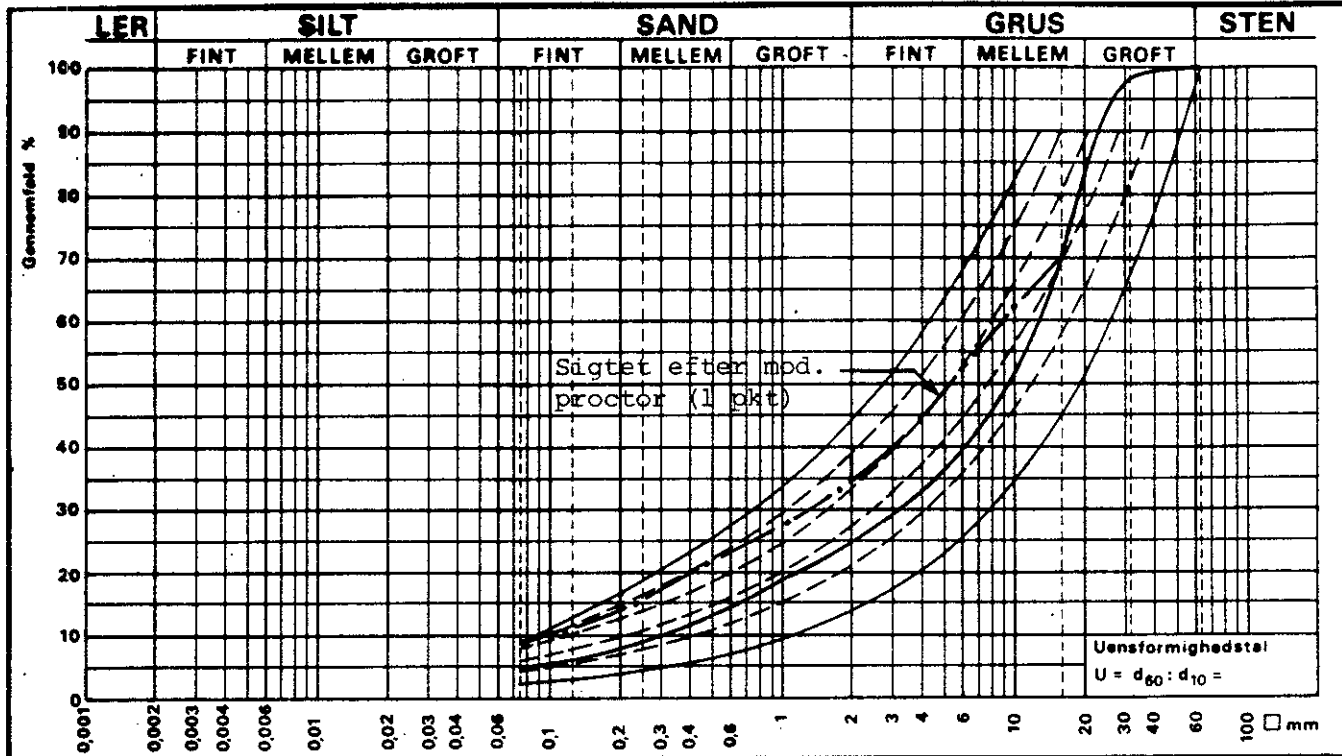
Proctorforsøg		
Indstampning	10cm Modifieret	15cm Modifieret
$\rho_{d,max}$	t/m ³ 1,68	1,67
w_{opt}	% 16,0	16,5

CBR - forsøg			
Indstampning	Standard	Standard	
CBR	%		
Tørdensitet, ρ_d	t/m ³		
Vandindhold, w	%		
Vandlagret	nej	ja	nej ja
Vandoptagelse	%	—	—
Udkvæmning	mm	—	—

Frasigtet > 16 mm	s	21	%	Vandindhold in situ	w_{nat}	%	Vurderet frostfare	
Flydegrænse	w_L		%	Plasticitetsgrænse	w_p	%	Plasticitetsindeks	I_p
Korndensitet (0-75 μ m)	ρ_s		t/m ³	Korndensitet (0-16 mm)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (> 16 mm)	ρ_s
Kalkindhold (0-1mm)	ka		%	Kalkindhold (0-16 mm)	ka	%	Kalkindhold (> 16 mm)	ka
Gledetab	gl		%	Gledetab reduceret	gl_{red}	%	LA (Sortering B)	53
Sandækvivalent	SE	56	%	Kapillaritet	h_c	cm	ASTM $\rho_{d,max}$	1,70 t/m ³
Tørdensitet i marken	ρ_d		t/m ³	Tørdensitet korrigeret	$\rho_{d,k}$	t/m ³	Vandindhold w_{opt}	16,3

Prøvebeskrivelse: Bygningsaffald fra nedrivning.

Rekvirent	Dansk Vejbeton/Miljø.	STATENS VEJLABORATORIUM	FORSØGSOVERSIGT
Sted:		Mrk.:	Dybde:
		Kote:	Station:
Udt. d.: 88.08.22	Tegn.: HAAJ	Godk. d.: 5/10-88 QH.	Boring:
			SVnr.: 5
			Seg nr.: 343006
			Bilag nr. 2b

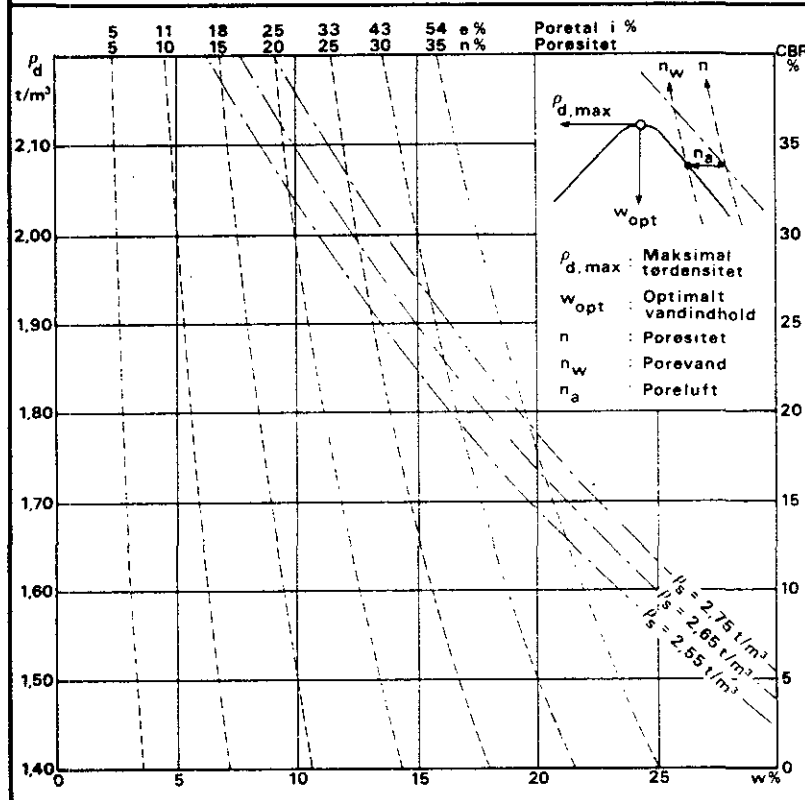
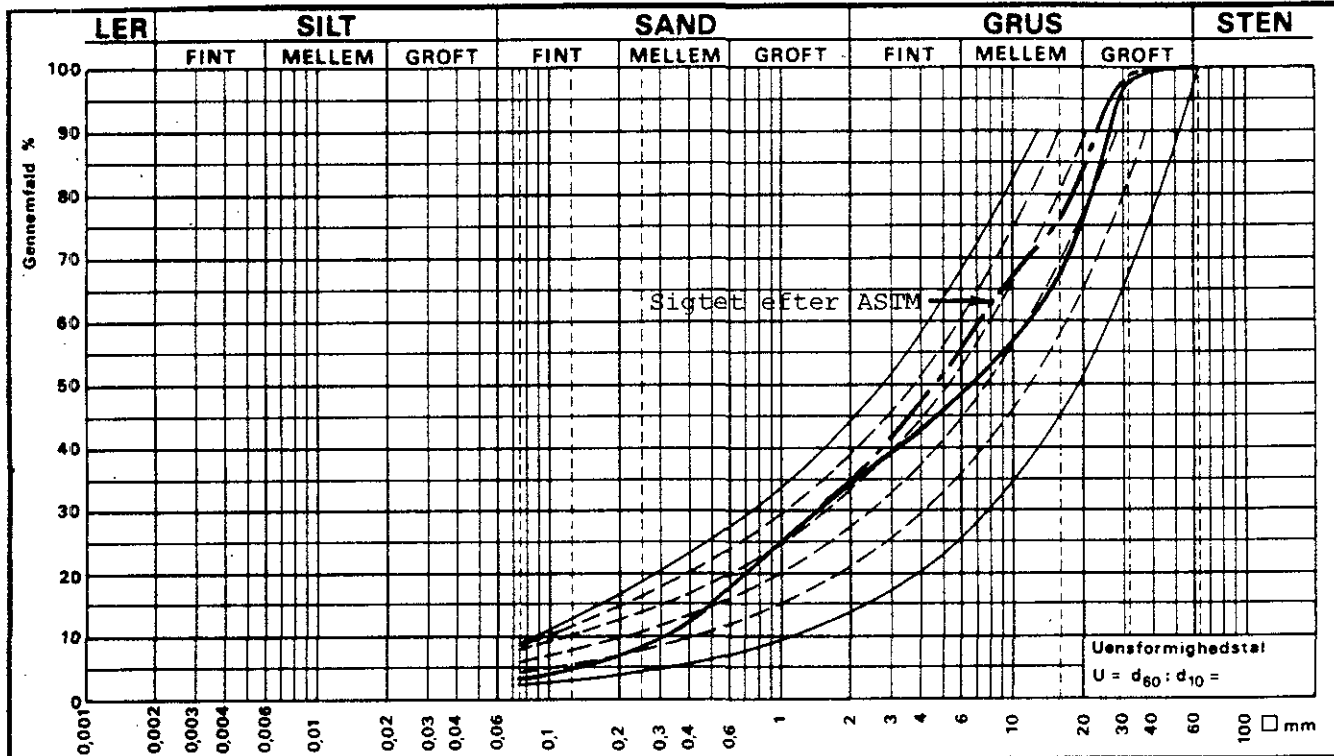


Signaturer		
Form	10 cm	15 cm
Forsøg	Komprimering	CBR
Standard	○	△
Modifieret	●	▲
Mætningslinje	— — — — —	m. vandl.
Hjælpelinie	- - - - -	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Proctorforsøg		
Indstampning	10cm Modifieret	15cm Modifieret
$\rho_{d,max}$	t/m ³ 1,67	1,66
w_{opt}	% 17,5	17,5
CBR - forsøg		
Indstampning	Standard	Standard
CBR	%	
Tærdensitet, ρ_d	t/m ³	
Vandindhold, w	%	
Vandlagret	nej ja	nej ja
Vandoptagelse	%	
Udkvældning	mm	

Frasigtet > 16 mm	s	30	%	Vandindhold in situ	w_{nat}	%	Vurderet frostfare	
Flydegrænse	w_L		%	Plasticitetsgrænse	w_p	%	Plasticitetsindeks	I_p
Korndensitet (0-75 μ m)	ρ_s		t/m ³	Korndensitet (0-16 mm)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (> 16 mm)	ρ_s
Kalkindhold (0-1mm)	ka		%	Kalkindhold (0-16 mm)	ka	%	Kalkindhold (> 16 mm)	ka
Gledetab	gl		%	Gledetab reduceret	gl_{red}	%	LA (Sortering B)	55
Sandækvivalent	SE	67	%	Kapillaritet	h_c	cm	ASTM $\rho_{d,max}$	1,63 t/m ³
Tærdensitet i marken	ρ_d		t/m ³	Tærdensitet korrigeret	$\rho_{d,k}$	t/m ³	Vandindhold w_{opt}	18,3

Prevebeskrivelse: Brændt tegl fra teglværk.

Rekvirent: Dansk Vejbeton/Miljø	STATENS VEJLABORATORIUM	FORSØGSOVERSIGT
Sted:	Mrk.:	Dybde: Kote:
Station: Boring:	SVnr.: 4	
Udt. d.: 88.08.22	Tegn.: HAAJ	Godk. d.: 8/10-88
Sag nr.: 343006	Bilag nr.: 2C	

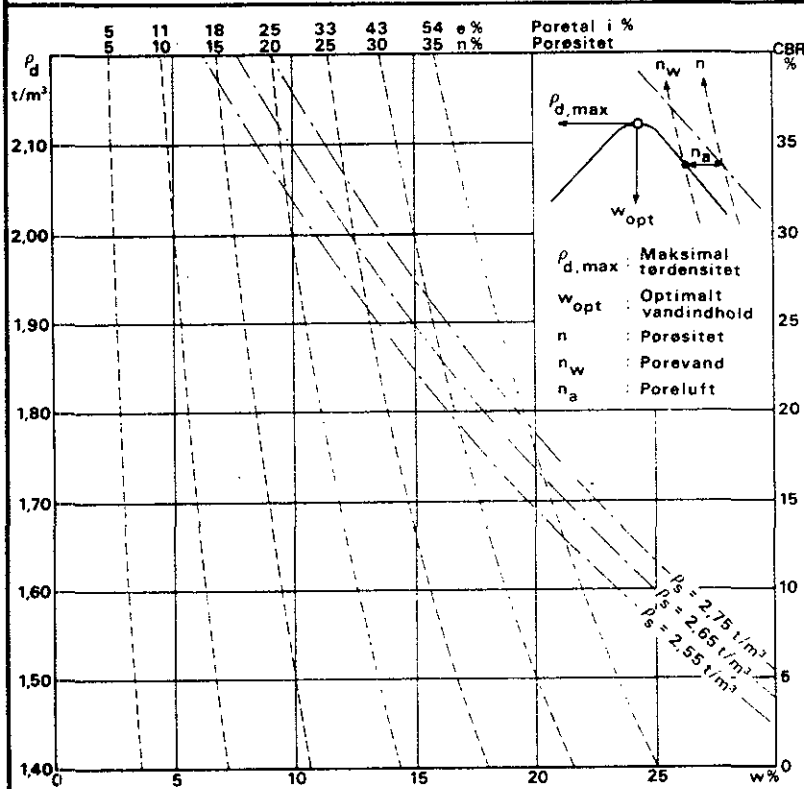
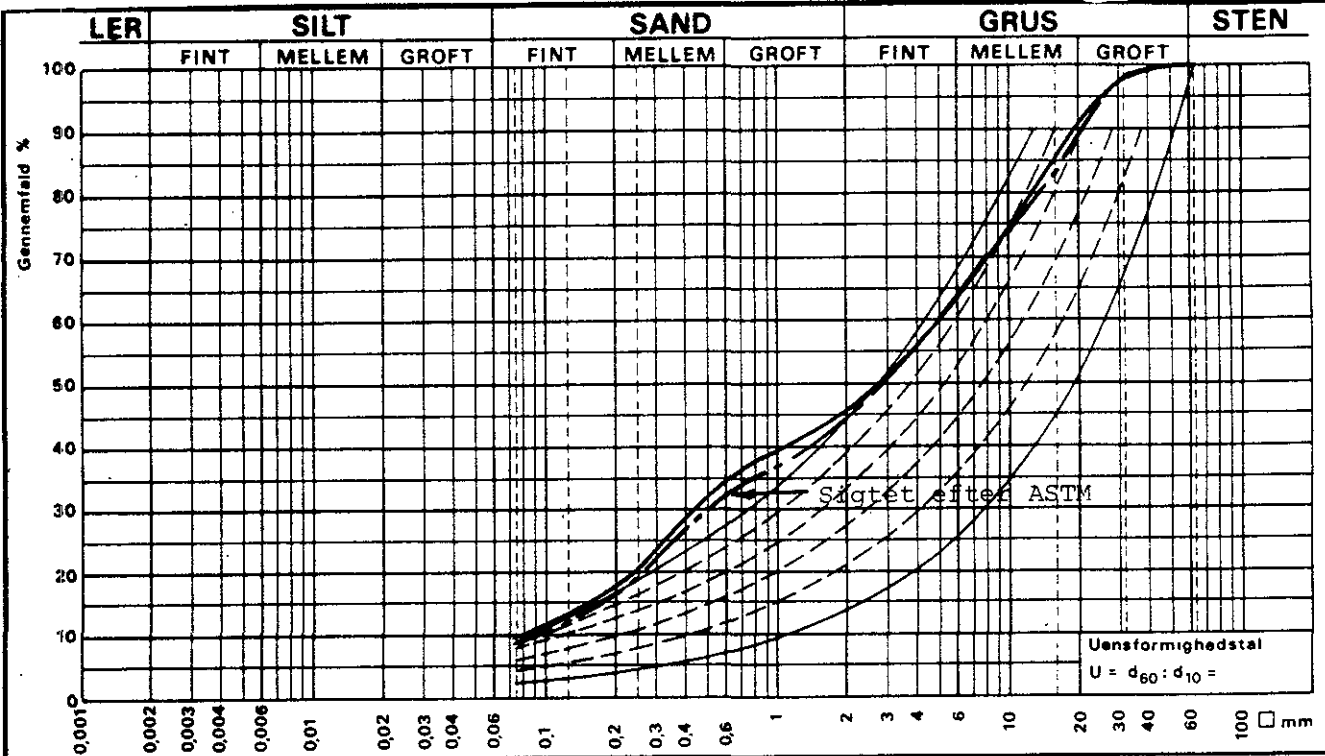


Signaturer			
Form	10 cm	15 cm	
Forsøg	Komprimering	CBR	
Standard	○	△	□
Modifieret	●	▲	■
Måtningslinje	—		m. vandl.
Hjælpe linie	- - -		<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Proctorforsøg			
Indstamping	Standard	Modifieret	
$\rho_{d,max}$	t/m ³		
w_{opt}	%		
CBR - forsøg			
Indstamping	Standard	Standard	
CBR	%		
Tørdensitet, ρ_d	t/m ³		
Vandindhold, w	%		
Vandlagret	nej	ja	nej ja
Vandoptagelse	%		
Udkvædning	mm		

Fraesigtet > 16 mm	s	%	Vandindhold in situ	w_{nat}	%	Vurderet frostfare	
Flydegrænse	w_L	%	Plasticitetsgrænse	w_p	%	Plasticitetsindeks	I_p %
Korndensitet (0-75µm)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (0-16 mm)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (> 16 mm)	ρ_s t/m ³
Kalkindhold (0-1mm)	ka	%	Kalkindhold (0-16 mm)	ka	%	Kalkindhold (> 16 mm)	ka %
Gledetab	gl	%	Gledetab reduceret	gl_{red}	%	Humusindhold	
(Før ASTM) Sandækvivalent	SE	65	SE (Efter ASTM)		66	ASTM-vibr. $\rho_{d,max}$	2,08 t/m ³
Tørdensitet i marken	ρ_d	t/m ³	Tørdensitet korrigeret	$\rho_{d,k}$	t/m ³	Vandindhold w_{opt}	9,2 %

Prøvebeskrivelse: Stabilt grus 0/32mm.

Rekvirent: Dansk Vejbeton/Miljø		STATENS VEJLABORATORIUM		FORSØGSOVERSIGT	
Sted: Superfos, Reerslev	Mrk.:	Dybde: Kote:	Station: Boring:	SVnr.:	6
Udt. d.: 89.01.03	Tegn.: HAAJ	Godk. d.: 19/1-89	Sag nr.:	Bitag nr.	3a

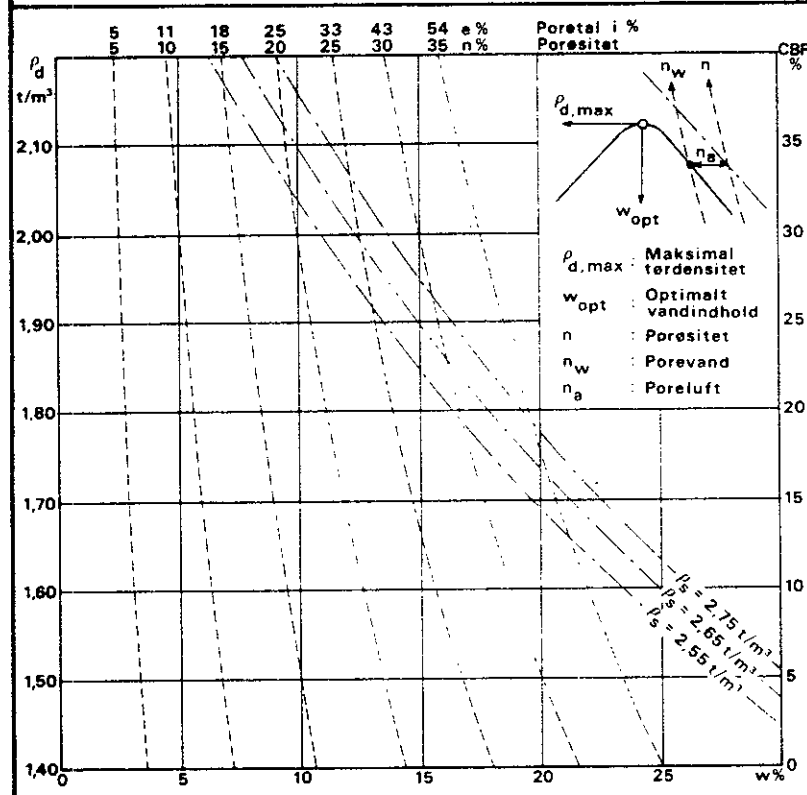
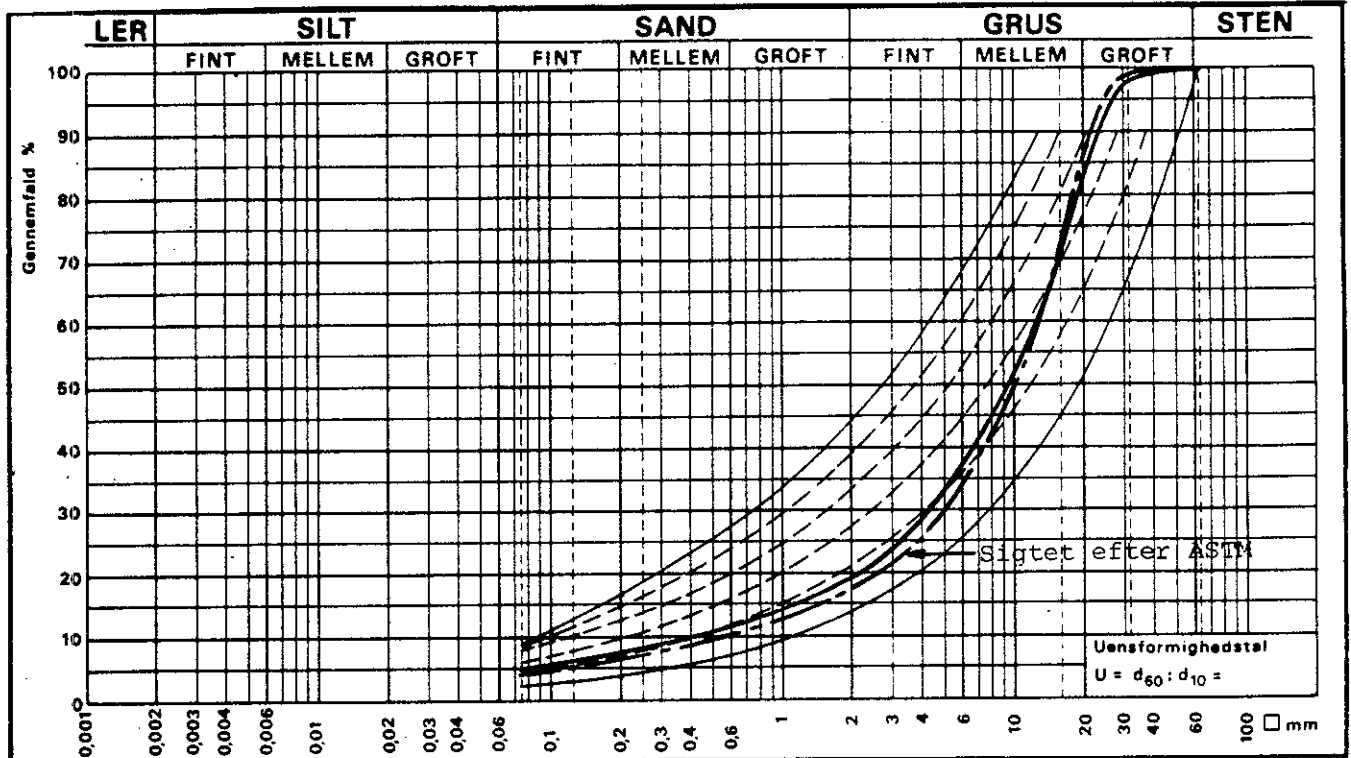


Signaturer			
Form	10 cm	15 cm	
Forsøg	Komprimering	CBR	
Standard	○	△	□
Modifieret	●	▲	■
Mætningslinje	-----		m. vandf.
Hjælpelinje	- - - - -		<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Proctorforsøg			
Indstamping	Standard	Modifieret	
$\rho_{d,max}$	t/m ³		
w_{opt}	%		
CBR - forsøg			
Indstamping	Standard	Standard	
CBR	%		
Tørdensitet, ρ_d	t/m ³		
Vandindhold, w	%		
Vandlagret	nej	ja	nej
Vandoptagelse	%	---	
Udkvældning	mm	---	

Fæsigtet > 16 mm	s	%	Vandindhold in situ	w_{nat}	%	Vurderet frostfare	
Flydegrænse	w_L	%	Plasticitetsgrænse	w_p	%	Plasticitetsindeks	I_p
Korndensitet (0-75µm)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (0-16 mm)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (> 16 mm)	ρ_s
Kalkindhold (0-1 mm)	ka	%	Kalkindhold (0-16 mm)	ka	%	Kalkindhold (> 16 mm)	ka
Glødetab	gl	%	Glødetab reduceret	gl_{red}	%	Humusindhold	
(Før ASTM) Sandækvivalent	SE	57	% SE (Efter ASTM)	49	%	ASTM-vibr. $\rho_{d,max}$	1,73 t/m ³
Tørdensitet i marken	ρ_d	t/m ³	Tørdensitet korrigeret	$\rho_{d,k}$	t/m ³	Vandindhold w_{opt}	18,8 %

Provebeskrivelse: Bygningsaffald fra nedrivning.

Rekvirant: Dansk Vejbeton/Miljø		STATENS VEJLABORATORIUM		FORSØGSOVERSIGT	
Sted:	Mrk.:	Dybde: Kote:	Station: Boring:	SVnr	5
Udt.d.: 89.01.03	Tegn.: HAAJ	Godk.d.: 19/1-89	Sag nr.: 343006	Bilag nr.	3b



Signaturer			
Form	10 cm	15 cm	
Forsøg	Komprimering	CBR	
Standard	○	△	□
Modifieret	●	▲	■
Mætningslinie	—	m. vandl.	
Hjælpeinie	- - - -	☒	☑
Proctorforsøg			
Indstamping	Standard	Modifieret	
$\rho_{d,max}$	t/m ³		
w_{opt}	%		
CBR - forsøg			
Indstamping	Standard	Standard	
CBR	%		
Tørdensitet, ρ_d	t/m ³		
Vandindhold, w	%		
Vandlagret	nej	ja	nej
Vandoptagelse	%	—	—
Udkvældning	mm	—	—

Frasigtet > 16 mm	s	%	Vandindhold in situ	w_{nat}	%	Vurderet frostfare	
Flydegrænse	w_L	%	Plasticitetsgrænse	w_p	%	Plasticitetsindeks	I_p %
Korndensitet (0-75 μ m)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (0-16 mm)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (> 16 mm)	ρ_s t/m ³
Kalkindhold (0-1 mm)	k_a	%	Kalkindhold (0-16 mm)	k_a	%	Kalkindhold (> 16 mm)	k_a %
Glødetab	g_l	%	Glødetab reduceret	$g_{l,red}$	%	Humusindhold	
(Før ASTM) Sandækvivalent	SE	67	SE (Efter ASTM)	76	%	ASTM-vibr. $\rho_{d,max}$	1,58 t/m ³
Tørdensitet i marken	ρ_d	t/m ³	Tørdensitet korrigeret	$\rho_{d,k}$	t/m ³	Vandindhold w_{opt}	23,7 %

Prevebeskrivelse: Brændt tegl fra teglværk.

Rekvirent: Dansk Vejbeton/Miljø.		STATENS VEJLABORATORIUM		FORSØGSOVERSIGT	
Sted:	Mrk.:	Dybde: Kote:	Station: Boring:	SVnr.:	4
Udt. d.: 89.01.03	Tegn.: HAAJ	Godk. d.: 19/1-89	Sag nr.: 343006	Bitag nr.:	3C

SVnr.	Materiale	Fraktion mm	Tilsynel. densitet ρ_l t/m ³	Korndensitet i tør tilstand ρ_d t/m ³	Korndensitet i vandmættet over- fladetør tilstand ρ_{ssd} t/m ³	Absorption w_a %
4	Brændt tegl	4-31,5	2,47	1,78	2,06	15,7
			2,43	1,76	2,04	15,8
5	Bygn.affald	4-31,5	2,46	1,80	2,07	15,0
			2,50	1,81	2,09	15,1
6	Stabilt grus	4-31,5	2,61	2,39	2,47	3,6
			2,61	2,37	2,46	3,8
4	Brændt tegl	0-4	2,56	1,99	2,21	11,3
			2,57	2,03	2,24	10,3
5	Bygn.affald	0-4	2,57	2,06	2,26	9,5
			2,54	2,06	2,25	9,1
6	Stabilt grus	0-4	2,57	2,40	2,47	2,8
			2,60	2,43	2,49	2,8
			2,66	2,47	2,54	2,8

STATENS VEJLABORATORIUM
Laboratorieafdelingen

Rekvirent: Dansk Vejbeton/Miljø.
Sag nr. : 343006
Ekspd. : 88.09.28
Lab./ing.: HAAJ/01.7
Bilag nr.: 4a

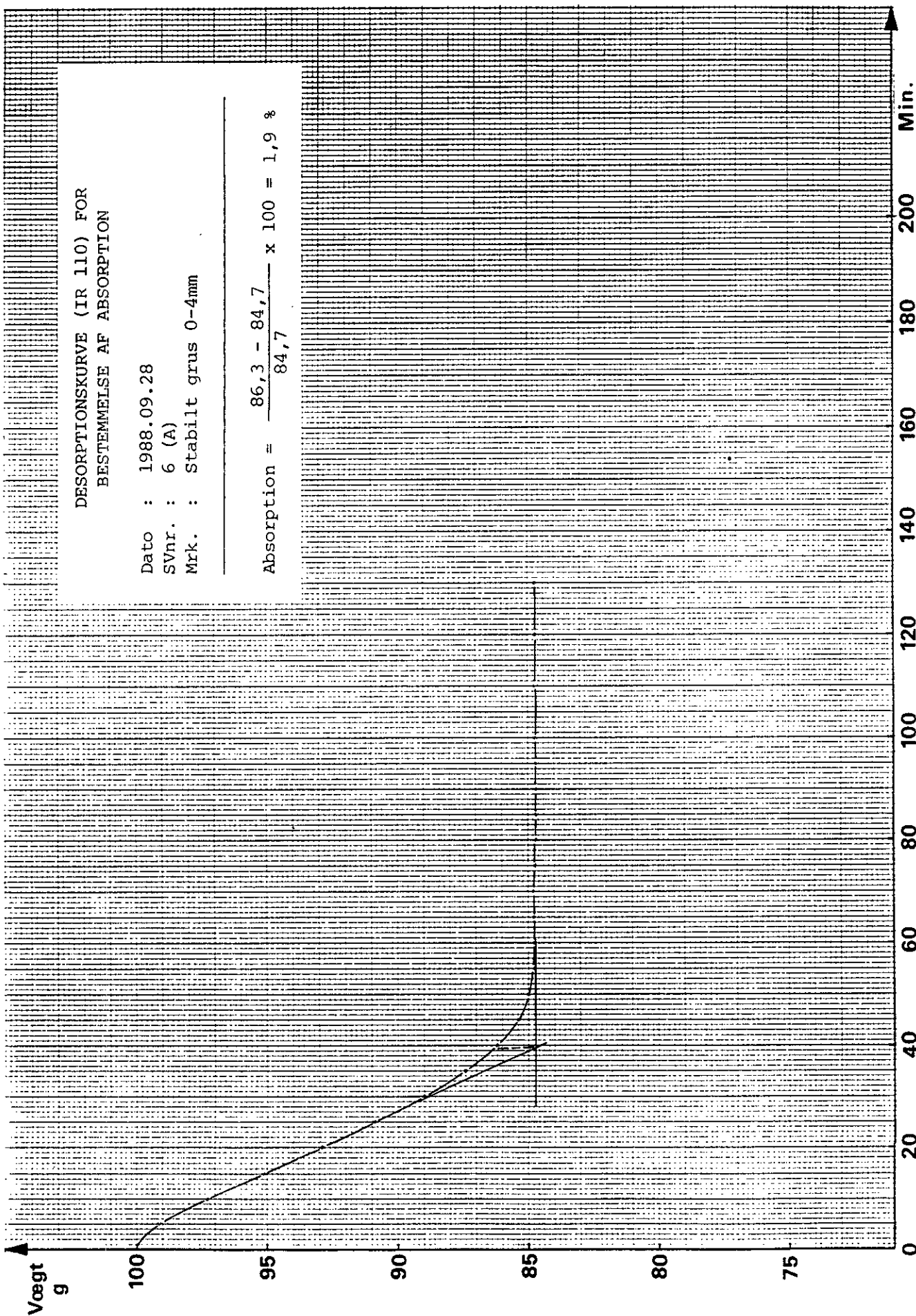
DESORPTIONSKURVE (IR 110) FOR
BESTEMMELSE AF ABSORPTION

Dato : 1988.09.28

SVnr. : 6 (A)

Mrk. : Stabilt grus 0-4mm

$$\text{Absorption} = \frac{86,3 - 84,7}{84,7} \times 100 = 1,9 \%$$



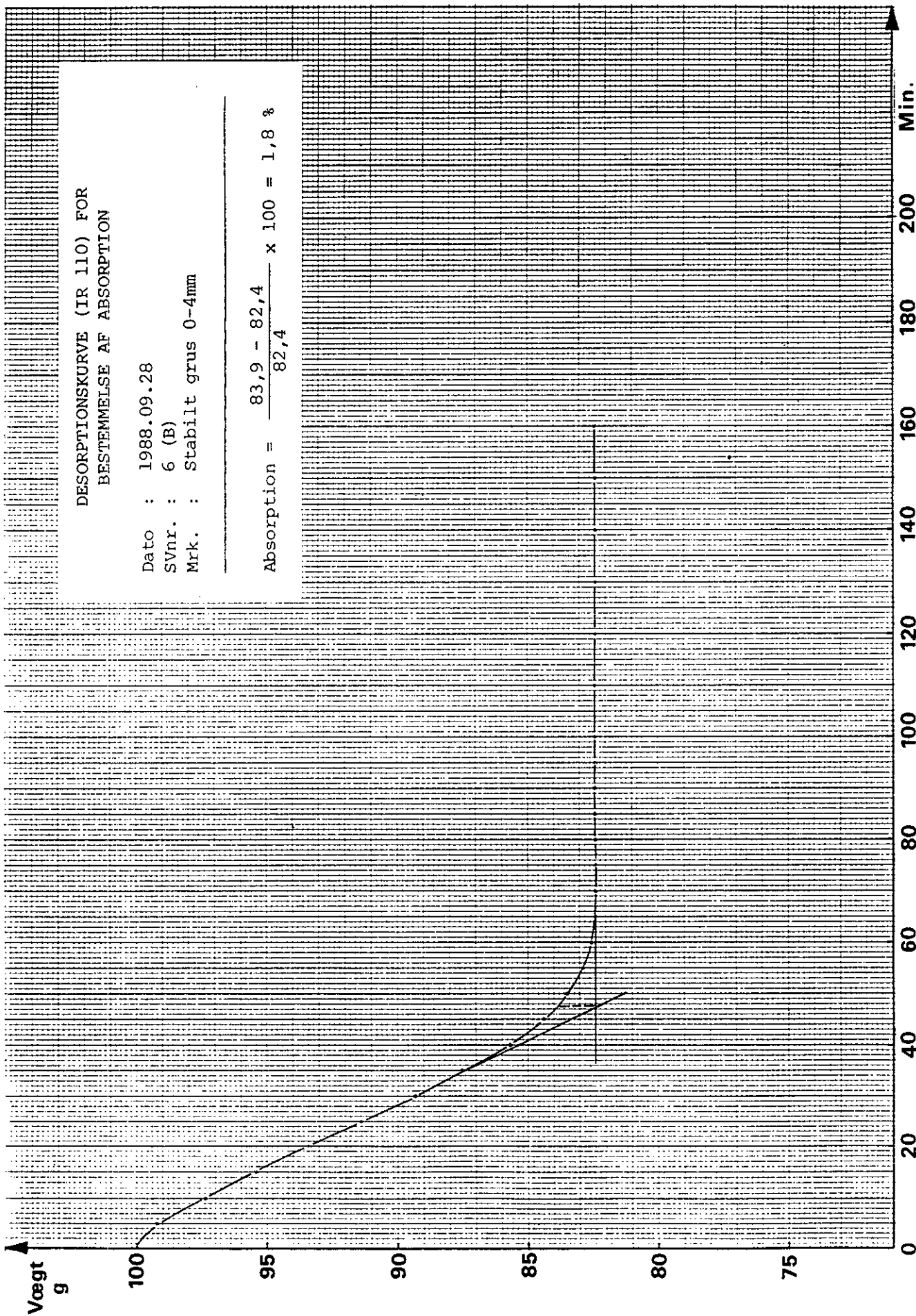
Sag nr. 343006
Bilag nr. 4b

Øt.

DESORPTIONSKURVE (IR 110) FOR
BESTEMMELSE AF ABSORPTION

Dato : 1988.09.28
SVnr. : 6 (B)
Mrk. : Stabilt grus 0-4mm

$$\text{Absorption} = \frac{83,9 - 82,4}{82,4} \times 100 = 1,8 \%$$

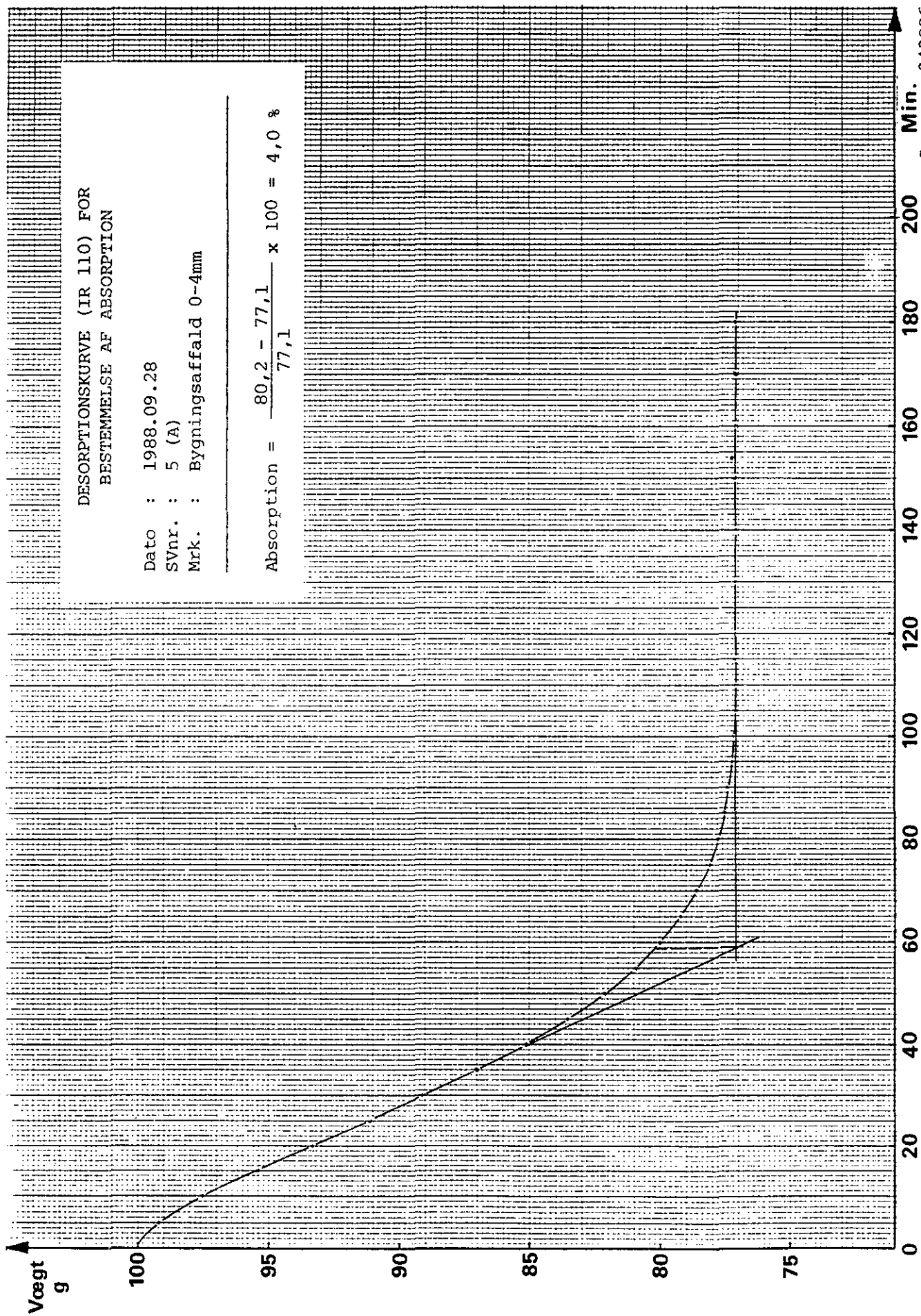


017

DESORPTIONSKURVE (IR 110) FOR
BESTEMMELSE AF ABSORPTION

Dato : 1988.09.28
SVnr. : 5 (A)
Mrk. : Bygningsaffald 0-4mm

$$\text{Absorption} = \frac{80,2 - 77,1}{77,1} \times 100 = 4,0 \%$$



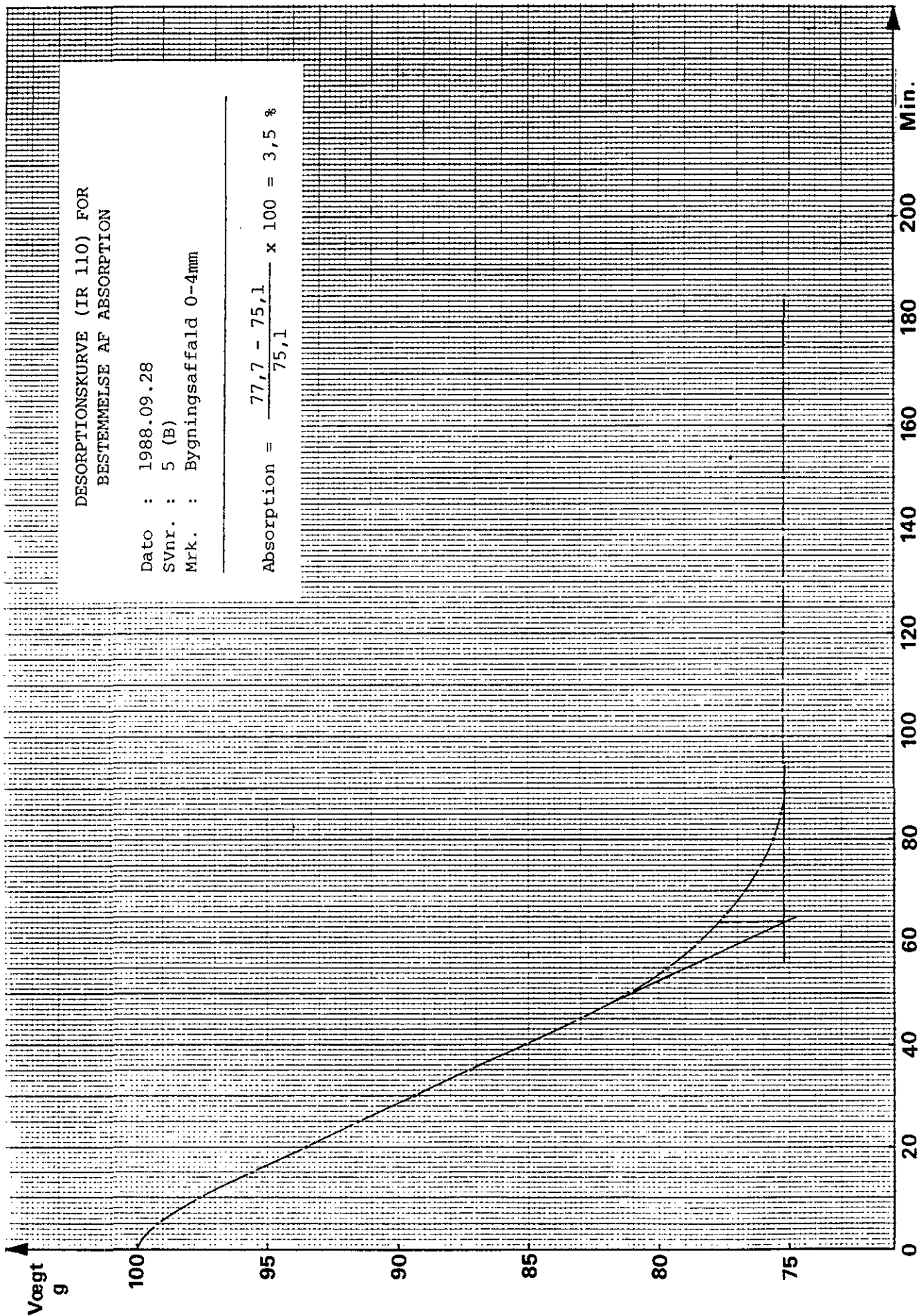
Min.
Sag nr. 343006
Bilag nr. 4d

07.7

DESORPTIONSKURVE (IR 110) FOR
BESTEMMELSE AF ABSORPTION

Dato : 1988.09.28
SVnr. : 5 (B)
Mrk. : Bygningsaffald 0-4mm

$$\text{Absorption} = \frac{77,7 - 75,1}{75,1} \times 100 = 3,5 \%$$



Min. Sag nr. 343006
Bilag nr. 4e

677

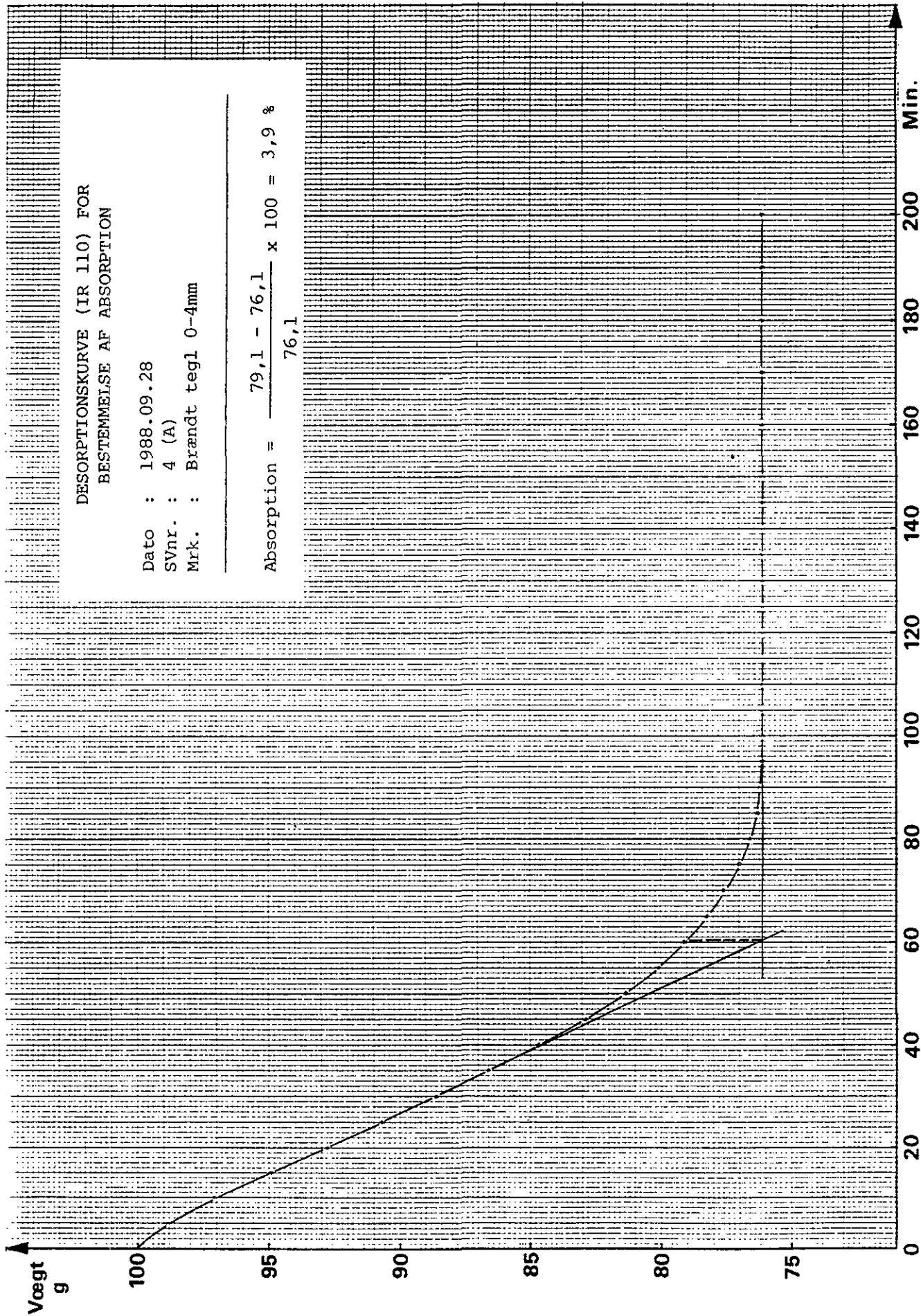
DESORPTIONSKURVE (IR 110) FOR
BESTEMMELSE AF ABSORPTION

Dato : 1988.09.28

SVnr. : 4 (A)

Mrk. : Brændt tegl 0-4mm

$$\text{Absorption} = \frac{79,1 - 76,1}{76,1} \times 100 = 3,9 \%$$



Sag nr. 343006

Bilag nr. 4f

OK

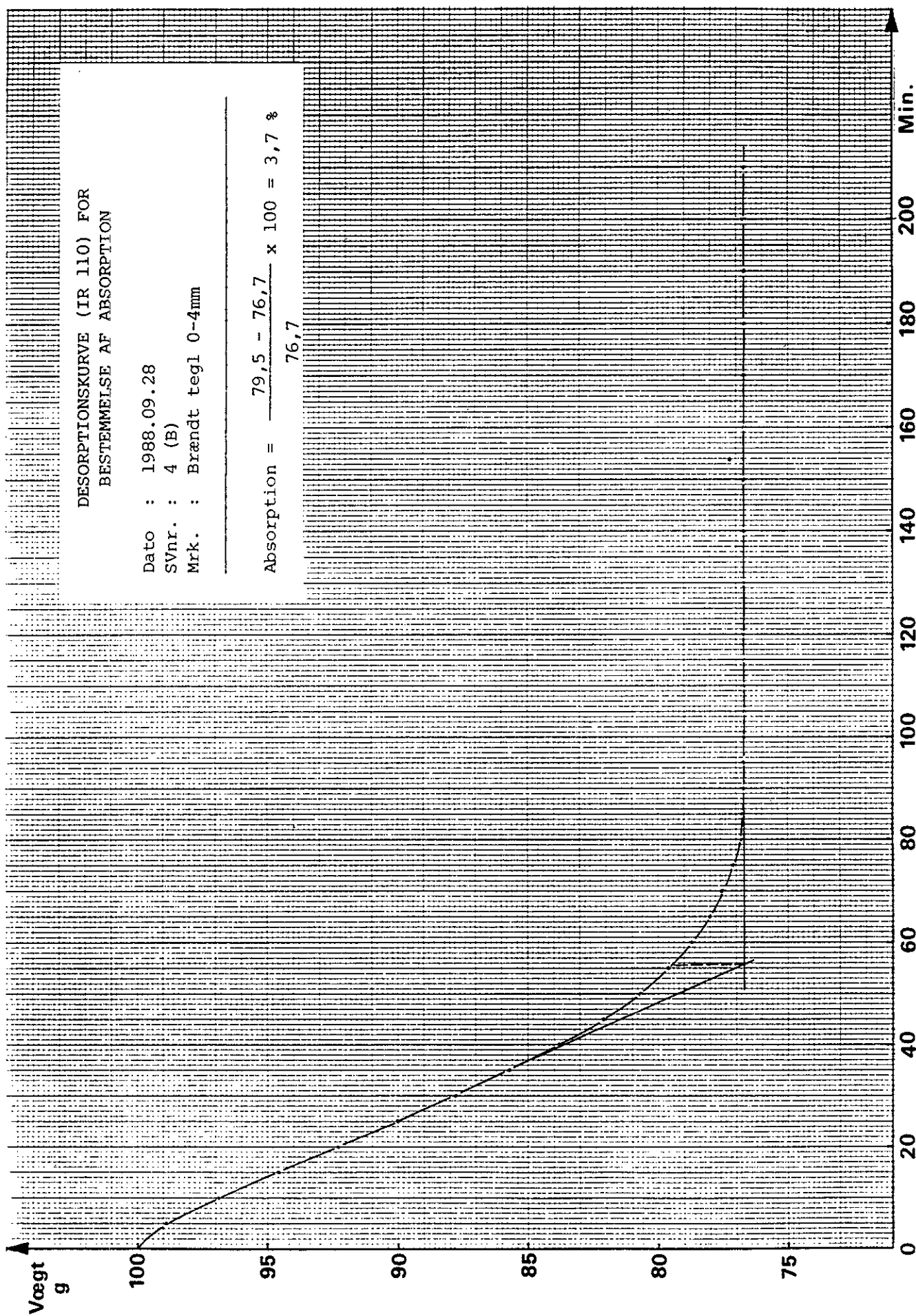
DESORPTIONSKURVE (IR 110) FOR
BESTEMMELSE AF ABSORPTION

Dato : 1988.09.28

SVnr. : 4 (B)

Mrk. : Brændt tegl 0-4mm

$$\text{Absorption} = \frac{79,5 - 76,7}{76,7} \times 100 = 3,7 \%$$



Sag nr. 343006


Bilag nr. 4g

01.7.

BILAG

Materiale	Blanding	SVnr.	Vægt g	Brudlast t	Trykstyrke MPa	E-modul MPa x 10 ⁻³
SG 0/32mm (50kg cement)	1	11	3696	8,93	11,3	13,8
		12	3710	10,39	13,0	8,8
		13	3691	9,06	11,3	23,1
		14	3727	8,75	10,9	17,5
		15	3650	8,65	10,9	30,4
SG 0/32mm (100kg cement)	2	20	3630	19,8	25,0	17,5
		21	3656	18,4	23,2	32,2
		22	3594	13,9	17,4	20,4
		23	3531	13,6	17,1	29,4
		24	3614	21,3	26,7	43,1
SG 0/32mm (150kg cement)	3	29	3611	18,1	27,7	42,3
		30	3604	15,2	19,2	-
		31	3663	26,5	32,6	107,6
		32	3570	17,6	22,7	62,8
		33	3560	15,7	19,5	62,9
Bygningsaffald (50kg cement)	4	38	3235	9,97	12,5	7,1
		39	3195	10,53	13,2	10,3
		40	3227	8,82	11,0	10,4
		41	3240	10,09	12,7	19,0
		42	3240	10,07	12,7	10,6
Bygningsaffald (100kg cement)	5	47	3223	12,90	16,1	14,6
		48	3206	11,82	14,8	12,2
		49	3074	8,49	10,6	13,2
		50	3214	12,27	15,5	19,5
		51	3183	11,97	15,0	14,8
Bygningsaffald (150kg cement)	6	56	3268	14,90	18,8	25,0
		57	3296	14,80	18,5	29,6
		58	3304	17,70	22,3	15,6
		59	3266	15,30	19,5	14,1
		60	3274	14,20	17,8	13,4
Brændt tegl (50kg cement)	7	65	3244	6,49	8,1	6,0
		66	3235	7,84	9,8	12,8
		67	3244	7,38	9,2	16,0
		68	3233	6,77	8,5	7,2
		69	3228	6,96	8,7	5,7
Brændt tegl (100kg cement)	8	74	3263	12,26	15,4	18,0
		75	3261	13,97	17,4	13,9
		76	3270	13,08	16,3	13,2
		77	3279	12,06	15,1	12,0
		78	3260	13,03	12,9	15,4
Brændt tegl (150kg cement)	9	83	3273	14,0	17,5	33,2
		84	3272	17,0	21,3	20,4
		85	3287	19,8	25,0	20,1
		86	3287	19,5	24,6	17,6
		87	3281	22,5	28,2	19,3

42-døgns trykstyrker og sekant E-modul.


 Sag nr. 343006
 Bilag nr. 5a

Materiale	Blanding	SVnr.	Brudlast t	Trykstyrke MPa
SG 0/32mm (50kg cement)	1	7	7,80	9,8
		8	8,20	10,3
		9	7,85	9,9
		10	9,25	11,6
SG 0/32mm (100kg cement)	2	16	15,60	19,5
		17	20,00	25,2
		18	19,00	23,8
		19	18,90	23,6
SG 0/32mm (150kg cement)	3	25	18,00	22,6
		26	26,60	33,4
		27	19,00	24,0
		28	20,60	25,9
Bygningsaffald (50kg cement)	4	34	8,80	11,1
		35	9,00	11,4
		36	9,40	11,9
		37	10,20	12,8
Bygningsaffald (100kg cement)	5	43	8,80	11,1
		44	9,60	12,0
		45	11,60	14,7
		46	9,40	11,8
Bygningsaffald (150kg cement)	6	52	14,95	18,9
		53	11,40	14,2
		54	16,00	20,1
		55	12,40	15,7
Brændt tegl (50kg cement)	7	61	7,05	8,8
		62	6,60	8,3
		63	6,95	8,7
		64	6,95	8,8
Brændt tegl (100kg cement)	8	70	13,10	16,6
		71	13,00	16,2
		72	13,10	16,5
		73	12,90	16,3
Brændt tegl (150kg cement)	9	79	18,10	23,0
		80	18,70	23,4
		81	19,75	24,9
		82	17,15	21,7

Trykstyrker efter 25 frost/tø cykler.

04.
Sag nr. 343006
Bilag nr. 5b

TEMP.-KURVE FOR FROSTCYKLUS

