

TNO-rapport
98-CVB-R0528

TNO Bouw
Centrum voor Brandveiligheid

BEPALING VAN DE BRANDWERENDHEID VAN EEN VLOER-/PLAFOND CONSTRUCTIE OPGEBOUWD UIT GRINDBETONNEN VLOERELEMENTEN, STALEN LIGGERS EN EEN VERLAAGD PLAFONDSYSTEEM TYPE CMC 850 MET ROCKFON PLAFONDPLATEN TYPE DEKOR

Lange Kleiweg 5, Rijswijk
Postbus 49
2600 AA Delft

Telefoon 015 284 20 00
Fax 015 284 39 90
Telex 38270

Datum **Februari 1998**

Auteur(s) **P.W.M. Kortekaas
Ing. P.W. van de Haar**



Opdrachtgever:
Rockfon B.V.
Postbus 1160
6040 KD ROERMOND

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Projectnaam : **Brandwerendheid**
Projectnr. : **07.20.6.7097/174**

Pagina's : 9
Tabellen : -
Figuren : 11
Bijlagen : 1
Foto's : 3

© 1998 TNO

Thema :
WP-onderwerp : **222/M**
Trefwoord(en) : **Brandwerendheid, vloer-/plafondsysteem**

TNO Bouw verricht onderzoek en geeft advies over bouwvraagstukken, voornamelijk in opdracht van onder meer de overheid, grote en kleine ondernemingen in de bouw, toeleveringsbedrijven en branche-instellingen.



Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

1 ONDERWERP

Een vloer-/plafondconstructie opgebouwd uit grindbetonnen vloerelementen met stalen liggers IPE 140 en een verlaagd plafond, type CMC 850 en Rockfon Dekor plafondplaten.

2 ONDERZOEK

Brandwerendheid volgens NEN 6069:1997.

3 OPDRACHTGEVER

Rockfon B.V.
Postbus 1160
6040 KD ROERMOND

4 PLAATS EN DATA BETREFFENDE HET ONDERZOEK

Het onderzoek vond plaats in het laboratorium van het Centrum voor Brandveiligheid van TNO Bouw te Rijswijk.

De vloer-/plafondconstructie werd gemonteerd op 3 februari 1998.

De brandproef werd uitgevoerd op 6 februari 1998.

5 DATUM EN NUMMER RAPPORT

Februari 1998, rapport nr. 98-CVB-R0528.

6 ONDERZOCHE CONSTRUCTIE

6.1 Algemeen

Onderzocht werd een vloer-/plafondconstructie, opgebouwd uit gewapende grindbetonnen vloerelementen, stalen liggers IPE 140 en een verlaagd plafond, afmetingen ca 3,2 x 4,0 m.

Het verlaagde plafond bestond uit Rockfon plafondplaten, type Dekor, en een CMC 850 draagsysteem van profielen, type 850-30 en 854-30 van Chicago Metallic in België.

Hierna worden alle toegepaste onderdelen beschreven. De cijferaanduiding tussen haakjes in de marge komt overeen met de nummering in de figuren 1 en 2.

6.2 Materialen

6.2.1 *Draagsysteem CMC 850, figuur 1 en 2*

De plafondprofielen (hoofd-, dwars- en hoekprofiel) waren vervaardigd uit koudgewalst thermisch verzinkt bandstaal en waren aan de zichtzijde afgewerkt met een epoxy poedercoating.

- (1) Hoofdprofiel, type 850-30, hoofdafmetingen 900 en 2200 x 38 x 24 mm, materiaaldikte profiel 0.4 mm, materiaaldikte 'capping' om onderflenzen 0,25 mm.
- (2) Dwarsprofiel, type 854-30, hoofdafmetingen 850 en 1200 x 38 x 24 mm, materiaaldikte profiel 0.4 mm, materiaaldikte 'capping' om onderflenzen 0,25 mm.
- (3) Bevestigingsklem, type 10458, van gevouwen plaatstaal welke om de onderflenzen van de IPE-liggers werd aangebracht (caddy-bevestiging).
- (4) Snelophanger, type 11000, bestaande uit twee gebogen stukken draad en een gevouwen stuk plaatstaal.
- (5) Hoekprofiel, type 1420, hoofdafmetingen 24 x 24 mm, materiaaldikte 0,5 mm.
- (-) Koppeling bestaande uit het lipvormige uiteinde van twee hoofdprofielen. Het uiteinde van het profiel wordt in een rechthoekige uitsparing van het andere profiel geschoven.

6.2.2 *Plafondplaten*

- (6) Rockfon plafondplaat, type Dekor, zelfdragende plaat met afmetingen $l \times b \times d = 1200 \times 600 \times 15$ mm, gemeten afmetingen 1190 x 590 x 15 mm, en een gewicht van circa 1550 g per plaat. De plafondplaat is van het type 'doorzaktegels'. In de randen van de plafondtegels was een sponning gefreesd met afmetingen 7 x 8 mm.

6.2.3 *Vloerconstructie en ondersteuningsconstructie*

De vloerconstructie werd gevormd door:

- vier stuks stalen liggers IPE 140. Lengte 4600 mm, theoretische overspanning $L_t = 4150$ mm;
- gewapend grindbetonnen vloerelementen met een volumieke massa op de beproevingsdatum van circa 2300 kg/m³. De afmetingen van de 150 mm dikke vloerelementen waren:
3100 x 750 mm (4 stuks);
3100 x 400 mm (2 stuks).

De vloer was ingebouwd in een stalen beproevingsframe met een kader van cellenbeton - wanddikte 150 mm - met inwendige afmetingen van 4000 x 3200 mm.

6.2.4 *Bevestigingsmiddelen*

Groefnagel, afmetingen $\varnothing 3 \times 80$ mm, fabrikaat Vynex, voor de bevestiging van de hoekprofielen aan de wand van cellenbeton-blokken.

6.2.5 *Afdichtingsmiddelen*

Stroken steenwol (type Rockwool 750, volumieke massa volgens opgave 115 kg/m³):

- voor het afdichten van de voegen tussen de vloerelementen, teneinde de vervormingen van de vloerconstructie tijdens de brandproef niet te belemmeren;
- voor het afdichten van de sponningen in de cellenbetonnen wand t.p.v. de opleggingen van de stalen liggers.

6.3 Methode van montage en assemblage

De op- en inbouw van de vloer-/plafondconstructie vond als hierna beschreven plaats. De nummers tussen haakjes corresponderen met de nummers in paragraaf 6.2. De constructie-opbouw is weergegeven in de figuren 1 en 2.

- inbouw van het cellenbetonnen kader in het stalen beproevingsframe;
- aanbrengen van de stalen liggers, h.o.h. ca 900 mm;
- aanbrengen van de grindbetonnen vloerelementen op de stalen liggers;
- bevestigen van de hoekprofielen (5) aan de binnenzijde van het cellenbetonnen kader, met een afstand van circa 260 mm van onderzijde stalen ligger tot onderzijde hoekprofiel, m.b.v. groefnagels h.o.h. circa 300 mm;
- aanbrengen snelophangers (4) aan stalen liggers, h.o.h. ca. 900 mm in de richting haaks op de overspanning van de stalen liggers en h.o.h. 1200 mm in de lengterichting van de stalen liggers. Zie figuur 1;
- afkorten van de hoofdprofielen (1) tot lengten van circa 1,2 m en 2,0 m en afhangen aan de snelophangers met de plaats van de koppelingen en fire breaks zoals aangegeven in figuur 1. H.o.h.-afstand hoofdprofielen 1200 mm;
- snelophangers op de juiste lengte brengen;
- dwarsprofielen (2) monteren h.o.h. 600 mm;
- aanbrengen van de plafondplaten (6);
- afdichten met steenwol van de voegen tussen de vloerelementen en de cellenbetonnen wand.

7 VERVAARDIGING VAN DE CONSTRUCTIE

Centrum voor Brandveiligheid

TNO Bouw te Rijswijk

- opbouw cellenbetonnen kader met vloer van stalen liggers en grindbetonnen vloerelementen

Rockfon B.V.

te Roermond

- productie en inbouw van verlaagd plafond met zichtbaar ophangstelsel en plafondplaten.

8 WIJZE VAN ONDERZOEK

8.1 Controle proefstuk

Gedurende de inbouw werden de gebruikte materialen en onderdelen gecontroleerd aan de hand van de verstrekte gegevens.

8.2 Conditionering

Vanaf de inbouw tot en met de beproeving bevond de onderzochte constructie zich in de beproevingshal van het Centrum voor Brandveiligheid van TNO Bouw met als omgevingscondities een temperatuur van $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ en een relatieve vochtigheid van $(50 \pm 10)\%$.

8.3 Bepaling volumieke massa en evenwichtsvochtgehalte

Van de toegepaste plafondplaten werden op de datum van de brandproef van enkele representatieve monsters de volumieke massa en het evenwichtsvochtgehalte¹ bepaald.

Plafondplaat, type Rockfon Dekor:

volumieke massa voor drogen : 140 kg/m^3 ;
vochtgehalte t.o.v. het gewicht vóór drogen: $0,6 \%(m/m)$

8.4 Brandproef

8.4.1 *Conditie*

Het onderzoek werd uitgevoerd overeenkomstig het gestelde in NEN 6069:1997. Het proefstuk werd éézijdig aan de onderzijde verhit volgens de standaardbrandkromme.

8.4.2 *Belasting*

De totale belasting op elk van de liggers tijdens de verhitting ten gevolge van het eigen gewicht van de IPE-liggers en vloerelementen bedroeg $2,25 \text{ kN/m}^1$. De belasting is gebaseerd op een kritieke staaltemperatuur van $750 ^\circ\text{C}$ in de liggers (voor het geval 3-zijdige verhitting).

8.4.3 *Metingen*

Gedurende de verhitting werden gemeten:

- de gastemperatuur in de oven met acht thermokoppels (TOV 1 t/m TOV 8) en de overdruk in de oven;
- de temperaturen van de onderflenzen van de stalen vloerliggers met zes thermokoppels (TK1 t/m TK6);
- de temperaturen van de lijven van de stalen vloerliggers met zes thermokoppels (TK7 t/m TK12);
- de luchttemperaturen in het plenum met vijf thermokoppels (TK13 t/m TK17);
- de oppervlaktetemperaturen van de bovenzijde van de vloer met vijf thermokoppels (TK18 t/m TK22);
- de omgevingstemperatuur in de beproevingshal;
- de luchtsnelheid in de beproevingshal;
- de doorbuiging in het midden van de vloer met één verplaatsingsopnemer (VERPL OPN).

De posities van de thermokoppels en de verplaatsingsopnemer zijn gegeven in figuur 3.

¹ Bepaald na droging bij $105 ^\circ\text{C}$

9 WAARNEMINGEN TIJDENS DE VERHITTING

De verhitting werd na 70 minuten beëindigd omdat één van de plafondplaten zwaar doorhangt. Na beëindiging van de verhitting valt de plaat uit de constructie. Na beëindiging van de verhitting was nog geen van de criteria met betrekking tot de brandwerendheid bereikt.

Voor de gedetailleerde beschrijving van de waarnemingen wordt verwezen naar bijlage A.

10 MEETRESULTATEN BRANDPROEF

De meetresultaten zijn gegeven in de figuren 4 t/m 11.

Gedurende de verhitting voldeden de overdruk in de oven, en de temperatuur en luchtsnelheid in de beproevingshal aan het gestelde in NEN 6069:1997.

11 SAMENVATTING

In tabel 1 zijn de belangrijkste resultaten van het onderzoek gegeven.

Tabel 1 Samenvatting beproevingsresultaten

criterium	Tijdsduur gerekend vanaf het begin van de verhitting gedurende welke nog juist aan het criterium werd voldaan
Bezwijken	> 70 minuten
Vlamdichtheid betrokken op de afdichting	> 70 minuten
Thermische isolatie betrokken op de temperatuur	> 70 minuten

12 CONCLUSIE

Brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie én met betrekking tot bezwijken, bepaald volgens NEN 6069:1997: **ten minste 70 minuten.**

13 TOEPASSINGSGEBIED EN VOORWAARDEN

De conclusie geldt uitsluitend voor vloer-/plafondconstructies welke in detail gelijk zijn aan de onderzochte constructie en waarbij tevens is voldaan aan navolgende voorwaarden:

- a) een totale belasting (t.g.v. eigen gewicht en momentane veranderlijke belasting) op de liggers voor het belastinggeval brand van ten hoogste $2,25 \text{ kN/m}^1$.
- b) een maximale theoretische overspanning van 4,15 m.
- c) de voegen tussen de vloerelementen onderling en tussen de vloerelementen en de omringende constructie zodanig zijn uitgevoerd dat via de voegen geen voortijdige branddoorslag optreedt.
- d) in het plafond geen lichtarmaturen e.d. zijn aangebracht.

14 TOEGESTANE WIJZIGINGEN VLOERCONSTRUCTIE

- a) andere stalen vloerliggers, mits de profielfactor $P = O_g/A$ daarvan gelijk is aan of kleiner is dan die van de bij de onderzochte vloer toegepaste IPE-profielen ($O_g/A \leq 291 \text{ m}^{-1}$)²⁾. Zie toelichting 1.
- b) dunnere vloerelementen van grindbeton mits wordt aangetoond dat bij een directe verhitting volgens de temperatuur-tijd relatie als gegeven in figuur 9 (zie toelichting 2):
 - voldaan wordt aan het criterium thermische isolatie betrokken op de temperatuur;
 - de vloerelementen niet bezwijken ten gevolge van de in de praktijk aanwezige momentane veranderlijke belasting voor het geval brand.

Opmerking:

Van deze controle kan op grond van Bijlage A van NEN 6071 worden afgezien indien de plaatdikte ten minste 93 mm bedraagt en de wapeningsafstand "a" ten minste 23 mm.

- c) grotere overspanningen en/of grotere belastingen mits voldaan is aan 5.1.1 van NEN 6770:1997.
- d) wijzigen van de h.o.h. afstanden van de liggers mits is voldaan aan het gestelde onder 14 b) en c) en het ophangstelsel (aantal en verankering) niet in ongunstige zin wordt gewijzigd.
- e) grotere vloerbreedten.

²⁾ Zie NEN 6072:1991.

Toelichting 1:

Bezwijken van de stalen vloerliggers moet worden verwacht indien de temperatuur van de stalen liggers (Θ_s) de kritieke staaltemperatuur ($\Theta_{s,krit}$) bepaald volgens NEN 6072:1997 overschrijdt.

Voor profielen met een profielfactor $< 291 \text{ m}^{-1}$ zullen de optredende staaltemperaturen kleiner zijn dan de gemeten staaltemperaturen. De kritieke staaltemperatuur hangt af van de belastingsgraad en het statisch systeem³ en zal in alle gevallen groter zijn dan de gemiddelde staaltemperatuur van $392 \text{ }^\circ\text{C}$ gemeten bij 70 minuten aan de onderflens.

Toelichting 2:

Bij een vloerafdekking met een hogere isolatiewaarde dan die van de toegepaste grindbetonnen vloerelementen kunnen hogere spouw- en staaltemperaturen optreden dan gemeten. Om deze reden geldt de conclusie niet als de stalen draagconstructie wordt afgedekt met grindbetonelementen dikker dan 150 mm, of met cellenbetonelementen, alsmede ook niet voor houten vloerconstructies met onderhavig plafond mede i.v.m. het inbranden.

15 TOEGESTANE WIJZIGING PLAFONDPLATEN

Naar de mening van TNO Bouw geldt de conclusie tevens indien:

- Identieke plafondplaten worden toegepast als het onderzochte type 'Dekor' met als enige variant een andere kleur en/of structuurafwerking aan de zichtzijde;
- Plafondplaten van de typen Royal Shadowline (dikte 20 mm) en Krios Shadowline (dikte 20 mm) worden toegepast. Volgens opgave hebben deze platen alleen een andere structuur als het onderzochte type Dekor. De kantafwerking, densiteit van de steenwol en dergelijke zijn gelijk;
- Identieke plafondplaten als het onderzochte type 'Dekor' in de maat $600 \times 600 \times 15 \text{ mm}$ worden toegepast met bijbehorende extra tussenprofielen type CMC 854.



P.W.M. Kortekaas



Ing. P.W. van de Haar

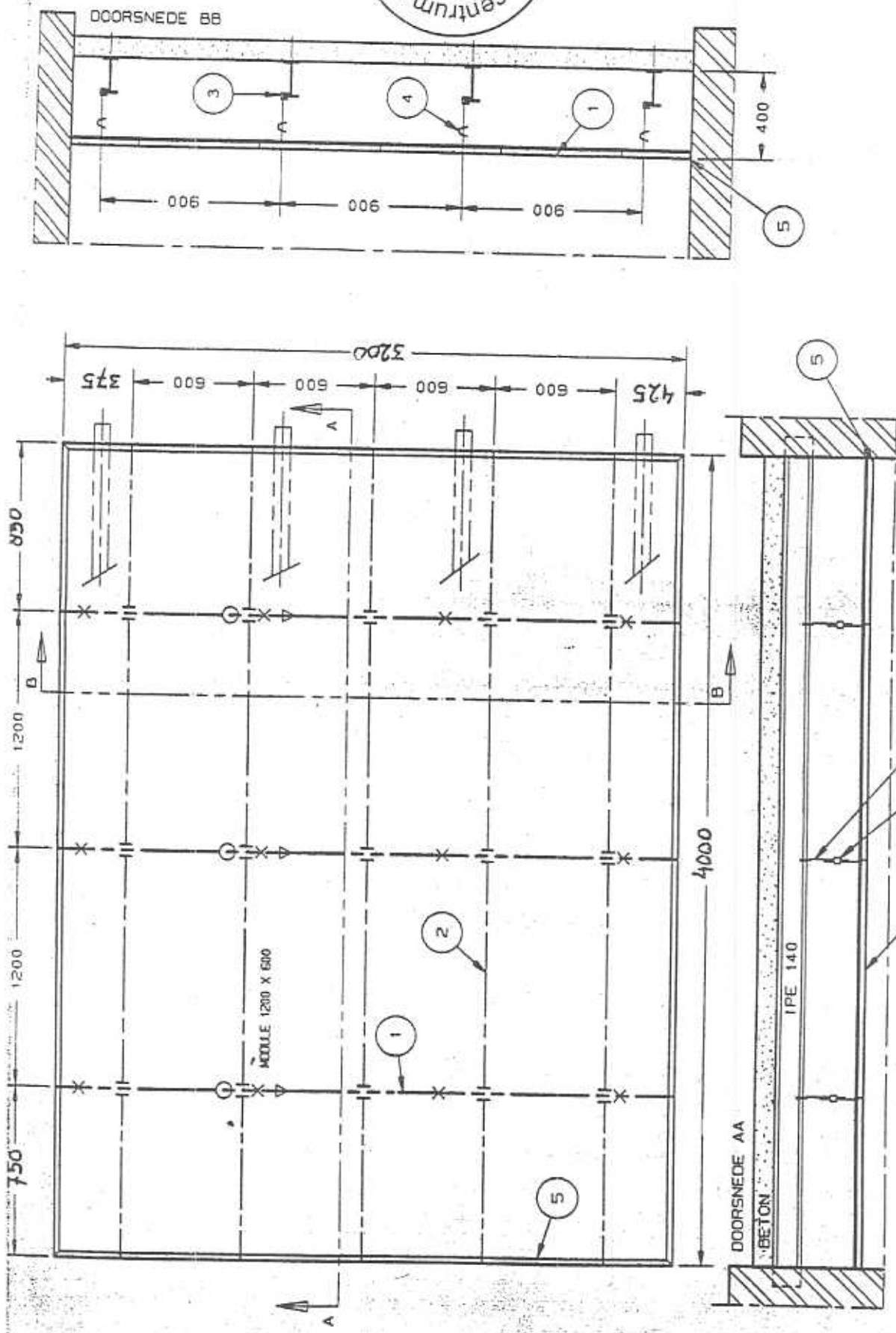
³) Zie NEN 6072:1997

Overzicht figuren

- Figuur 1: Bovenaanzicht en doorsneden van het proefstuk.
- Figuur 2: Opbouw draagprofielen van de plafondconstructie.
- Figuur 3: Het proefstuk met de posities van de thermokoppels en de verplaatsingsopnemer.
- Figuur 4: Gemeten gastemperaturen in de oven.
- Figuur 5: Relatieve afwijking tussen de gerealiseerde gemiddelde temperatuur in de oven en de standaardbrandkromme alsmede de toegestane relatieve afwijking.
- Figuur 6: Gemeten temperaturen van de onderflens van de stalen liggers.
- Figuur 7: Gemeten temperaturen van het lijf van de stalen liggers.
- Figuur 8: Gemeten temperaturen in het plenum.
- Figuur 9: Gemiddelde temperatuur in het plenum
- Figuur 10: Gemeten oppervlaktetemperaturen van de bovenzijde van de grindbetonnen vloer.
- Figuur 11: Doorbuiging van het vloermidden gemeten op de bovenkant van de grindbetonnen vloer.

Overzicht foto's

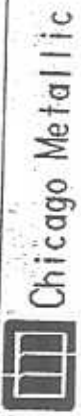
- Foto 1: Aanzicht ophangstelsel
- Foto 2: Aanzicht van het plafond voor de proef
- Foto 3: Aanzicht van het plafond na de proef



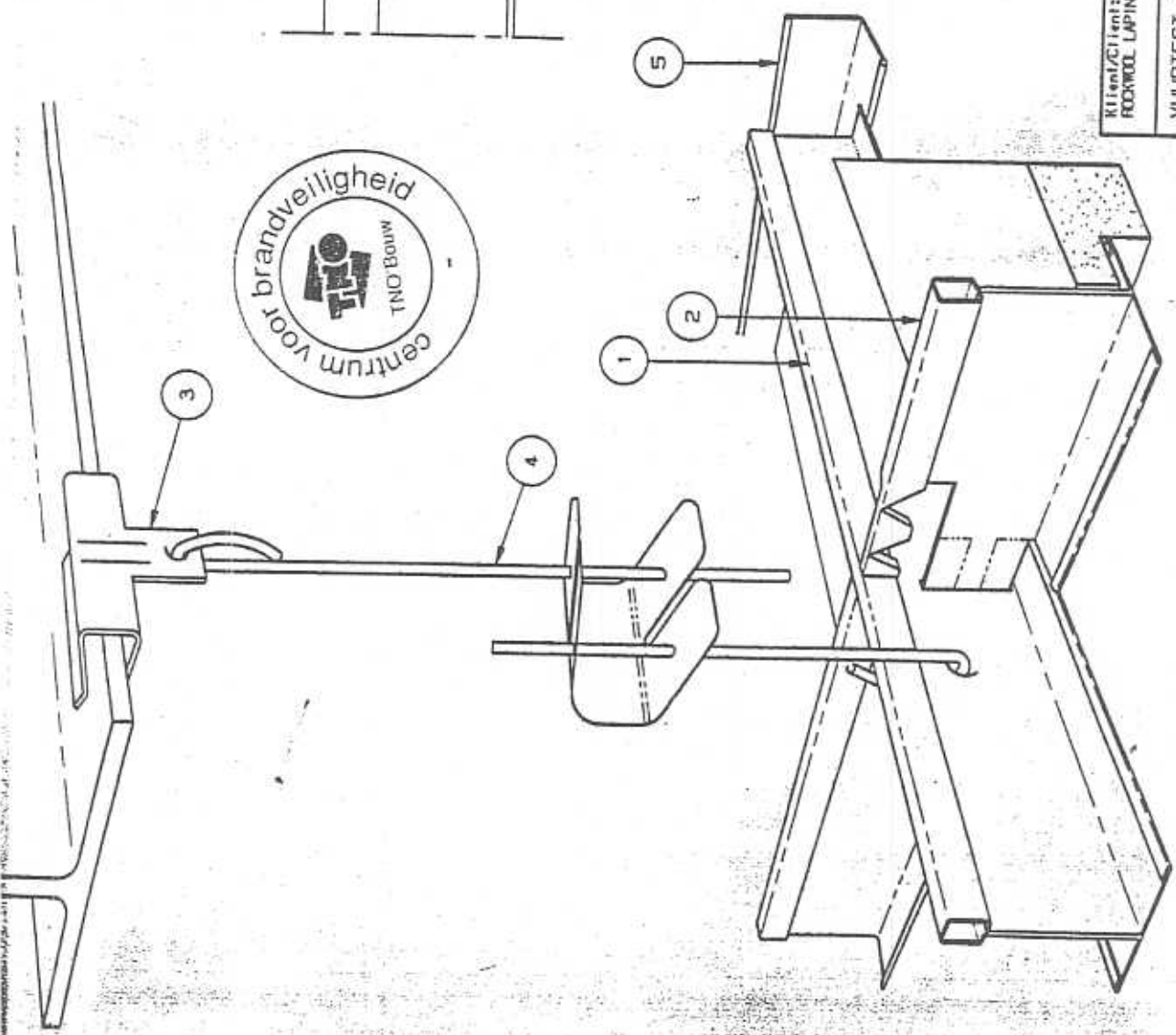
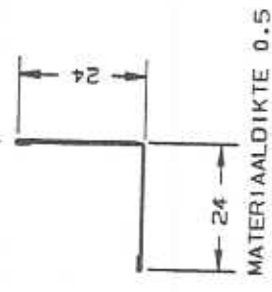
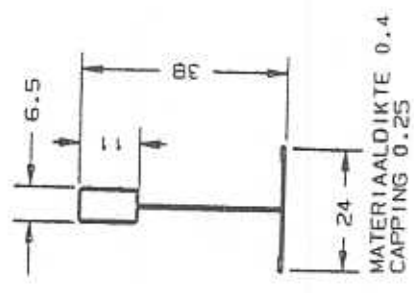
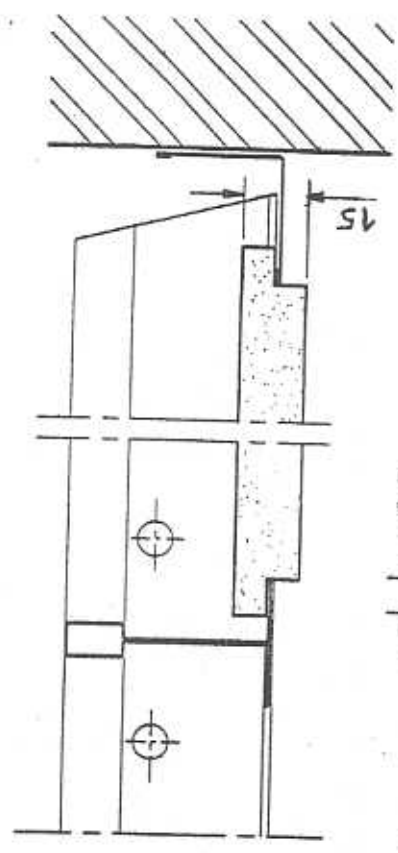
Klief-/Client: ROCKWOOL LAPINUS	Datum/Date: 19/03/97	Getek./Sign.: W. STESSEL
VUURTEST T.N.O. NEDERLAND ROCKFON TEGELS 60X120, 850 SYSTEEM	Syst.: 850	Mod.: 600X1200
F.16LUUR 1 PLATTEGROND + DOORSNEDEN	Mat./dikte/Thickness:	Bondbreedte/Width:
	Schaal/Scale: 1/20	Wijzigingen/ Alterations:

Fig. 1

- KOPPELING
- × OPHANGPUNT
- ▽ FIRE-BREAK
- 1 HOOFDPROFIEL 850-30
- 2 DWARSPROFIEL B54-30
- 3 BEVESTIGINGSKLEEM TYPE 10x58
- 4 SNELOPHANGER TYPE 11000
- 5 HOEKLIJN TYPE 1420

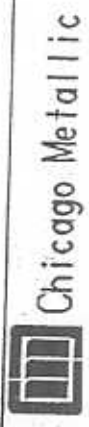


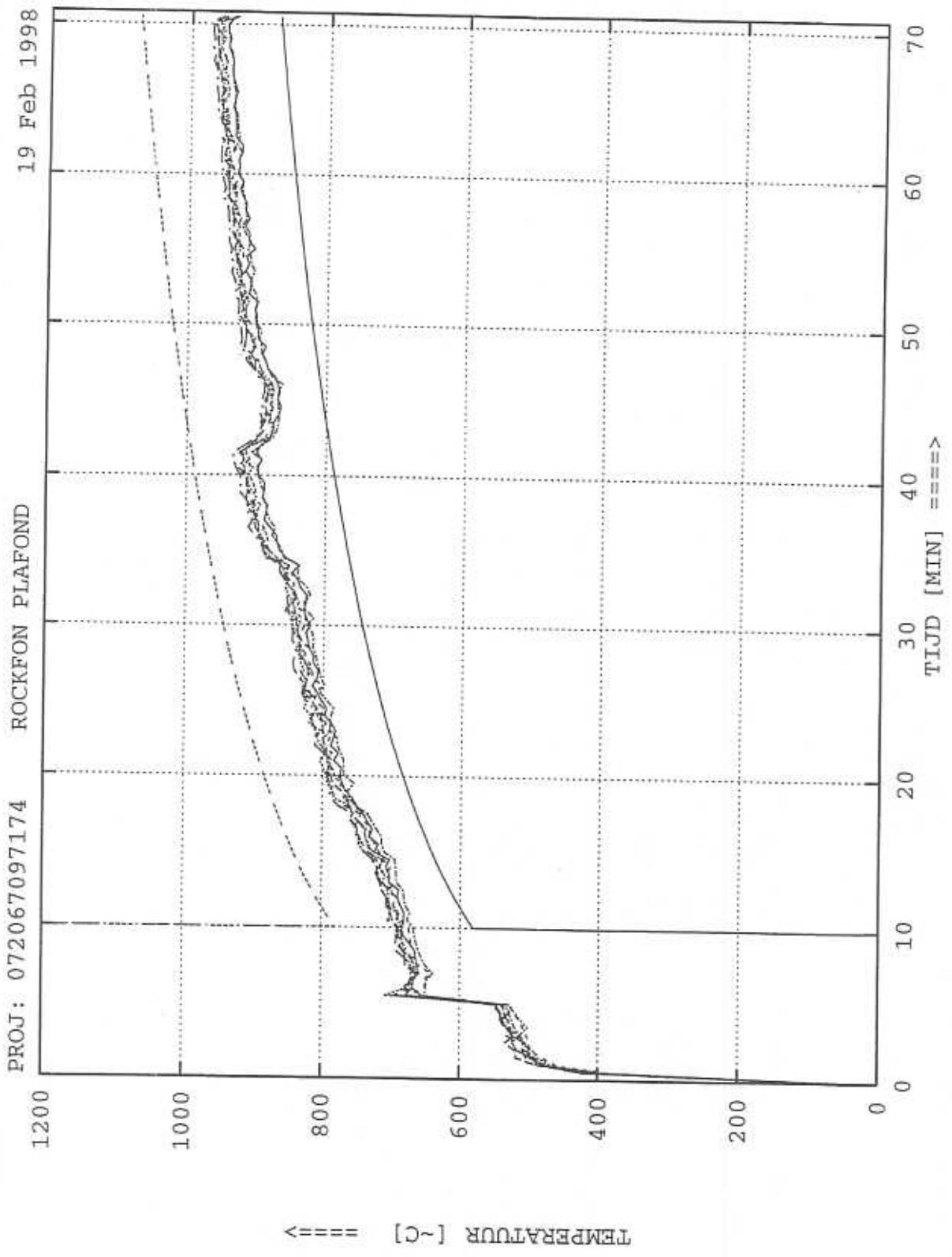
- 1 HOOFDPROFIEL 850-30
- 2 DWARSPROFIEL 854-30
- 3 BEVESTIGINGSKLEM TYPE 1045B
- 4 SNELOPHANGER TYPE 11000
- 5 HOEKLIJN TYPE 1420



Klient/Client: ROCKWOOL LAPINS	Datum/dates: 19/03/97	Detail/Sign.: W. STESSEL
VUURTEST T.N.O. NEDERLAND ROCKFON TEGELS 60X120, 850 SYSTEEM	Syst.: 650	Mod.: 600X1200
FIGUUR 2 PERSPECTIEF	Mat.dikte/thickness: 1/20	Bouwmaat/Widite: Aantal/Airations:

Fig. 2

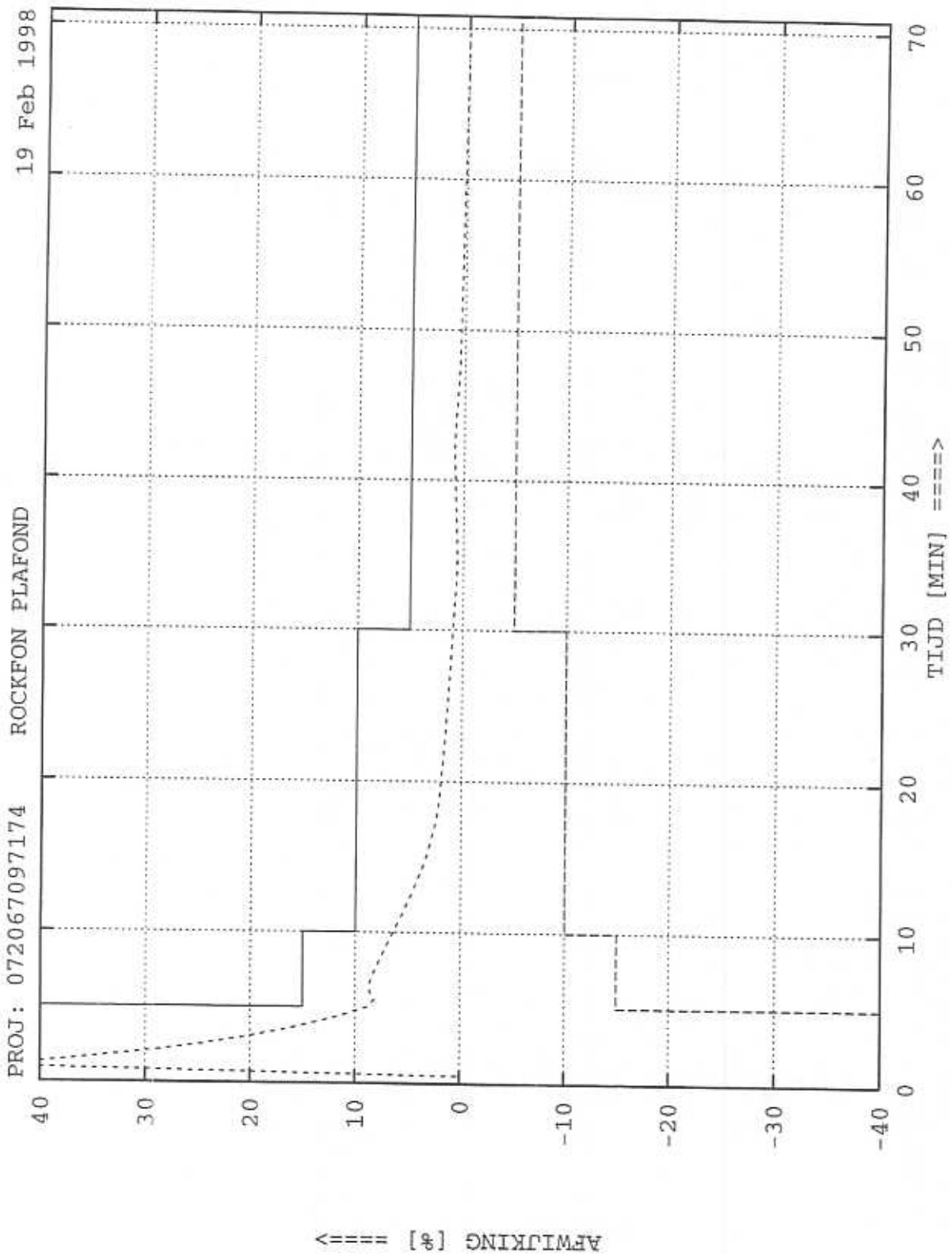




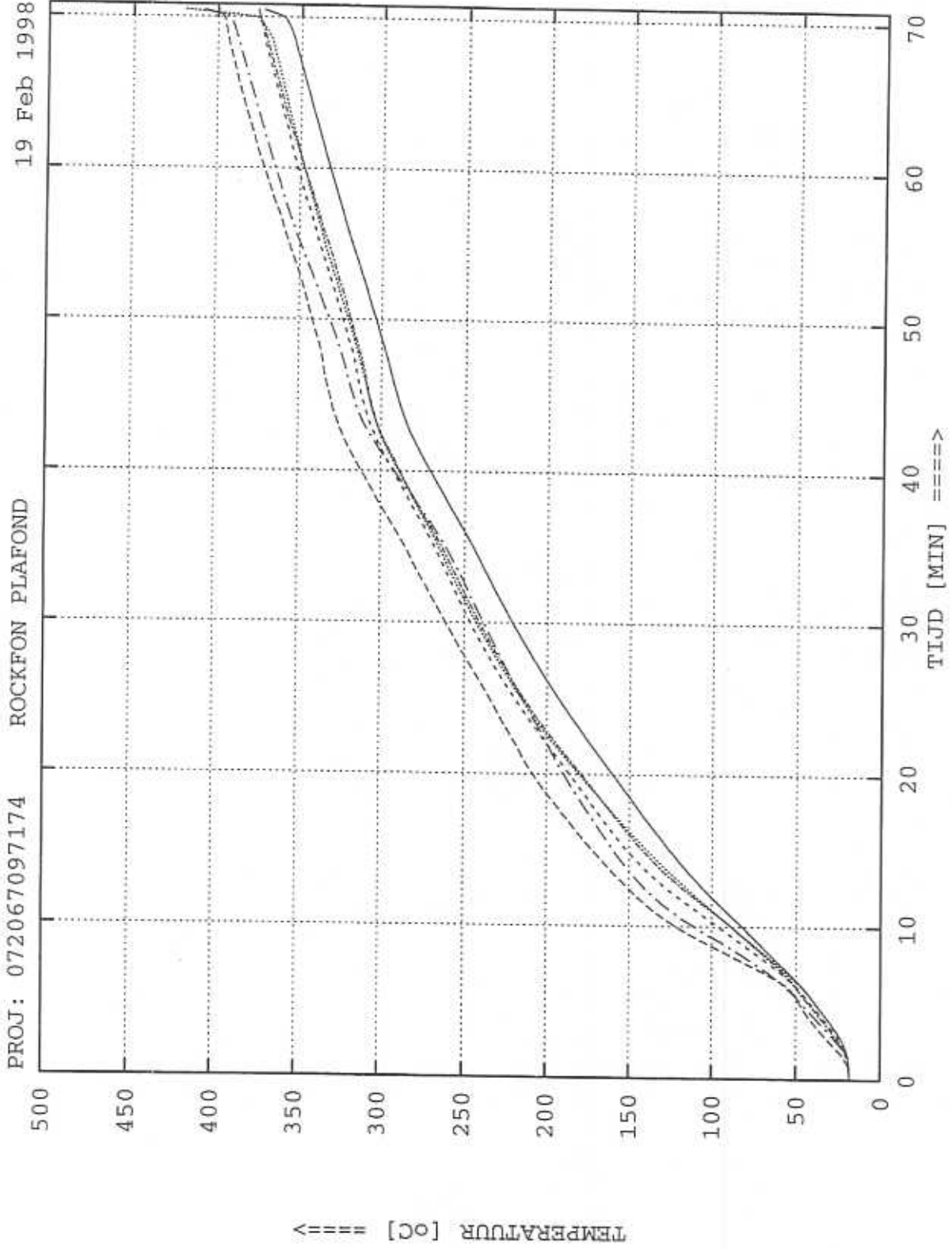
- TOV 1
- TOV 2
- TOV 3
- TOV 4
- TOV 5
- TOV 6
- TOV 7
- TOV 8
- Stand. brand(+)
- Stand. brand(-)



Figuur 4: Gemeten gastemperaturen in de oven



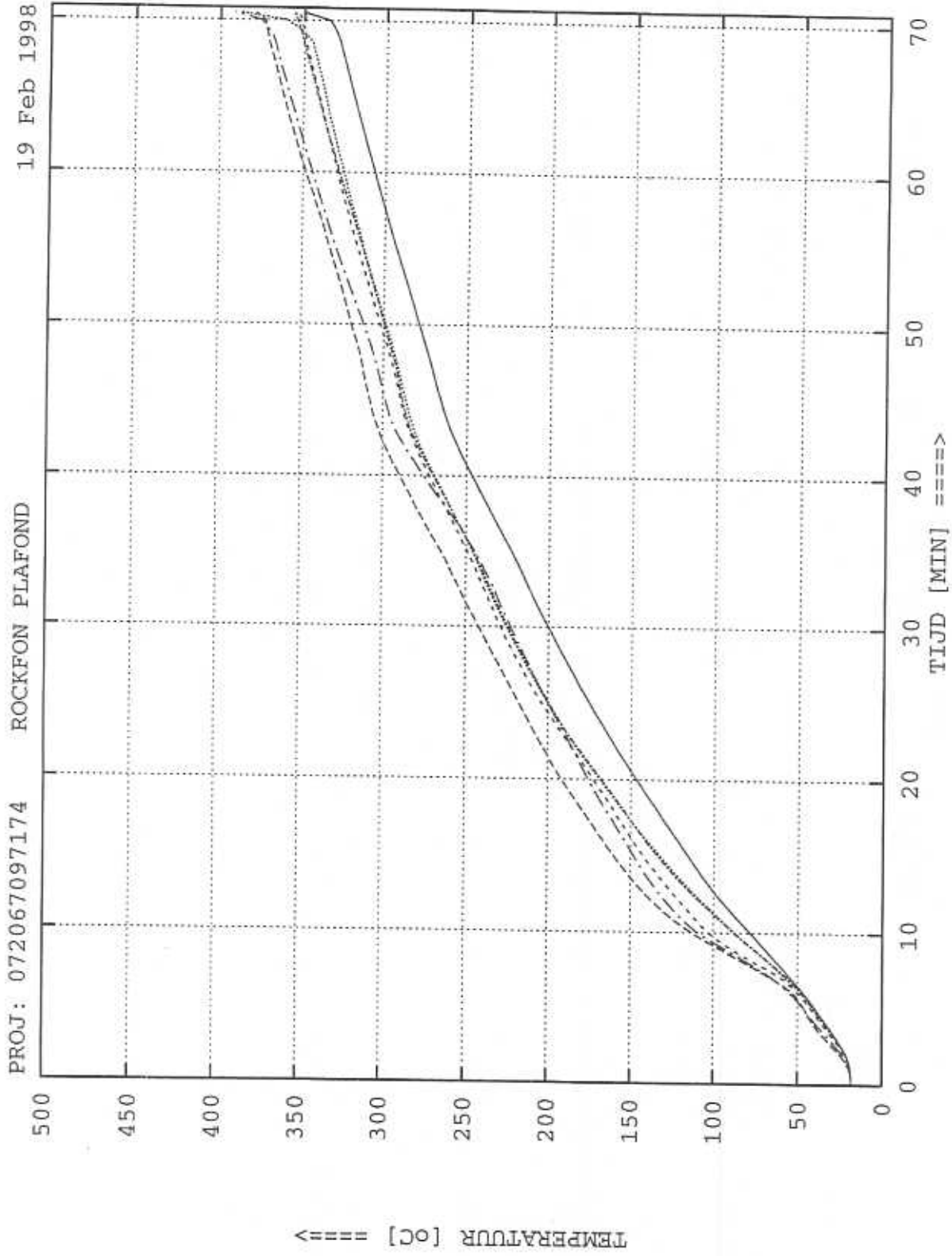
Figuur 5: Relatieve afwijking van de oventemperaturen



TK 1
TK 2
TK 3
TK 4
TK 5
TK 6



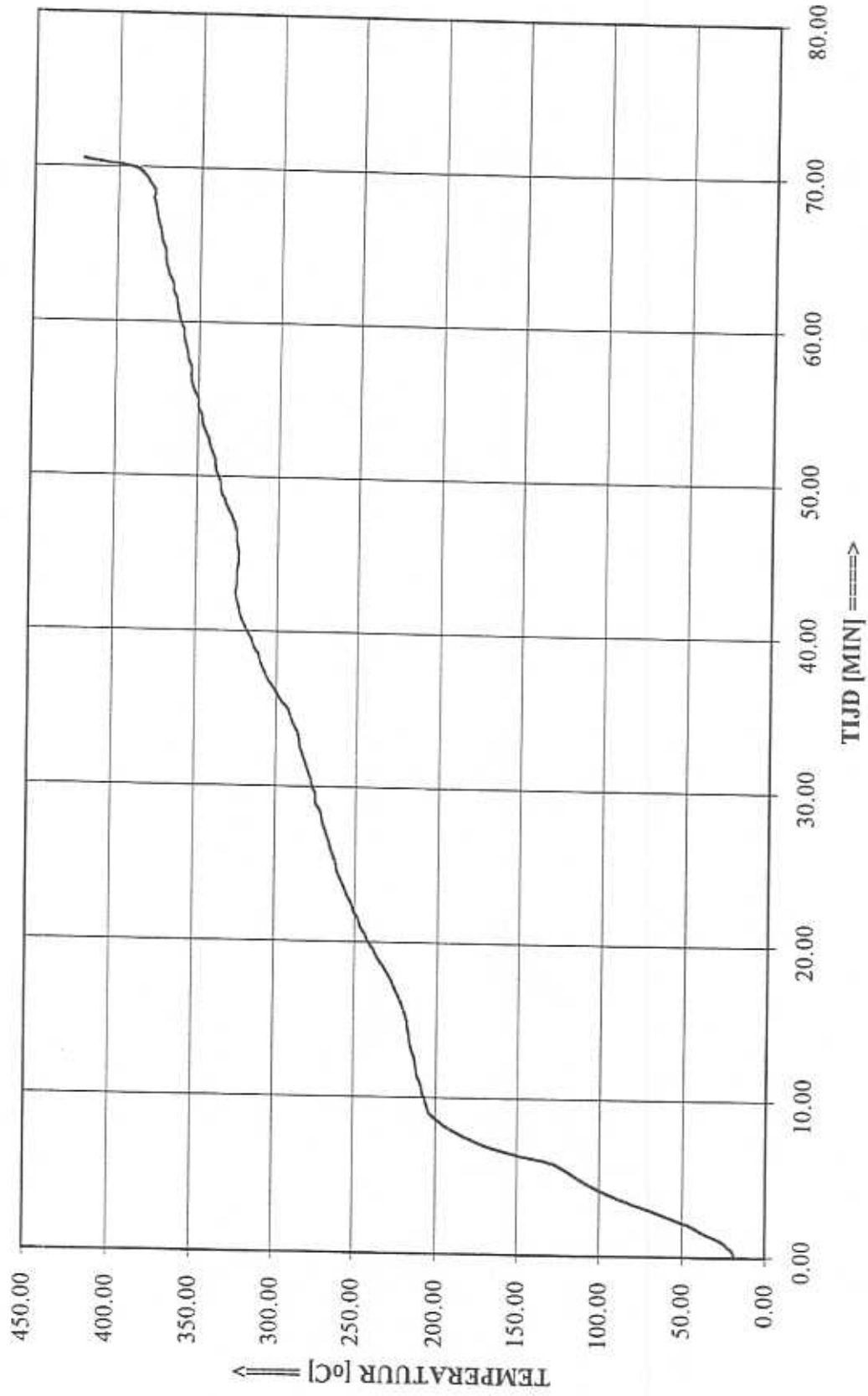
Figuur 6: gemeten temperaturen op de onderflens van de stalen liggers



TK 7
TK 8
TK 9
TK 10
TK 11
TK 12



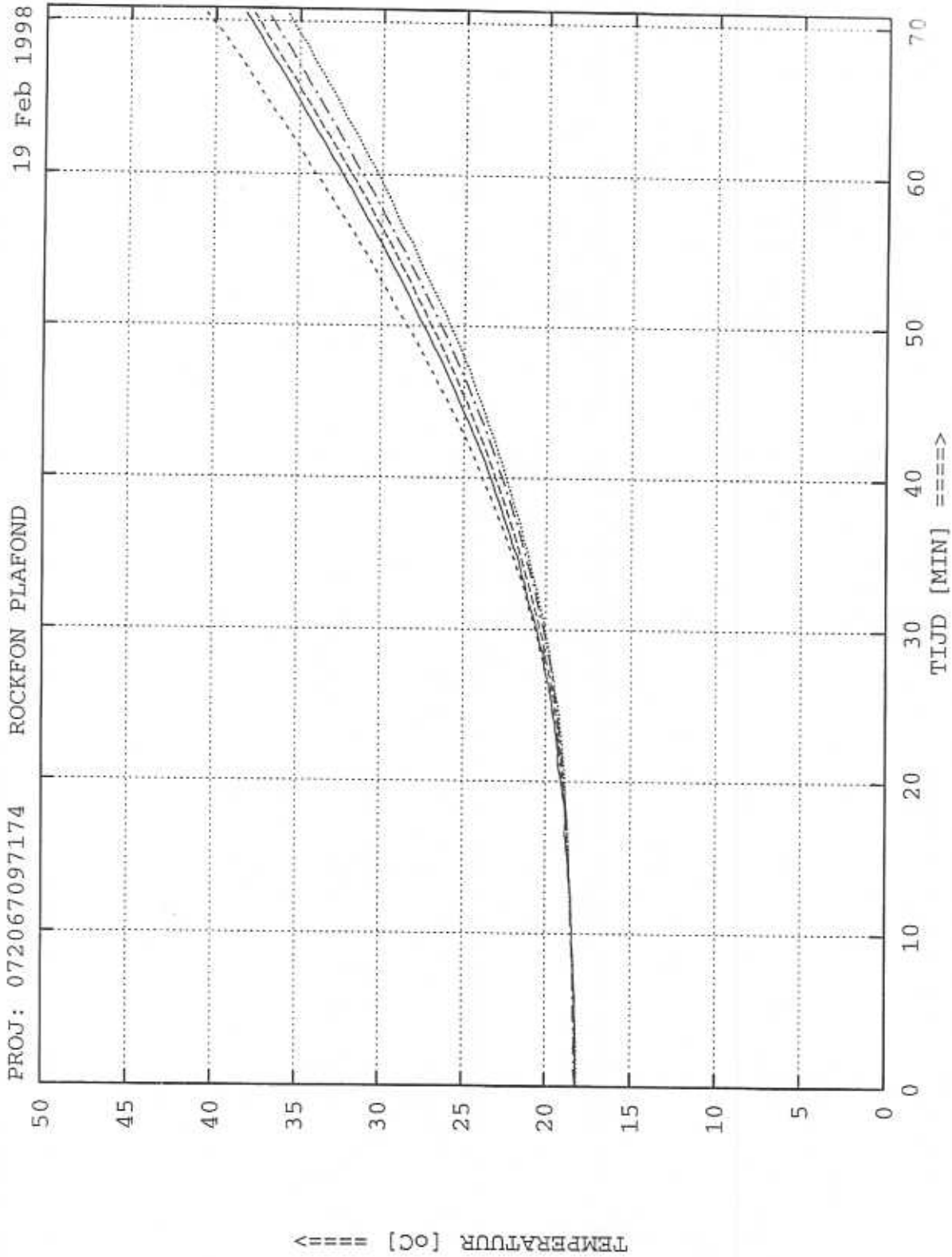
Figuur 7: gemeten temperaturen van het lijf van de stalen liggers



— gem. temp

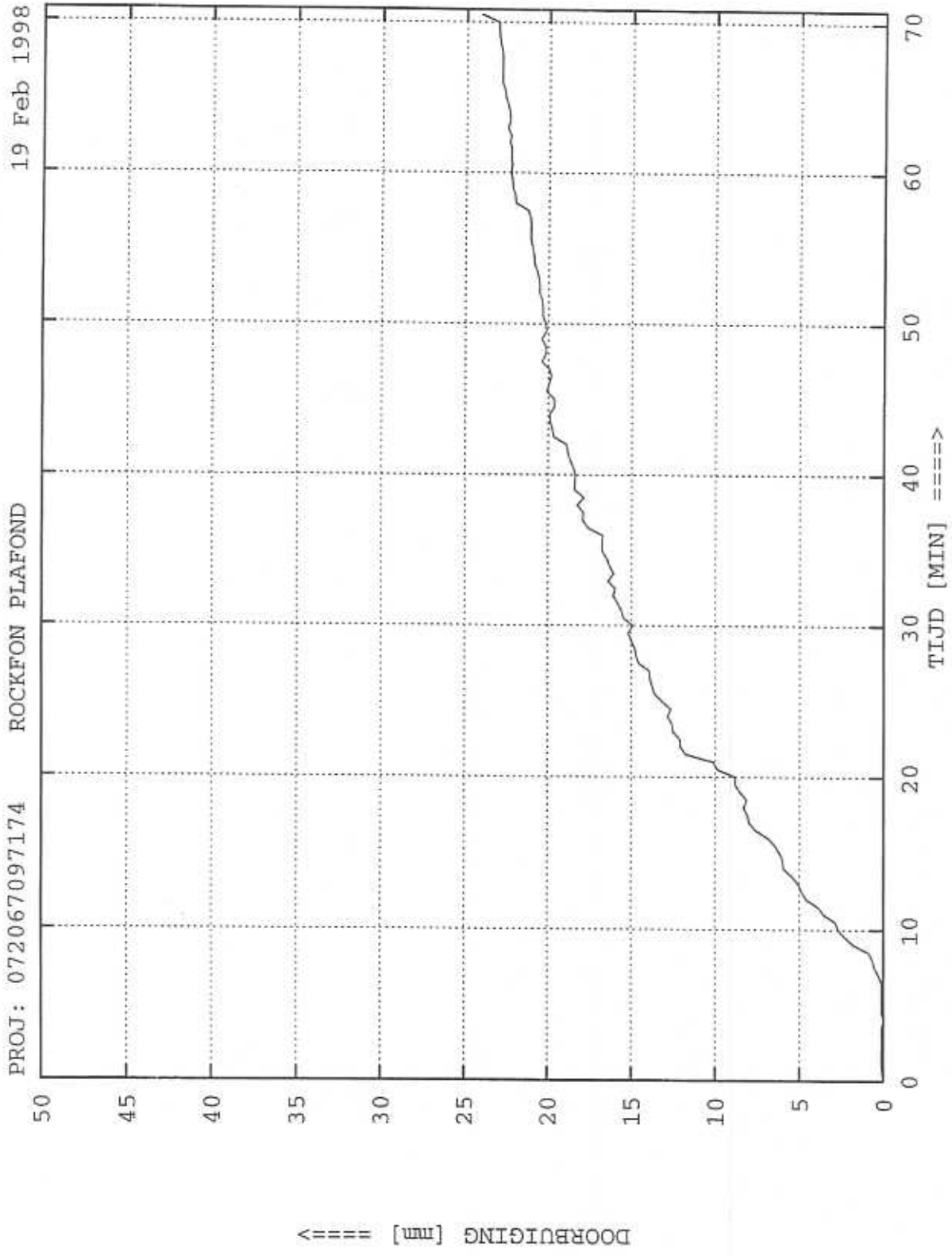


Figuur 9: Gemiddelde temperaturen in het plenum



Figuur 10: gemeten temperaturen van de bovenzijde van de grindbetonnen vloer





Figuur 11: doorbuiging van het vloermidden gemeten op de bovenkant van de grindbetonnen vloer

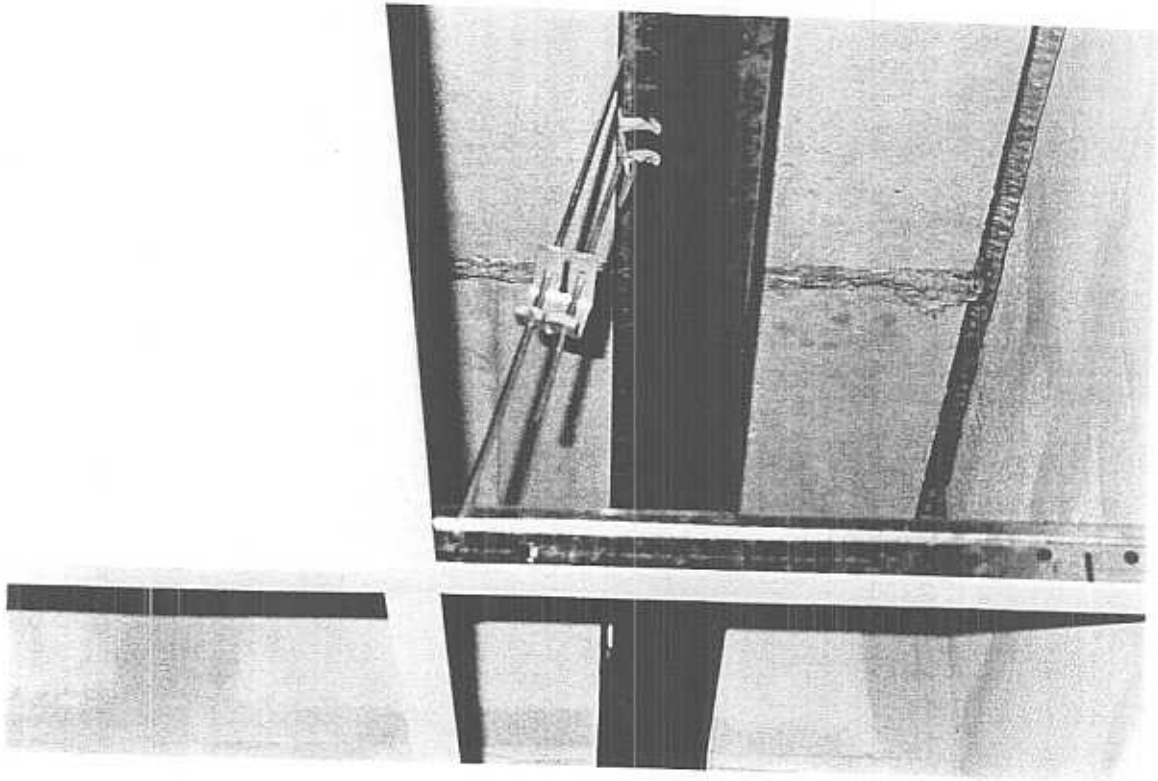


Foto 1:

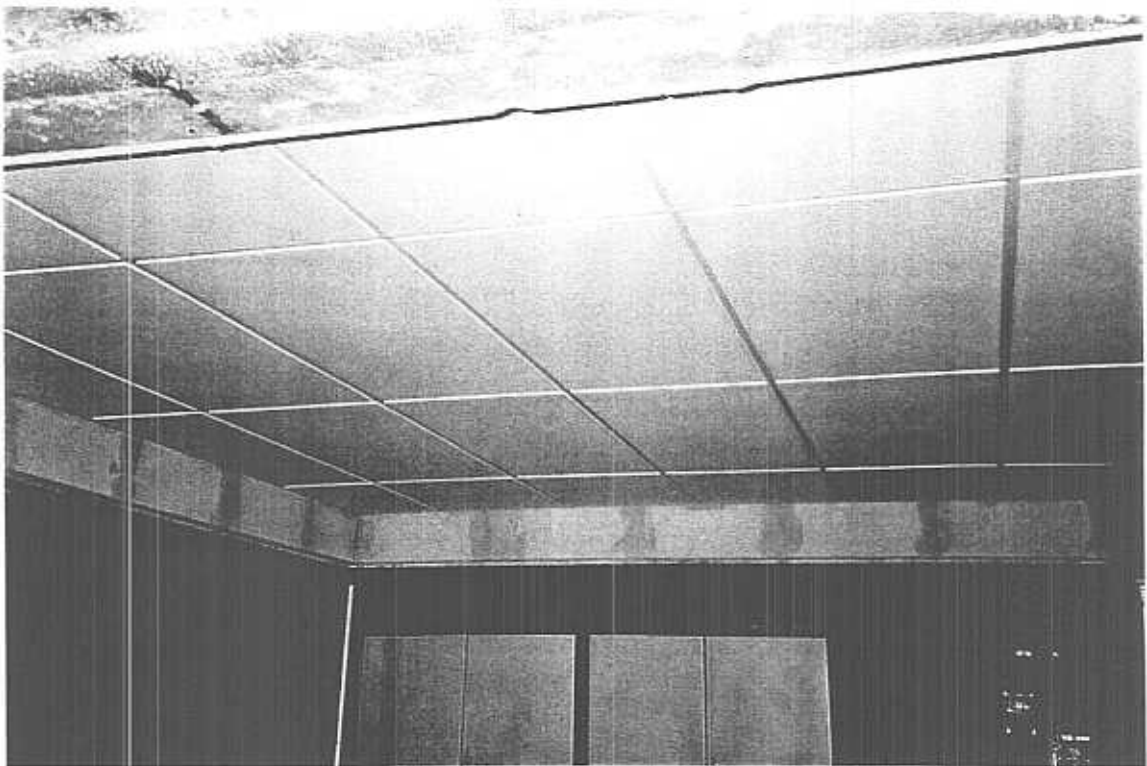


Foto 2:

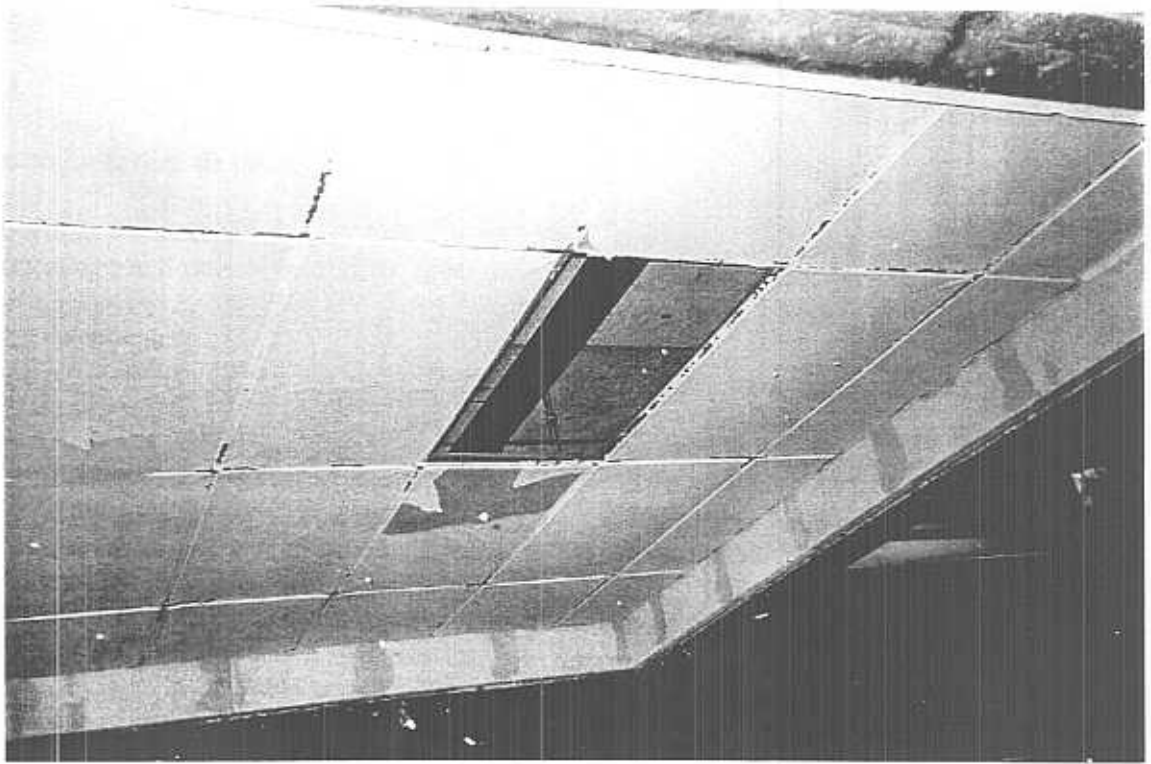


Foto 3:

Bijlage A

Waarnemingen tijdens de verhitting

V = waarneming aan de direct verhitte zijde

N = waarneming aan de niet direct verhitte zijde

Tijd [min.]	Waarneming
0	Aanvang verhitting.
6	V Plafondplaten verkleuren zwart.
9	V Randprofielen vervormen sterk.
19	V Aan de rechter zijrand ligt een plafondplaat los van het profiel.
26	V Geactiveerde fire-breaks goed zichtbaar.
33	V Eén van de grote plafondplaten heeft op de kopkant bijna geen oplegging meer.
52	V Bij één plafondplaat laat het vlies los.
62	V Scheuren in de plafondplaten zichtbaar.
70	V Eén plaat hangt zwaar door, opening naar plenum zichtbaar, einde verhitting. Na beëindigen verhitting valt de plaat uit de constructie.