

Miljøprojekt nr. 145

1990

Genanvendelse af nedknust tegl

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Genanvendelse af nedknust tegl

Rapporten indeholder resultater og erfaringer fra undersøgelser af forskellige typer nedknust tegls anvendelighed til f.eks. fliseunderlag, filtermateriale omkring dræn og kapillarbrydende lag i terrændæk. Til undersøgelserne er anvendt genbrugsprodukter af hårde og blødbrændte mursten samt tagtegl. Undersøgelsen viser samlet, at der er stor sandsynlighed for, at nedknust tegl kan anvendes til de i projektet skitserede formål.

Miljøministeriet

Miljøstyrelsen

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

Pris kr. 50,- inkl. 22% moms

ISSN nr. 0105-3094

ISBN nr. 87-503-8507-0

Miljøprojekt

- Nr. 90 : Nikkelafgivelse fra metallegeringer
- Nr. 91 : Algetoksicitetstest
- Nr. 92 : CFC-forbrugsmønster i Danmark
- Nr. 93 : Mikrobiel nedbrydning af miljøfremmede stoffer i grundvand
- Nr. 94 : Genanvendelse af madaffald fra storkøkkener i København
- Nr. 95 : Bundfaunaundersøgelser som redskab til overvågning
- Nr. 96 : Svovlbrintedannelse og -kontrol i trykledninger
- Nr. 97 : Renere teknologi i fiskeindustrien
- Nr. 98 : Renere teknologi i træ- og møbelbranchen
- Nr. 99 : Kompostering af haveaffald i Frederiksborg amt
- Nr. 100 : Hazard Assessment of 1,1,1-Trichloroethane
- Nr. 101 : Organiske opløsningsmidler i husholdningsprodukter
- Nr. 102 : Fuglefaunaen på konventionelle og økologiske landbrug
- Nr. 103 : Sprøjtefri randzoner i kornmarker
- Nr. 104 : Miljøforbedring ved hovedseparation i rejepilleindustrien
- Nr. 105 : Forbrug af og forurening med bly i Danmark
- Nr. 106 : Haloner - forbrugsmønster i Danmark
- Nr. 107 : Galvanisk overfladebelægning uden affald og spildevand
- Nr. 108 : Madaffald fra storkøkkener - organisation af indsamling og oparbejdning
- Nr. 109 : Erstatningsstoffer for fosfat - spredning og effekter i miljøet
- Nr. 110 : Olie/kemikalieaffald - en spørgeskemaundersøgelse
- Nr. 111 : Undersøgelser af vejledende pyritgrænseværdier
- Nr. 112 : Kvantitative og kvalitative kriterier for risikoaccept
- Nr. 113 : Storskrald og haveaffald
- Nr. 114 : Papirindsamling via specialcontainere og genbrugsstation
- Nr. 115 : Vandmiljøplanens overvågningsprogram
- Nr. 116 : Renere teknologi i svine- og kreaturslagteribranchen
- Nr. 117 : Dioxinmission ved affaldsforbrænding
- Nr. 118 : Klorkilders betydning for dioxindannelse ved forbrænding
- Nr. 119 : Okkerrensning i forbindelse med landbrugsmæssig dræning
- Nr. 120 : Kontrol af køretøjer med katalysator
- Nr. 121 : Forurenede industrigrunde
- Nr. 122 : Indsamling af papir og pap fra erhvervsvirksomheder
- Nr. 123 : Risikovurdering af forurenede grunde
- Nr. 124 : Vedligeholdelse af køle-smøremidler
- Nr. 125 : Fugleføde i kornmarker - insekter og vilde planter
- Nr. 126 : Miljøvenlige malematerialer i jernindustrien
- Nr. 127 : Miljøfremmede, organiske stoffer i kommunalt spildevand
- Nr. 128 : Nedsivning fra byggeaffald
- Nr. 129 : Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald - del 1
- Nr. 130 : Forureningsfri galvanomaskiner til værkstedsbrug
- Nr. 131 : Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer
- Nr. 132 : PVC i kontorartikler, sundhedssektor, m.v.
- Nr. 133 : PVC i byggeri og anlæg
- Nr. 134 : PVC i emballage
- Nr. 135 : Hjemmekompostering
- Nr. 136 : Bearbejdning af danske måledata af regn og afstrømning
- Nr. 137 : Regulering af forurening fra afløbssystemer under regn
- Nr. 138 : Renere teknologi på energiområdet
- Nr. 139 : Afvask af trykpresser med sojaolie
- Nr. 140 : Vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse
- Nr. 141 : Det grønne affaldssystem i AFAV
- Nr. 142 : Det grønne affaldssystem i Høng
- Nr. 143 : Katodisk elektrodypemaling
- Nr. 144 : Reparationsmaling af automobiler
- Nr. 145 : Genanvendelse af nedknust tegl

Miljøprojekt nr. 145

1990

Genanvendelse af nedknust tegl

**Dokumentation af byggetekniske
egenskaber og vurdering af
fremtidsmuligheder**

Jan Folkenberg
Dansk Teknologisk Institut
Byggeteknik

**Miljøministeriet
Miljøstyrelsen**

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Det skal bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke nødvendigvis dækkes af Rådet eller Miljøstyrelsen.

INDHOLDSFORTEGNELSE

	<u>Forord</u>	5
<u>1.</u>	<u>Resume</u>	7
<u>2.</u>	<u>Konklusion</u>	9
2.1	Anvendelse som fliseunderlag (0-4 mm fraktionen)	9
2.2	Anvendelse som filtermateriale omkring dræn (4-16 mm fraktion)	9
2.3	Anvendelse som kapillarbrydende lag (16-32 mm fraktion)	9
2.4	Afsætningsmæssige muligheder	10
<u>3.</u>	<u>Indledning</u>	11
3.1	Baggrund	11
3.2	Formål	11
3.3	Udstyr	11
<u>4.</u>	<u>Praktisk gennemførelse</u>	12
4.1	Knusning af tegl	12
	4.1.1 Anvendte materialer	12
	4.1.2 Knusning af materialer	12
	4.1.3 Knusningsfraktioner	12
	4.1.4 Anvendelsesområder for de 3 fraktioner	14
	4.1.5 Urenheder i produkterne	14
	4.1.6 Rensning af produkterne	14
	4.1.7 Anvendt udstyr til knusning	14
	4.1.8 Vurderinger	15
4.2	Udlægningsforsøg med knust tegl	15
	4.2.1 Udlægningsforsøgene med 0-4 mm og 4-16 mm fraktionerne	15
	4.2.2 Udlægningsforsøg med 16-32 mm fraktionen	17
	4.2.3 Vurderinger	17
4.3	Proctorforsøg	18
	4.3.1 Formål med forsøget	18
	4.3.2 Resultater	18
	4.3.3 Vurderinger	20
4.4	Permeabilitetsforsøg	20
	4.4.1 Formål med forsøget	20
	4.4.2 Resultater	20
	4.4.3 Vurderinger	21

4.5	Varmeledningsevne	21
	4.5.1 Formål med målingerne	21
	4.5.2 Resultater	21
	4.5.3 Vurderinger	22
4.6	Kapillarbrydende egenskaber	22
	4.6.1 Formål med forsøgene	22
	4.6.2 Forsøgsopstilling	22
	4.6.3 Resultater	23
	4.6.4 Vurderinger	24
4.7	Kostpriser for nedknust tegl	24
<u>5.</u>	Referencer	25
	Bilag	26

FORORD

Hvert år deponeres omkring 1,5 mill tons bygningsaffald i Danmark. Den største del af dette udgøres af tegl og beton.

Formålet med denne rapport fra Miljøstyrelsen er at gøre opmærksom på mulighederne for genanvendelse af nedknust tegl til forskellige formål for at aflaste deponeringspladserne.

Det praktiske arbejde med sammenskrivningen af rapporten er foretaget af Jan Folkenberg, Teknologisk Institut, afdelingen for Byggeteknik.

Arbejdet med rapporten, har været fulgt af en styringsgruppe bestående af:

Lars Søborg,
Miljøstyrelsens genanvendelseskontor

Julius Nielsen,
Entreprenørforeningen

Jørgen Nielsen,
Statens Byggeforskningsinstitut

Preben Andersen,
Farum Sten & Gruskompagni A/S

Arne Damgård Jensen,
Teknologisk Institut, Byggeteknik.

Arbejdet er blevet finansieret af Genanvendelsesrådet, efter indstilling fra Koordineringsgruppen vedrørende Genanvendelse af Byggeaffald (KGB).

Teknologisk Institut
November 1989

1. Resumé

Denne rapport indeholder de resultater og erfaringer som er fremkommet i forbindelse med undersøgelserne af forskellige typer nedknust tegl's anvendelighed til forskellige simple formål.

De anvendte materialer er genbrugsprodukter af dels hårde og blødbrændte mursten samt tagtegl.

Materialerne blev knust ned og sorteret i 3 fraktioner, som blev anvendt til følgende formål:

- 1) Fliseunderlag (0-4 mm fraktion)
- 2) Filtermateriale omkring dræn (4-16 mm fraktion)
- 3) Kapillarbrydende lag i terrændæk (16-32 mm fraktion).

Der er i undersøgelsen anvendt kendt udstyr og kendte metoder, til såvel knusning som videre forarbejdning af materialerne under udlægning m.v.

Det er muligt ud fra undersøgelserne at fastslå:

- at teglmaterialer kan nedknuses og anvendes med høj udnyttelsesprocent i fraktioner, som er relevante for de nævnte anvendelser
- at de foreløbige udlægningsforsøg har vist, at det er realistisk, at entreprenører i praksis kan arbejde med disse materialer med eksisterende udstyr
- at de gældende funktionskrav til kapillarbrydende lag som beskrevet i Bygningsreglementet og Drænnormen DS 436 i praksis vanskeligt kan opfyldes ¹⁾, da undersøgelsens forsøg har vist, at nedknust tegl har en kapillær stighøjde på 290 mm efter 88 døgn ²⁾. Det vil ifølge drænnormen medføre, at det kapillarbrydende lag skal have en tykkelse på ca. 600 mm (det dobbelte af stighøjden), hvis det udføres af nedknust tegl
- at den del af drænnormen, DS 436, hvor det anføres at grus og stenmaterialer med maksimalt 10 vægt% korn under 1 mm (diameter), påregnes at have en stighøjde mindre end 70 mm, ikke er anvendelig for teglmaterialer ³⁾.

- at nedknust tegl på kort sigt fungerer ligeså godt som kendte filtermaterialer til dræn. Undersøgelsen har ikke vist noget om langtidseffekter
- at nedknust tegl fungerer udmærket som fliseunderlag under fliser med almindelig belastning. Undersøgelsen viser ikke noget om teglmateriernes funktion under svært belastede fliser, eller under fliser med dynamisk belastning. Der er i undersøgelsen ikke nogle resultater om, hvordan materialerne reagerer på frost/tø.

Undersøgelsen viser samlet, at der er stor sandsynlighed for, at nedknust tegl kan anvendes til de i projektet skitserede formål. Det anbefales dog, at der gennemføres forsøg til yderligere dokumentation af:

- 1: Den kapillære stighøjde baseret på et større antal forsøg.
- 2: Filteregenskaberne på længere sigt.
- 3: Stabiliteten af fliseunderlag ved tung og dynamisk last.

Kostprisen på de færdige produkter ligger på omkring 45 kr/ton, hvilket gør dem konkurrencedygtige over for traditionelt anvendte materialer, da man ved genbrug af byggeaffaldet kan spare en foreslået deponeringsafgift på 125,- kr./ton.

- 1) Der foreligger p.t. ingen klar metodebeskrivelse for afprøvning af materialers kapillære stighøjde, hvorfor der i dette tilfælde er gennemført simple sammenlignende forsøg.
- 2) Forsøgene har vist, at lecanødder har nogenlunde samme kapillære stighøjde som nedknust tegl.
- 3) Det skal bemærkes, at den nuværende norm er under revision.

2. Konklusion

2.1 Anvendelse som fliseunderlag (0-4 mm fraktionen)

Resultaterne af undersøgelserne tyder på at materialet kan anvendes som underlag for fliser. Disse vurderinger er baseret på visuelle indtryk ved besigtigelsen af et forsøgsområde i Farum, hvor nedknust tegl er brugt under gangfliser. De knuste teglmaterialer kan håndteres på samme måde som de traditionelt anvendte materialer.

Forsøgene viser ikke noget om indvirkningen fra tung trafik eller dynamisk last, eller hvorledes frost/tø påvirker materialerne.

2.2 Anvendelse som filtermateriale omkring dræn (4-16 mm fraktion)

De foreløbige resultater viser at nedknust tegl kan bruges som filtermateriale omkring dræn, og at de kan håndteres som de traditionelle materialer.

Løbende eftersyn af prøveområdet i perioden marts - oktober ved Farum viser at der fortsat løber vand frem til sivebrønden i samme omfang som ved etableringen.

Langtidsvirkningen af filtermaterialerne er ikke undersøgt.

2.3 Anvendelse som kapillarbrydende lag (16-32 mm fraktion)

I øjeblikket findes der ingen præcise krav til dokumentation af et materiales kapillarbrydende egenskaber. Man valgte derfor, at udføre almindelige kapillarsugningsforsøg som i dag er den mest udbredte metode i Danmark.

De foreløbige resultater fra disse forsøg tyder på at materialet kan anvendes som kapillarbrydende lag, hvor indbygningshøjden er større end ca. 600 mm, idet lagtykkelsen skal være to gange den kapillære stighøjde.

Resultaterne viser også, at det vil være gavnligt med en prøvningsmetode, hvor det med større sikkerhed er muligt at bestemme den kapillære stighøjde i materialer.

Målinger af materialernes isoleringsevne viser at den nedknuste tegl isolerer omkring halvt så godt som eksempelvis Leca, hvilket i praksis betyder, at der skal anvendes omkring dobbelt så tykt lag for at opnå samme isoleringseffekt. I praksis beregnes varmeledningsevnen ved at korrigere de laboratorieudførte forsøg med forskellige faktorer, herunder fugt og udførsel.

Det skal til sidst understreges, at de knuste teglmaterialer var nemme at håndtere under såvel udlægning som vibrering.

2.4 Afsætningsmæssige muligheder

Undersøgelserne af de 3 teglprodukter peger alle i retning af at materialerne kan bruges til forskellige former for fyldmateriale, herunder materiale med filtrerende eller drænende virkning.

Da det er muligt at fremstille knuste teglprodukter med stor renhed, og samtidig til en kostpris på ca. 45,- kr/ton betyder det at produkterne prismæssigt ikke kan konkurrere med grus (0-4 mm) som koster ca. 30,- kr/ton og nøddesten (16-32 mm) som koster ca. 25,- kr/ton. Anvendes 16-32 mm fraktionen af knust tegl i terrændæk, bliver prisen ca. 40,- kr/m² mod ca. 10,- kr/m² for nøddesten. I denne beregning indgår ikke prisfastsættelse for den ekstra mængde jord, der skal graves ud i forbindelse med etablering af et 60 cm kapillarbrydende lag i terrændækket, når der anvendes tegl. Kostprisen for den knuste tegl angiver fremstillingsprisen uden hensyntagen til deponeringsafgift.

Der er dog næppe tvivl om, at hvis den nuværende deponeringsafgift på 40,- kr./ton sættes op til 125,- kr/ton som foreslået i finansloven for 1990, vil det være meget attraktivt at fremstille genbrugsmaterialer i knust tegl, og bruge dem i stedet for de traditionelt anvendte materialer, fordi man ved genbrug kan spare deponeringsafgiften.

Hvis man erstatter grus under fliser med nedknust tegl i 0-4 mm fraktionen, vil man på årsbasis spare omkring 180.000 m³ af de traditionelt anvendte materialer. Denne mængde er bestemt ud fra produktionen af betonfliser i Danmark i 1987, uden hensyn til in- og eksport og med en grustykkelse på 10 cm.

Det er ikke muligt ud fra det statistiske materiale at fastlægge de mængder af sten og grus, der bruges til filtersand og kapillarbrydende lag.

3. Indledning

3.1 Baggrund

I dag deponeres en meget stor del af byggeaffaldet på kontrollerede lossepladser og fyldpladser. Meget af dette udgøres af teglprodukter.

Der bliver i øjeblikket udviklet et system til selektiv nedrivning. Selektiv nedrivning er en nedrivningsmetode, der sigter på en størst mulig udtagning, sortering og genbrug af byggematerialer. Sorteringen foregår på stedet i forbindelse med nedrivningsarbejdet.

Da teglprodukter som tidligere nævnt udgør en stor mængde af byggeaffaldet ønskede koordineringsgruppen vedrørende genanvendelse af byggeaffald, (KGB), derfor at få undersøgt mulighederne for genanvendelse af tegl, fortrinsvis til simple formål, hvor der ikke kræves megen produktkontrol.

3.2 Formål

Projektets formål er ud fra nuværende teknikker, at dokumentere de væsentligste byggetekniske egenskaber af nedknust tegl, når det anvendes som:

- 1) Kapillarbrydende lag i terrændæk
- 2) Fliseunderlag
- 3) Filtermateriale omkring dræn.

Det er også projektets formål, at give en vurdering af produkternes afsætningsmæssige muligheder og den fremtidige indsats for udvikling, herunder bedre dokumentation af produkterne.

3.3 Udstyr

Det er en forudsætning i projektet, at der anvendes eksisterende udstyr og kendt teknik til nedknusning og videre forarbejdning af teglmaterialerne. Derfor vil en umiddelbar anvendelse af materialerne/produkterne ikke kræve særlige investeringer fra eks. entreprenørernes side.

4. Praktisk gennemførelse

4.1 Knusning og rensning

4.1.1

Anvendte materialer

Der blev fremskaffet ca. 9 m³ af hver af 3 udvalgte tegltyper til knusning.

1. Blanke røde hårdtbrændte facademursten (ca. 40%) blandet med gule blødbrændte bagmursten
2. Gule blødbrændte bagmursten og
3. Røde tagsten

Murstenene stammer fra nedrivningsarbejder i hovedstadsområdet, mens tagstenene stammer fra en fejlproduktion hos Wevers Teglværker i Karlebo.

Dette betyder, at de knuste mursten indeholder mørtelrester, træ, metal m.m. mens tagstenene er rene.

4.1.2

Knusning af materialer

Knusningen af tegl foregik hos Farum Sten & Gruskompagni A/S.

Ved knusningen af teglprodukterne blev der anvendt en Kæbeknuser.

4.1.3

Knusningsfraktioner

Knusningen blev foretaget så den maksimale kornstørrelse var 32 mm.

Herefter blev der udtaget en prøve af hver knusningsprodukt for bestemmelse af kornkurve, se fig. 1.

Hver af knusningsprodukterne blev herefter sorteret i fraktionerne 0-4 mm, 4-16 mm og 16-32 mm, hvorefter kornkurverne blev bestemt for hvert enkelt produkt, se fig. 1-4.

Sigtningen blev foretaget på Teknologisk Institut, Byggeteknik.

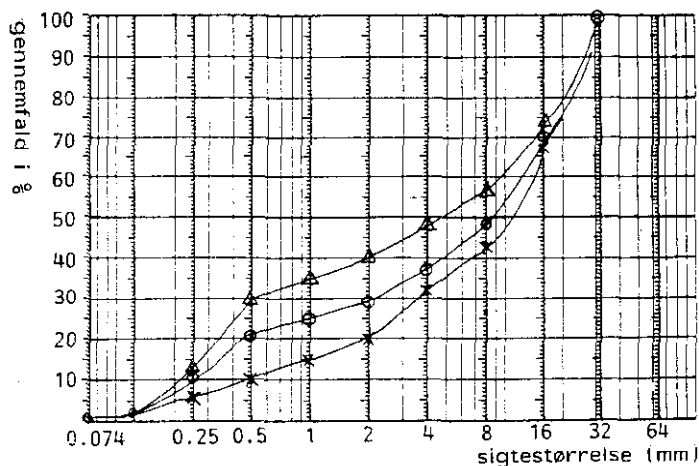


Fig. 1. 0-32 mm fraktion.

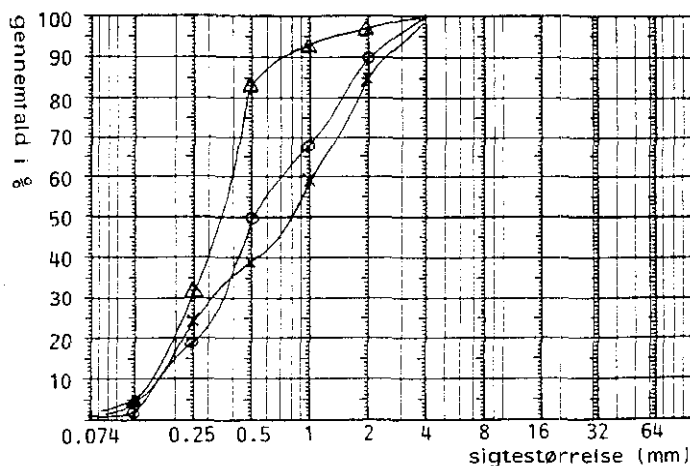


Fig. 2. 0-4 mm fraktion.

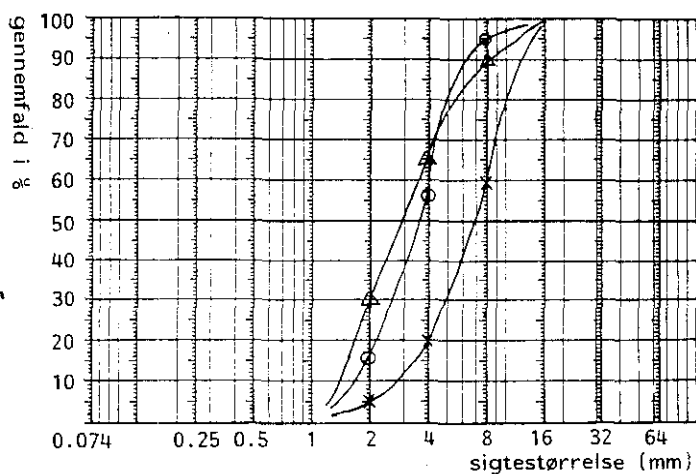


Fig. 3. 4-16 mm fraktion.

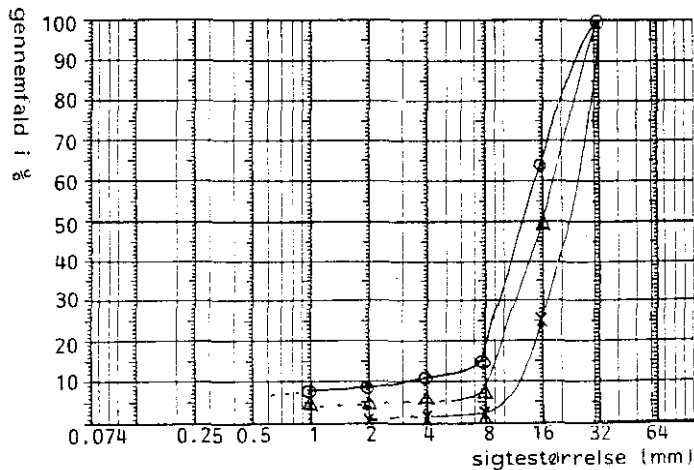


Fig. 4. 16-32 mm

Signaturforklaring: o - formur + bagmur
 Δ - bagmur
 x - tagsten.

Fig. 1-4. Sigtekurver for 4 forskellige fraktioner af de 3 knuste teglprodukter jvf. bilag.

4.1.4

Anvendelsesområder for de 3 fraktioner

De 3 fraktioner blev anvendt til følgende formål:

- 1) 0-4 mm. Underlag til fliser
- 2) 4-16 mm. Fyld omkring dræn (filtermateriale)
- 3) 16-32 mm. Kapillarbrydende lag i terrændæk.

4.1.5

Urenheder i produkterne

Der blev på Teknologisk Institut foretaget en vurdering af produkternes renhed, og det skønnes, at 16-32 mm fraktionen indeholdt flest urenheder. Følgende urenheder blev konstateret i de 3 tegltyper:

- 1) Formur. Ud af 150 kg. knust materiale blev der fundet 1138 g urenheder i form af træglas og jern. Forureningsgrad 0,8 wgt. %.
- 2) Bagmur. Ud af 140 kg knust materiale blev der fundet 290 g træ. Forureningsgrad 0,2 wgt. %.
- 3) Tagsten. Her blev der ikke fundet urenheder. Årsagen må søges i materialets oprindelse som et fejlprodukt leveret direkte fra teglværk.

Da 16-32 mm fraktionen var udset til forsøg, hvor den blev brugt til kapillarbrydende lag, var det vigtigt at fjerne så meget som muligt af træresterne fra type 1 og 2.

4.1.6

Rensning af produkterne

Træet i murstensprodukterne blev skummet af under vask i store kar. I praksis vil denne rensning kunne foregå ved tør eller vådseparation efter knusning.

4.1.7

Anvendt udstyr til knusning

Kæbeknuser
Fabrikat Svedala Arbrå
Type Enbrick Krossar 50-EKS-F.

Knuseren blev indstillet som følger:

Kæbevidde: 50 mm
Sold: 32 mm
Fortanding: 14 tænder.

4.1.8

Vurderinger

Ud fra de foreliggende erfaringer og resultater skønnes det, at tegl udmærket kan knuses ned til forskellige kornstørrelsesfraktioner, samt at renheden af produkterne er høj.

4.2 Udlægningsforsøg med knust tegl

Der blev foretaget udlægningsforsøg med:

- 1) 0-4 mm som fliseunderlag
- 2) 4-16 mm som filtersand omkring dræn
- 3) 16-32 mm som kapillarbrydende lag i terrændæk

Hver af de 3 fraktioner bestod af 3 forskellige knuste teglprodukter, se afsnit 2.1.

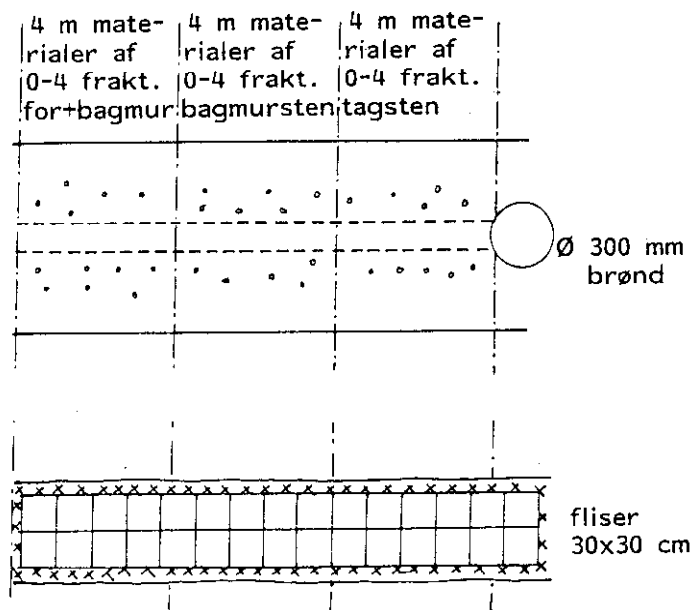
Udlægningsforsøgene med 0-4 mm og 4-16 mm blev gennemført i et område bag drive-in biografen, Nymøllevej i Farum, mens udlægningsforsøgene med 16-32 mm fraktionen blev gennemført på Teknologisk Institut i Høje Tåstrup.

4.2.1

Udlægningsforsøgene med 0-4 mm og 4-16 mm fraktionerne

Der blev med rendegraver gravet en rende på 12 meters længde, 30 cm's bredde og 90 cm's dybde. I bunden af renden blev der, i felter på 4 meter's længde, udlagt felter med hver af de 3 teglprodukter i 4-16 mm fraktionen som filterelement omkring en drænledning (uden filtermåtte), se fig. 5.

Forsøgsområde - plan



Forsøgsområde - tværsnit

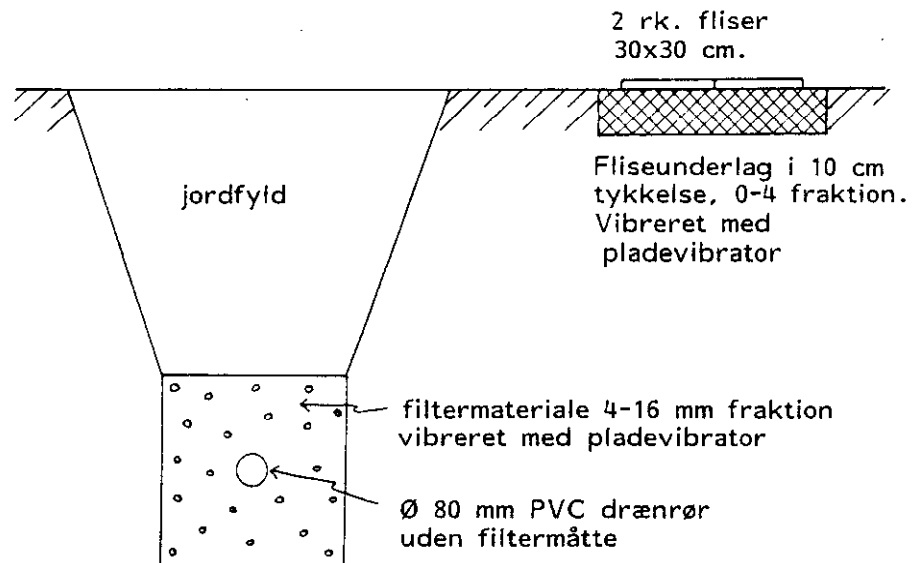


Fig. 5. Skitse over forsøgsområdet ved Farum.

Drænledningen afsluttes i en Ø 300 mm brønd for at kunne kontrollere vandtilstrømningen. Efter udlægning af materialerne blev disse vibreret 1 gang.

Til vibrering af de knuste teglprodukter blev der anvendt en pladevibrator af fabrikat STV DM 12R, med en plade på 35 x 50 cm og en egenvægt på 80 kg.

Parallelt med drænledningen blev der lavet et prøvefelt, hvor 0-4 mm fraktionerne blev anvendt som fliseunderlag i et 10 cm tykt lag, se fig. 5. Efter udlægningen af materialerne, blev disse vibreret en gang med pladevibrator af samme type som ovenfor.

De overskydende materialer blev oplagt i bunker ved prøvefelterne.

Håndteringen af de 2 fraktioner forløb uden problemer. Det er således entreprenørens erfaring, at de knuste teglmaterialer er lige så nemme at håndtere som de traditionelle materialer.

Det skønnes, ud fra de foreløbige observationer, at de knuste teglprodukter ser ud til at kunne anvendes til ovennævnte formål. Det er besluttet at fortsætte observationerne på prøvefeltet i Farum, for at se om der skulle ske ændringer som funktion af tiden.

4.2.2

Udlægningsforsøg med 16-32 mm fraktionen

Målet var at se om materialet kunne håndteres ved en udlægning som kapillarbrydende lag i f.eks. terrændæk.

Som parallelforsøg blev der foretaget udlægning af Leca-nødder.

Materialerne blev udlagt i en ramme på 2 x 2 x 0,5 m.

Komprimering foregik ved hjælp af en pladevibrator.

Udlægning af knust tagsten:

Materialet blev udlagt i 2 lag af 25 cm tykkelse med vibrering mellem udlægningerne. Ved begge vibreringer satte materialet sig ca. 2 cm. Herefter blev rammen fjernet. Overfladen var fast efter sidste komprimering, og virkede kørefast.

Udlægning af knust mursten:

De to typer mursten blev udlagt efter samme princip som de knuste tagsten. Materialerne satte sig 2 cm efter hver vibrering. Herefter blev rammen fjernet. Overfladen virkede mere løs end hos tagstenene. Dette kan skyldes mørtelindholdet, som kan være årsag til, at materialet pakker på en anden måde.

4.2.3

Vurderinger

De anvendte materialer i 16-32 mm fraktionen var nemme at håndtere under såvel udlægning som vibrering.

Det skønnes ud fra iagttagelserne, at de 3 knuste teglprodukter kan anvendes direkte som støbeunderlag da de virkede kørefaste.

Til vibrering af de knuste teglprodukter blev der anvendt en pladevibrator af samme type som ved udlægningsforsøgene i Farum, (se pkt. 4.2.1).

4.3. Proctorforsøg (0-4 mm fraktion)

4.3.1

Formål med forsøget

Formålet med at udføre proctorforsøg på de nedknuste materialer er at belyse, hvorledes man opnår den bedste komprimering af materialet ved at bruge mindst mulig energi.

Vand virker som smøremiddel ved komprimering af fyldmaterialer. Det er derfor et formål i sig selv, at finde det optimale vandindhold af komprimering. Dette gøres ved at tilsætte vand under forsøget.

Da vandindholdet har størst betydning ved fin-kornet materiale blev der kun lavet proctorforsøg med 0-4 mm fraktionen.

4.3.2

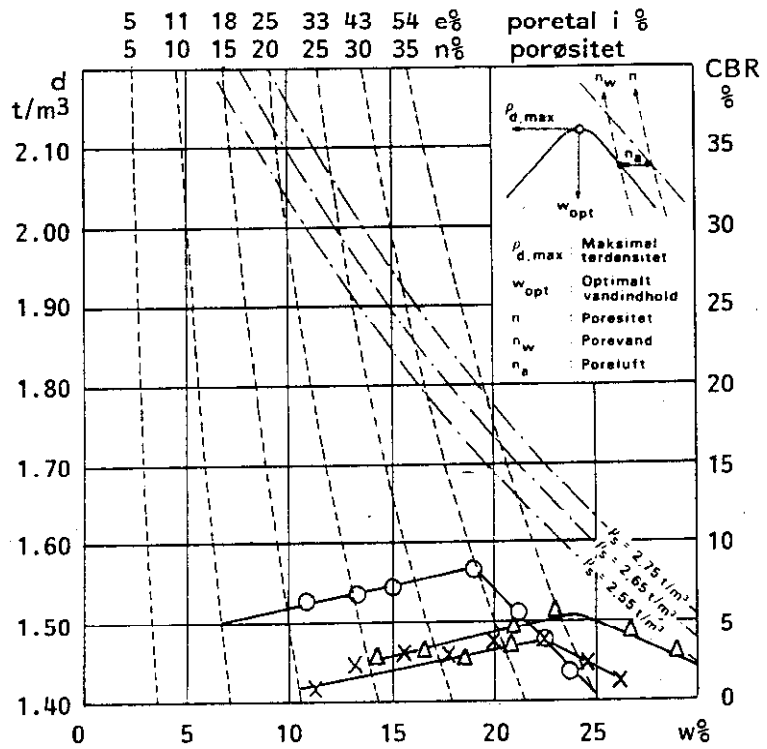
Resultater

Forsøgene er gennemført hos Svend Borgselius A/S

Der blev opnået følgende resultater:

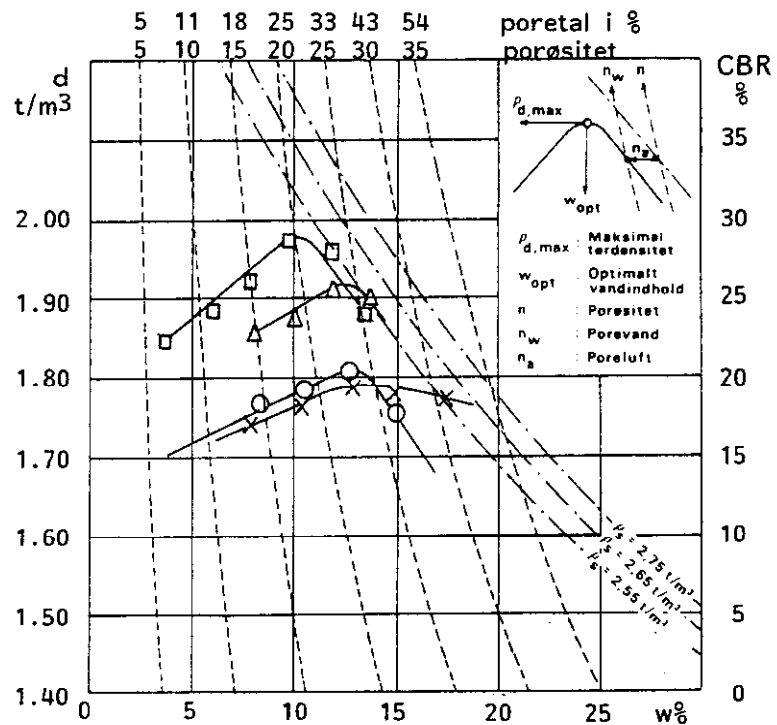
	<u>Max. densitet</u> <u>kg/m³</u>	<u>Vandoptagelse</u> <u>vægt %</u>
For + bagmursten	1492	21,6
Bagmursten	1571	18,9
Tagsten	1521	23,6

Vandoptagelsen og max. densitet er afhængig af kornkurven, se fig. 1.4.



Signaturforklaring: x - formur og bagmur
o - bagmur
Δ - tagsten

Fig. 6. Resultater af proctorforsøg på de 3 knuste teglprodukter.



Signaturforklaring: o - sandfyld
Δ - harpet grus
□ - råjord
x - søsand

Fig. 7. Resultater af proctorforsøg for andre materialer.

Kurverne, se fig. 6, for de 3 knusningsprodukter i 0-4 mm fraktionen er generelt flade, sammenlignet med kurverne for andre materialer, se fig. 7. Til sammenligning er resultater for andre materialer:

	<u>Max. densitet</u> kg/m ³	<u>Vandoptagelse</u> vægt %
Harpet grus		
0-4 mm	1968	12,0
Sandfyld	1807	13,3
Søsand	1811	14,1
Råjord	1983	10,3

Det bemærkes, at vandoptagelsen i de knuste tegl er meget højere end i de andre materialer. Det vil dog ud fra de foreliggende resultater ikke være muligt at drage yderligere konklusioner med hensyn til bæreevne og komprimering.

4.3.3

Vurderinger

Hvis man sammenligner de forskellige materialers egenskaber, se fig. 6 og 7, fremgår det, at de nedknuste tegl er mindre følsomme over for variationer i vandindholdet. Dette betyder, at energiforbruget til vibrering af teglprodukterne vil være mindre varieret end for de øvrige produkter, selv om indholdet af vand varierer.

4.4. Permeabilitetsforsøg (4-16 mm fraktion)

4.4.1

Formål med forsøget

Formålet med at undersøge 4-16 mm fraktionen af de knuste teglprodukter er at belyse produktets avendelighed som filtermateriale omkring dræn.

4.4.2

Resultater

Forsøgene er gennemført hos Svend Borgselius A/S.

Der blev opnået følgende resultater:

	<u>Permeabilitetskoeff.</u> m/sek.
Formur	$2,67 \times 10^{-2}$
Bagmur	$2,14 \times 10^{-2}$
Tagsten	$3,30 \times 10^{-2}$

Til sammenligning kan nævnes et enkelt resultat af et andet materiale:

	Permeabilitetskoeff. m/sek.
Vasket grus	$2,6 \times 10^{-5}$

Resultaterne af permeabilitetsforsøgene viser, at materialerne sammenlignet med et traditionelt filtermateriale har en større permeabilitet.

Det bør nævnes, at nuværende drænnorm, DS 436, ikke klart tager stilling til den mere detaljerede sammensætning af omgivelsernes materiale som f.eks. indhold af organisk materiale, der kan stoppe filteret. Derfor er det p.t. ikke muligt at sige noget generelt om, hvordan filtersandet eller de nedknuste produkter fungerer efter nogle års brug.

Der bør derfor graves ned til drænet i forsøgsområdet efter 2-3 års forløb for at se, hvor meget filtermaterialet er "infiltreret" af den omkringliggende jord.

Man er klar over manglerne i drænnormen, og er derfor nu i gang med en revision af den.

4.4.3

Vurderinger

De foreløbige iagttagelser viser, at materialet kan bruges til filtersand omkring dræn. Det vil dog ikke være muligt, at sige noget mere præcist på nuværende tidspunkt jvf. ovenstående betragtninger.

4.5 Varmeledningsevne

4.5.1

Formål med målingerne

Målingerne blev udført på alle 3 typer nedknust tegl i 16-32 mm fraktionen, for at vurdere om varmeledningsevnen var forskellig for de enkelte produkter

Bestemmelser af materialernes basis varmeledningstal λ 10 W/mK, er foretaget i henhold til DIN 52 612.

4.5.2

Resultater

Målingerne er foretaget af Teknologisk Institut, Varme- og Installationsteknik.

Resultaterne af varmeledningsevnen målt på de 3 knuste teglprodukter er som følger:

- | | |
|------------|------------------------------|
| 1) Formur | basis $\lambda = 0,166$ W/mK |
| 2) Bagmur | basis $\lambda = 0,170$ W/mK |
| 3) Tagsten | basis $\lambda = 0,178$ W/mK |

Til sammenligning kan nævnes et enkelt resultat af et andet materiale Leca (3-20 mm):

basis $\lambda = 0,08$ W/mK

4.5.3

Vurderinger.

Undersøgelsernes primære formål er at fastlægge disse produkters varmeledningsevne i forhold til det anvendte kapillarbrydende og isolerende materiale Leca. For at kunne sammenligne Leca' en med de opnåede resultater, blev det oplyst, at man ved tidligere målinger på Leca (3-20) havde opnået en basis λ på 0,08 W/mK, altså en varmeledningsevne på omtrent det halve i forhold til de 3 knuste teglprodukter.

Dette betyder i praksis, at der for at opnå den samme isoleringsevne som Leca, skal anvendes omkring et dobbelt så tykt lag knust tegl.

I praksis beregnes varmeledningsevnen ved at korrigere de laboratorieudførte forsøg med forskellige faktorer, herunder fugt og udførsel.

4.6 Kapillarbrydende egenskaber (16-32 mm fraktion)

4.6.1

Formål med forsøgene

De knuste teglprodukter i 16-32 mm fraktionen, blev skyllet i vand, hvorved det træ, der var til stede i de enkelte produkter, blev sorteret fra.

Derefter blev materialet tørret i 24 timer ved 105°C. Efter tørring blev de sidste urenheder i form af metal og glas sorteret fra.

Der blev endvidere foretaget kapillarsugningsforsøg med Leca nødder (10-20 mm) og nøddesten (16-32 mm) som sammenligningsgrundlag.

4.6.2

Forsøgsopstilling

Materialerne blev hver for sig anbragt i et rør af klar plast, \varnothing 300 mm, længde 500 mm, se fig. 8. Forsøget blev foretaget ved stuetemperatur.

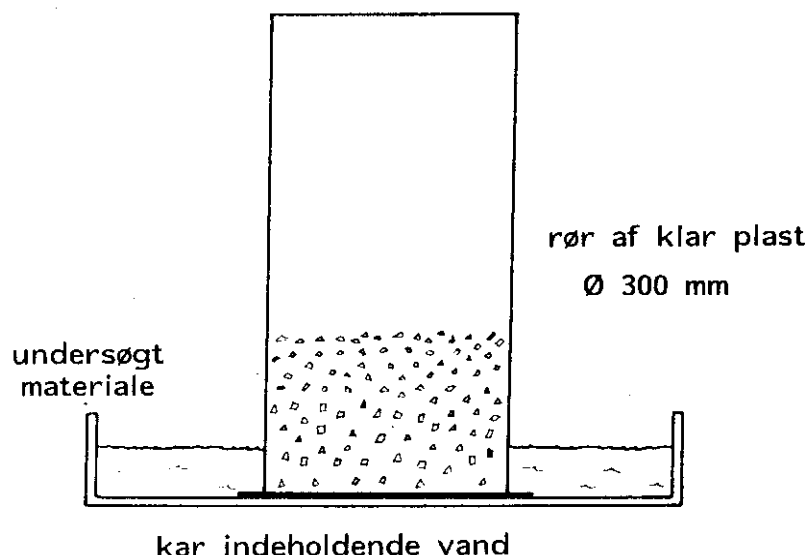


Fig. 8. Forsøgsopstilling til måling af kapillarbrydende egenskaber.

I bunden af røret var der anbragt en grov dug for at materialerne ikke skulle falde ud. Røret med materiale blev anbragt i et vandkar med 2 cm vand.

For at vandet frit skulle kunne bevæge sig op i røret, var det hævet en smule op fra bunden. Der blev jævnlgt hældt vand i karret under forsøget, så overfladen var konstant. Efter henholdsvis 2 og 88 døgns sugning blev det visuelt kontrolleret, hvor langt op i materialet vandet havde bevæget sig, samt om materialet var gennemvådt. Målingen blev foretaget med målebånd, med vandoverfladen i karret som 0-punkt.

4.6.3

Resultater

Følgende stighøjder blev målt:

Tid	2 døgn	88 døgn
Formur	100 mm	290 mm
Bagmur	110 mm	-
Tagsten	140 mm	-
Lecanødder	170 mm	290 mm
Nøddesten	5 mm	30 mm

Nogle korn af Lecanødderne og formurprøven blev knust efter 2 døgns sugning. Det blev konstateret at tegl fra formur var gennemvådt, men Lecanødderne og nøddesten var tørre indvendig.

Her efter blev forsøget kørt videre med 1 teglprøve (formur) Lecanødder og nøddesten.

Efter 88 døgn sugning havde fugtfronten stabiliseret sig og både tegl og lecanødder var gennemvåde, mens nøddestenene kun var våde udvendig.

4.6.4

Vurderinger

På basis af ovenstående resultater, kan det siges, at den kapillare stighøjde for Lecanødder og nedknust tegl er den samme. Dette kunne tyde på at de to produkter har samme kapillarbrydende egenskaber.

Den kapillare stighøjde for nøddesten er omkring 10 gange lavere end teglproduktet.

4.7 Kostpriser for nedknuste teglprodukter

Dette afsnit indeholder vurdering af kostprisen for nedknuste teglprodukter, foretaget af Farum Sten & Grus A/S.

Følgende parametre er forudsat for prisoverslaget:

- de knuste teglprodukter afhentes i sorteret tilstand, så de kan forarbejdes direkte. Dette betyder, at evt. trærester er sorteret fra
- der bliver tale om en løbende produktion af nedknust tegl. (Minimum 100.000 t/år)
- de knuste tegl leveres som færdigvare i fraktionerne 0-4 mm, 4-16 mm og 16-32 mm.

Kostpris på nedknust tegl bliver herefter ca. 45,- kr./ton.

Kostprisen er beregnet ud fra en investering på 4.5 mill kr. i et mobilt knusningsanlæg, og en afskrivningsperiode på 4 år.

Det er besluttet, ikke at indregne transportomkostninger i forbindelse med prisberegningen, da der er alt for mange faktorer, der spiller ind i denne sammenhæng.

5. Referencer

Norm for dræning af bygværker DS 436 1. udgave 1976. Dansk Ingeniørforening.

Nedrivning af bygningskonstruktioner og genanvendelse af nedrivningsprodukter: Hovedrapport. Rapporten er udført for Miljøstyrelsen, Genanvendelsesrådet og Teknologistyrelsen af CowiConsult A/S og Demex A/S. København 1988.

Nedrivning af bygningskonstruktioner og genanvendelse af nedrivningsprodukter: Bilag 1. Nedrivning af Københavns Salatfabrik. Rapporten er udført for Miljøstyrelsen, Genanvendelsesrådet og Teknologistyrelsen af CowiConsult A/S og Demex A/S. København 1988.

Nedrivning af bygningskonstruktioner og genanvendelse af nedrivningsprodukter: Bilag 2. Forsøg med nedknuste tegl- og betonmaterialer til etablering af P-plads. Rapporten er udført for Miljøstyrelsen, Genanvendelsesrådet og Teknologistyrelsen af CowiConsult A/S og Demex A/S. København 1988.

Nedrivning af bygningskonstruktioner og genanvendelse af nedrivningsprodukter: Bilag 3. Nedrivning af Århus Dampvaskeri. Rapporten er udført for Miljøstyrelsen, Genanvendelsesrådet og Teknologistyrelsen af CowiConsult A/S og Demex A/S. København 1988.

Hedenblad, G (1988). Determination of moisture permeability in concrete under high moisture conditions. Manuscript intended for publication in Nordic Concrete Research nr. 7. 1988.

Norm for sand-, grus- og stenmaterialer. DS 401 i udgave 1977. Dansk Ingeniørforening.

SBI anvisning 147. Konstruktioner i småhuse. Statens Byggeforskningsinstitut 1985.

Leca produktblad 03-00/85.02. Gulve mod terræn. Fibo produktblade. 1986.02/Brochure nr. 210-1, Terrændæk, og brochure nr. 140-1, Produktoplysning.

Planlægning, projektering og udførelse af nedrivningsarbejder. Arbejdsrapport nr. 12. Rapporten er udført for Miljøstyrelsen og Genanvendelsesrådet af CowiConsult A/S og Demex A/S.

Varestatistik for industri, 1987. Danmarks statistik 1988.

Bygningsreglement, Byggestyrelsen 1982.

Bilag

Bilagsoversigt

- Bilag 1. Varmeledningsevne
Formur + bagmur. 16-32 mm fraktion
- Bilag 2. Varmeledningsevne
Bagmur. 16-32 mm fraktion
- Bilag 3. Varmeledningsevne
Tagsten. 16-32 mm fraktion
- Bilag 4. Standard Proctorforsøg
Knust tegl. Fraktion 0-4 mm
- Bilag 5. Permeabilitetskoefficient
Knust tegl. Fraktion 4-16 mm



Prøvningsrapport

Autoriseret teknisk afprøvning i henhold til Statens Tekniske prøvenævns autorisation og på foranstående vilkår.

Rapport nr. 89013

Bestemmelse af byggematerialers basisvarmeledningstal, λ 10 W/mK i henhold til den til enhver tid gældende udgave af DIN 52612.

Materiale Formur + bagmur 16 - 32

Kontrolnr. 1003 b

Fabrikant Forsøg, TI-Byggeteknik

2630 Tåstrup

Rekvirent TI-Byggeteknik

Resultat: Se følgende attest

Prøvningsrapport må kun gengives i uddrag, hvis rapporten er offentlig tilgængelig, eller laboratoriet har godkendt uddraget.

Varme- og Installationsteknik

Underskrift



Erwin Petersen
Civilingeniør

Dato

1989-5-10

Postadresse
Postboks 141
DK-2630 Tåstrup

Besøgsadresse
Gregersensvej
Høje Tåstrup

Telefon
02 99 66 11
Giro 9 00 09 76

Telegram: Teknologisk
Telex 334 16 ti dk
Telefax 02 99 54 36

© Varme- og Installationsteknik

TEKNOLOGISK INSTITUT
Gregersensvej, DK-2630 Tåstrup, Telefon (02) 99 66 11

Prøveattest

Bestemmelse af varmeledningstal ved hjælp af pladeapparat (DIN 52612)

Ansøger: TI-Byggeteknik

Fabrikant: Forsøg, TI-Byggeteknik

Materiale: Formur + bagmur 16 - 32, kontrolnr. 1003 b

Prøvematerialet er den 27-03-89 fremsendt til laboratoriet
udtaget af os på Deres lager

i enheder af dimensioner: Knust tegl i sække

Prøver efter tildannelser:		1	2
Længde	m	0,500	0,500
Bredde	m	0,500	0,501
Tykkelse under måling	m	0,120	0,120
Densitet i tør tilstand	kg/m ³	886,0	900,9
Fugtindhold under måling	vægt %	-	-
Fugtindhold under måling	vol. %	-	-

Tørretemperatur i varmeskab: - °C
Ingen tørring inden prøvning

Måleresultater:

Måling nr.	Middeloverflade-temperatur af prøver		Middel-temperatur differens K	Middel-temperatur af prøver °C	Middel-varmeledningstal $\frac{W}{mK}$
	Varme sider °C	Kolde sider °C			
1	17,3	1,6	15,7	9,5	0,1657
2	25,2	4,1	21,1	14,7	0,1707
3	32,6	6,4	26,2	19,5	0,1748

Resultaterne er afsat i medfølgende diagram nr 89013 Måleusikkerhed $\pm 4\%$

hvoraf fremgår: Basis $\lambda = 0,166 \frac{W}{mK}$ ved middeltemperatur 10°C.

Bilag: Diagram nr. 89013

VARME- og INSTALLATIONSTEKNIK

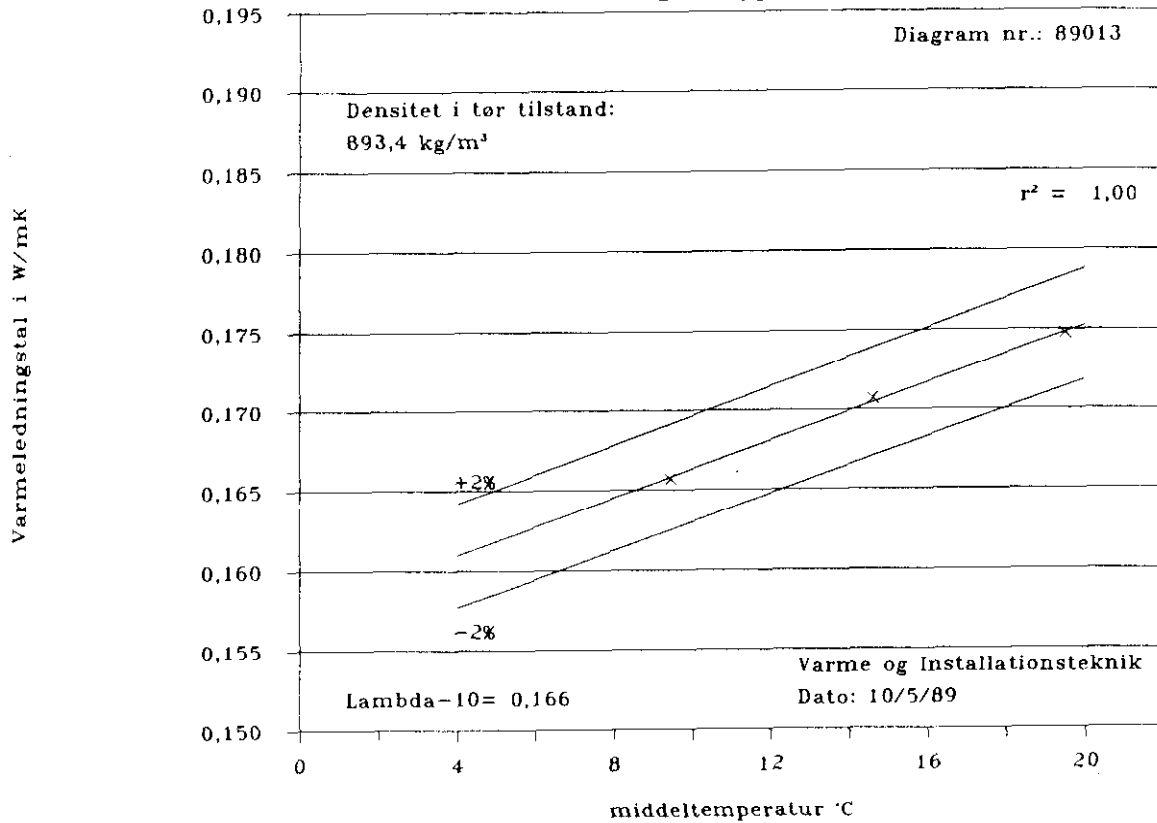
Dato: 1989-5-10



Erwin Petersen
Civilingeniør

Formur + bagmur 16 - 32

Forsøg, TI-Byggeteknik



**Prøvningsrapport**

Autoriseret teknisk afprøvning i henhold til Statens Tekniske prøvenævns autorisation og på foranstående vilkår.

Rapport nr. 89010

Bestemmelse af byggematerialers basisvarmeledningstal, λ_{10} W/mK i henhold til den til enhver tid gældende udgave af DIN 52612.

Materiale Bagmur 16 - 32
Kontrolnr. 1003 a

Fabrikant Forsøg, TI-Byggeteknik
2630 Tåstrup

Rekvirent TI-Byggeteknik

Resultat: Se følgende attest

Prøvningsrapport må kun gengives i uddrag, hvis rapporten er offentlig tilgængelig, eller laboratoriet har godkendt uddraget.

Varme- og Installationsteknik

Underskrift



Erwin Petersen
Civilingeniør

Dato

1989-5-10

Postadresse
Postboks 141
DK-2630 Tåstrup

Besøgsadresse
Gregersensvej
Høje Tåstrup

Telefon
02 99 66 11
Giro 9 00 09 76

Telegram: Teknologisk
Telex 334 16 ti dk
Telefax 02 99 54 36

© Varme- og Installationsteknik

TEKNOLOGISK INSTITUT
Gregersensvej, DK-2630 Tåstrup, Telefon (02) 99 66 11

Prøveattest

Bestemmelse af varmeledningstal ved hjælp af pladeapparat (DIN 52612)

Ansøger: TI-Byggeteknik

Fabrikant: Forsøg, TI-Byggeteknik

Materiale: Bagmur 16 - 32, kontrolnr. 1003 a

Prøvematerialet er den 27-03-89 fremsendt til laboratoriet
udtaget af os på Deres lager

i enheder af dimensioner: Knust tegl i sække

Prøver efter tildannelser:		1	2
Længde	m	0,500	0,500
Bredde	m	0,500	0,501
Tykkelse under måling	m	0,120	0,120
Densitet i tør tilstand	kg/m ³	926,0	907,9
Fugtindhold under måling	vægt %	-	-
Fugtindhold under måling	vol. %	-	-

Tørretemperatur i varmeskab: - °C
Ingen tørring inden prøvning

Måleresultater:

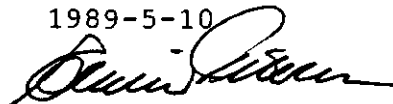
Måling nr.	Middeloverflade-temperatur af prøver		Middel-temperatur differens K	Middel-temperatur af prøver °C	Middel-varmeledningstal $\frac{W}{mK}$
	Varme sider °C	Kolde sider °C			
1	16,8	1,4	15,4	9,1	0,1696
2	25,0	4,1	20,9	14,6	0,1733
3	33,4	6,4	27,0	19,9	0,1784

Resultaterne er afsat i medfølgende diagram nr. 89010 Måleusikkerhed $\pm 4\%$
hvoraf fremgår: Basis $\lambda = 0,170 \frac{W}{mK}$ ved middeltemperatur 10°C.

Bilag: Diagram nr. 89010

VARME- og INSTALLATIONSTEKNIK

Dato: 1989-5-10

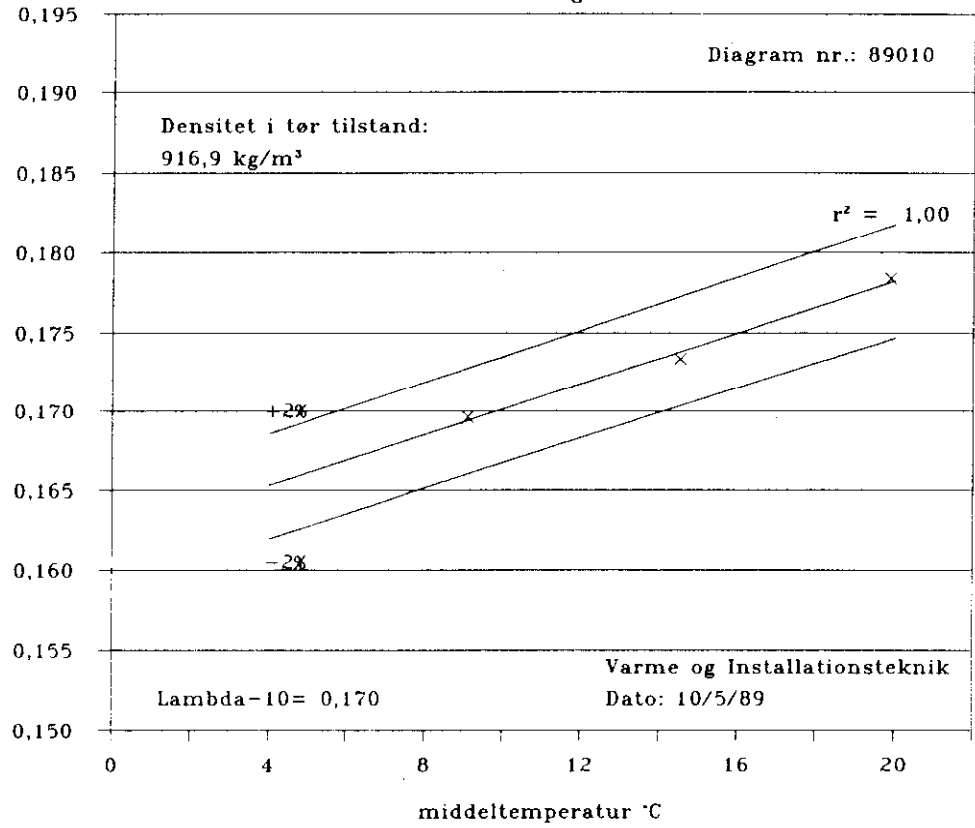


Erwin Petersen
Civilingeniør

Bagmur 16 - 32

Forsøg

Varmeledningstal i W/mK





Prøvningsrapport

Autoriseret teknisk afprøvning i henhold til Statens Tekniske prøvenævns autorisation og på foranstående vilkår.

Rapport nr. 89016

Bestemmelse af byggematerialers basisvarmeledningstal, λ_{10} W/mK i henhold til den til enhver tid gældende udgave af DIN 52612.

Materiale Tagsten

Kontrolnr. 1003 c

Fabrikant Forsøg, TI-Byggeteknik

2630 Tåstrup

Rekvirent TI-Byggeteknik

Resultat: Se følgende attest

Prøvningsrapport må kun gengives i uddrag, hvis rapporten er offentlig tilgængelig, eller laboratoriet har godkendt uddraget.

Varme- og Installationsteknik

Underskrift



Erwin Petersen
Civilingeniør

Dato

1989-5-10

Postadresse
Postboks 141
DK-2630 Tåstrup

Besøgsadresse
Gregersensvej
Høje Tåstrup

Telefon
02 99 66 11
Giro 9 00 09 76

Telegram: Teknologisk
Telex 334 16 ti dk
Telefax 02 99 54 36

☉ Varme- og Installationsteknik

TEKNOLOGISK INSTITUT
Gregersensvej, DK-2630 Tåstrup, Telefon (02) 99 66 11

Prøveattest

Bestemmelse af varmeledningstal ved hjælp af pladeapparat (DIN 52612)

Ansøger: TI-Byggeteknik

Fabrikant: Forsøg, TI-Byggeteknik

Materiale: Tagsten, kontrolnr. 1003 c

Prøvematerialet er den 27-03-89 fremsendt til laboratoriet
udtaget af os på Deres lager

i enheder af dimensioner: Knust tegl i sække

Prøver efter tildannelser:		1	2
Længde	m	0,500	0,500
Bredde	m	0,500	0,501
Tykkelse under måling	m	0,120	0,120
Densitet i tør tilstand	kg/m ³	1089,3	1057,2
Fugtindhold under måling	vægt %	-	-
Fugtindhold under måling	vol. %	-	-

Tørretemperatur i varmeskab: - °C
Ingen tørring inden prøvning

Måleresultater:

Måling nr.	Middeloverflade-temperatur af prøver		Middel-temperatur differens K	Middel-temperatur af prøver °C	Middel-varmeledningstal $\frac{W}{mK}$
	Varme sider °C	Kolde sider °C			
1	20,7	1,6	19,1	11,2	0,1786
2	28,2	4,1	24,1	16,2	0,1829
3	36,2	6,5	29,7	21,4	0,1878

Resultaterne er afsat i medfølgende diagram nr. 89016 Måleusikkerhed $\pm 4\%$

hvoraf fremgår: Basis $\lambda = 0,178 \frac{W}{mK}$ ved middeltemperatur 10°C.

Bilag: Diagram nr. 89016

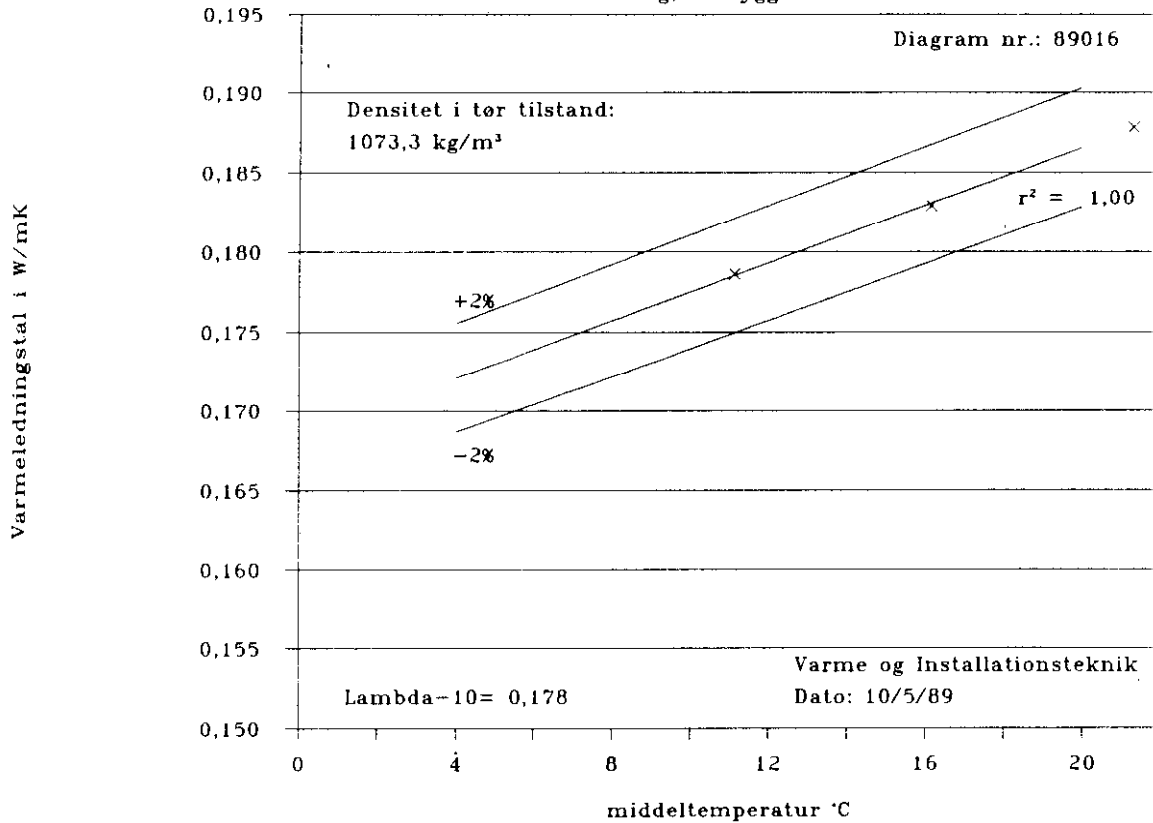
VARME- og INSTALLATIONSTEKNIK
Dato: 1989-5-10



Erwin Petersen
Civilingeniør

Tagsten

Forsøg, TI-Byggeteknik





Svend Borgselius as

Geo-laboratorium

Reg. nr. 67 591

Hovedgaden 539

Postbox 52

DK-2640 Hedehusene

Telefon 02 16 45 84

Telefax 02 16 05 55

Giro nr. 2 16 97 62



STATENS
TEKNISKE PRØVEVÆN
Autorisationsreg. nr. 215

Teknologisk Institut
Gregersensvej
Box 141
2630 Tåstrup
Att.: Jan Folbenberg

Rapport nr.: 215-168

DATO: 1989.04.14

Sag nr.: 8908601006

Side 1 af 5 sider + bilag 1

PRØVNINGSRAPPORT

For rekvirent

Teknologisk Institut - LAB.

Er på omstændige
vilkår foretaget

Udførelse af materialeanalyse i knust tegl 0-4mm
og knust tegl 4-16mm, mrk. "For mur", "Bag mur"
og "Tag tegl", udtaget den 1989.03.29.

Metodereferencer og
prøvningsresultater

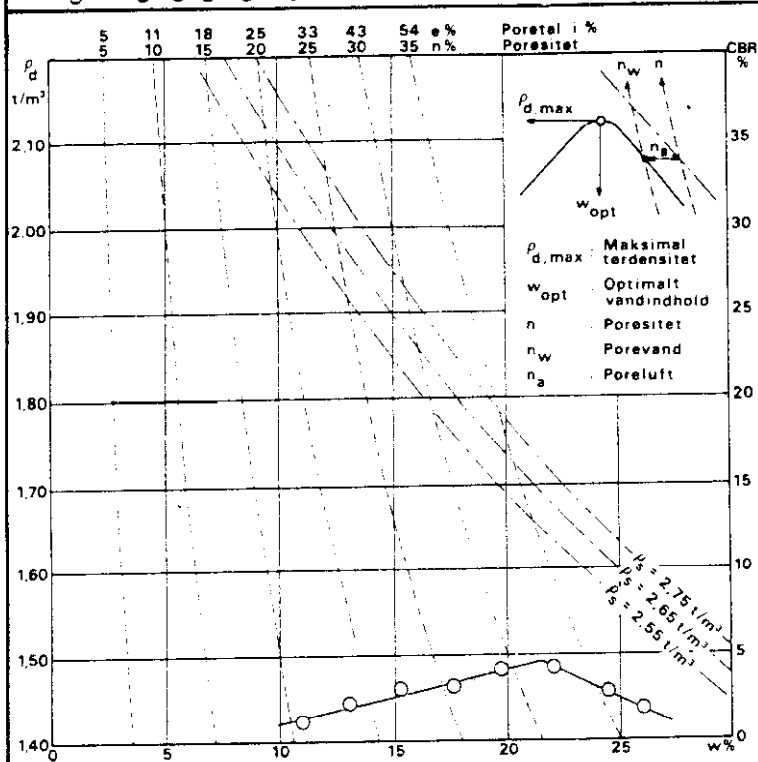
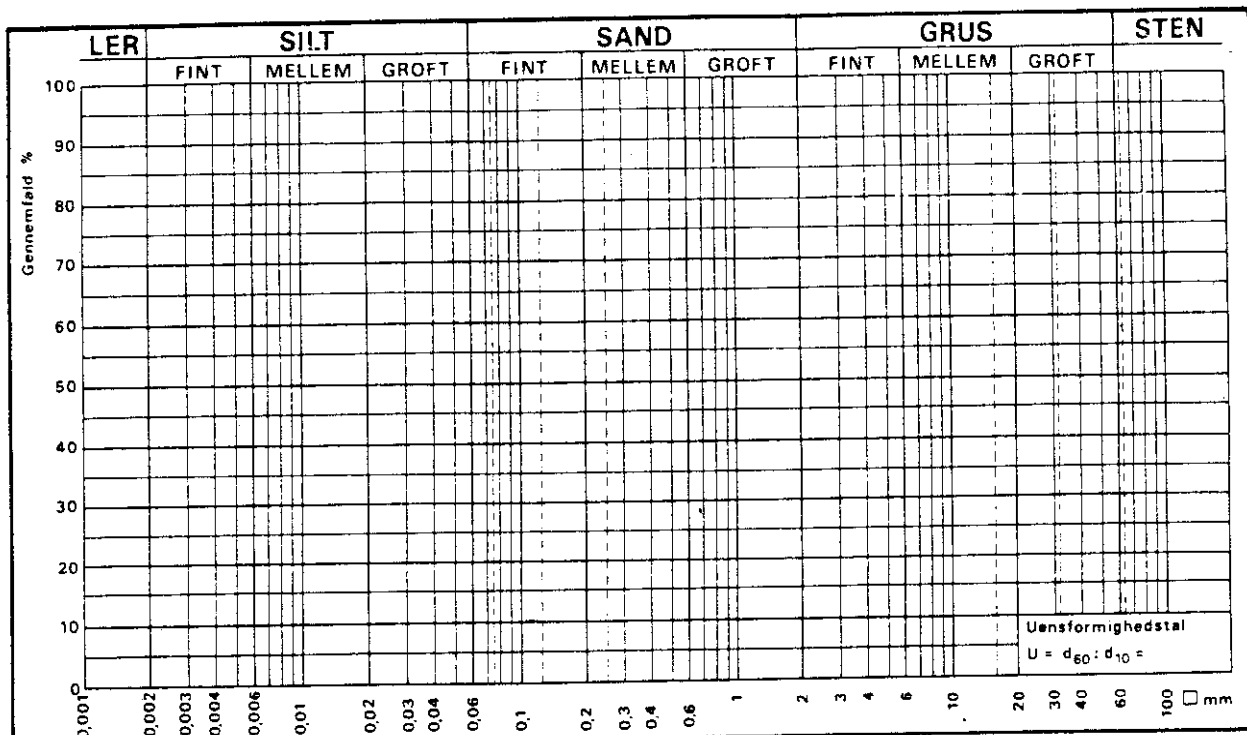
VD 611.6 Standard Proctorforsøg.
- samt som uautoriseret prøvning:
Bestemmelse af permeabilitetskoefficient.

Se resultaterne på side 2-5.

Underskrift

Vita Larsen

Prøvningsrapporten må kun gengives i uddrag, hvis rapporten er offentlig tilgængelig, eller laboratoriet har godkendt uddraget.

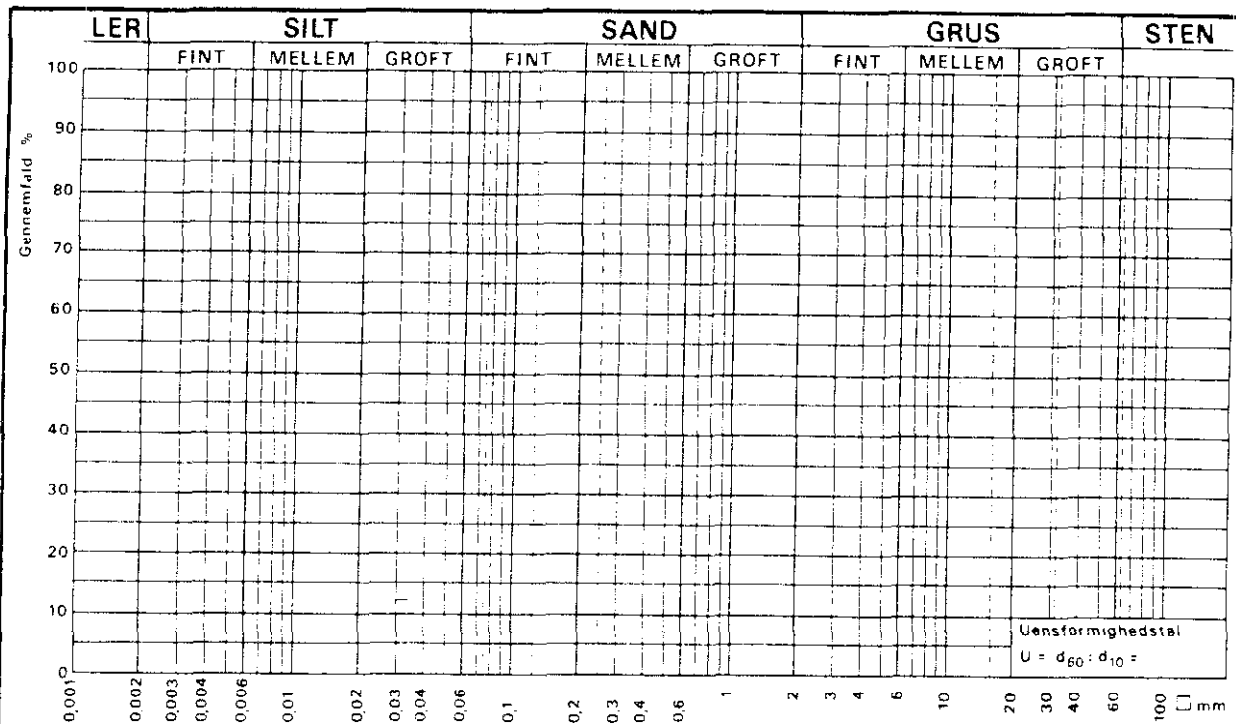


Signaturer			
Form	10 cm	15 cm	
Forsøg	Komprimering	CBR	
Standard	○	△	□
Modificeret	●	▲	■
Mætningslinje	-----		m. vandl.
Hjælpelinie	-----		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Proctorforsøg			
Indstamping	Standard	Modificeret	
$\rho_{d,max}$	t/m ³	1,492	
w_{opt}	%	21,6	
CBR - forsøg			
Indstamping	Standard	Standard	
CBR	%		
Tærdensitet, ρ_d	t/m ³		
Vandindhold, w	%		
Vandlagret	nej	ja	nej
Vandoptagelse	%	---	
Udkvældning	mm	---	

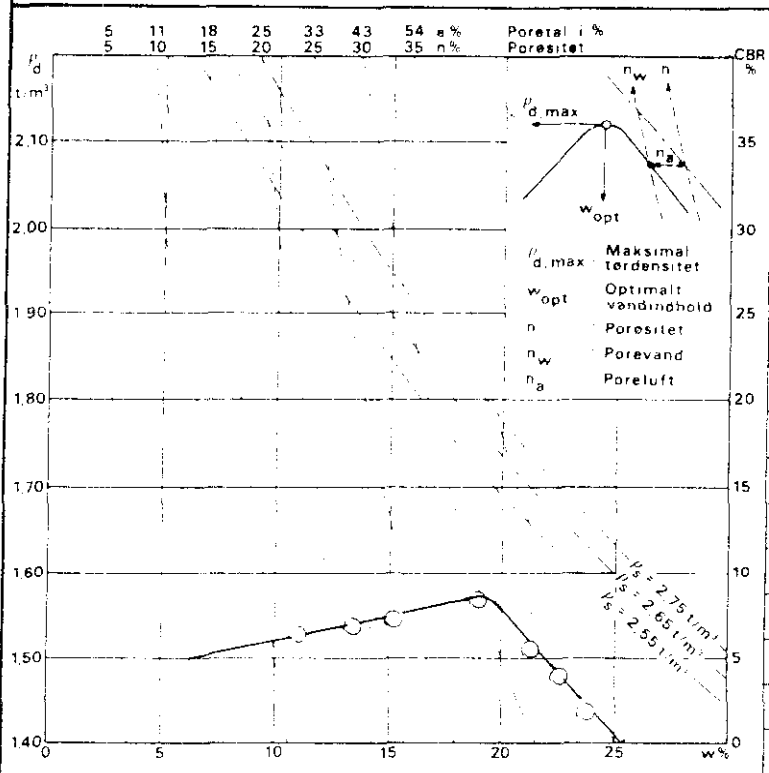
Frasigtet > 16 mm	s	%	Vandindhold in situ	w_{nat}	%	Vurderet frostfare	
Flydegrænse	w_L	%	Plasticitetsgrænse	w_p	%	Plasticitetsindeks	I_p
Korndensitet (0-75 μ m)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (0-16 mm)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (> 16 mm)	ρ_s
Kalkindhold (0-1 mm)	ka	%	Kalkindhold (0-16 mm)	ka	%	Kalkindhold (> 16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

Prøvebeskrivelse:
 Knust tegl 0-4 mm. mrk. For mur

Rekvirent Teknologisk Institut		Svend Borgselius as		FORSØGSOVERSIGT	
Sted.	Lab	Geo-laboratorium		Station:	215-168
Udt. d.:	89.03.29	Tegn.:	VL/AMM	Boring:	
Godk. d.:	14/4-89	Godk.:	VL	Sag nr.:	8908601001
				Bilag/side nr.:	2



Uensformighedstal
 $U = d_{60} : d_{10} =$

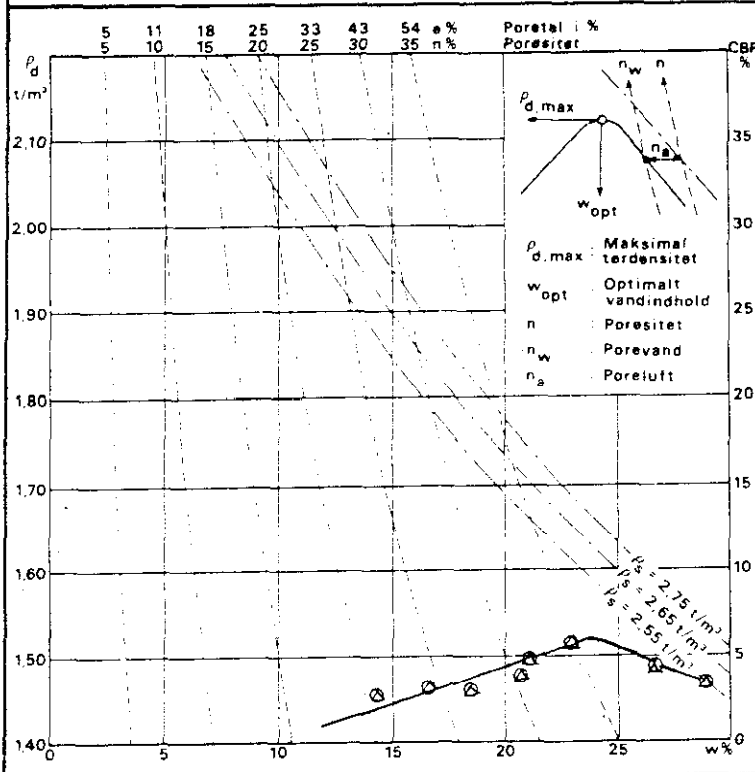
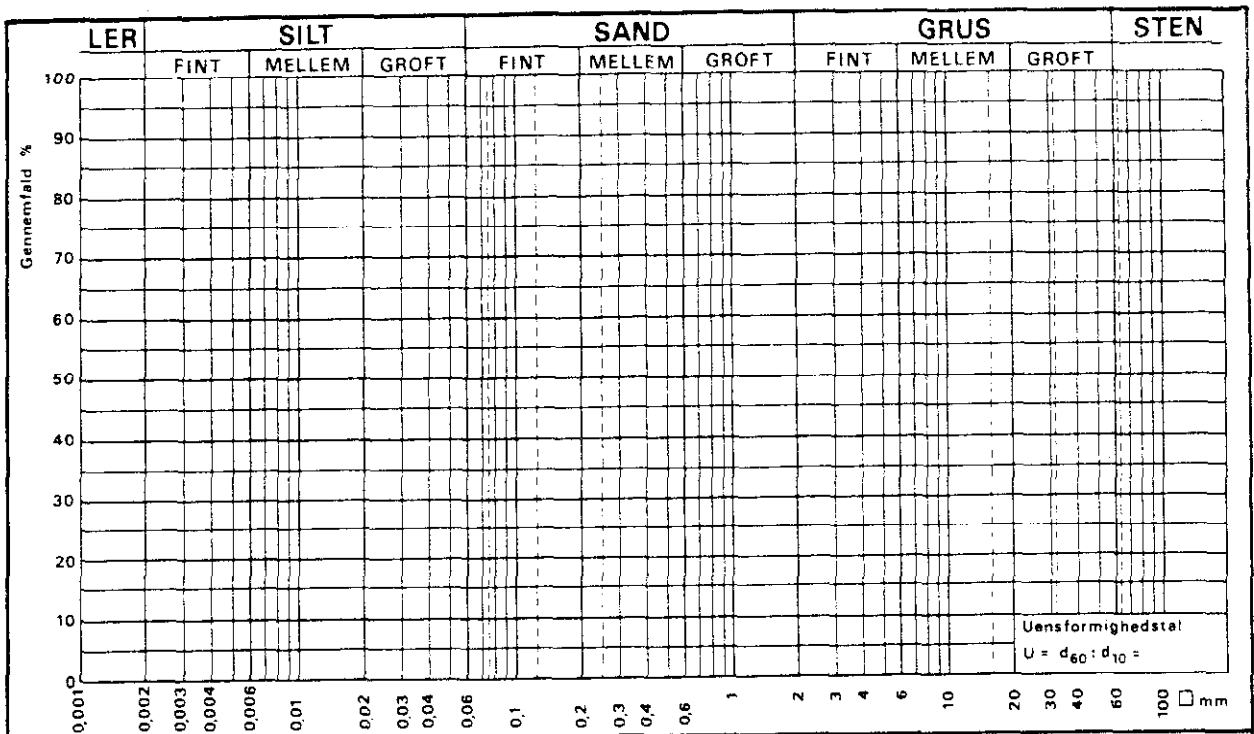


Signaturer		
Form	10 cm	15 cm
Forsøg	Komprimering	CBR
Standard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modifieret	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mætningslinje	m vandl	
Hjælpe linje	<input type="checkbox"/>	
Proctor forsøg		
Indstamping	Standard	Modifieret
$\rho_{d,max}$ t/m ³	1.571	
w_{opt} %	18.9	
CBR - forsøg		
Indstamping	Standard	Standard
CBR %		
Tordensitet ρ_d t/m ³		
Vandindhold w %		
Vandlagret	nej	ja
Vandoptagelse %		
Udkvældning mm		

Frasigtet > 16 mm	s	%	Vandindhold in situ	w_{nat}	%	Vurderet frostfare
Flydegrænse	w_L	%	Plasticitetsgrænse	w_p	%	Plasticitetsindeks
Korndensitet (0-75 µm)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (0-16 mm)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (> 16 mm)
Kalkindhold (0-1 mm)	ka	%	Kalkindhold (0-16 mm)	ka	%	Kalkindhold (> 16 mm)
Glødetab	gl	%	Glødetab reduceret	gl _{red}	%	Humusindhold
Sandækvivalent	SE	%	Kapillaritet	h_c	cm	
Tordensitet i marken	ρ_d	t/m ³	Tordensitet korrigeret	$\rho_{d,k}$	t/m ³	

Provebeskrivelse: Knust tegl 0-4 mm. mrk. Bag mur

Rekvirent	Teknologisk Institut	Svend Borgselius as	FORSØGSOVERSIGT	
Sted	Lab.	Geo-laboratorium	Station Boring	215-168
Udt d	89.03.29. Teg. VL/AMM	Godk d 14/4-89 VL	Sag nr	8908601002
			Bilag/side nr	3.



Signaturer		
Form	10 cm	15 cm
Forsøg	Komprimering	CBR
Standard	○	△
Modificeret	●	▲
Ma. ringelinie	---	m. vandl.
Hjælpelinie	---	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Proctorforsøg		
Indstamping	Standard	Modificeret
$\rho_{d,max}$	t/m ³	1.521
w_{opt}	%	23.6
CBR - forsøg		
Indstamping	Standard	Standard
CBR	%	
Tørdensitet ρ_d	t/m ³	
Vandindhold w	%	
Vandlagret	nej	ja
Vandoptagelse	%	---
Udkvældning	mm	---

Fræsigtet > 16 mm	s	%	Vandindhold in situ	w_{nat}	%	Vurderet frostfare
Flydegrænse	w_L	%	Plasticitetsgrænse	w_p	%	Plasticitetsindeks
Korndensitet (0-75 μ m)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (0-16 mm)	ρ_s	t/m ³	Korndensitet (> 16 mm)
Kalkindhold (0-1 mm)	ka	%	Kalkindhold (0-16 mm)	ka	%	Kalkindhold (> 16 mm)
Glødetab	gl	%	Glødetab reduceret	gl _{red}	%	Humusindhold
Sandækvivalent	SE	%	Kapillaritet	h_c	cm	
Tørdensitet i marken	ρ_d	t/m ³	Tørdensitet korrigeret	$\rho_{d,k}$	t/m ³	

Prøvebeskrivelse: Knust tegl 0-4 mm. mrk. Tag tegl

Rekvirent Teknologisk Institut	Svend Borgsølius as	FORSØGSOVERSIGT	
Sted Lab.	Geo-laboratorium	Station Boring	215-168
Udt d.: 89.03.29. Tegn. VL/AMM	Godk. d.: 14/4-89	Sag nr.: 8908601003	Bilag/side nr.: 4.



Rekvirent: Teknologisk Institut

Sagsnr....: 8908601

Udt.dato.: 1989.03.29

P E R M E A B I L I T E T S K O E F F I C I E N T (K)

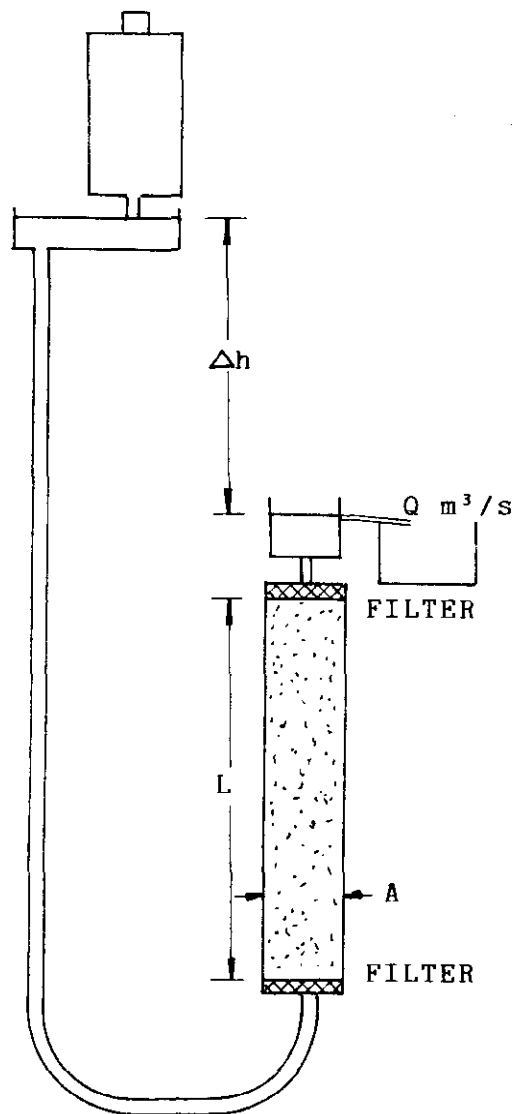
Bestemt ved gennemstrømningsforsøg.

METODE: se skitse bilag 1

RESULTAT: Materiale knust tegl 4-16mm.

Pr.nr.	Mrk.	Permeabilitets koefficient K m/sek.	Indbygnings tæthed t/m ³	Trykniveau m.vandsøjle m
004	For mur	2.67×10^{-2}	0.994	0.413
005	Bag mur	2.14×10^{-3}	1.045	0.410
006	Tag tegl	3.30×10^{-3}	1.185	0.411

M E T O D E: PERMEABILITETSBESTEMMELSE



- Δh = Trykniveau - meter vandsøjle
- Q = Vandføring.
- L = Prøvelængde
- A = Tværsnitsareal

$$K = \frac{Q \times L}{\Delta h \times A}$$

Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K

Serietitel, nr.: Miljøprojekt, 145

Udgivelsesår: 1990

Titel: Genanvendelse af nedknust tegl

Undertitel: Dokumentation af byggetekniske egenskaber og vurdering af fremtidsmuligheder

Forfatter(e): Folkenberg, Jan

Udførende institution(er):

Miljøstyrelsen. Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi (spons); Dansk Teknologisk Institut. Byggeteknik

Resumé:

Rapporten indeholder resultater og erfaringer fra undersøgelser af forskellige typer nedknust tegls anvendelighed til f.eks. fliseunderlag, filtermateriale omkring dræn og kapillarbrydende lag i terrændæk. Til undersøgelserne er anvendt genbrugsprodukter af hårde og blødbrændte mursten samt tagtegl. Undersøgelsen viser samlet, at der er stor sandsynlighed for, at nedknust tegl kan anvendes til de i projektet skitserede formål.

Emneord:

tegl; genanvendelse; materialeprøvning; byggeaffald; økonomisk vurdering

ISBN: 87-503-8507-0

ISSN: 0105-3094

Pris: 50,- kr. (inkl. 22% moms)

Format: A4

Sideantal: 48

Md./år for redaktionens afslutning: maj 1990

Oplag: 800

Andre oplysninger:

Tryk: Notex · Grafisk Service Center · as



Trykt på 100% genbrugspapir