

TNO-rapport

2003-CVB-R0249[Rev.2]

**Bepaling brandwerendheid van een vloer-/plafond-
constructie voorzien van een verlaagd plafond met
het Armstrong Trulok Prelude TL®
ophangstelsel voorzien van Armstrong Sahara
plafondplaten**

Datum	Juni 2004
Auteur(s)	ing. P.G.R. Scholten dr. ir. G. v.d. Berg
Aantal pagina's	16
Aantal bijlagen	3
Opdrachtgever	Armstrong Building Products Postbus 3803 4800 DV BREDA
Projectnaam	Brandwerendheid vloerplafondconstructie
Projectnummer	006.35238/01.01

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.

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 belang-hebbers is toegestaan.

Inhoudsopgave

1	Onderwerp.....	3
2	Onderzoek	3
3	Opdrachtgever	3
4	Plaats en data betreffende het onderzoek	3
5	Datum en nummer rapport.....	3
6	Onderzochte constructie.....	4
6.1	Algemeen.....	4
6.2	Materialen	4
6.3	Methode van assemblage en montage.....	5
7	Vervaardiging van de constructie.....	6
8	Wijze van onderzoek	6
8.1	Controle proefstuk	6
8.2	Conditionering	6
8.3	Bepaling gewicht, volumieke massa en vochtevenwichtsgehalte plafondplaten	6
8.4	Brandproef.....	7
9	Waarnemingen tijdens de verhitting.....	7
10	Meetresultaten brandproef	8
10.1	Meetonzekerheid.....	8
11	Samenvatting.....	8
12	Conclusie.....	9
13	Voorwaarden en toepassingsgebied.....	9
13.1	M.b.t. de vloerconstructie	9
13.2	M.b.t. de plafondconstructie	9
13.3	M.b.t. de ondersteunende/aansluitende wanden.....	10
13.4	M.b.t. overige wijzigingen.....	10
14	Figurenlijst	11
	Bijlage(n)	
	A Waarnemingen	
	B Ovencondities	
	C Gemeten proefstuktemperaturen en verplaatsingen	

1 Onderwerp

Een vloer-/plafondconstructie opgebouwd uit cellenbetonnen vloerelementen met stalen liggers IPE 140 en een verlaagd plafond met het Armstrong Trulok Prelude[®] TL ophangstelsel en Armstrong Sahara plafondplaten.

2 Onderzoek

Brandwerendheid volgens NEN 6069: 2001.

3 Opdrachtgever

Armstrong Building Products B.V.
Postbus 3803
4800 DV BREDA.

4 Plaats en data betreffende het onderzoek

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

Metselen wanden en montage vloerconstructie: week 38 van 2003.
Montage plafondconstructie : 19 september 2003.
Brandproef : 22 september 2003.

5 Datum en nummer rapport

Juni 2004; rapportnummer: 2003-CVB-R0249[Rev.2]

6 Onderzochte constructie

6.1 Algemeen

Experimenteel werd onderzocht een vloer-/plafondconstructie opgebouwd uit gewapende cellenbetonnen vloerelementen, stalen liggers IPE 140 en een verlaagd plafond, afmetingen ca. 3,2 x 4,0 m, zie figuur 5.

Het verlaagde plafond bestond uit Armstrong Sahara plafondplaten met een board randafwerking in een zichtbaar stalen draagsysteem van T-profielen, type Armstrong Trulok Prelude[®] TL (fabrikant: Armstrong).

6.2 Materialen¹

6.2.1 Draagsysteem Trulok Prelude[®] TL

De plafondprofielen waren vervaardigd uit koudgewalst thermisch verzinkt bandstaal en aan de zichtzijde afgewerkt met een epoxy poedercoating. De lijven van de profielen waren 'gestitched'²

Het draagsysteem bestond uit de volgende profielen:

- (1): Trulok Prelude[®] TL universele hoofdprofielen, BP 31 40 32A, hoofdafmetingen 43 x 24 mm, materiaaldikte 0,33 mm;
- (2): Trulok Prelude[®] TL tussenprofiel, BP 11 30 32C, hoofdafmetingen 35 x 24 mm, materiaaldikte 0,33 mm;
- (3): Trulok hoekprofielen, T 2424HC, hoofdafmetingen 24 x 24 mm, materiaaldikte 0,5 mm;
- (4): Snelophangers, type Trulok BP A 11040, bestaande uit twee delen staaldraad \varnothing 4 mm en een koppelstuk.

De hoofdprofielen waren opgehangen aan snelophangers (4), de posities zijn aangegeven in figuur 1.

Elk hoofdprofiel was voorzien van een Fire-break en een verbinding. Zie eveneens figuur 1, 2 en 5.

6.2.2 Plafondplaten

- Armstrong Sahara plafondplaat met een board randafwerking, een zelfdragende plaat met afmetingen 595 x 1195 x 15 mm (l x b x d) (MW)³. Zie ook paragraaf 8.3.

¹ De cijfers tussen haakjes verwijzen naar de bijbehorende onderdelen in de stuklijst van figuur 1.

² 'Gestitched' houdt in dat in het lijf van de T-profielen kleine deukjes zijn geperst. Volgens de opdrachtgever is daardoor de stijfheid van het profiel toegenomen.

³ (MW) = gemeten waarde

6.2.3 *Vloer en ondersteuningsconstructie*

De vloerconstructie werd gevormd door:

- vier stuks stalen liggers IPE 140, lang 4600 mm, overspanning $L_t = 4150$ mm;
- zes gewapend cellenbetonnen vloerelementen, afmetingen:
 - 150 x 750 mm, lang 3050 mm (4 stuks);
 - 150 x 400 mm, lang 3050 mm (2 stuks).

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

6.2.4 *Bevestigingsmiddelen (figuur 4)*

- Fischer slaghuls (5), afmetingen $\varnothing 5 \times 50$ mm, h.o.h. ca. 300 mm, voor de bevestiging van de hoekprofielen (3) aan het cellenbetonnen kader (zie verder 6.2.3);
- “Loden ankers” (6), afmetingen $\varnothing 6,5 \times 63$ mm voor de bevestiging van de snelophangers (4) aan de vloerelementen, voor posities zie figuur 1.

6.2.5 *Afdichtingsmiddelen*

- stroken steenwol (type Rockwool 750, volumieke massa 115 kg/m^3):

voor het afdichten van de naden tussen de vloerelementen, teneinde de vervormingen van de vloerconstructie tijdens de brandproef niet te belemmeren;

voor het afdichten van de sparingen in de cellenbetonnen wand t.p.v. de opleggingen van de stalen liggers.

6.3 **Methode van assemblage en montage**

De constructie-opbouw is weergegeven in de figuren 1 en 2.

De op- en inbouw van de vloer-/plafondconstructie vond als hierna beschreven plaats.

6.3.1 *Vloer*

- inbouw van het cellenbetonnen kader in het stalen beproevingsframe;
- aanbrengen van vier stalen liggers, h.o.h. ca. 900 mm, in de lengterichting van het cellenbetonnen kader;
- aanbrengen van de vloerelementen op de stalen liggers;
- afdichten met steenwol van de naden tussen de vloerelementen onderling, tussen de vloerelementen en de wanden en de sparingen in de cellenbetonnen wand t.p.v. de opleggingen van de IPE 140 profielen.

6.3.2 *Plafond*

- bevestigen van de hoekprofielen (3) aan de binnenzijde van het cellenbetonnen kader, op een afstand van ca. 410 mm van de onderzijde van de vloerelementen, m.b.v. Fischer slaghulzen (5), h.o.h. circa 300 mm;
- aanbrengen “Loden ankers” (6) en snelophangers (4), h.o.h. 1200 mm in de richting van de overspanning van de stalen liggers als aangegeven in figuur 1;
- afkorten van de hoofdprofielen (1) tot lengten van ca. 1600 mm;
- koppelen hoofdprofielen en afhangen aan de snelophangers; voor de plaats van de koppelingen in de hoofdprofielen en fire-breaks zie figuur 1;

- snelophangers op de juiste lengte brengen;
- tussenprofielen (2) monteren, h.o.h. 600 mm;
- aanbrengen van de plafondplaten.

7 Vervaardiging van de constructie

Centrum voor Brandveiligheid
TNO Bouw te Rijswijk:
opbouw cellenbetonnen kader met vloer van stalen liggers en cellenbetonnen vloerelementen.

Armstrong Building Products B.V. :
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 ± 5) °C en een relatieve vochtigheid van (50 ± 10) %.

8.3 Bepaling gewicht, volumieke massa en vochtevenwichtsgehalte plafondplaten

Van de toegepaste plafondplaten werden op de datum van de brandproef van enkele representatieve monsters, het gewicht, de volumieke massa⁴ en het evenwichtsvochtgehalte) bepaald⁵.

Plafondplaat: Armstrong Sahara

Gewicht monsterstuk	: 148,9 gr (afmetingen monsterstuk 201 x 202 x 15 mm);
Volumieke massa	: 244 kg/m ³ ;
Vochtgehalte (m/m)	: 1,4 %.

⁴ Bepaald voor droging

⁵ Bepaald na droging gedurende 24 uur bij 105 °C

8.4 Brandproef

8.4.1 *Conditie*

Het onderzoek werd uitgevoerd overeenkomstig het gestelde in NEN 6069:2001. Het proefstuk werd éénzijdig aan de onderzijde verhit volgens de standaardbrandkromme. De nagestreefde overdruk in de oven, op 100 mm vanaf de onderzijde van het proefstuk, was 20 Pa.

8.4.2 *Belasting*

Op de cellenbetonnen vloerelementen werd m.b.v. betonnen tegels een aanvullende gelijkmatig verdeelde bovenbelasting op de vloer aangebracht. De totale belasting op elk van de liggers tijdens de verhitting bedroeg 1,95 kN/m¹.

8.4.3 *Metingen*

Gedurende de verhitting werden gemeten en geregistreerd:

- de temperatuur in de oven met acht thermokoppels (TOV 1 t/m TOV 8) en de overdruk in de oven;
- de oppervlakte-temperaturen van de onderflenzen van de stalen vloerliggers met zes thermokoppels (TK 1 t/m TK 6);
- de oppervlakte-temperaturen van de lijven van de stalen vloerliggers met zes thermokoppels (TK 7 t/m TK 12);
- de oppervlakte-temperaturen aan de bovenkant van de plafondplaten met twee thermokoppels (TK PL1 en TK PL2);
- de luchttemperaturen in het plenum met vijf thermokoppels (TK 13 t/m TK 17);
- de oppervlakte-temperaturen aan de bovenzijde van de vloer met vijf thermokoppels (TK 18 t/m TK 22);
- de omgevingstemperatuur in de beproevingshal;
- de luchtsnelheid in de beproevingshal;
- de doorbuiging in het geometrische midden van de vloer met één verplaatsingsopnemer.

De posities van de thermokoppels en de verplaatsingsopnemer zijn gegeven in figuur C1.

9 Waarnemingen tijdens de verhitting

Na een verhittingsduur van 64 minuten viel een plafondplaat uit het ophangstelsel. Op verzoek van de opdrachtgever is de verhitting na 65 minuten beëindigd. Geen van de beoordelingscriteria, als gegeven in NEN 6069:2001, was bereikt.

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

10 Meetresultaten brandproef

De meetresultaten zijn gegeven in de figuren B1 t/m B3 en C2 t/m C7.

Gedurende de verhitting voldeden de temperatuur en luchtsnelheid buiten de oven aan het gestelde in NEN 6069:2001.

10.1 Meetonzekerheid

Door de aard van brandwerendheidsproeven, waarbij verschillende niet-lineaire effecten in zowel de testopstelling als ook het proefstuk een rol spelen die elkaar onderling beïnvloeden, is het op dit moment nog niet mogelijk om een onderbouwde kwantificering van de meetonzekerheden te geven.

11 Samenvatting

Experimenteel onderzocht is een vloer-/plafondconstructie opgebouwd uit cellenbetonnen vloerelementen met stalen liggers IPE 140 en een verlaagd plafond met het Armstrong Trulok Prelude TL[®] ophangstelsel en Armstrong Sahara plafondplaten.

In tabel 11.1 zijn de belangrijkste resultaten van het onderzoek gegeven.

Tabel 11.1 Samenvatting beproevingsresultaten

criterium	Tijdsduur, gerekend vanaf het begin van de proef, gedurende welke nog juist aan het criterium werd voldaan.
	NEN 6069:2001
Bezwijken	> 65 minuten
Vlamdichtheid betrokken op de afdichting	> 65 minuten
Thermische isolatie betrokken op de temperatuur	> 65 minuten
De verhitting werd in overleg met de opdrachtgever na 65 minuten beëindigd.	

12 Conclusie

Brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie en met betrekking tot bezwijken, bepaald volgens NEN 6069: 2001, van een vloer-/plafondconstructie opgebouwd uit cellenbetonnen vloerelementen met stalen liggers IPE 140 en een verlaagd plafond met het Armstrong Trulok Prelude TL[®] ophangstelsel en Armstrong Sahara plafondplaten: ten minste 65 minuten.

13 Voorwaarden en toepassingsgebied

De conclusie geldt uitsluitend voor vloer-/plafondconstructies als onderzocht met in achtname van onder 13.1 t/m 13.3 gegeven voorwaarden en toegestane wijzigingen.

13.1 M.b.t. de vloerconstructie

Vloerconstructies bestaande uit stalen liggers en cellenbetonnen vloerplaten en die tevens voldoen aan navolgende voorwaarden:

- a) Type profiel: andere profieltypen zijn toegestaan, mits met profielfactoren van ten hoogste 291 m^{-1} (zie toelichting 1).
- b) De h.o.h.- afstand van de liggers mag worden gewijzigd onder voorwaarde dat de belasting op de liggers $1,95 \text{ kN/m}^1$ bedraagt (zie ook toelichting 1).
- c) De theoretische overspanning van de liggers is ten hoogste 4,15 m.
De vloerplaten op de liggers zijn van gewapend cellenbeton (zie toelichting 2):
 - Dinnere plaatdikten zijn toegestaan mits wordt aangetoond dat bij een verhoging zoals gemeten in het plenum (zie figuur C4):
 - 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”.
- d) De voegen tussen de vloerplaten onderling alsmede tussen de platen en omringende constructie zijn zodanig uitgevoerd dat via deze voegen/aansluitingen geen voortijdig branddoorslag optreedt.

Ten aanzien van de breedte van de vloer gelden geen voorwaarden.

13.2 M.b.t. de plafondconstructie

Een plafondconstructie als onderzocht en beschreven en die tevens voldoet aan navolgende voorwaarden:

- a) De afhanghoogte en de hoogte van het plenum, d.w.z. de afstand tussen de onderzijde van de vloerplaten en de bovenzijde van de plafondtegels is ten minste ca. 410 mm.
- b) De h.o.h.-afstanden van de ophangpunten van het draagsysteem mogen in beide richtingen niet zijn vergroot.
- c) In het plafond zijn geen lichtarmaturen e.d. aangebracht.
- d) Plafondplaten zijn van het type: Armstrong Sahara met afmetingen als onderzocht; een andere kleur en/of structuurafwerking aan de zichtzijde van de plafondplaten is echter toegestaan.

13.3 M.b.t. de ondersteunende/aansluitende wanden

Wanden van een steenachtig materiaal met een brandwerendheid m.b.t. de scheidende functie en voorzover vloerdragend tevens op bezwijken, van ten minste 65 minuten (zie toelichting 3).

13.4 M.b.t. overige wijzigingen

Voor overige wijzigingen dient advies te worden gevraagd bij TNO.

Toelichting 1

Bezwijken van stalen vloerliggers treedt op indien de temperatuur van de liggers (θ_a) de volgens NEN 6072: 1997 te bepalen kritieke staaltemperatuur ($\theta_{a,krit}$) overschrijdt.

De optredende staaltemperatuur is afhankelijk van de profielfactor en de stijging van de omgevingstemperatuur in het plenum welke mede wordt bepaald door de plafondconstructie.

De kritieke staaltemperatuur ($\theta_{a,krit}$) is afhankelijk van de belastingsgraad (en het statisch systeem). Zie NEN 6072.

Ad 14.1a) Indien stalen liggerprofielen worden toegepast met een profielfactor $< 291 \text{ m}^{-1}$ dan zullen de daarin optredende staaltemperaturen lager zijn dan gemeten tijdens de brandproef.

Veelal gaat een kleinere profielfactor gepaard met een groter weerstandsmoment hetgeen – bij voor het overige ongewijzigde omstandigheden - leidt tot een hogere kritieke staaltemperatuur.

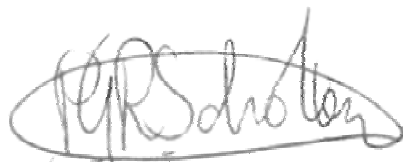
De brandwerendheid zal bij toepassing van profielfactoren $< 291 \text{ m}^{-1}$ dus niet verminderen.

Toelichting 2

Ingeval van vloerplaten met een hogere isolatiewaarde dan die van de toegepaste cellenbetonnen vloerplaten kunnen hogere spouw- en staaltemperaturen optreden dan gemeten. Om deze reden mag niet worden aangenomen dat de in 12 gegeven conclusie geldt indien vloerplaten van cellenbeton zijn toegepast met een grotere dikte. Dit geldt eveneens voor houten vloerconstructies - op houten dan wel stalen liggers - in combinatie met onderhavig plafond, mede in verband met het inbranden van hout of producten vervaardigd op basis van hout.

Toelichting 3

Bij een te lage brandwerendheid m.b.t. de scheidende functie en/of bij wanden bestaande uit een bekleed stijl- en regelwerk bestaat de kans op voortijdig branddoorslag naar het plenum via de aansluitende wanden dan wel via de aansluiting van het plafond met deze wanden.



ing. P.G. R. Scholten



dr. ir. G. v.d. Berg

14 Figurenlijst

Figuur 1: Overzicht van de constructie

Figuur 2: Detail plafondsysteem

Figuur 3: Toegepaste profielen

Figuur 4: Bevestigingsmiddelen

Figuur 5: Overzicht van de constructie



Fig. 1: Overzicht van de constructie (onderzijde van het plafond na afkoeling)

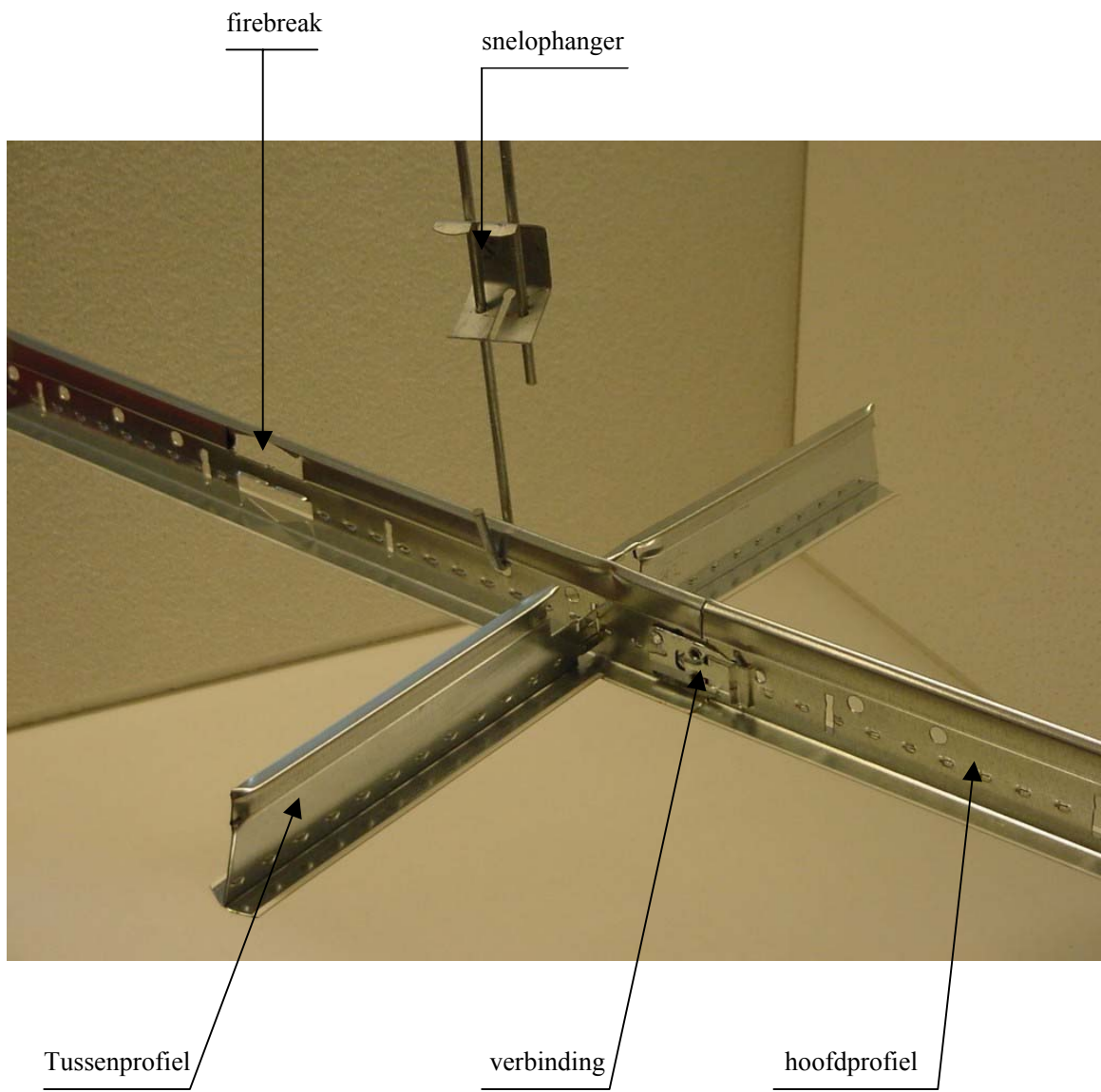


Fig. 2

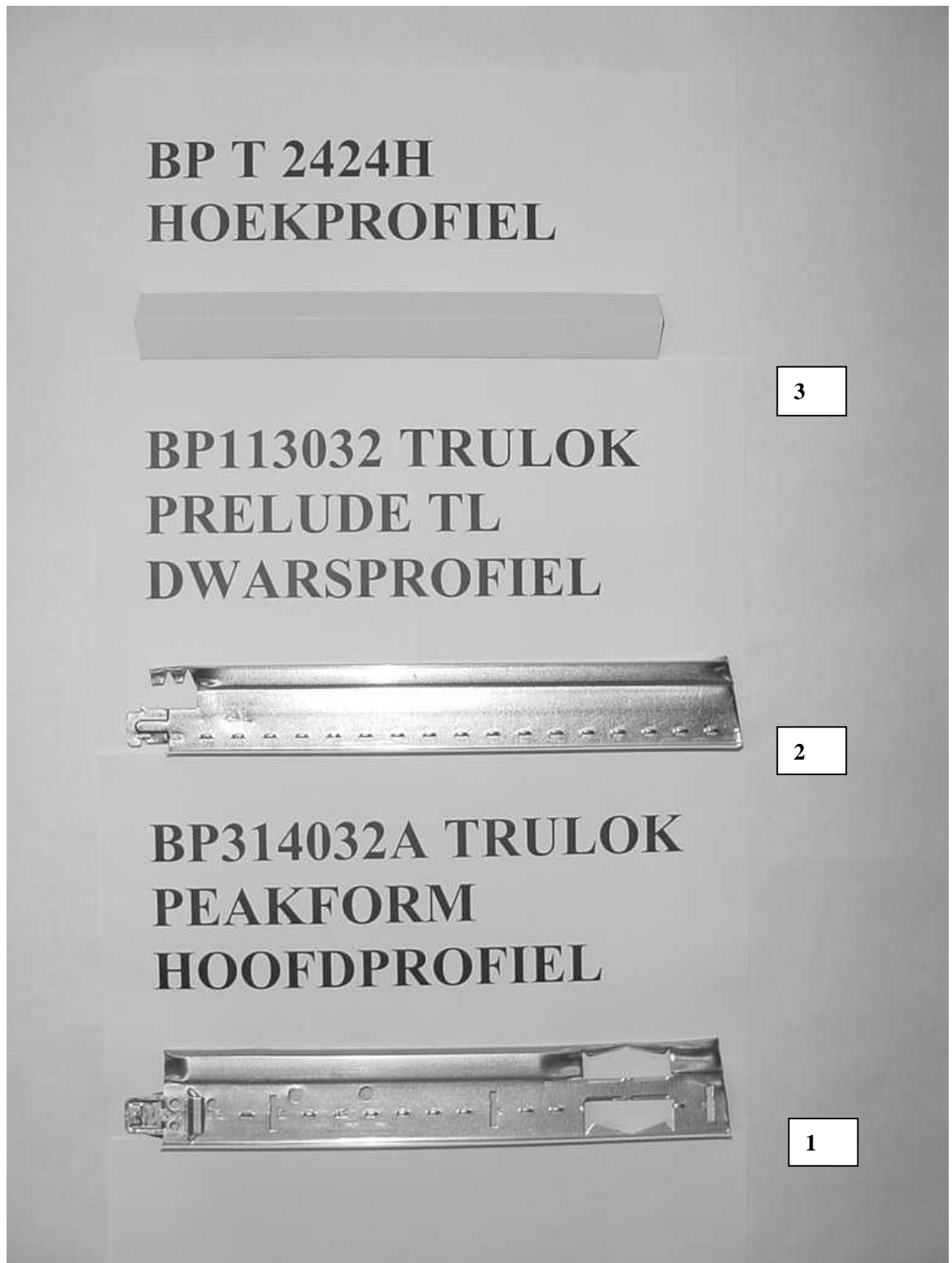


Fig. 3

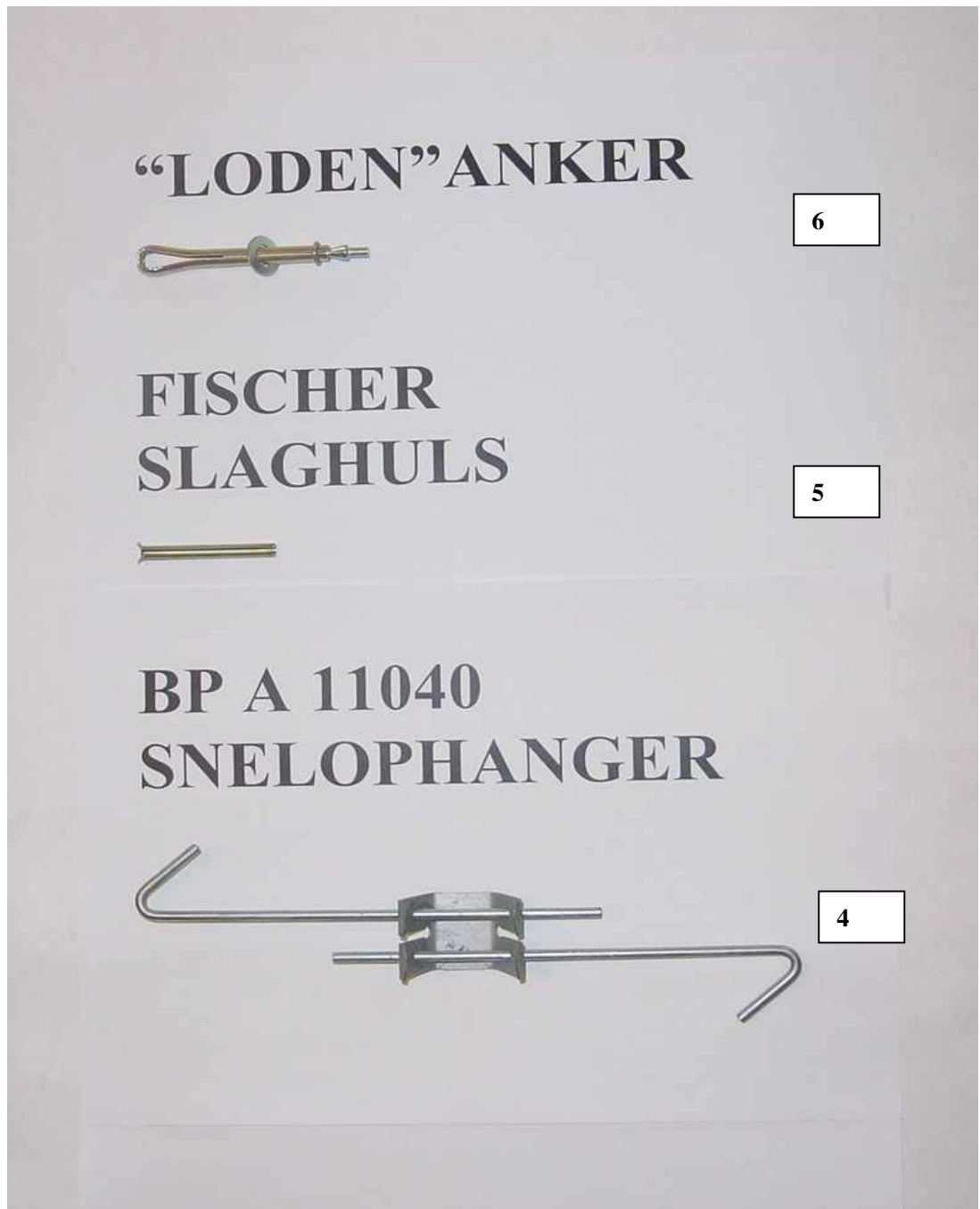
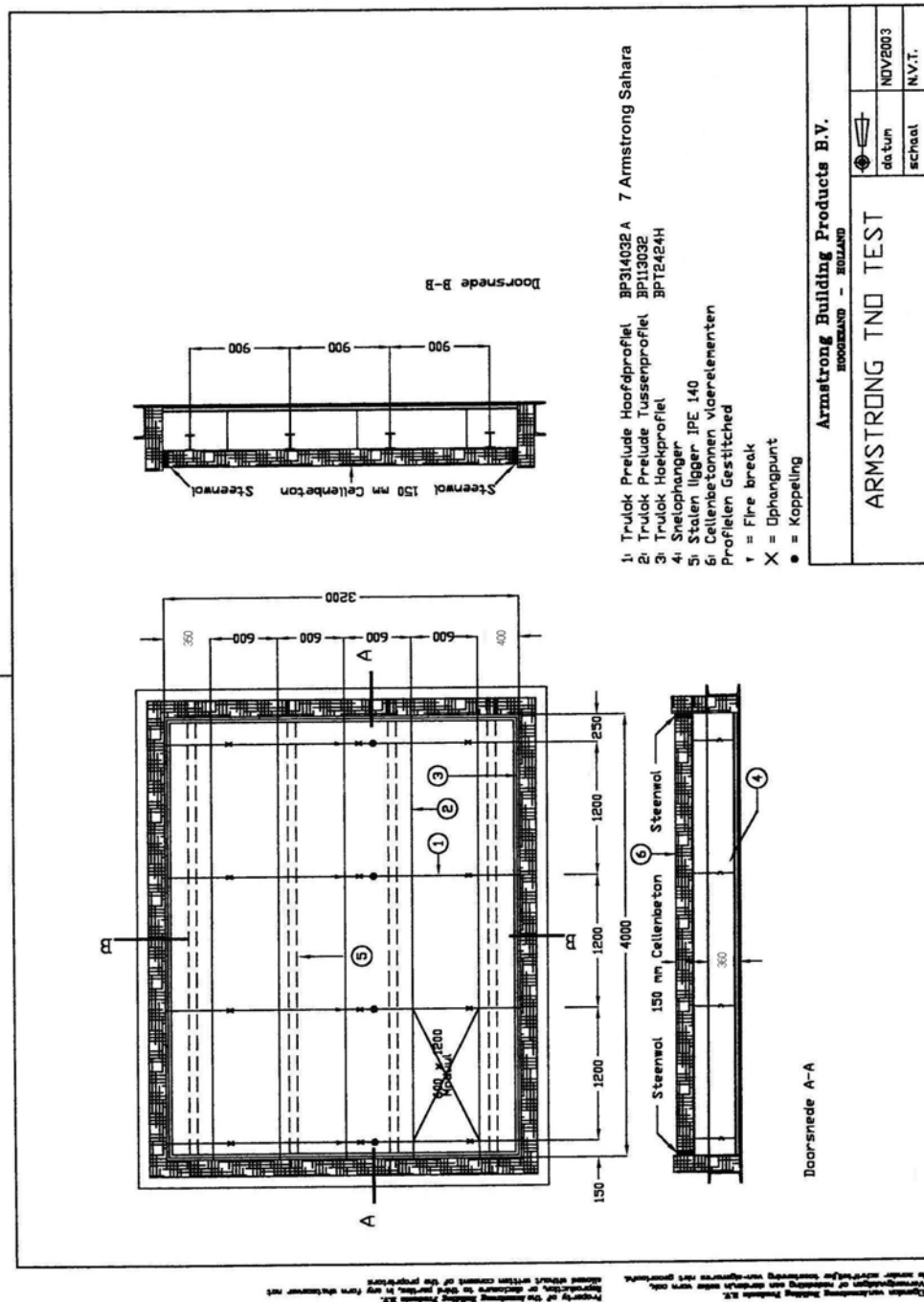


Fig. 4



A Waarnemingen

Tijd [min]	Waarneming
0	Aanvang verhitting.
5	Fire breaks zijn in werking getreden.
40	Ter hoogte van de fire breaks wippen de plafondplaten iets omhoog
64	Er valt een plafondplaat uit het ophangstelsel.
65	In overleg met opdrachtgever wordt de proef beëindigd..

B Ovencondities

Figuur B1: Gemeten gastemperaturen in de oven

Figuur B2: Relatieve afwijking van de oventemperaturen.

Figuur B3: Gemeten overdruk in de oven.

C Gemeten proefstuktemperaturen en verplaatsingen

Figuur C1: posities van de thermokoppels

Figuur C2: gemeten temperaturen op de onderflens van de stalen liggers.

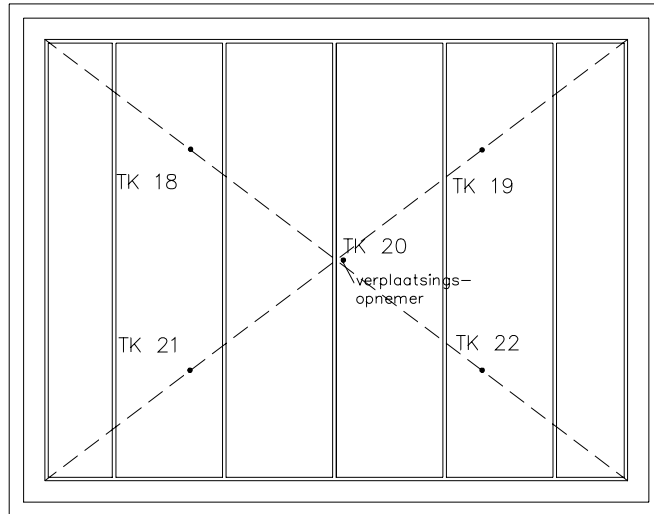
Figuur C3: gemeten temperaturen van het lijf van de stalen liggers.

Figuur C4: gemeten luchttemperaturen in het plenum.

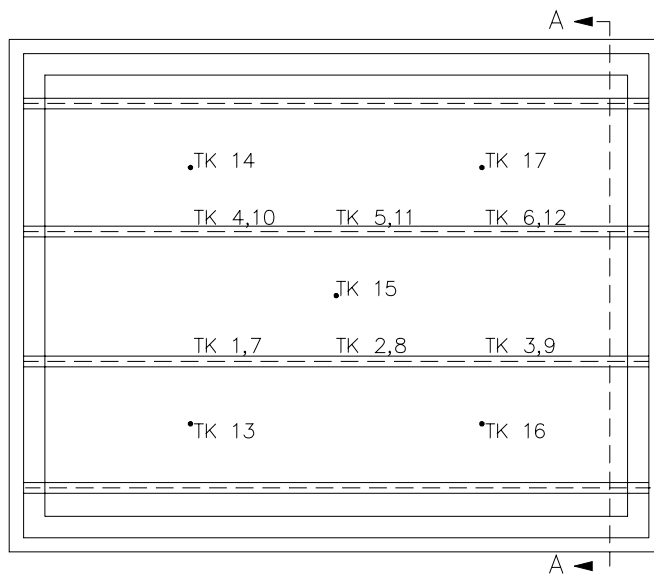
Figuur C5: gemeten oppervlakte-temperaturen op de vloer.

Figuur C6: gemeten oppervlakte-temperaturen op de plafondplaten.

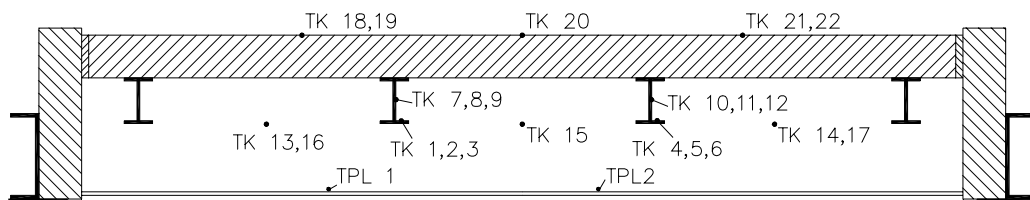
Figuur C7: gemeten doorbuiging van het midden van de vloerconstructie.



Bovenaanzicht vloer



Bovenaanzicht stalen balken



Doorsnede AA

Figuur C1 : posities van de thermokoppels