

INGEKOMEN 22 AUG. 1996

TNO rapport
96-CVB-R1028

BEPALING VAN DE BRANDWERENDHEID VAN EEN VLOER-/PLAFOND-
CONSTRUCTIE OPGEBOUWD UIT BETONNEN VLOERELEMENTEN,
STALEN LIGGERS EN EEN VERLAAGD PLAFONDSYSTEEM BESTAANDE
UIT ROCKFON PLAFONDPLATEN EN EEN ZICHTBAAR OPHANGSYS-
TEEM CMC 850 VAN CHICAGO METALLIC

TNO Bouw
Centrum voor Brandveiligheid

Lange Kleiweg 5, Rijswijk
Postbus 49
2600 AA Delft

Datum: Augustus 1996

Telefoon 015 (2)842 000
Fax 015 (2)84 39 90
Telex 38270

Auteur(s): F.A.J. van Gils
Ing. P.W. van de Haar



Opdrachtgever:
Rockfon B.V.
T.a.v. S. Vroomen
Postbus 1160
6040 KD ROERMOND

Projectnaam: Brandwerendheid
Projectnr. : 06.20.6.7096/058

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

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

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

© 1996 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, stalen liggers IPE 140 en een verlaagd plafond bestaande uit Rockfon plafondplaten in een zichtbaar ophangstelsel van T-profielen, fabrikaat Chicago Metallic Continental.

2 ONDERZOEK

Brandwerendheid volgens NEN 6069:1991.

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 22 april 1996.

De brandproef werd uitgevoerd op 6 mei 1996.

5 DATUM EN NUMMER RAPPORT

Juli 1996 nr. 96-CVB-R1028.

6 ONDERZOCHE CONSTRUCTIE

6.1 Algemeen

Onderzocht werd een vloer-/plafondconstructie, opgebouwd uit grindbetonnen vloerelementen, stalen liggers IPE 140 en een verlaagd plafond, afmetingen ca 3,1 x 4,1 m.

Het verlaagde plafond bestond uit akoestische plafondplaten, type Paral, fabrikaat Rockfon en een zichtbaar ophangstelsel van T-profielen, type CMC 850 van Chicago Metallic Continental.

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 en onderdelen

6.2.1 Ophangstelsel CMC 850, fig. 1 en 2

De plafondprofielen waren vervaardigd uit koudgewalst thermisch verzinkt bandstaal.

- (1) Hoofdprofiel, type CMC 850, hoofdafmetingen $h \times b = 38 \times 24$ mm, materiaaldikte 0,4 mm. Per hoofdprofiel één koppeling en één 'Fire-break'.
- (2) Dwarsprofiel, type CMC 854, hoofdafmetingen $h \times b = 38 \times 24$ mm, materiaaldikte 0,4 mm.
- (5) Muurprofiel, type CMC 1420, hoofdafmetingen $h \times b = 24 \times 24$ mm, materiaaldikte 0,5 mm.
- (3) Clip, type CMC 16, staal, materiaaldikte 1,2 mm.
- (4) Snelophanger, type CMC 11000, staal, staafdiameter 3,8 mm.

6.2.2 Plafondplaten

- (6) Rockfon plafondplaat, type Paral, akoestische zelfdragende plaat bestaande uit steenwol met aan de zichtzijde een geverfd glasvlies, plaatafmetingen $l \times b \times d = 1200 \times 600 \times 15$ mm. De platen waren van het type 'inleg modulair'.

6.2.3 Vloerconstructie

Vier stuks stalen balken IPE 140 h.o.h 900 mm. De lengte van de stalen balken bedroeg 4600 mm, de overspanning $L_t = 4280$ mm.

Zes gewapend grindbetonnen vloerelementen. De afmetingen van de 150 mm dikke vloerelementen bedroegen:

3050 x 750 mm (4 stuks);

3050 x 600 mm (1 stuks);

3050 x 450 mm (1 stuks).

6.2.4 Bevestigingsmiddelen

Gasbetonnagels, 5 x 60 mm, voor de bevestiging van de muurprofielen aan de wand van cellenbeton-blokken.

6.2.5 Ondersteuningsconstructie

Stalen beproevingsframe met een kader van cellenbetonblokken - wanddikte 150 mm - met inwendige afmetingen van 4100 x 3100 mm.

6.2.6 Afdichtingsmiddelen

Stroken steenwol (type Rockwool 750, volumieke massa 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 sparingen in de cellenbeton 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 wordt gegeven 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, in de lengterichting van het cellenbetonnen kader;
- aanbrengen van de gewapend betonnen vloerelementen op de stalen liggers;
- monteren van de muurprofielen aan de binnenzijde van het cellenbetonnen kader met een afstand van 260 mm van onderzijde stalen ligger tot onderzijde muurprofiel m.b.v. gasbetonnagels h.o.h. circa 250 mm;
- aanbrengen ophangbeugels en snelophangers (3) en (4) volgens Fig. 2, ophangpunten h.o.h. 1200 mm in de richting van de overspanning van de stalen balken en h.o.h. 900 mm in de richting haaks op de overspanning van de stalen balken als aangegeven in Fig. 1;
- ophangen van de hoofdprofielen aan de snelophangers, h.o.h. 1200 mm met de plaats van de koppelingen en fire breaks zoals aangegeven in Fig. 1;
- snelophangers op de juiste lengte brengen;
- dwarsprofielen monteren h.o.h. 600 mm;
- aanbrengen van de plafondplaten;
- aanbrengen van steenwol afdichtingsstroken tussen de vloerelementen.

7 VERVAARDIGING VAN DE CONSTRUCTIE

Centrum voor Brandveiligheid

TNO Bouw te Rijswijk, Nederland

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

Chicago Metallic Continental N.V.
te Wijnegem, België

- produktie zichtbaar ophangstelsel van T-profielen

Rockfon B.V.
te Roermond

- produktie plafondplaten, inbouw van het ophangstelsel, de profielen en de plafondplaten

8 WIJZE VAN ONDERZOEK

8.1 Controle proefstuk

Gedurende de inbouw werden de gebruikte materialen en onderdelen alsmede de positie daarvan gecontroleerd aan de hand van de verstrekte tekeningen en 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 het evenwichtsvochtgehalte

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

Rockfon plafondplaat, type Paral:

volumieke massa voor drogen:	130,5 kg/m ³
vochtgehalte t.o.v. het gewicht vóór drogen:	0,7 % (m/m)

Grindbetonnen vloerelementen:

volumieke massa voor drogen:	2330 kg/m ³
vochtgehalte t.o.v. het gewicht vóór drogen:	2,9 % (m/m)

8.4 Brandproef

8.4.1 *Conditie*

Het onderzoek werd uitgevoerd overeenkomstig het gestelde in NEN 6069:1991. Het proefstuk werd éénzijdig aan de onderzijde verhit volgens de standaard-brandkromme.

¹ Bepaald na droging bij 105 °C

8.4.2 Belasting

Tijdens de verhitting bedroeg de totale belasting op elk van de balken van de vloer-/plafondconstructie 2,65 kN/m² (belasting t.g.v. het eigen gewicht van de IPE-liggers en vloerplaten). De belasting is gebaseerd op een kritieke staaltemperatuur van 730 °C in de liggers (liggers, statisch bepaald, driezijdig verhit).

8.4.3 Metingen

Gedurende de verhitting werden gemeten en geregistreerd:

- de gastemperatuur in de oven met zeven thermokoppels (TOV 1 t/m TOV 7);
- de temperaturen van de onderflenzen van de stalen vloerliggers met zes thermokoppels (Tk 1 t/m Tk 6);
- de temperaturen van de lijven van de stalen vloerliggers met zes thermokoppels (Tk 7 t/m Tk 12);
- de temperaturen in het plenum met vijf thermokoppels (Tk 13 t/m Tk 17);
- de oppervlaktetemperaturen van de bovenzijde van de vloer met vijf thermokoppels (Tk 18 t/m Tk 22);
- de doorbuiging in het midden van de vloer met één verplaatsingsopnemer (VERPL OPN);

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

9 WAARNEMINGEN TIJDENS DE VERHITTING

De verhitting werd in overleg met de opdrachtgever na 33 minuten beëindigd. Bij het beëindigen van de verhitting was nog geen van de criteria m.b.t. 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 voldeed de overdruk in de oven aan het gestelde in NEN 6069:1991.

Tijdens de brandproef heerste in de beproevingshal een omgevingstemperatuur van circa 22°C en was de luchtsnelheid < 0,5 m/s.

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	> 33 minuten
Vlamdichtheid betrokken op de af-dichting	> 33 minuten
Thermische isolatie betrokken op de temperatuur	> 33 minuten

12 CONCLUSIE

Brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie en met betrekking tot bezwijken bepaald volgens NEN 6069:1991: ten minste 33 minuten.

13 TOEPASSINGSGEBIED EN VOORWAARDEN

De conclusie geldt uitsluitend voor vloer-/plafondconstructies welke in detail gelijk zijn aan de onderzochte constructie en met:

- a. andere stalen vloerliggers, mits de profielfactor $P = O_s/A$ daarvan gelijk is aan of kleiner is dan die van de bij de onderzochte vloer toegepaste IPE-profielen ($O_s/A \leq 291 \text{ m}^{-1}$). Zie NEN 6072:1991. Grotere overspanningen zijn toegestaan mits voldaan wordt aan het gestelde onder c.
- b. dunnere vloerelementen van grindbeton mits wordt aangetoond dat bij een directe verhitting volgens de temperatuur-tijd relatie als gegeven in Fig. 11 (zie toelichting 1):
 - 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 65 mm bedraagt en de wapeningsafstand "a" ten minste 15 mm.

- c. een totale belasting (t.g.v. eigen gewicht en momentane veranderlijke belasting) op de liggers voor het belastinggeval brand van ten hoogste $2,65 \text{ kN/m}^2$.
Grotere belastingen en/of grotere overspanningen zijn echter toegestaan (zie toelichting 2).
- d. 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.
- e. in het plafond geen openingen aanwezig zijn t.b.v. bijvoorbeeld lichtarmaturen.

Toelichting 1:

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, cellenbetonplaten of met een houten vloer.

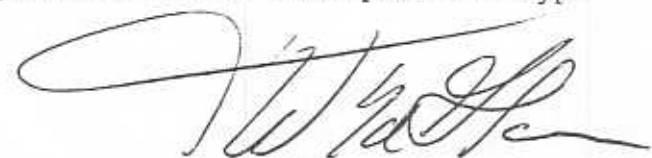
Toelichting 2:

Bezwijken van de stalen vloerliggers moet worden verwacht indien de temperatuur van de stalen liggers (θ_s) de kritieke staaltemperatuur (θ_{krit}) bepaald volgens NEN 6072:1991 overschrijdt.
Voor profielen met een profielfactor $< 291 \text{ m}^2$ zullen de optredende staaltemperaturen kleiner zijn dan de gemeten staaltemperaturen. De kritieke staaltemperatuur hangt af van de belastinggraad en het statisch systeem ³⁾ en zal in alle gevallen groter zijn dan de gemiddelde staaltemperatuur van 236°C gemeten bij 33 minuten aan de onderflens.

14 UITBREIDING TOEPASSINGSGEBIED

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

- Identieke plafondplaten worden toegepast als het onderzochte type Paral met als enige variant een andere structuurafwerking op het mineraal vlies aan de zichtzijde.
- Identieke plafondplaten als het onderzochte type Paral in de maat $600 \times 600 \times 15 \text{ mm}$ worden toegepast met bijbehorende extra tussenprofielen type 854.


F.A.J. van Gils
Ing. P.W. van de Haar

³⁾ Zie NEN 6072:1991.

Overzicht figuren en foto's

- Fig. 1: Bovenaanzicht en doorsneden van het proefstuk.
- Fig. 2: Opbouw draagprofielen van de plafondconstructie.
- Fig. 3: Het proefstuk met de posities van de thermokoppels Tk 1 t/m Tk 22 en de verplaatsingsopnemer V.
- Fig. 4: Gemeten gastemperaturen in de oven.
- Fig. 5: Relatieve afwijking tussen de gerealiseerde gemiddelde temperaturen in de oven en de standaardbrandkromme alsmede de toegestane afwijking.
- Fig. 6: Gemeten temperaturen van de onderflens van de stalen liggers.
- Fig. 7: Gemeten temperaturen van het lijf van de stalen liggers.
- Fig. 8: Gemeten temperaturen in het plenum.
- Fig. 9: Gemeten oppervlaktetemperaturen van de bovenzijde van de vloer.
- Fig. 10: Gemeten doorbuiging (zakking) in het midden van de vloer.
- Fig. 11: Gemiddelde temperatuur in het plenum.

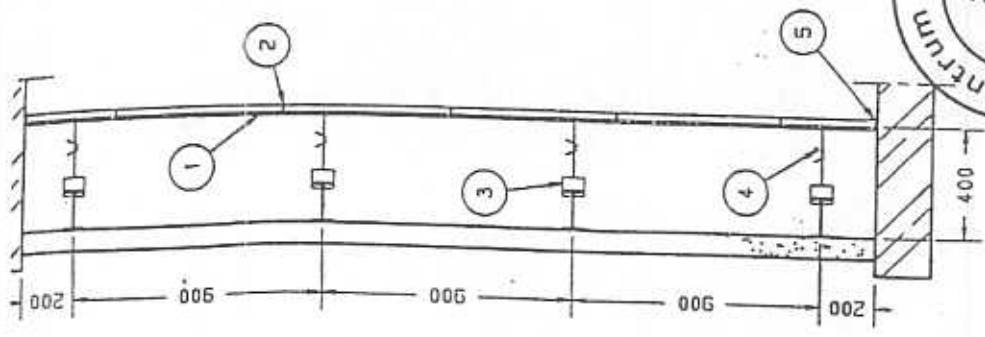
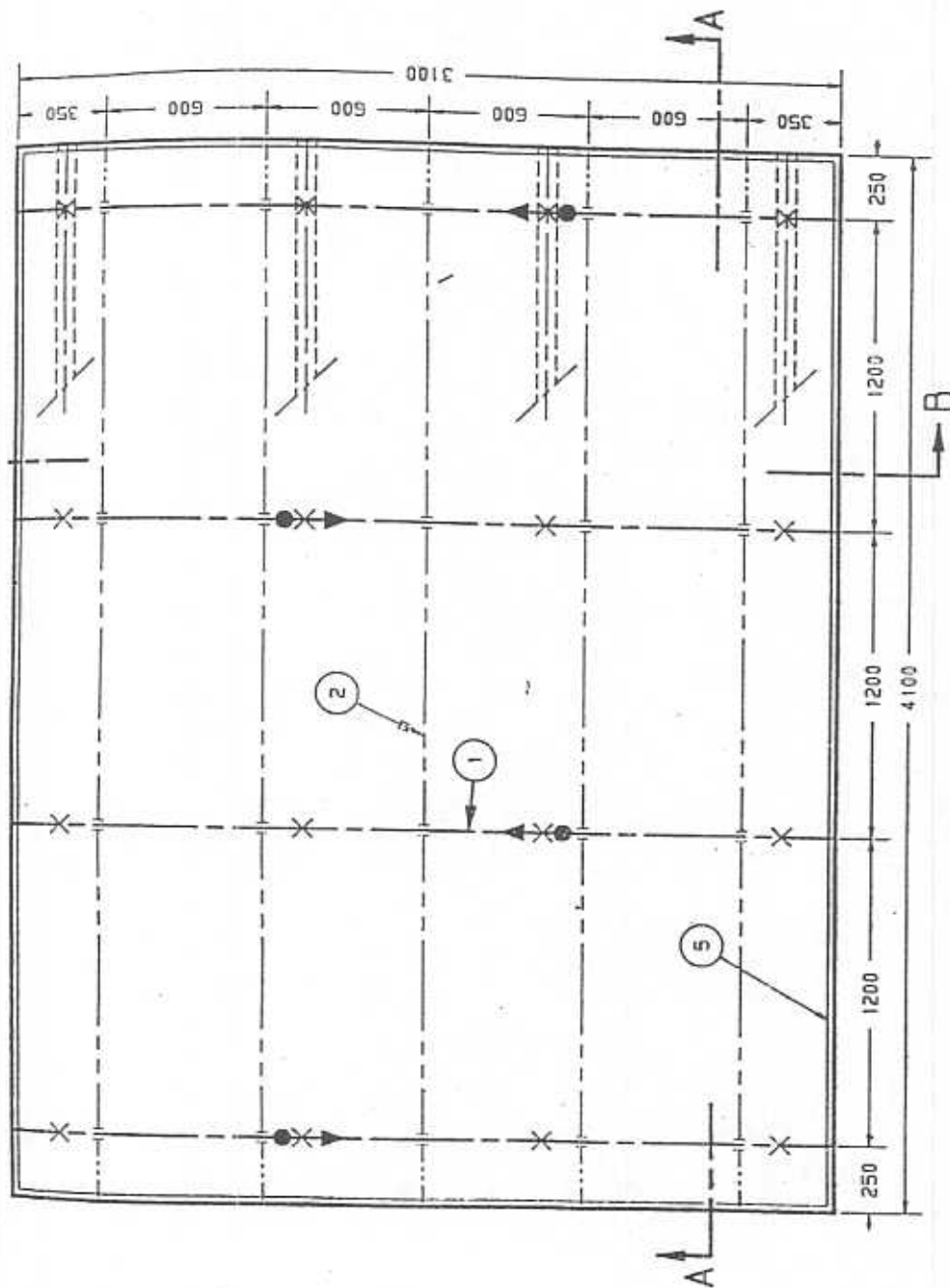
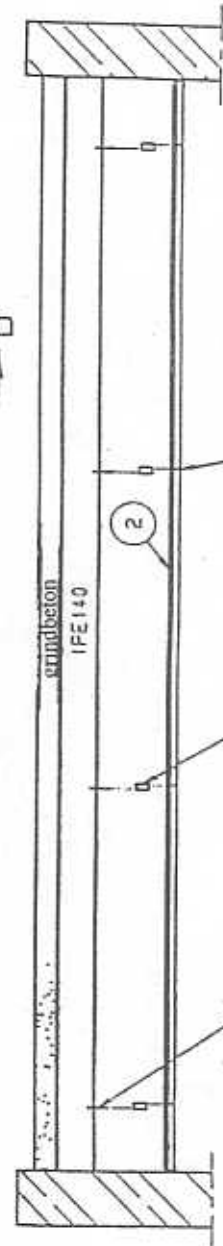
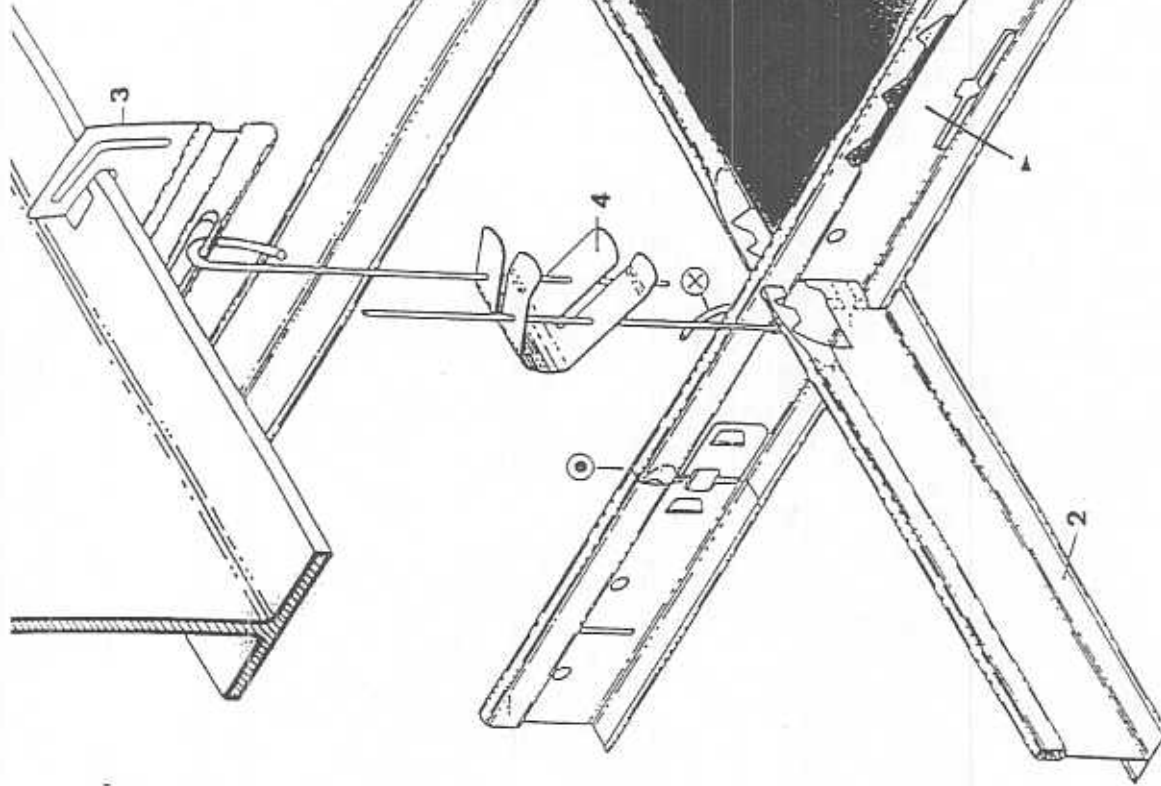


Fig. I



- KOPPELING
- × ONWEG
- ▲ FINE-BEL
- 1: HOOFDPROFIEL TYPE 850
- 2: DWARSPROFIEL TYPE 854
- 3: CLIP (CNC 18 OF CNC 10424 OF BELI-KVAARDIG)
- 4: SKELOPHANER TYPE 11000
- 5: WERKPROFIEL TYPE 1420

Klient/Client:		Datum/date:		Getek./Sign.:	C.V.H.
		Syst.:	850	Mod.:	1200x500
		Mat.dikte/Thickness:	---	Bandbreedte/Width:	---
		Schaal/Scale:	1:20	Wijzigingen/Alterations:	
VUURTEST : ROCKFON + CMC850 Chicago Metallic					



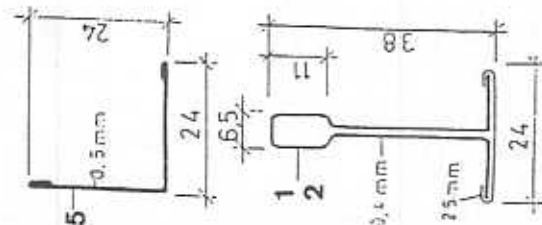
LEGENDE

- KOPPELING
- ✕ ONVERBODEN
- ▲ FIRE-DECK

- 1: HOOFDPROFIEL TYPE 850
- 2: DWARSPROFIEL TYPE 854
- 3: CLIP (CNC 18 OF CNC 10424 OF GELIJKWAARDIG)
- 4: SNELOPHANDE TYPE 11000
- 5: LAAGPROFIEL TYPE 1420



Fig. 2



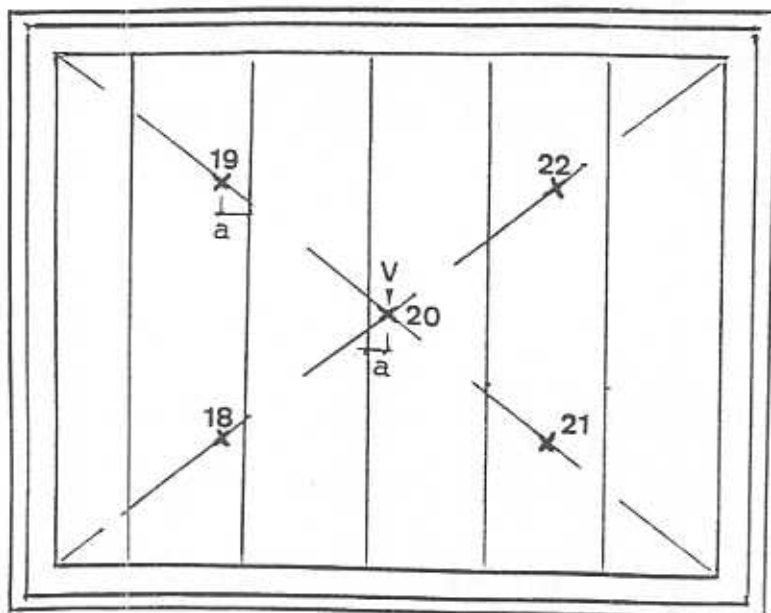
Klant/Client:	Datum/date:	Getek./Sign.:
		C.V.H.
	Syst.:	Mod.:
	850	1200 x 600
	Mat.dikte/Thickness:	Bondbreedte/Width:
	---	---
	Schaal/Scale:	Wijzigingen/Alterations:
	---	---
Dagtekening:	95-03-157	PLAN Nr.:
		001/1

VUURTEST :
ROCKFON + CMC850



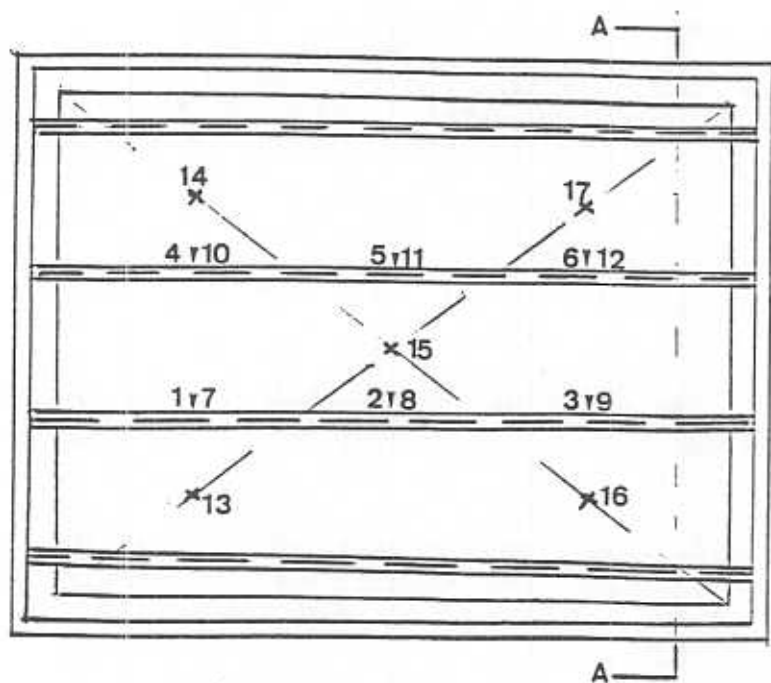
Chicago Metallic

CHICAGO METALLIC CORPORATION, N.V. De Schiedamschen 3, 2152 HJ Schiedam, The Netherlands



$a \geq 50 \text{ mm}$

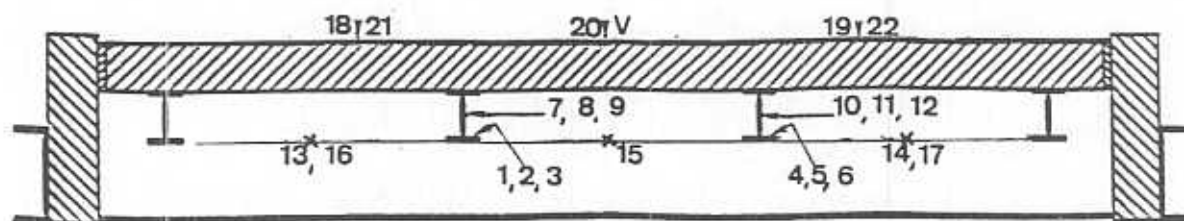
Bovenaanzicht vloer



Bovenaanzicht stalen balken



Fig. 3



Doorsnede A - A

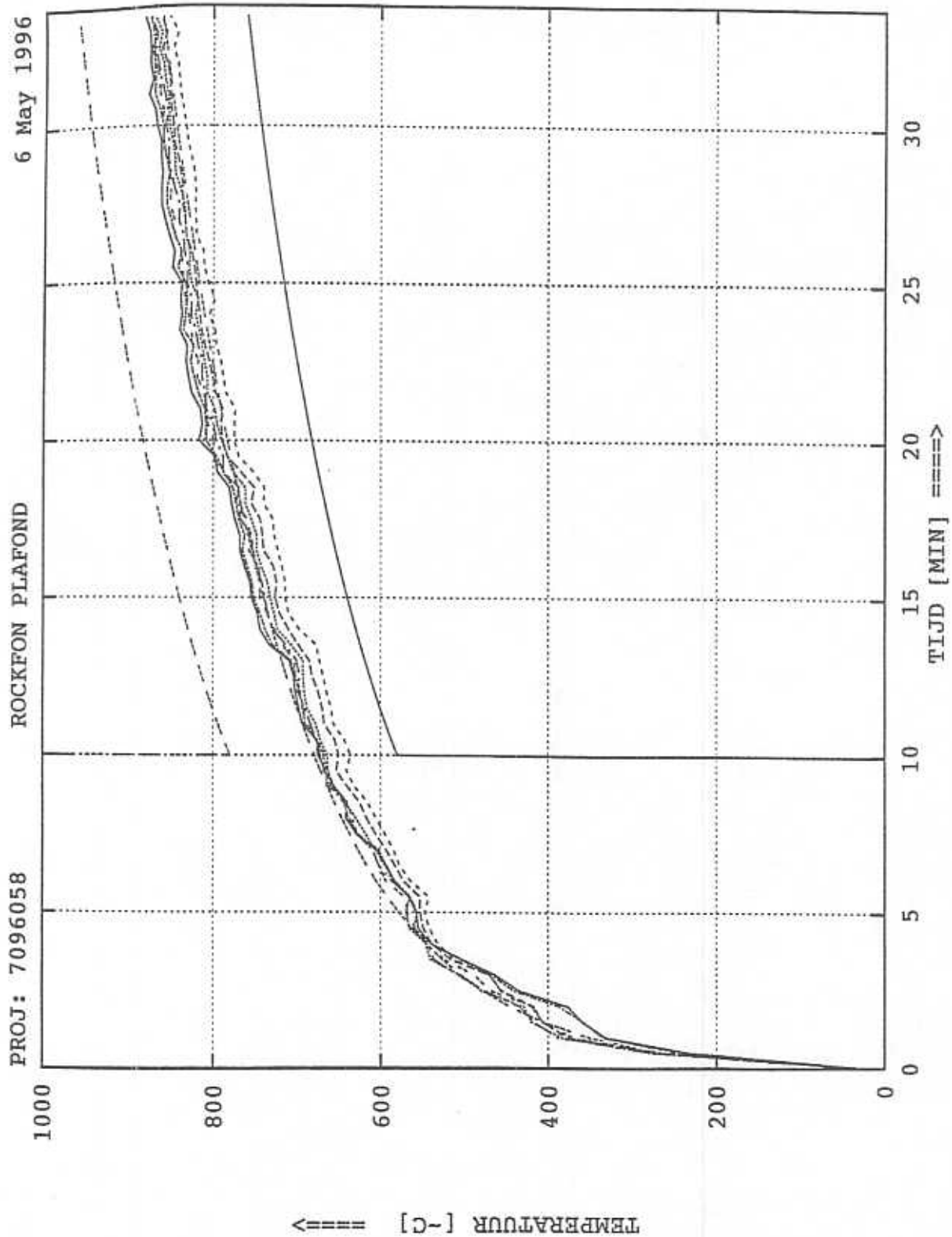
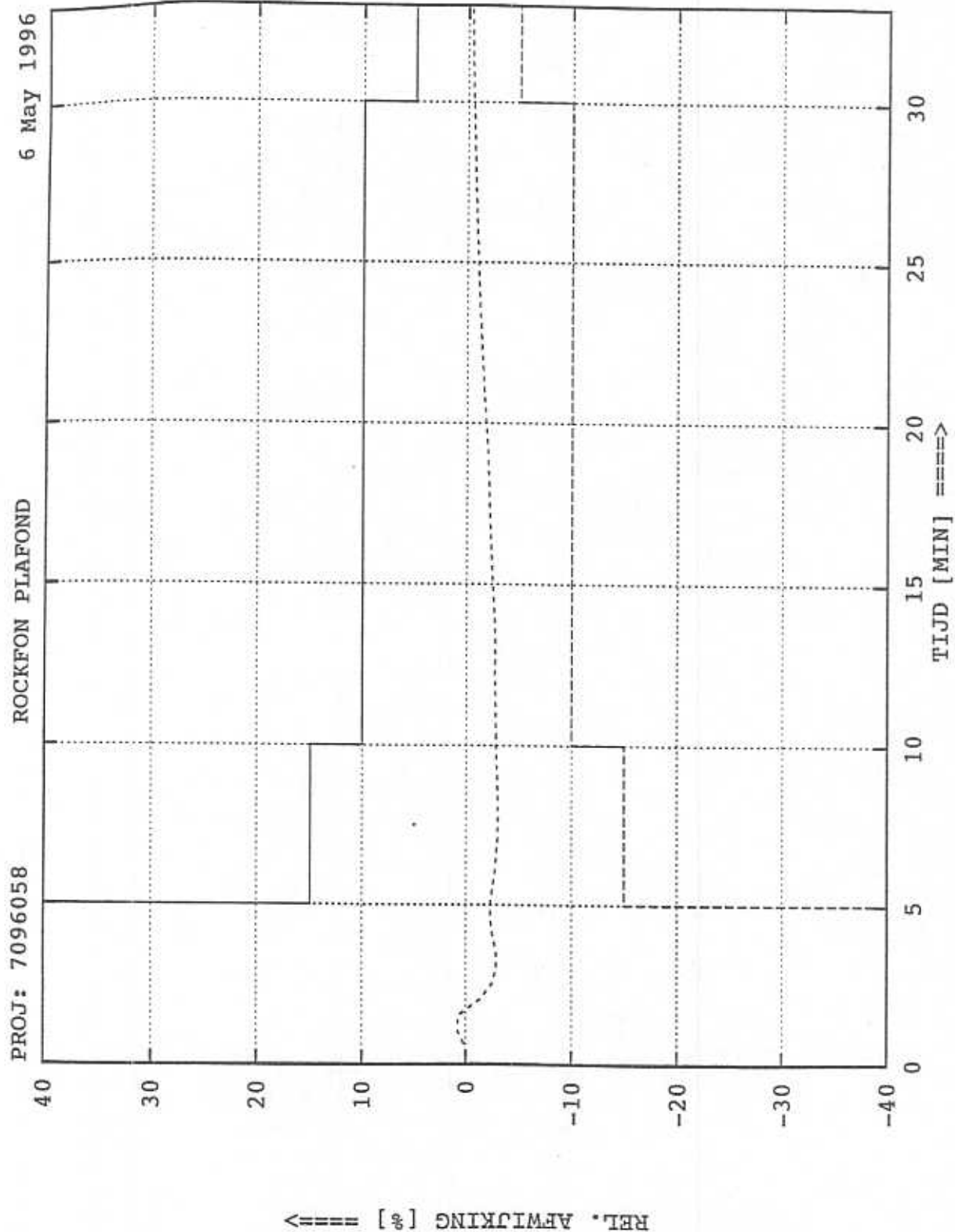


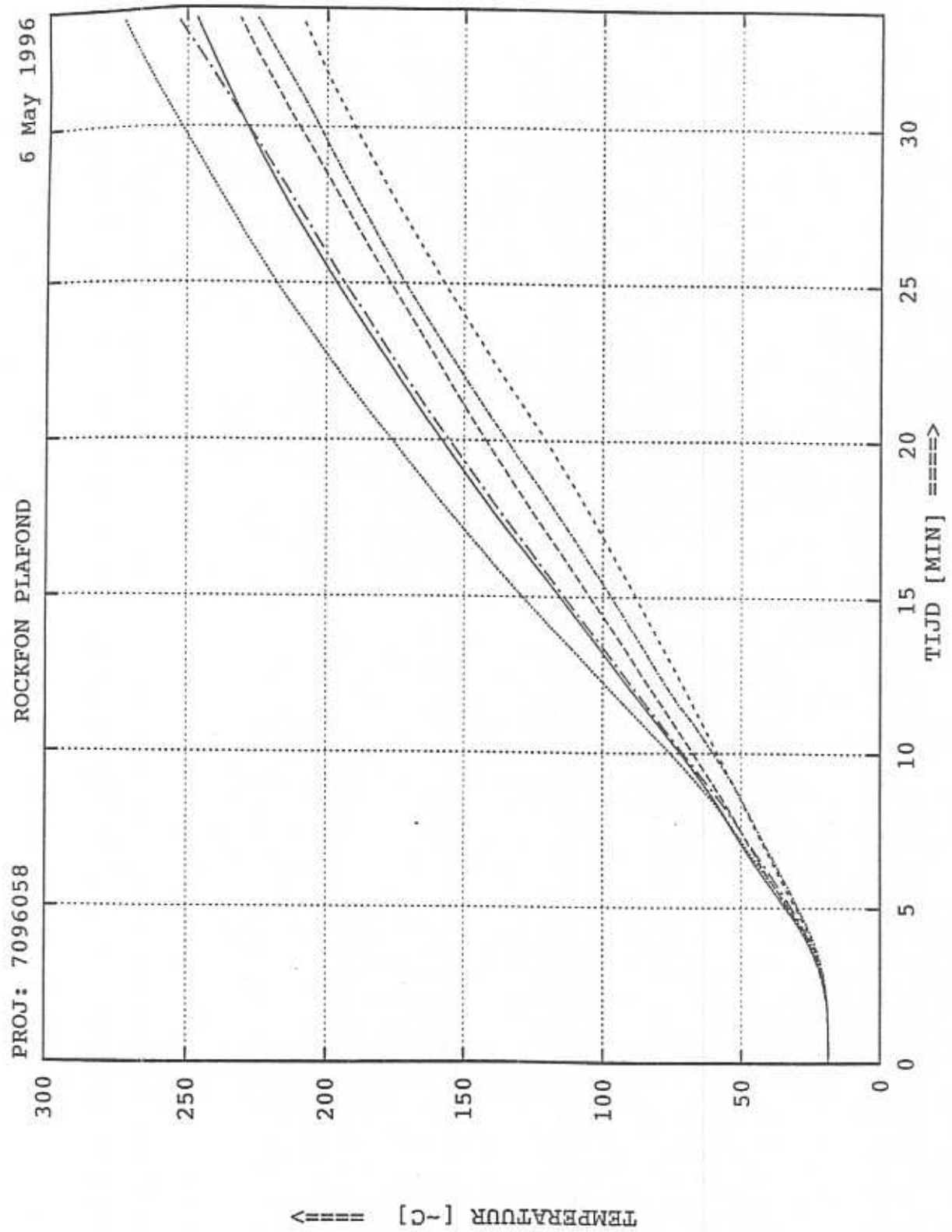
Fig. 4



Tol. 6069 (+)
Tol. 6069 (-)
Afw. NEN



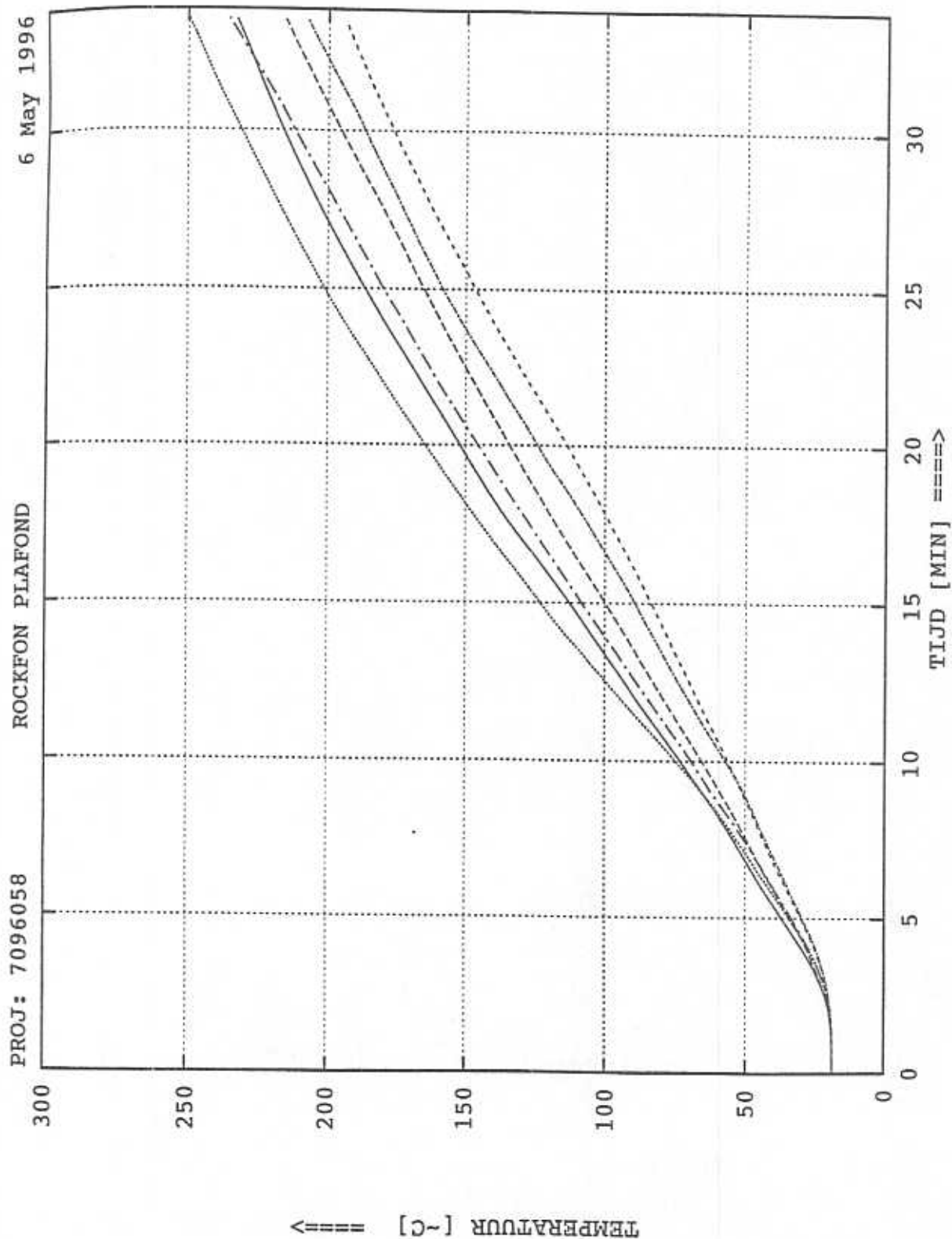
Fig. 5



1 Tk
2 Tk
3 Tk
4 Tk
5 Tk
6 Tk



Fig. 6



Tk 7
Tk 8
Tk 9
Tk 10
Tk 11
Tk 12



Fig. 7

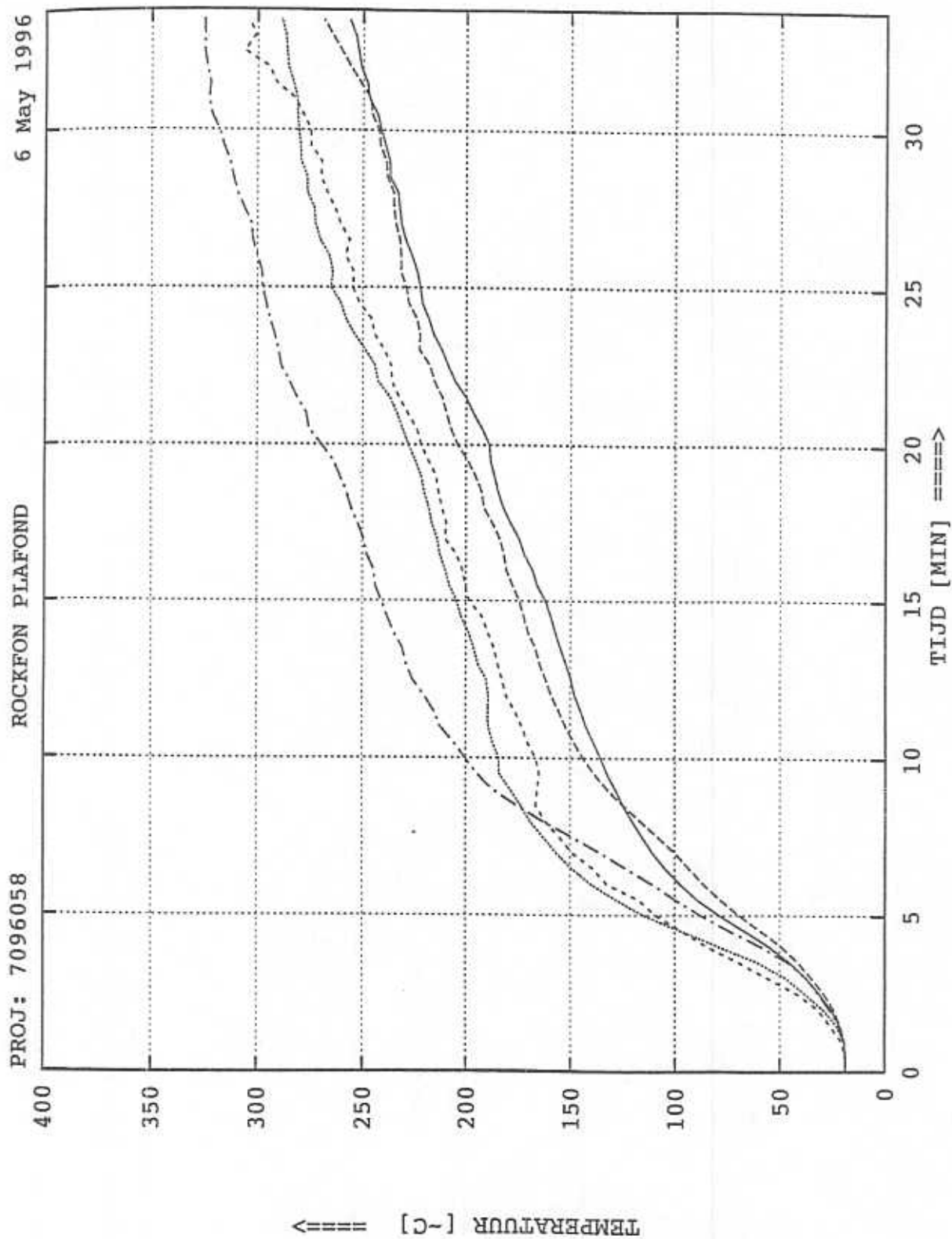
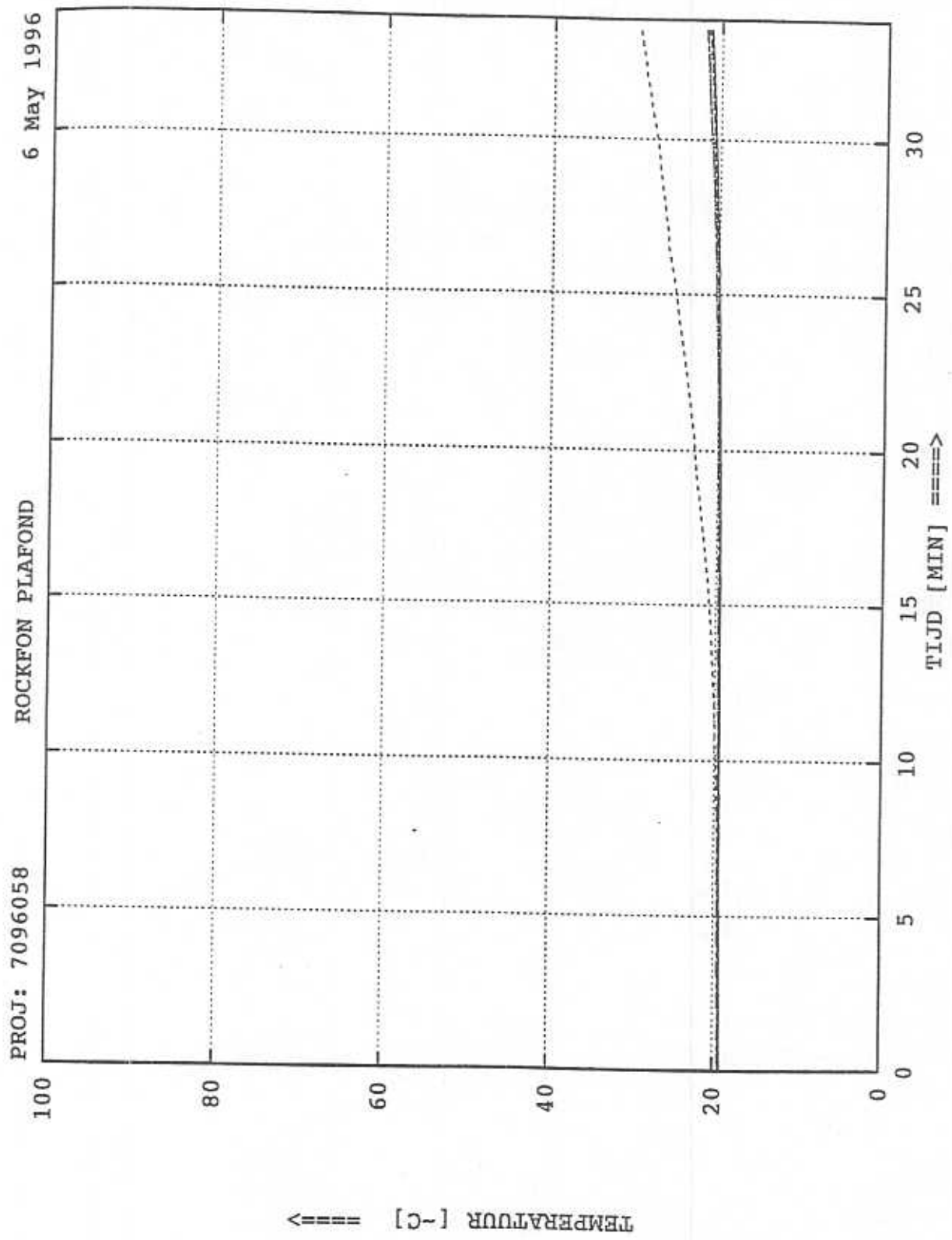


Fig. 8



Tk 18
 Tk 19
 Tk 20
 Tk 21
 Tk 22



Fig. 9

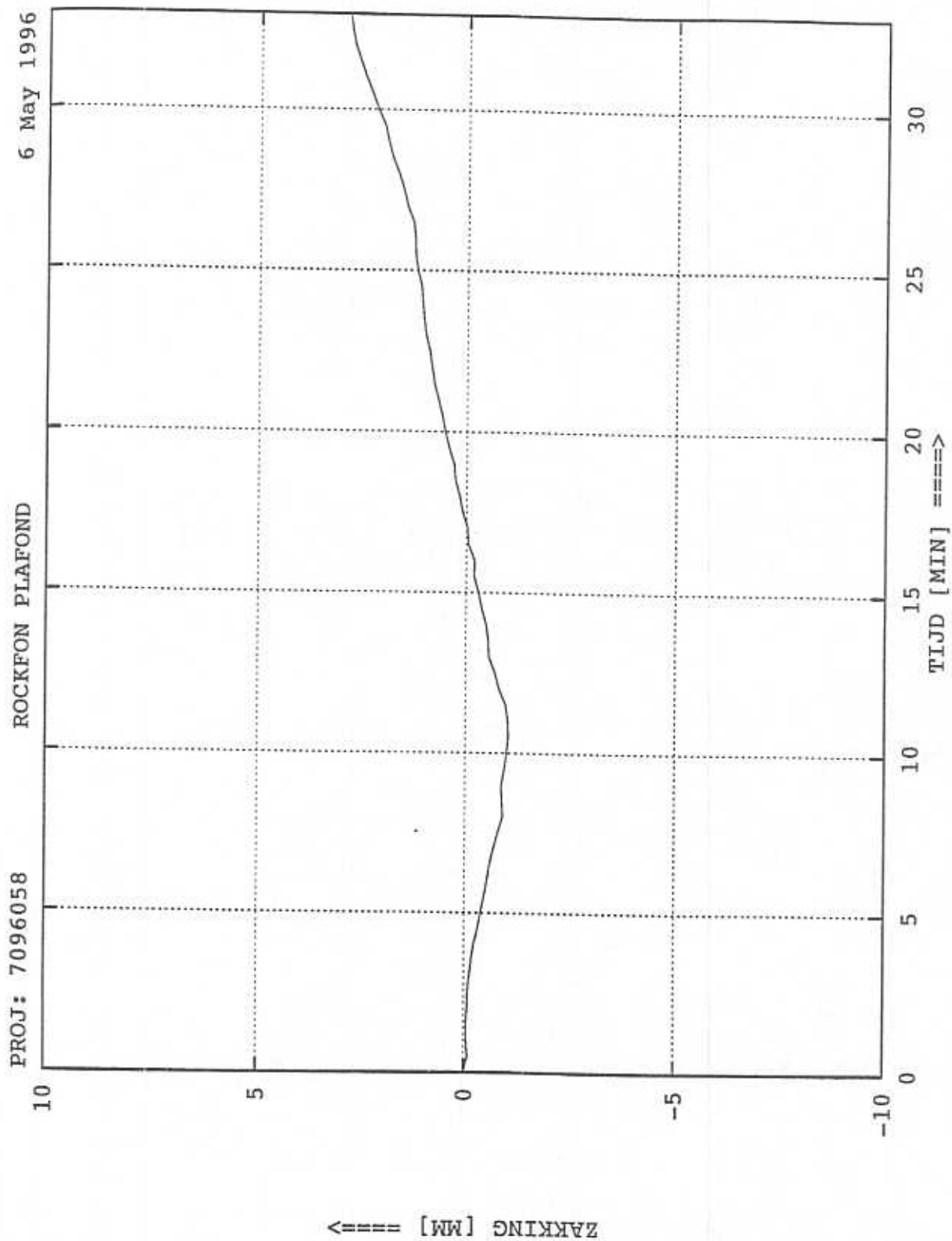
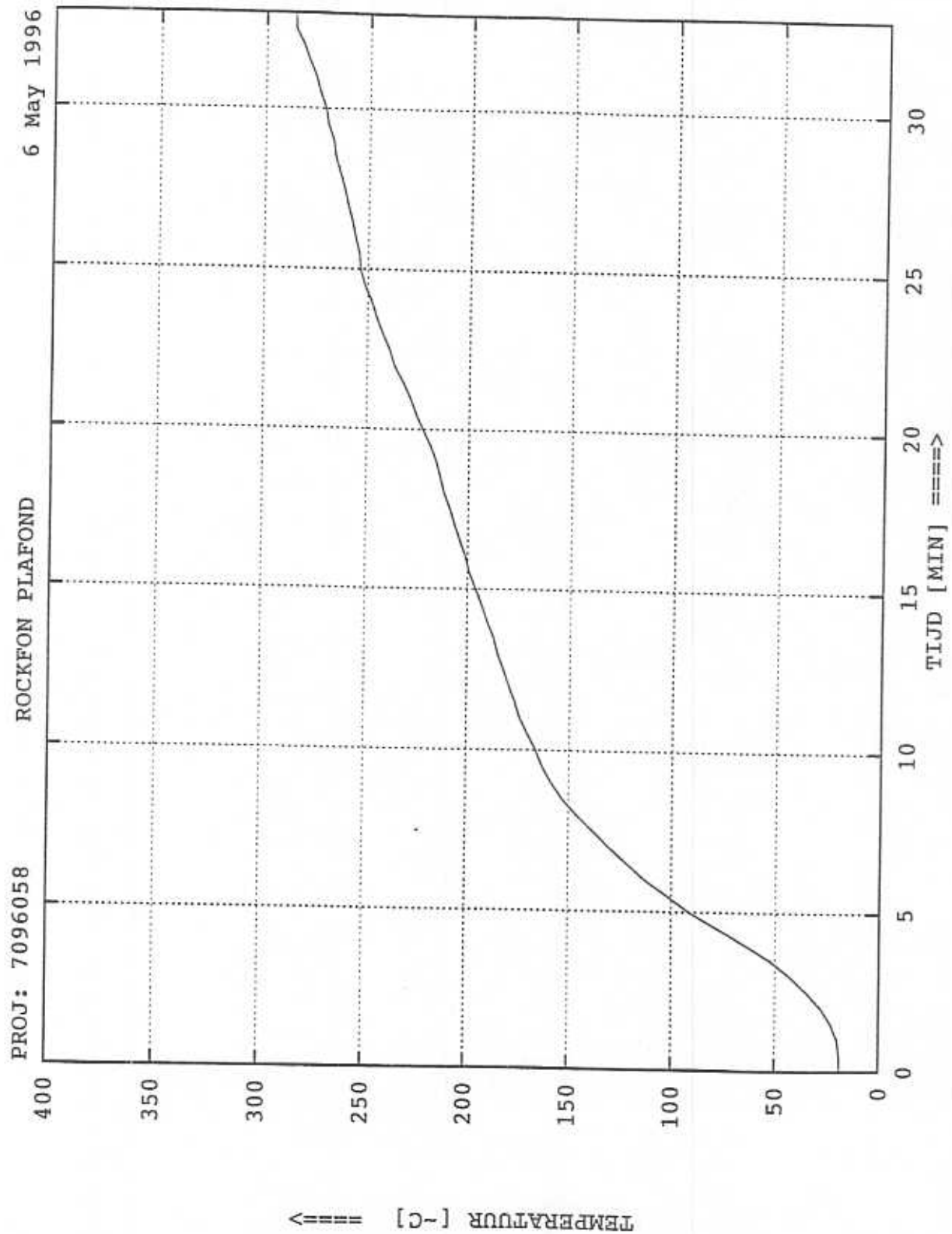


Fig. 10



Plenum gem.



Fig. 11

Bijlage A

Waarnemingen tijdens de verhitting

V = waarneming aan de direct verhitte zijde

N = waarneming aan de niet direct verhitte zijde

Tijd Waarneming
[min.]

- | | | |
|----|---|---|
| 0 | | Aanvang verhitting |
| 6 | V | Randprofielen beginnen te plooien;
platen kleuren grijs |
| 8 | V | Eén plaat staat omhoog gebogen |
| 15 | V | Randprofiel is opgebogen, waardoor spleet is ontstaan tussen
platen en rand- en ophangprofielen; een van de randplaten aan een
lange zijde staat omhoog |
| 22 | V | Randplaat blijft hangen in opgeplooid randprofiel |
| 27 | V | Randplaat aan lange zijde staat nog steeds omhoog |
| 32 | V | Omhoog staande randplaat hangt nu met één hoekpuntje los |
| 33 | | Einde verhitting |