

In april jl. verscheen de Eurofer-brochure 'Staal en brandveiligheid', die behalve in het Nederlands ook in zes andere Europese talen beschikbaar is. Eurofer verenigt de Europese staalinformatiecentra, waaronder Centrum

Staal. De brochure toont ontwerpers, beleggers, opdrachtgevers, verzekeraars en de brandweer de vele aspecten, die bij de brandveiligheid van staalconstructies een rol spelen. Dit artikel geeft een samenvatting van de algemene ontwerpaspecten, die in de brochure aan de orde komen. Het is de verwachting dat door deze informatie een meer objectieve en realistische benadering van brandveiligheid plaatsvindt.

Brandveilig ontwerpen

Verschillende brandveiligheidsconcepten maken een economische afweging mogelijk

dr.ir. A.F. Hamerlinck

Project Analyse Bureau, Rotterdam

ir. L. Twilt

TNO-Bouw, Centrum voor Brandveiligheid, Rijswijk

Staalconstructies, zowel voor laag- als hoogbouw, bieden vele voordelen, zoals een korte bouw-tijd en de mogelijkheid voor het maken van grote overspanningen en lichte funderingen; bovendien zijn de kosten ervan concurrerend in verhouding tot die van andere constructiemethoden. Niettemin worden staalconstructies nog steeds beoordeeld met wantrouwen, wanneer het de brandveiligheid betreft. Staalconstructies kunnen zodanig worden ontworpen dat ze beantwoorden aan elke gewenste brandwerendheid. De laatste jaren is daartoe veel onderzoek gedaan naar het verloop van branden en naar het gedrag van constructies onder brandomstandigheden.

Brandveiligheid staat, ook internationaal gezien, in de belangstelling. Het gedrag van branden wordt niet bepaald door landsgrenzen, evenmin als het gedrag van constructies bij brand. Niettemin bestaan er grote verschillen in de landen van de Europese Gemeenschap, zowel in nationale als in plaatselijke regels en voorschriften. De ervaring leert dat men in Europa, maar ook daar buiten, moeite heeft met het begrijpen van de principes en methoden die aan brandveiligheid ten grondslag liggen. De brochure

'Staal en brandveiligheid' [1] laat zien dat:

- de brandveiligheid van een gebouw met een staalconstructie optimaal kan worden aangepast aan de bestemming;
- het mogelijk is met onbekleed staal brandveilige gebouwen economisch te ontwerpen. Deze mogelijkheid biedt tevens esthetisch interessante mogelijkheden;
- er een veelheid aan mogelijkheden bestaat om staalconstructies op economisch verantwoorde wijze tegen brand te beschermen.

Brandveiligheid

Het overgrote deel van de dodelijke slachtoffers van brand valt te betreuren in woongebouwen. Frans onderzoek toont aan dat bijna driekwart van de doden in de categorie 'andere gebouwen' valt in openbare gebouwen, zoals hotels en winkels, en slechts 2% in bedrijfsgebouwen, zoals kantoren en industriehallen. Tabel 1 toont

Tabel 1. Doodsoorzaken als gevolg van brand in gebouwen.

land	hitte en rook	andere oorzaken
Frankrijk	94,7%	5,3%
Groot-Brittannië	97,0%	3,0%
Bondsrepubliek Duitsland	74,0%	26,0%



1. Verreweg de meeste ongevallen bij brand zijn het gevolg van hitte of rook en niet van het instorten van de constructie.

de oorzaken van dodelijke ongevallen bij branden in gebouwen. Hieruit blijkt dat ongevallen vooral het gevolg zijn van hitte of rook (afb. 1). Instorting van het gebouw is zelden oorzaak van ongevallen. Dit komt, omdat de temperatuur die voor mensen do-

delijk is, ver beneden het temperatuurniveau ligt waarbij instorting optreedt.

Betrouwbare informatie over materiële schade bij brand is aanzienlijk moeilijker te verkrijgen dan over ongevallen. Algemeen neemt men echter aan dat de grootste materiële schade optreedt in industriegebouwen, vooral in pakhuizen en opslagloodsen, terwijl de meeste dodelijke ongevallen plaatsvinden in tot bewoning bestemde gebouwen. Een onderzoek naar branden in lage industriegebouwen in Nederland en

Tabel 2. Verdeling van de materiële schade.

in het gebouw aanwezige goederen	indirecte of gevolg schade	bouw- constructie
43%	36%	21%

Frankrijk toonde aan dat het verlies van de in het gebouw aanwezige goederen en de daarmee samenhangende gevolgschade veel groter is dan de schade aan het gebouw zelf (tabel 2).

Ontwerpen van brandveilige gebouwen

Bij de brandbeveiliging van gebouwen staan twee doelstellingen centraal:

- voorkomen van ongevallen;
- beperken van zowel directe als indirecte materiële schade.

In de meeste landen is het bereiken van deze doelstellingen een zaak van de overheid – die via de bouwregelgeving met name verantwoordelijk is voor de veiligheid van mens en dier – en van de verzekeringsmaatschappijen die zich meer richten op de materiële schade. De belangrijkste mogelijkheden die de ontwerper ter beschikking staan om enerzijds de kans op persoonlijke ongelukken bij brand te verkleinen en anderzijds de materiële schade te beperken, zijn in volgorde van belangrijkheid:

Voorkom het ontstaan van brand

■ **Materiaalkeuze.** De bouwdeelen en het interieur moeten zoveel mogelijk bestaan uit niet-brandbare materialen. Hierdoor wordt de kans op het ontstaan en het uitbreiden van brand beperkt. Tevens dienen de toegepaste materialen een minimale rookontwikkeling te hebben en mogen er geen giftige gassen vrijkomen.

■ **Beheer en onderhoud.** Er is een belangrijke rol weggelegd voor gebouwbeheerders bij het voorkomen van brand. Zo moeten voorzieningen worden getroffen voor het veilig opbergen van brandgevaarlijke stoffen. Ook moeten bijvoorbeeld brandblusmiddelen en zelfsluitende deuren goed worden onderhouden. Het belangrijkste is echter dat het personeel voldoende op de hoogte is van de brandveiligheidsproblematiek.

Zorg voor vluchtmogelijkheden

■ **Vluchtwegen.** Het inrichten van vluchtwegen, waardoor de aanwezigen in staat worden gesteld het gebouw snel te verlaten, is zonder twijfel de meest doeltreffende manier om ongevallen door een eenmaal ontstane brand te voorkomen (afb. 2). Het Bouwbesluit [2] eist daarom dergelijke voorzieningen. Het inrichten van



2. Vluchtwegen stellen de aanwezigen in staat het gebouw snel te verlaten. Het is zonder twijfel de meest doeltreffende manier om ongevallen door een eenmaal ontstane brand te voorkomen.

vluchtwegen is de enige van de genoemde maatregelen die enkel gericht is op het voorkomen van ongevallen. Alle andere zijn tevens gericht op het voorkomen van schade.

■ **Voorlichting en training.** Onderzoek naar het gedrag van mensen onder brandomstandigheden wijst uit dat er vaak traag en verward wordt gereageerd op gevaar. Voorlichting aan en training van personeel in openbare gebouwen is belangrijk om de reacties efficiënter te maken.



3. Traditioneel zorgt een passieve bekleding door een isolatiemateriaal voor de constructieve veiligheid van staalconstructies bij brand. Echter ook zonder een passieve bescherming kan bij staalconstructies een voldoende brandwerendheid worden bereikt.

Voorkom ontwikkeling en uitbreiding van brand

■ **Sprinklers.** Sprinklers (automatische blusinstallaties) helpen niet alleen de brand te blussen en branduitbreiding te voorkomen, ze verminderen eveneens de rookontwikkeling waardoor de kans op persoonlijke ongelukken wordt verkleind. Doordat de temperatuur relatief laag blijft, wordt de schade aan de inhoud van het gebouw en aan de constructie tot een minimum beperkt. Verzeke- ringsmaatschappijen geven daarom in het algemeen een aanzienlijke korting op de verzekeringspremie bij aanwezigheid van een sprinklerinstallatie.

■ **Brandmelding.** Brandmeldinstallaties zorgen ervoor dat de aanwezigen in een vroeg stadium van de brand worden gealarmeerd, waardoor de vluchttijd maximaal wordt en de brandweer snel kan ingrijpen. Daarmee wordt de kans op vlamoverslag aanzienlijk verkleind en dus ook de schade beperkt. Dit laatste heeft ertoe geleid dat verzekeringsmaatschappijen kortingen geven op premies, indien een (automatische) brandmeldinstallatie aanwezig is.

■ **Brandcompartimentering.** De verdeling van een gebouw in afzonderlijke ruimten door middel van brand- en rookwerende wanden en vloeren wordt algemeen beschouwd als een doeltreffend middel om de gevolgen van brand te beperken. Compartimentering speelt dan ook een belangrijke rol in het Bouwbesluit; het houdt niet alleen in dat wanden en vloeren voldoende brandwerend moeten zijn, maar ook dat de raamafmetingen in gevels en de afstand tot de omliggende bebouwing zodanig moeten worden gekozen dat brandoverslag naar andere compartimenten en gebouwen niet op-

treedt binnen een bepaalde tijd.

■ **Ventilatie.** Het is wenselijk rook en hitte naar buiten af te voeren, omdat interne verspreiding de aanwezigen in gevaar kan brengen en ook de brandweer hiervan ernstige hinder kan ondervinden.

Voorkom bezwijken van het gebouw

■ **Constructieve veiligheid.** Met name voor lage gebouwen geldt dat verhoging van de constructieve veiligheid bij brand (brandwerendheid op bezwijken) de minst effectieve manier is om ongevallen te voorkomen en economische schade te beperken. Wanneer de temperatuur in de brandruimte eenmaal zo hoog is geworden dat de constructie bezwijkt, zullen de dan nog aanwezigen immers al lang zijn omgekomen. Bovendien heeft de inboedel in dit stadium van de brand al grote schade opgelopen.

Voor hallen is noch de brandwerendheid van de draagconstructie noch het toegepaste constructiemateriaal doorslaggevend voor het aantal slachtoffers en voor de schade aan gebouw en inhoud [3]. Na een flinke brand volgt vrijwel altijd sloop. Extra kosten om de brandwerendheid te verhogen zijn daarom kapitaalvernietiging. Het heeft voor hallen dan ook weinig zin eisen te stellen aan de brandwerendheid. Effectiever is het deze gebouwen te compartimenteren, een brandventilatie in het dak aan te brengen of een sprinklerinstallatie aan te leggen, naast uiteraard de aandacht voor vluchtwegen. Bij verdiepinggebouwen is het uiteraard wel noodzakelijk eisen te stellen aan de constructieve veiligheid bij brand, omdat ontvluchten meer tijd in beslag neemt.

De constructieve veiligheid van staalconstructies bij brand wordt traditioneel verzorgd door een passieve bescherming: dit betekent onder meer dat de draagconstructie wordt bekleed met een isolatiemateriaal om bezwijken tijdens brand te voorkomen (afb. 3). Ook zonder passieve bescherming kan bij staalconstructies een voldoende brandwerendheid op bezwijken worden bereikt. Uit onderzoek blijkt dat de ontwerper de brandwerendheid gunstig kan beïnvloeden door een juiste dimensionering van de constructieonderdelen en de verbindingen, door rekening te houden met de interactie tussen de verschillende constructieonderdelen, door het toepassen van staal-betonconstructies en door een verstandige keuze van de positie van de constructieonderdelen ten opzichte van een mogelijke brand.

De inzet van de brandweer ten slotte is buitengewoon belangrijk, maar wordt hier verder buiten beschouwing gelaten.

Risico-analyse

Het is mogelijk voor een bepaalde categorie gebouwen het brandrisico te beoordelen met behulp van de volgende formule:

R = P_o x L_x ≤ R_ontwerp

- waarin:
- R brandschadeverwachting in een gegeven situatie;
- R_ontwerp maximaal aanvaardbare brandschadeverwachting;
- P_o kans op het ontstaan van brand;
- L_x totale schade bij brand (zowel immateriële schade als directe en indirecte materiële schade).

De brandschadeverwachting R is altijd groter dan nul en daarom moet, afhankelijk van het type gebouw, een bepaald risico worden geaccepteerd (R_ontwerp). De hoogte, en de mogelijkheden tot ontvluchten en van de waarde van de in het gebouw aanwezige goederen. Tabel 3 geeft globale waarden van de kans op brand voor verschillende gebouwtypen. De kans dat een brand zich uitbreidt tot een volledig ontwikkelde brand hangt nauw samen met de getroffen actieve brandveiligheidsmaatregelen, zoals blijkt uit tabel 4.

- Aard en gebruik van het gebouw
- De werkelijke brandschadeverwachting hangt af van de aard van het gebouw en het soort gebruik. Zwitserland kent een risico-beoordelingssysteem met de volgende drie gebouwtypen (afb. 4):
- gebouwen met een groot volume, waarbij branduitbreiding zowel in verticale als in horizontale richting mogelijk is;
 - gebouwen met grote ruimten, waarbij branduitbreiding alleen in horizontale richting mogelijk is;
 - gebouwen bestaande uit een groot aantal brandcompartimenten met relatief geringe afmetingen, waarbij branduitbreiding slechts in beperkte mate mogelijk is.

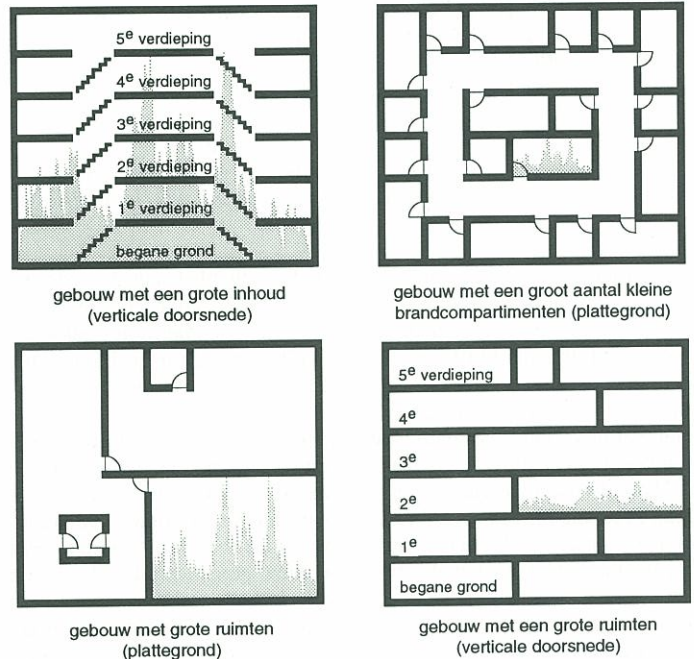
Het gebruik van het gebouw bepaalt de vuurbelasting. Een bibliotheek bijvoorbeeld heeft een hogere vuurbelasting dan een werkplaats waar staalconstructies worden vervaardigd. Het gebruik bepaalt in belangrijke mate ook de kans op het optreden van dodelijke ongevallen. Een voorbeeld kan dit verduidelijken. Industriegebouwen bestaan meestal uit niet

Tabel 3. Aantal jaarlijkse branden (CIB = Conseil International du Bâtiment pour la Recherche, l'Etude et la Documentation).

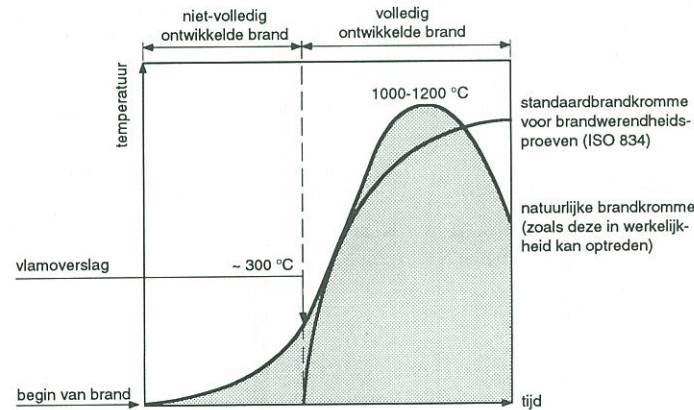
gebouwtipe	land of bron	aantal jaarlijkse branden per miljoen m² vloeroppervlak
industriegebouwen	Groot-Brittannië	2
	Bondsrepubliek Duitsland	2
	onderzoek CIB	2
kantoren	Groot-Brittannië	1
	Verenigde Staten	1
	onderzoek CIB	0,5-2
woongebouwen	Groot-Brittannië	2
	Canada	5
	Bondsrepubliek Duitsland	1

Tabel 4. Kans op een volledig ontwikkelde brand.

aard actieve maatregelen	kans dat een brand zich volledig ontwikkelt
gemeentelijk brandweercorps	1:10
sprinklerinstallatie	1:500
goed uitgeruste bedrijfsbrandweer, in combinatie met een automatisch brandmeldinstallatie	1:100 – 1:1000
automatische sprinklerinstallatie en een goed uitgeruste bedrijfsbrandweer	1:10.000



4. De brandschadeverwachting hangt af van de aard van het gebouw en het soort gebruik.



5. Verschillende fasen gedurende de ontwikkeling van een ongecontroleerde brand. De beginfase is van doorslaggevend belang, omdat vroegtijdige melding een effectieve brandbestrijding mogelijk maakt.

meer dan twee bouwlagen. Normaliter zijn er actieve, gezonde mensen in werkzaam die het gebouw goed kennen. In geval van brand zullen zij snel kunnen vluchten en bescherming van de draagconstructie tegen brand is in het algemeen dan ook niet nodig. In woongebouwen of ziekenhuizen, die vaak uit meerdere bouwlagen bestaan, kunnen bewoners in hun slaap door brand worden overvallen. Om deze reden en omdat de lichamelijke conditie van met name ziekenhuispatiënten niet optimaal zal zijn, kan snelle ontvluchting problematisch zijn. In dergelijke gevallen is een verhoogd brandveiligheidsniveau noodzakelijk.

Ontwikkeling van een brand

De kans op het ontstaan van brand is naar verhouding klein. Het is daarom van belang, gezien de eerder genoemde doelstellingen, de brandbeveiliging af te stemmen op de mogelijke omvang van de brand en het daarbij behorende schadeverwachting. Afbeelding 5 toont de ontwikkelingsfasen van een brand. Tijdens het ontstaan van brand is het risico op ongevallen en materiële schade niet erg groot. Deze beginfase is echter van doorslaggevend belang, omdat vroegtijdige melding een effectieve bestrijding mogelijk maakt. Tijdens de fase van de zich ontwikkelende brand (smeulfase) zijn de thermische effecten nog slechts plaatselijk aanwezig. Er is geen gevaar voor bezwijken van de constructie.

Brandbare materialen zullen ontleden en rookontwikkeling treedt op. Deze fase is kritiek, omdat in het gebouw aanwezige personen gevaar lopen. De rook kan tevens materiële schade veroorzaken. De schade aan de constructie van het gebouw zelf is gering. Het gevaarlijke moment is het optreden van vlamoverslag. Dit moment markeert de overgang van de niet-volledig ontwikkelde naar de volledig ontwikkelde brand. De voor vlamoverslag benodigde temperatuur is afhankelijk van de mate van brandbaarheid van de in de brandruimte aanwezige materialen. Voor cellulosehoudende produkten bedraagt deze temperatuur ongeveer 300 °C. In een volledig ontwikkelde brand moeten temperaturen in de orde van grootte van 600 à 1000 °C worden verwacht, waarbij het mogelijk is dat de draagconstructie van het gebouw op den duur bezwijkt. Bestrijding van de brand in de brandruimte zelf is nu onmogelijk. De brandweer zal nog slechts de omringende ruimten beschermen.

Brandveiligheidsconcepten

Uitgangspunt bij het ontwikkelen van mogelijke brandveiligheidsconcepten is het verloop van een zich natuurlijk ontwikkelende brand (afb. 5).

Aan de hand van afbeelding 6 kan de invloed van brandveiligheidsmaatregelen zichtbaar worden gemaakt. Een brandveiligheidsconcept is een uitgebalanceerd, samenhangend pakket van bouwkundige, installatie-technische en organisatorische maatregelen waarmee nauwkeurig gedefinieerde en in goed overleg tussen eigenaar, brandweer en ontwerper aanvaarde doelstellingen kunnen worden verwezenlijkt. Drie mogelijke brandveiligheidsconcepten worden toegelicht, namelijk:

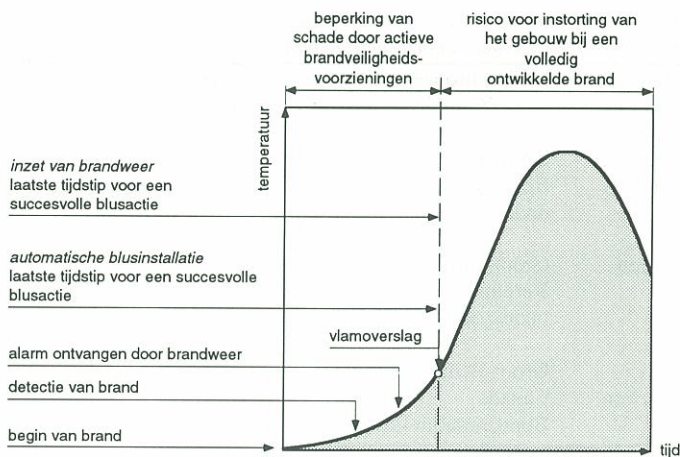
- bouwkundig concept;
- bewakingsconcept;
- blusconcept.

Bouwkundig concept

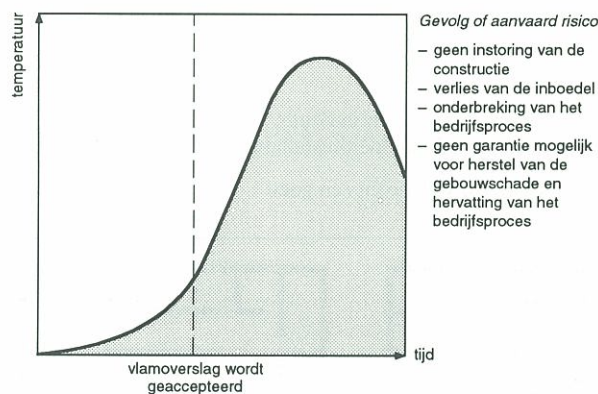
Het bouwkundig concept – brandcompartimentering in combinatie met toereikende brandwerendheid van de draagconstructie – kan de juiste oplossing zijn, indien het gebruik van het gebouw compartimentering mogelijk maakt.

Omdat wordt uitgegaan van brandcompartimenten, acht men het toelaatbaar dat vlamoverslag optreedt, voordat met blussen wordt begonnen. De benodigde brandwerendheid volgt uit de voorwaarde dat de brand zich niet buiten het brandcompartiment mag uitbreiden. Dit houdt in dat de scheidende en (mogelijk) dragende functie van de betreffende bouwdelen gehandhaafd moet blijven gedurende de te verwachten brandduur (afb. 7).

Waar volgens dient de uitbreiding van brand te worden beperkt door wanden en vloeren, waarvan de brandwerendheid expliciet is vastgesteld. Bij toepassing van brandbare bouwmaterialen moet er voor worden gezorgd dat het vuur zich niet via de constructie zelf uitbreidt. Scheidingswanden, ontworpen op een wijze zoals weergegeven in afbeelding 8 voorkomen uitbreiding van brand, zowel langs de onderzijde als langs de bovenzijde van het dak. Bij een zorgvuldig ontworpen gevel treedt geen brandoverslag op naar bovengelegen verdiepingen. De vereiste brandwerendheid van de hoofd draagconstructie ligt vast in het Bouwbesluit en bedraagt 20, 30, 60, 90 of 120 minuten. Voor bepaalde gebouwen worden geen brandwerendheidseisen gesteld. Dit is onder meer het geval bij hallen, mits er voldoende vluchtweegen zijn en er voldoende afstand is tot de omringende bebouwing om brandoverslag te



6. Een juiste en tijdige inzet van brandveiligheidsvoorzieningen is de voorwaarde voor een effectieve beheersing van een brand.



7. Brandveiligheidsconcept op basis van bouwkundige voorzieningen. Aangenomen wordt dat vlamoverslag optreedt, hetgeen leidt tot een zeer aanzienlijke ontwikkeling van hitte en rook.

voorkomen. De brandwerendheid is de tijd waarin een bouwdeel, blootgesteld aan een standaardbrand, zijn functie blijft vervullen.

Men dient te bedenken dat het temperatuurverloop volgens de standaardbrandkromme belangrijk kan afwijken van de temperaturen zoals die bij een echte brand kunnen optreden. Moderne ontwerpmethodieken bieden de mogelijkheid van een meer realistische benadering door de brandwerendheid te bepalen bij echte branden.

Door de beschikbare reken- en beschermingsmethoden kan met staalconstructies aan elke brandwerendheidseis worden voldaan. De berekeningsmethode volgens NEN 6072 [5] is in een eerder ar-

tikel in dit blad aan de orde gekomen [4]. Voor een overzicht van de beschermingsmethoden wordt verwezen naar de brochure 'Staal en brandveiligheid'.

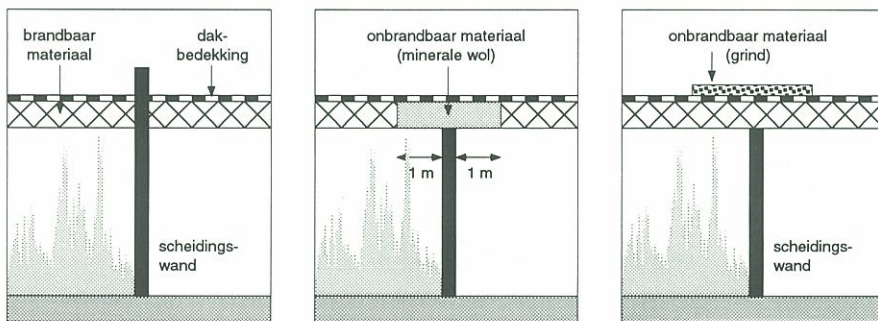
In veel gevallen is het effectiever om niet het bouwkundig concept toe te passen maar een van de twee andere concepten. De brandwerendheidseisen kunnen dan worden gereduceerd, afhankelijk van de kans op het ontstaan van brand en het aanvaardbare risico. Met deze alternatieve concepten, die met name in landen als Zweden, Zwitserland en Duitsland meer en meer worden geaccepteerd, kan een hoog brandveiligheidsniveau worden bereikt, ook bij toepassing van onbekleed staal of van staal met een beperkte pas-

sieve bescherming. In Nederland is de toepassing van het bewakings- en het blusconcept – waarbij het veiligheidsniveau via actieve maatregelen zoals sprinklers en brandmelding wordt gerealiseerd, terwijl gereduceerde brandwerendheidseisen gelden – nog weinig ingeburgerd. Vrijwel altijd wordt volstaan met bouwkundige eisen. Het Bouwbesluit stelt alleen bouwkundige eisen, zoals de brandwerendheid op bezwijken van de constructie en de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (WBDBO), die betrekking hebben op de compartimentering en de vluchtweegen. Het Bouwbesluit richt zich derhalve nadrukkelijk op het bouwkundig concept. Het toepassen van het bewakings- of het blusconcept wordt echter niet uitgesloten, mits de ontwerper kan aantonen dat de oplossing volgens dit concept gelijkwaardig is (minimaal een gelijke veiligheid bereikt wordt).

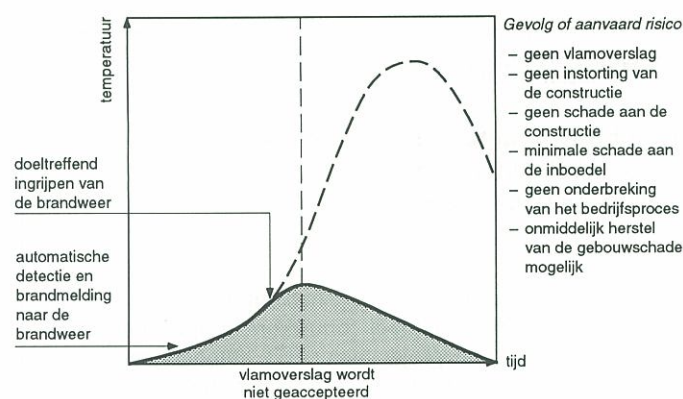
Bewakingsconcept

Het bewakingsconcept is gebaseerd op automatische branddetectie, waardoor automatisch een alarmsignaal wordt doorgegeven aan de brandweer (afb. 9). Voorwaarde is dat de brandweer – bij voorkeur een bedrijfsbrandweer – voldoende is toegerust en 24 uur per dag paraat is.

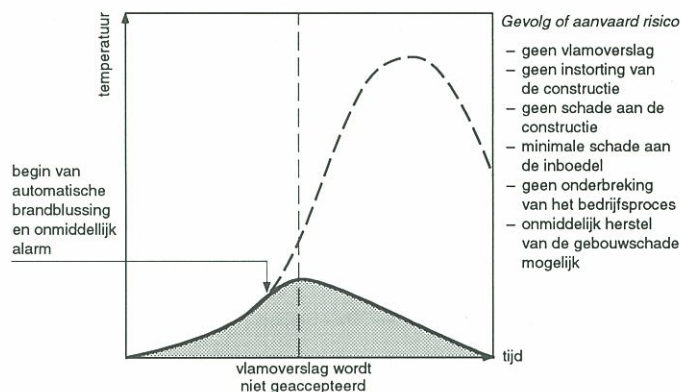
Een bewakingsconcept, waarbij vlamoverslag wordt voorkomen, biedt de mogelijkheid de compartimenteringseisen en de brandwerendheidseisen van constructiedelen sterk te reduceren bij een geringere brandschadeverwachting. Het kan de beste keuze zijn, als het normale gebruik van het gebouw vraagt om een minimum aan compartimentering. Dit concept komt met name in aanmerking bij aanwezigheid van een geringe vuurbelasting in lage en middelhoge gebouwen, waarbij mag worden verwacht dat een brand zich langzaam ontwikkelt en waarbij optreden van de brandweer is gewaarborgd.



8. Goed ontworpen en gedetailleerde scheidingswanden voorkomen uitbreiding van een brand.



9. Brandveiligheidsconcept op basis van bewaking. Vlamoverslag wordt vermeden door automatische detectie én ingrijpen van de brandweer. Hitte- en rookontwikkeling blijven beperkt. Eisen tot compartimentering of brandwerendheid van de constructie kunnen worden verminderd.



10. Brandveiligheidsconcept op basis van blussing. Vlamoverslag wordt voorkomen door automatische blussing. Eisen met betrekking tot de brandwerendheid van de constructie zijn in beginsel overbodig.

Blusconcept

Het blusconcept is gebaseerd op de automatische blussing in combinatie met automatische doormelding van een alarm naar een voldoende toegerust brandweer-

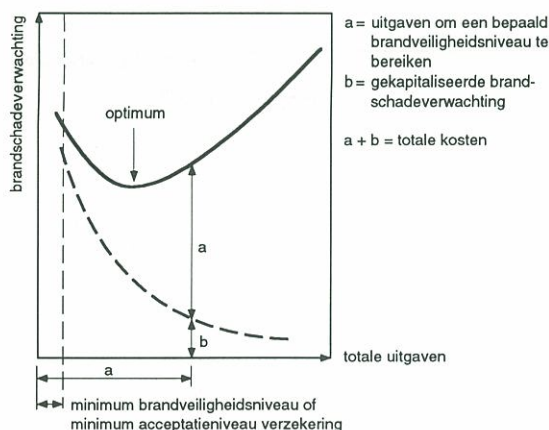
corps (afb. 10). Het blusconcept, samen met een beperkte of in het geheel geen brandwerendheid van de constructie, zal de beste keuze zijn, wanneer het gebruik van een gebouw slechts een beperkte

compartimentering toestaat. Het is het meest geschikt voor gebouwen met een gemiddelde of hoge aanwezige vuurbelasting, waarbij de kans op een zich snel ontwikkelende brand aanwezig is.

Gebouweigenaren zijn vaak bevreesd voor de schade die dergelijke blusinstallaties kunnen aanrichten vanwege de grote hoeveelheid water, die op de opgeslagen goederen of op de aanwezige

Tabel 6. Indicatieve kostenanalyse van alternatieve en traditionele concepten (Nederland; prijspeil 1992).

	investering	onderhoud	saldo exploitatie
bouwkundig concept (traditioneel)	Bekledingssystemen kosten gemiddeld f 20,- tot f 70,- per m ² te behandelen oppervlak, afhankelijk van de gewenste brandwerendheid en de uitvoering (spuitlagen, plaatmaterialen of opschuimende materialen). De kosten kunnen aanzienlijk worden verlaagd door al in het ontwerpstadium met brandveiligheid rekening te houden, bijvoorbeeld door functies van bouwdelen te integreren. Toepassing van een staal-betonconstructie kan de kosten voor brandwerende voorzieningen eveneens belangrijk reduceren.	Nauwelijks onderhoudskosten; alleen enige reparatie van plaatselijke schade, bijvoorbeeld als gevolg van het aanrijden door een vrachtwagen of een vorkheftruck.	Besparingen zijn beperkt en hebben geen enkel effect op de verzekeringspremie. Mogelijke toename van de bedrijfskosten als gevolg van compartimentering waardoor het productieproces niet optimaal kan plaatsvinden.
bewakingsconcept (alternatief)	De investering voor een automatische brandmeldinstallatie naar een goed uitgerust brandweercorps bedraagt per m ² vloeroppervlak: f 15,- tot f 25,- voor nieuwbouw f 25,- tot f 35,- voor bestaande en complexe gebouwen	Belangrijke onderhoudskosten: 2 tot 4% van de investeringen. Dit is inclusief de jaarlijkse of (bij een gecertificeerde installatie) tweejaarlijkse inspectiekosten. De jaarlijkse bijdrage aan de brandweer voor de aansluiting van de automatische brandmeldinstallatie moet hierbij nog worden opgeteld.	Besparing op de verzekeringspremie. Gemiddeld ongeveer 15%, afhankelijk van het te verzekeren risico en de betrouwbaarheid van de geïnstalleerde brandmeldinstallatie.
blusconcept (alternatief)	De investering voor een sprinklerinstallatie bedraagt per m ² vloeroppervlak (nieuwbouw): f 30,- tot f 45,- voor eenvoudige gebouwen f 70,- tot f 90,- voor complexe gebouwen. Het aanbrengen van een sprinklerinstallatie in bestaande gebouwen kost in beide gevallen ongeveer 10 tot 30% meer. De aansluiting op het waterleidingnet of de plaatsing van een waterreservoir met een pomp voor de sprinklerinstallatie zijn extra kosten die voor elke situatie verschillend zijn.	Te verwaarlozen onderhoudskosten. Deze bedragen niet meer dan 0,5% van de investeringskosten, inclusief de halfjaarlijkse inspectiekosten.	Belangrijke besparing op de verzekeringspremie. Gemiddeld ongeveer 45% voor een 1 ^e -graad sprinklerinstallatie, afhankelijk van het te verzekeren risico.



11. Relatie tussen de uitgaven voor brandveiligheidsmaatregelen en de totale brandschadeverwachting.

produktiemiddelen terecht kan komen. De sprinklerkoppen treden echter alleen in werking, wanneer ter plaatse een temperatuur van 70 °C, of in sommige gevallen 140 °C, wordt overschreden.

Opgemerkt moet worden dat 75% van alle branden in met sprinklers uitgeruste gebouwen onder controle worden gehouden door één tot maximaal vier sprinklerkoppen. Dit komt overeen met een vloeroppervlak van ongeveer 50 m² dat wordt natgespoten.

Een automatische doormelding alarmeert zowel de eigenaar als de brandweer. Het is belangrijk te weten dat automatische brandmeldinstallaties en automatische blussystemen één tot twee keer per jaar moeten worden onderhouden door specialisten en onder die voorwaarde een zeer geringe faalkans hebben (<< 1%).

Afweging van kosten en baten

De aard en het gebruik van het gebouw zijn de belangrijkste factoren die de noodzakelijke brandveiligheidsvoorzieningen bepalen en daarmee ook de kosten van het totale brandveiligheidsconcept. Op de zaken die daarbij een rol spelen, is reeds ingegaan. Het (constructief) ontwerp en het brandveiligheidsconcept moeten vanaf het begin op elkaar worden afgestemd om te komen tot een zo hoog mogelijk veiligheidsniveau, tegen een minimum aan kosten. Dit doel kan alleen worden bereikt door intensief overleg, al in het eerste stadium van het ontwerp, tussen ontwerper en brandweer.

Op basis van een globale kosten/baten-analyse kan het verband tussen uitgaven ten behoeve van brandveiligheidsvoorzieningen en de totale kosten, dat wil zeggen de som van schadeverwachting en uitgaven, worden aangegeven en het optimum worden bepaald (afb. 11). Tabel 6 geeft inzicht in de kosten van de drie besproken brandveiligheidsconcepten.

Conclusie

De brochure 'Staal en brandveiligheid' plaatst het aspect brandveiligheid in een breed perspectief en laat zien dat er drie brandveiligheidsconcepten mogelijk zijn: het traditionele bouwkundige concept, waar het Bouwbesluit van uitgaat, en alternatieve concepten, zoals het bewakingsconcept en het blusconcept. Het te kiezen concept is afhankelijk van aard en gebruik van het gebouw. De alternatieve concepten, gebaseerd op installatietechnische voorzieningen, zijn voor bepaalde gebouwen een interessante optie. In een aantal gevallen kunnen bouwkundige eisen (compartimentering, brandwerendheid) vervallen of sterk gereduceerd worden, terwijl de brandschadeverwachting daalt. Dit biedt met name perspectief voor de toepassing van staalconstructies.

Literatuur

1. *Staal en brandveiligheid. Een geïntegreerde aanpak*, Eurofer, Rotterdam 1993.
2. 'Besluit houdende technische voorschriften omtrent het bouwen van bouwwerken en de staat van bestaande bouwwerken (Bouwbesluit)', *Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden* 1991, nr. 680.
3. L. Twilt en J. Kruppa, 'Veldonderzoek naar de rol van staalconstructies bij branden in lage industriegebouwen', *Bouwen met Staal* 81 (1987), p. 29-32.
4. *NEN 6072* (Rekenkundige bepaling van de brandwerendheid van bouwdelen. Staalconstructies), 1991.
5. A.F. Hamerlinck en L. Twilt, 'Brandwerendheid van staalconstructies. Berekeningsmethode volgens NEN 6072', *Bouwen met Staal* 110 (1993), p. 9-15

HOGER TECHNISCH INSTITUUT (HTI)

Rombout Hogerbeetsstraat 109 A
1052 VW Amsterdam
Telefoon: 020-6 84 57 80

Sinds 1939 mondeling onderwijsinstituut voor opleiding tot bouwkundige-HTI (eventueel bouwkundig opzichter-tekenaar BNA/VTS), bouwprojectleider-HTI, betonconstructeur-HTI, betonconstructeur-BV, staalconstructeur-HTI en calculator in de bouw-HTI.

Parallel lopende cursussen op dinsdag- en donderdagavond (elke week) en op zaterdag (om de veertien dagen). De wekelijkse cursussen zijn in eerste instantie bedoeld voor degenen die in en rondom Amsterdam wonen, de zaterdagcursussen voor leerlingen uit alle overige delen van het land. Het cursusjaar loopt van eind augustus/begin september tot en met eind mei/begin juni (ca. tien maanden); de HTI-examens worden gehouden in juni.

a. cursus voor het diploma staalconstructeur-HTI

bestemd voor bezitters van het HTS-diploma weg- en waterbouwkunde, c.q. bouwkunde, voor studenten die de voorbereidende cursus Beton- en Staal techniek hebben gevolgd (zie onder d.) en voor studenten met een overeenkomstige opleiding.

b. cursussen voor het diploma betonconstructeur-HTI

bestemd voor dezelfde categorieën als vermeld onder a.

c. cursus voor het diploma betonconstructeur-BV

het eerste deel bestaat uit de cursus betonconstructeur-HTI; in het tweede deel wordt de extra leerstof gedoceerd, die benodigd is voor het examen betonconstructeur-BV van de Betonvereniging.

d. voorbereidende cursus beton- en staaltechniek

tweejarige cursus, hoofdzakelijk bestemd voor bezitters van het MTS-diploma bouwkunde, c.q. weg- en waterbouwkunde, die de cursus betonconstructeur- of staalconstructeur-HTI willen volgen.

De lesgelden voor deze cursussen bedragen f 900,- tot f 990,- (voor het gehele cursusjaar 1993/1994).

Voor meer gedetailleerde inlichtingen, ook betreffende de HTI-cursussen **bouwkunde** (vierjarig), **bouwprojectleider** (tweejarig) en **calculatie in de bouw** (tweejarig), verwijzen wij u naar ons prospectus, dat op aanvraag gaarne wordt toegezonden (adres: zie boven). Aanmelding vóór eind juni.