



BRANDVEILIGHEID,
NATUURLIJK MET BETON!



INLEIDING

Beton brandt niet en is in hoge mate tegen brand bestand. Dat is wel algemeen bekend, maar we zijn ons niet altijd daarvan bewust. Om alle brandwerende eigenschappen van beton onder de aandacht te brengen, is deze brochure uitgebracht.

Betonconstructies bieden in het geval van een brand bescherming aan personen, eigendom en milieu. Mits goed ontworpen en uitgevoerd zijn betonconstructies zelfs tegen de meest extreme brandsituaties bestand. Ongeacht of het gaat om woningen, opslagloodsen of tunnels.

Een betonconstructie vormt een effectief brandschild en maakt het blussen van een brand eenvoudiger doordat de constructie langere tijd stand houdt. Daarnaast stopt ze de brandverspreiding door de scheiding in compartimenten en verkleint zo de brandschade en het risico op milieuverontreiniging.

Dit komt door enkele natuurlijke betoneigenschappen:

- + beton brandt niet en verhoogt de vuurbelasting niet;
- + beton heeft een hoge brandweerstand;
- + beton laat geen gesmolten materiaal druppelen dat vuur kan verspreiden;
- + beton produceert geen rook of toxische gassen;
- + beton is een (hitte)isolerend materiaal;
- + beton beschermt meegestorte materialen tegen brand.

In de Europese en nationale wetgeving op het gebied van brandveiligheid staat het redden van mensenlevens centraal. Maar ook de belangen van gebouweigenaren, verzekeringsmaatschappijen en overheidsinstanties vormen een aandachtspunt. Denk aan economische factoren, gegevensopslag, milieubescherming en instandhouding van infrastructuur.

Iedereen in de bouwketen, van ontwerper tot constructeur en van bouwer tot gebruiker heeft te maken met of is zelfs verantwoordelijk voor brandveiligheid.

Mede aan de hand van praktijkvoorbeelden biedt deze brochure een globaal beeld van de voordelen van beton.

Om belangstellenden verder te kunnen helpen en meer informatie aan te bieden, is een website opgezet:

WWW.BETONBRANDTNIET.NL. Hierop vindt u verschillende achtergrondrapporten, adressen van organisaties en verwijzingen naar relevante websites.

Omslag: interieur van gebouw Las Palmas, Rotterdam

Foto: Marcel van Kerckhoven

INHOUD

BELANGRIJKE BRANDVEILIGHEIDSASPECTEN	4
Brandwerendheid met betrekking tot bezwijken	
Brandwerendheid van de gevel	
Beperking van de uitbreiding van brand	
Inrichting van rookvrije vluchtroutes	
MENSEN BESCHERMEN	6
Betonconstructies houden stand	
Veilige vluchtweg en brandbestrijding	
Brandveiligheid in de woningbouw	
EIGENDOMMEN EN BEDRIJVEN BESCHERMEN	8
Kosten brandschade	
Gratis brandveiligheid	
Lagere verzekeringspremies	
Eigendommen beschermen	
ONTWERP VOOR BRANDVEILIGHEID	10
Voorkom het ontstaan van brand	
Vluchtmogelijkheden	
Voorkom ontwikkeling en uitbreiding van brand	
Voorkom bezwijken van het gebouw	
PRESTATIES VAN BETON BIJ BRAND	12
Beton brandt niet	
Beton is een beschermend materiaal	
Beton onder brandbelasting	
Afspatten	
Herstel	
EUROPESE RICHTLIJNEN	16
BETON EN BRANDVEILIGHEIDSBEREKENING	20
Eurocode 2 biedt drie methodes	
Toepassen brandveiligheidsberekening	
LITERATUUR	22
VOORBEELDPROJECTEN	
De Windsor-toren, Madrid	7
Brandveilige opslaghal VAT Logistics, Maasvlakte	9
De brand van de Faculteit Bouwkunde, TU Delft	11
Viaduct na bekistingbrand geheel hersteld	15
Woningen boven brandende supermarkt gered	17

BELANGRIJKE BRANDVEILIGHEIDSASPECTEN

ZUURSTOF, BRANDBAAR MATERIAAL EN EEN ONTSTEKINGSBRON ZIJN SAMEN NODIG OM BRAND TE VEROORZAKEN. DE SCHADE DIE EEN BRAND VERVOLGENS AANRICHT AAN EEN WONING OF EEN GEBOUW IS AFHANKELIJK VAN VELE FACTOREN.

Belangrijke brandveiligheidsaspecten die invloed hebben op bouwkundig ontwerp, constructie en bouwmethodiek zijn:

- brandwerendheid met betrekking tot bezwijken;
- brandwerendheid van de gevel;
- beperking van uitbreiding van brand;
- inrichting van rookvrije vluchtroutes.

Alle brandveiligheidseisen waaraan nieuwe gebouwen moeten voldoen, zijn vastgelegd in het Bouwbesluit. Aanvullingen erop zijn terug te vinden in de gemeentelijke bouwverordening.

BRANDWERENDHEID MET BETREKKING TOT BEZWIJKEN

In het Bouwbesluit zijn brandwerendheidseisen opgenomen met betrekking tot bezwijken. Afhankelijk van de grootte, hoogte en bestemming wordt het aantal minuten vernoemd dat een constructie-element bestand moet zijn tegen brand (0, 20, 30, 60, 90, 120 minuten). Het aantal minuten is afhankelijk van de benodigde vluchttijd (tabel 1).

BRANDWERENDHEID VAN DE GEVEL

Voor de bijdrage in de brandvoortplanting worden materialen in verschillende klassen verdeeld. Bouwdelen met niet-beloopbare vlakken kennen een verdeling van klasse 1 t.m. 5 volgens NEN 6065. Materialen in klasse 1 hebben de kleinste bijdrage in de brandvoortplanting, materialen in klasse 5 de grootste. Bouwdelen met beloopbare vlakken zijn verdeeld in klassen T1 t.m. T3 volgens NEN 1775 (tabel 2).

Materialen die worden toegepast in een veiligheidstrapenhuis moeten voldoen aan brandvoortplantingsklasse

2 (wanden en plafonds); voor een celfunctie geldt brandvoortplantingsklasse 1. Voor vloeren geldt klasse T1. Deze klassen zijn op hun beurt weer gekoppeld aan een maat voor de rookdichtheid, die een waarde geeft aan de verduistering van licht door rook. Zo hoort bij brandvoortplantingsklasse 1 een rookdichtheid van maximaal 5,4 m⁻¹. Voor brandvoortplantingsklasse 2 en T1 zijn deze waarden resp. 2,2 m⁻¹ en 10 m⁻¹.

Voor meer informatie: WWW.BETONBRANDTNIET.NL.

Volgens het Bouwbesluit moeten geveldelen boven de 13m hoogte voldoen aan klasse 2 op het gebied van brandvoortplanting. Voor de gevel tot 13m is klasse 4 toegestaan. Om brandoverslag te voorkomen moet een deel van de gevel als brandwerende borstwering (minimaal 60 minuten brandwerend) worden uitgevoerd. De minimumhoogte ervan wordt bepaald via een brandoverslagberekening. Een andere manier om brandoverslag te voorkomen is het toepassen van een horizontale afscherming die voldoende uitsteekt. Denk bijvoorbeeld aan een balkon.

BEPERKING VAN DE UITBREIDING VAN BRAND

Ieder nieuw gebouw moet beschikken over (sub)brandcompartimenten en brand- en rookvrije vluchtroutes. Ieder brandcompartiment kan weer worden opgedeeld in rookcompartimenten. De grootte van een brandcompartiment is afhankelijk van de vuurlast. Hoe groter de vuurlast, hoe hoger de eisen aan de Weerstand tegen BrandDoorslag en BrandOverslag (WBDBO).

Voor de duidelijkheid: branddoorslag is de uitbreiding van brand door inwendige scheidingsconstructies heen en brandoverslag vindt plaats via de buitenlucht (zoals via

Tabel 1 Brandwerendheidseisen met betrekking tot bezwijken

Bouwconstructie	Brandwerendheid m.b.t. bezwijken	BB2003 artikel	
Bouwconstructie waarvan het bezwijken leidt tot het onbruikbaar worden van rookvrije vluchtroute	30 minuten	2.9.1	
Hoofddraagconstructie van woonfunctie	geen vloer VG > 7m boven meetniveau	60 minuten ¹⁾	2.9.2
	hoogste vloer VG tussen 7m en 13m boven meetniveau	90 minuten	2.9.2
	hoogste vloer VG > 13m boven meetniveau	120 minuten	2.9.2

¹⁾ Geldt alleen voor woningen met meer dan drie bouwlagen.

²⁾ Brandwerendheid m.b.t. bezwijken mag met 30 minuten worden gereduceerd indien permanente vuurlast van het bouwwerk < 500 MJ/m².

³⁾ VG = Verblijfsgebied

Tabel 2 Brandvoortplantingsklasse van constructieonderdelen

Constructieonderdeel	Brandvoortplantingsklasse conform NEN 6065 of NEN 1775	Brandklasse NEN-EN 13501-1
VLOERAFWERKING		
van besloten of niet-besloten ruimten met een rookvrije vluchtroute in een woongebouw	T1	Cfl
van besloten of niet-besloten ruimten met een brand en rookvrije vluchtroute in alle gebouwen	T1	Cfl
van andere besloten of niet-besloten ruimten	T3	Dfl
WAND- EN PLAFONDAFWERKING		
van besloten of niet-besloten ruimten met een rookvrije vluchtroute in slaapfuncties	2	B(besloten) / C
van besloten of niet-besloten brand- en rookvrije vluchtroute	2	B(besloten) / C
van andere besloten of niet-besloten ruimte (basiseis)	4	D
GEVELAFWERKING (m.u.v. ramen, deuren, kozijnen e.d.)		
onderste 2,5m bij gebouw met vloer verblijfsgebied op 5m of meer (m.u.v. woning)	1	B
boven 13m hoogte	2	B
rest (basiseis)	4	D

raamopeningen in de gevel). Beide aspecten bepalen de WBDBO tussen (sub)brandcompartimenten (tabel 3).

De maximale oppervlakte van een brandcompartiment is 1000m². In een appartementencomplex is elke woning een subbrandcompartiment. In hoge woongebouwen zijn woningen meestal individuele brand- en rookcompartimenten. De vuurlast wordt zowel bepaald door bouwkundige constructies als door inrichting, inventaris en goederenopslag.

INRICHTING VAN ROOKVRIJE VLUCHTROUTES

Ieder nieuw gebouw moet beschikken over vluchtwegschema's, gebaseerd op de loopafstand naar uitgangen en rookvrije trappenhuizen. Normaal gesproken beschikt zo'n trappenhuis over een overdrukinstallatie en bedraagt de minimale brandwerendheid 60 minuten. Overigens moeten in de meeste grote gemeenten hoge woongebouwen beschikken over minstens twee brandweerliften met rookvrije voorportalen.

Tabel 3 Eisen aan branddoorslag en brandoverslag

Van ruimte	naar ruimte	WBDBO eis	BB2003 artikel
Brandcompartiment	ander brandcompartiment	60 minuten	2.106.1
	ander brandcompartiment met vuurlast < 500 MJ/m ²	30 minuten	2.106.2
	ander brandcompartiment op hetzelfde perceel + geen vloer VG > 7m	30 minuten	2.106.3
	al dan niet besloten veiligheidstrappenhuis	60 minuten	2.106.1
	besloten brand- en rookvrije vluchtroute (niet zijnde een veiligheidstrappenhuis)	30 minuten	2.106.4
Subcompartiment	andere besloten ruimte in zelfde brandcompartiment	60 minuten	2.118.1
	besloten ruimte binnen zelfde woonfunctie (GO > 500 m ²)	30 minuten	2.118.2
	andere besloten ruimte in zelfde brandcompartiment vuurlast < 550 MJ/m ² + geen vloer VG > 7m	30 minuten	2.118.3
	besloten rookvrije vluchtroute	30 minuten	2.118.4
Tussen onafhankelijke besloten vrije vluchtroutes (eis geldt niet voor samenvallend gedeelte en aan begin van 2 rookvrije vluchtroutes)		30 minuten	2.168.1

GO = Gebruiksoppervlakte

VG = Verblijfsgebied

MENSEN BESCHERMEN

TIJDENS HET ONTWERPEN VAN GEBOUWEN MOET REKENING WORDEN GEHOUDEN MET DE BESCHERMING VAN MENSEN EN HUN EIGENDOMMEN TEGEN BRANDGEVAAR. DE BESCHERMING DIE BETONNEN GEBOUWEN EN CONSTRUCTIES KUNNEN VERSCHAFFEN, SLUIT NAADLOOS AAN BIJ DE EUROPESE BRANDVEILIGHEIDSWETGEVING. DANKZIJ DE BRANDWERENDHEID VAN BETON, KUNNEN MENSEN OVERLEVEN EN ONTSNAPPEN. DAARNAAST GEEFT HET DE BRANDWEER DE KANS OM HAAR WERK SNEL EN GOED TE DOEN.

BETONCONSTRUCTIES HOUDEN STAND

In een brandveilig ontwerp worden de functies van een constructie-element aangeduid als dragend, dichtend en/of isolerend (REI, zie blz. 18). Een waarde in minuten (van 15 tot 360) geeft de minimum tijd aan dat het element dragend, dichtend en/of isolerend zal zijn. Uiteraard moet een constructie bij een brand voldoen aan de wettelijke eisen; maar beter presteren is veel wenselijker. Zodat overlevingskansen verbeteren en de brand effectiever kan worden bestreden. Beton verliest nauwelijks aan sterkte bij een doorsnee brand en biedt een langdurige, passieve bescherming. Het is het enige bouw materiaal dat niet afhankelijk is van actieve brandbestrijdingsmaatregelen zoals sprinklers.

BRANDVEILIGHEID IN DE WONINGBOUW

De Nederlandse overheid kwam naast de Europese eisen voor brandveiligheid met haar eigen visie. Vanwege de grote risico's wordt de woningbouw daarin specifiek vermeld. Die risico's zijn groot omdat er veel mensen aanwezig kunnen zijn en er door meubels en installaties een hoge vuurbelasting is. Tegelijkertijd lopen slapende mensen meer gevaar dan wakkere personen. Woningbouw verdient bij het ontwerp dan ook bijzondere aandacht voor brandveiligheidsvoorzieningen. De meeste doden bij woningbranden vallen door het inademen van rook of gassen van brandende materialen. Mensen raken bedwelmd en kunnen niet meer ontsnappen [1].



Brandweerlieden bestrijden brand vanachter veilige betonwand (foto: DMB/Fire Press)

VEILIGE VLUCHTWEG EN BRANDBESTRIJDING

Betonconstructies houden stand bij brand. Dat is belangrijk voor een veilige evacuatie en voor de brandbestrijding. Betonnen trappenhuizen, vloeren, plafonds en wanden voorkomen de verspreiding van brand en doen dienst als robuuste compartimenten. Daarmee vormen ze een veilige vlucht- en toegangsweg voor reddings-teams.

Voor meer informatie: WWW.BETONBRANDTNIET.NL.

DE WINDSOR-TOREN IN MADRID; ALLEEN BETONCONSTRUCTIE HOUDT STAND

IN FEBRUARI 2005 BREEKT ER EEN GROTE BRAND UIT IN DE WINDSOR-TOREN IN MADRID. DANKZIJ DE BETONNEN KOLOMMEN EN STABILITEITSKERNEN BEZWIJKT HET 29 VERDIEPINGEN TELLENDE GEBOUW NIET. STERKER NOG: DE BETONNEN OVERDRACHTSBALKEN BOVEN DE ZESTIENDE VERDIEPING HIELDEN HET VUUR BOVEN DAT NIVEAU MAAR LIEFST ZEVEN UUR IN BEDWANG [2].

De toren bestond uit een betonnen kern met daaromheen een staalbetonskelet en in de gevel stalen kolommen. Bijzonder waren de twee niveaus met technische ruimten, die zich op de derde en zeventiende verdieping bevonden. Zwaar gewapende, massieve betonvloeren en verdiepingshoge balken vormden een soort overgangsconstructie, waarmee de belasting vanuit de gevelkolommen naar de centrale kernconstructie werd overgebracht.

RENOVATIEPLAN

Toen de brand uitbrak, was een renovatieplan volop in uitvoering. De renovatie werd per verdieping uitgevoerd, startend vanaf de begane grond. De brandwerende bekleding van het staal was tot aan de zeventiende verdieping grotendeels aangebracht, op enkele delen van de negende en vijftiende verdieping na. Ook waren nog niet alle openingen tussen de gevelbekleding en de vloeren met brandbestendig materiaal afgeplakt en ontbraken sommige brandstoppen naar holle ruimtes en branddeuren naar verticale schachten.

Het vuur brak uit op de 21ste verdieping en kroop omhoog via de gevel en voor de renovatie aangebrachte openingen. Brandend gevelpuin zorgde voor vuurverspreiding naar beneden. Vanwege de hoogte, omvang en intensiteit van de vuurzee kon de brandweer het vuur alleen indammen en aanpalende gebouwen beschermen. Het vuur bleef 26 uur woeden; het interieur van alle verdiepingen werd verzwoegen.



De brand verwoestte de onbehandelde stalen gevelconstructie boven de technische ruimte op de 16e verdieping totaal (foto's: IECA)

STERKE CONSTRUCTIE

De constructie zelf bleef echter overeind. Alleen de gevel en de verdiepingen boven de bovenste betonnen 'technische verdieping' waren ingestort. De passieve weerstand van de betonnen kolommen en kern hadden totale instorting helpen voorkomen. De twee betonnen 'technische verdiepingen' speelden echter een doorslaggevende rol. Sterke betonvloeren met een regelmatige tussenruimte beperken het risico van instorting en voorkomen de verspreiding van brand. Een Spaans onderzoekscentrum onderzocht de gewapend betonnen constructie-elementen van de Windsor-toren [3]. Binnenin het beton was een temperatuur bereikt van 500°C, op een afstand van 50mm van het aan vuur blootgestelde oppervlak. Het toont de ernst van de brand en de goede prestaties van de betondekking.

EIGENDOMMEN EN BEDRIJVEN BESCHERMEN

UITERAARD IS BESCHERMING VAN MENSEN HET BELANGRIJKSTE. MAAR DE BRANDVEILIGHEID VAN DE (BETONNEN) GEBOUWEN EN CONSTRUCTIES IS OOK HEEL BELANGRIJK VOOR DE EIGENAARS / ONDERNEMERS, DE VERZEKERINGSMAATSCHAPPIJEN EN DE OVERHEIDSINSTANTIES. DENK AAN HET ECONOMISCH OVERLEVEN, DE MILIEUBESCHERMING EN DE INSTANDHOUDING VAN KRITIEKE INFRASTRUCTUUR. IN DE EUROPESE WETGEVING OP DE BRANDVEILIGHEID KOMT DE BESCHERMING VAN EIGENDOMMEN, AANPALENDE EIGENDOMMEN EN VRIJWARING VAN HET GEBOUW DAN OOK EXPLICIET AAN BOD.

KOSTEN BRANDSCHADE

De totale kosten van brandschade bedroegen in Nederland zowel in 2006 als in 2007 € 3,5 miljard. Dit is ongeveer 0,5% van ons BNP. Volgens Richard Oets, branchespecialist bij Delta Lloyd Schadebedrijf gaat meer dan 50% van de bedrijven in de MKB-sector na een brand binnen drie jaar failliet [4]. Ook voor commerciële ondernemingen zoals warenhuizen, hotels, fabrieken, kantoorgebouwen en distributiecentra kan brand leiden tot verlies van banen of bedrijfssluiting. Terwijl versterking van de functies door brand bij ziekenhuizen, spoorwegstations, waterzuiveringstations, krachtcentrales, overheidsgebouwen, gegevensopslag- en telecommunicatievoorzieningen kan leiden tot maatschappelijke problemen.

GRATIS BRANDVEILIGHEID

Aan brandveiligheid wordt wereldwijd slechts 2 tot 4% van de bouwkosten uitgegeven [1]. Wie met beton bouwt, krijgt de brandbescherming er echter gratis bij. De brandveiligheidseigenschappen van beton blijven intact zonder extra onderhoudskosten en ze zijn beter dan wettelijk is voorgeschreven.

WIE MET BETON BOUWT, KRIJGT BRANDBESCHERMING GRATIS

De brandweerstandseigenschappen van beton zorgen ervoor dat elke brand normaal gesproken beperkt zal blijven tot een klein gebied. Wanden en vloeren als betonnen compartimentering voorkomen brandverspreiding; de naastgelegen ruimtes kunnen na de brand gewoon weer worden gebruikt. Dit voorkomt verlies van waardevolle bezittingen, machines, uitrustingsmateriaal of voorraden en verkleint de verzekeringsschadeclaim.

LAGERE VERZEKERINGSPREMIES

In de meeste gevallen betaalt de verzekering voor de veroorzaakte brandschade. Vandaar dat verzekeringsmaatschappijen uitgebreide en precieze databases bijhouden over de prestaties van alle bouwmaterialen bij brand. Vanwege de uitstekende bescherming van beton zijn

vrijwel overal in Europa de verzekeringspremies voor betonnen gebouwen goedkoper. Bij het berekenen van de premie kijken verzekeraars naar:

- bouwmateriaal;
- type dakmateriaal;
- type activiteit/ gebruik van het gebouw;
- afstand tot de omliggende gebouwen;
- aard van de bouwelementen;
- type verwarmingssysteem;
- elektrische installatie(s);
- bescherming en anticipatie (gereedheid).

EIGENDOMMEN BESCHERMEN

In industriële gebouwen kunnen grote hoeveelheden brandbare goederen aanwezig zijn. Instorting door brand kan dan bijzonder gevaarlijk zijn. Compartimenten kunnen effectief worden gebruikt om de voorraad en de vuurbelasting te verdelen. Beton biedt hierbij belangrijke voordelen:

1. Inwendige betonnen compartimenteringwanden verkleinen het risico van brandoverslag naar de aanpalende ruimte, zodat de omvang van de schade beperkt blijft.
2. Bij gebouwen van één laag, zonder compartimenten en met grote dakoverspanningen, is het risico van vroegtijdige instorting van het dak bijzonder groot. Betonnen wanden blijven stabiel. Ze storten normaal gesproken niet in en brengen aanpalende gedeelten niet in gevaar. Zelfs niet als een dakligger instort.
3. Brandbestendige gevels in beton (met classificatie REI 120) voorkomen verspreiding van de brand en beschermen brandweerlieden. De brandweer kan zelfs ongeveer 50% dichterbij de brand komen, omdat de gevel dienst doet als hitteschild.
4. Betonnen gevelwanden voorkomen doeltreffend het overslaan van brand tussen gebouwen. Daarom mag in sommige landen de afstand tussen aangrenzende betonnen gebouwen kleiner zijn dan bij het gebruik van andere bouwmaterialen.
5. Een betonnen dak is onbrandbaar (klasse A-1 vuurvast) en zal geen gesmolten materiaal laten wegdruppelen.

BRANDVEILIGE OPSLAGHAL VAT LOGISTICS

NIET ALLEEN GEEFT EEN BETONNEN GEBOUW EEN BRANDVEILIGER GEVOEL. OPSLAG- EN TRANSPORTBEDRIJVEN BESPAREN OOK NOG EENS JAARLIJKS OP DE VERZEKERINGSPREMIE VOOR HET PAND EN DE OPGESLAGEN GOEDEREN. VOOR HET ROTTERDAMSE BEDRIJF VAT LOGISTICS WAS BRANDVEILIGHEID EEN DOORSLAGGEVEND CRITERIUM BIJ DE ONTWIKKELING VAN HUN NIEUWE 26.000M² GROTE OPSLAGHAL [5]. DE JAARLIJKSE BESPARING OP VERZEKERINGSPREMIES BEDRAAGT DUIZENDEN EURO'S.

Vanwege de opslag van gevaarlijke goederen en de eis om een onderhoudsvriendelijk gebouw, is gekozen voor betonnen prefab cascobouw. De betonnen gevelelementen bestaan uit een binnenblad van 90mm, een buitenblad van 50mm in uitgewassen beton en een 60mm dikke laag onbrandbaar isolatieschuim (resolschuim). De tussenwanden in de hal zijn 140mm dikke massieve brandwerende betonwanden. Naast een algemene brandwerendheid van 60 minuten voor de constructie, is ook een sprinklerinstallatie in het gebouw aanwezig. Om mogelijke reacties met water te voorkomen is voor één hal waarin gevaarlijke stoffen zullen worden opgeslagen, gekozen voor een schuimblussysteem.



Foto boven: betonnen gevel opslaghal VAT Logistics (foto's: Concrex bedrijfsbouw)

Foto onder: draagconstructieprincipe met betonnen kolommen en balken

Schuimblussysteem in opslagruimte gevaarlijke stoffen



ONTWERP VOOR BRANDVEILIGHEID

HET DOEL VAN EEN BRANDVEILIG GEBOUWCONCEPT IS OM PERSOONLIJKE EN MATERIËLE SCHADE TE BEPERKEN. EEN GOED ONTWERP EN DE JUISTE MATERIAALKEUZE ZIJN CRUCIAAL OM BRANDVEILIGHEID TE WAARBORGEN. HIERVOOR WORDEN DE VOLGENDE STAPPEN GEZET [6]:

1. VOORKOM HET ONTSTAAN VAN BRAND

Pas niet-brandbare materialen toe om het ontstaan van brand te voorkomen. De materiaalkeuze wordt daarbij bepaald door de reactie bij brand en niet door de weerstand tegen brand. Reactie bij brand geeft aan op welke manier een materiaal bijdraagt aan de brand, zoals gemak van ontsteken, warmteafgifte en vlamuitbreiding. Materialen mogen slechts beperkt rook ontwikkelen en geen giftige stoffen opleveren.

2. VLUCHTMOGELIJKHEDEN

Het voornaamste doel van brandveiligheid is dat mensen zo snel mogelijk kunnen evacueren en dat persoonlijk letsel wordt vermeden. De meest doeltreffende manier is het aanbrengen van vluchtwegen om de woning of het gebouw snel te kunnen verlaten.

3. VOORKOM ONTWIKKELING EN UITBREIDING VAN BRAND

Een brand wordt gekenmerkt door drie fasen: groei-, brand- en dooffase. Tijdens het ontstaan van een brand is de kans op schade niet erg groot: er is nog effectieve bestrijding mogelijk. Tijdens de groeifase zijn de thermische effecten op een constructie slechts plaatselijk merkbaar. Er bestaat nog geen gevaar voor bezwijken van de constructie: brandbare materialen ontleden (pyrolyse) en er is rookontwikkeling. De schade aan de constructie is dan ook gering (voornamelijk rookscha- de). Toch is het een kritieke fase omdat personen in het gebouw gevaar lopen.

Beton wordt in industriële gebouwen en gebouwen met meer verdiepingen gebruikt om stabiele compartimenten aan te brengen. Dankzij de compartimenten wordt het risico van totaal verlies in geval van een brand



Betonwanden verzorgen van nature stabiele (sub)brandcompartimenten (foto: Marcel van Kerckhoven)

aanzienlijk verminderd. De betonvloeren en -wanden verkleinen de brandzone zowel horizontaal (door wanden) als verticaal (door vloeren). Op een gemakkelijke en economische wijze zijn met beton veilige scheidingsconstructies te maken.

4. VOORKOMEN VAN BEZWIJKEN VAN HET GEBOUW

Bij het ontwerp moet rekening worden gehouden met de sterkte van de constructie. Dit om ontluchten mogelijk te maken en de brandweer haar werk te kunnen laten doen. Tijdens het branden hangt het temperatuurverloop af van verschillende factoren. De belangrijkste zijn: de vuurbelasting, de verbrandingswaarde van de aanwezige materialen, de ventilatiecondities en de afmetingen van de brandruimte. Via de energie- en massabalans kan aan de hand van de vrijgekomen energie het temperatuurverloop worden berekend. De temperatuur in het compartiment stijgt het snelst bij de vlamoverslag (flash-over). De brand is dan volledig ontwikkeld.

Voor meer informatie: WWW.BETONBRANDTNIET.NL.

BETONNEN COMPARTIMENTERING BEPERKT VERLIES

Een goede ventilatie zorgt voor de afvoer van rook, warmte en giftige stoffen. Maar het biedt ook beter en langer zicht bij ontluchten. Automatisch blussen (sprinkler) pakt de brand aan en beperkt de rookontwikkeling. Omdat de temperatuur laag blijft, is de schade aan gebouw en inhoud beperkt.

Een belangrijk middel om uitbreiding te voorkomen is compartimentering. Het indelen in afzonderlijke ruimtes met brandwerende wanden werkt doeltreffend om brandoverslag en branddoorslag voor een bepaalde tijd te voorkomen.

BRAND BIJ BOUWKUNDE; BETONNEN HOOFDDRAAGCONSTRUCTIE HOUDT LANG STAND

OP DINSDAG 13 MEI 2008 BREEKT ER BRAND UIT IN HET GEBOUW VAN DE FACULTEIT BOUWKUNDE VAN DE TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT. DE BRAND ZAL BIJNA 24 UUR WOEDEN EN VRIJWEL ALLES VERWOESTEN. ALLEEN EEN KAAL BETONSKELET BLIJFT ACHTER.

De brand ontstaat in een koffiezetapparaat op de zesde verdieping. Om 09.22 uur wordt de melding 'brand' geactiveerd. Systematische ontruiming volgt en om 09.27 uur arriveert de eerste brandweerwagen. Vanwege wateroverlast zijn grote delen van de waterleiding afgesloten. Dit bemoeilijkt het blussen. In korte tijd wordt de brand opgeschaald van aanvankelijk klein via middel (09.32 uur) en groot (09.33 uur) naar zeer grote brand (09.50 uur).



INSTORTGEVAAR

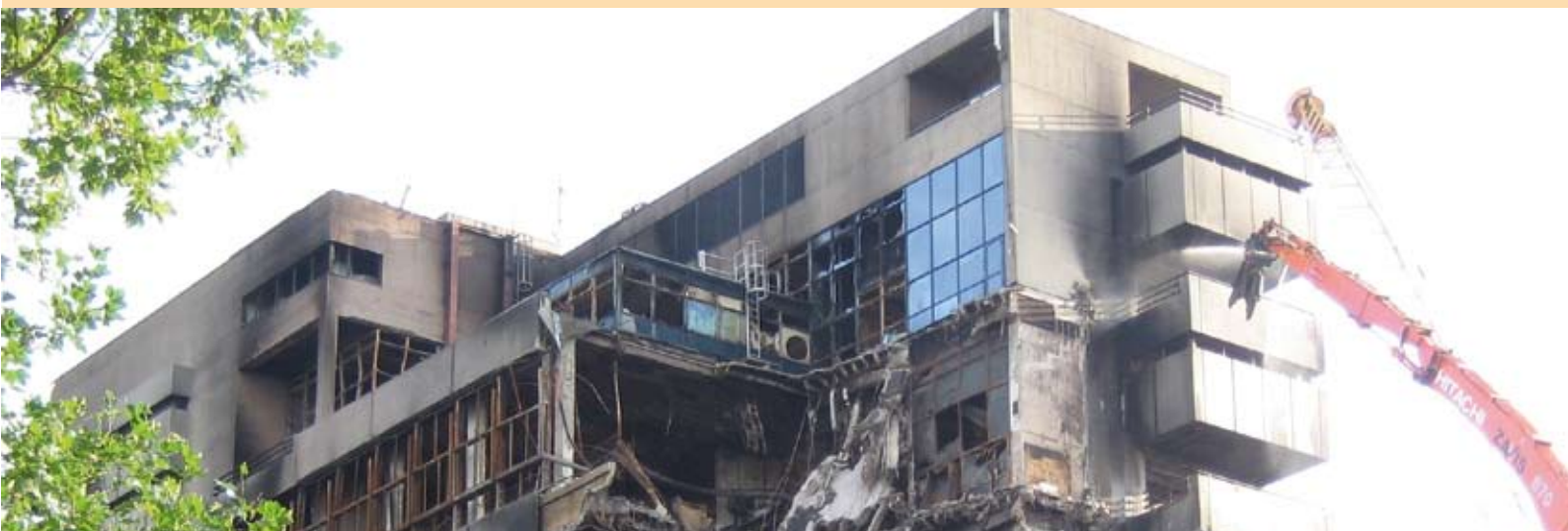
Rond 11.30 uur staan de verdiepingen 6 t.m. 11 bijna volledig in brand. Een adviseur van de dienst Bouw- en Woningtoezicht (BWT) heeft het bouwdoossier opgezocht. De hoofddraagconstructie blijkt een brandwerendheid van minimaal 90 minuten te hebben. De brandwerende scheidingsen hebben een weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (wbdbo) van minimaal 30 minuten. Die tijdsduur is al verstreken.

De kans is reëel dat het brandende deel zal instorten en wellicht de rest van het gebouw zal meetrokken. BWT adviseert hulpinstanties een afstand tot het gebouw aan te houden van minimaal tweemaal de hoogte van het gebouw. Iedereen moet het gebouw verlaten en op veilige afstand gaan staan. Om 12.15 uur is iedereen buiten. De brandweer besluit het gebouw gecontroleerd te laten afbranden. Om 16.40 uur stort uiteindelijk een deel van het gebouw in. De volgende dag om 06.00 uur is men de brand meester. Wat rest is een kaal, door brand aangetast betonskelet.

VUURLAST

De hoge vuurlast van het interieur was een van de oorzaken waarom de brand zo snel om zich heen kon grijpen. Om extra capaciteit in te bouwen, waren in de loop der tijd lichte stalen tussenverdiepingen aangebracht met houten bekleding. De wanden in het gebouw waren voor een groot deel afgewerkt met schrootjes en er stonden veel maquettes. De waardevolle collecties boeken, maquettes en stoelen zijn in de periode kort na de brand gered, omdat de betonconstructie grotendeels overeind bleef.

Foto boven: de bovenste verdiepingen staan al bijna volledig in brand. Foto onder: kort na de brand werd reeds de sloopvergunning afgegeven



PRESTATIES VAN BETON BIJ BRAND

BETON ONDSCHIEDT ZICH POSITIEF TEN OPZICHTE VAN ANDERE MATERIALEN, ZOWEL WAT BETREFT DE REACTIE BIJ BRAND ALS DE BRANDWEERSTAND.

De eigenschappen van een bouw materiaal zijn van invloed op het ontstaan en de ontwikkeling van een brand. Hierbij wordt gekeken naar de calorische potentiaal^{*)}, onbrandbaarheid, ontvlambaarheid, vlamuitbreiding op het oppervlak van het materiaal en eventueel naar andere eigenschappen, zoals rookvorming en productie van giftige gassen.

Brandweerstand heeft betrekking op constructie-elementen en geeft aan hoe deze in staat zijn bij brand hun functies te behouden. Dit is van belang bij een brand in volle intensiteit.

BETON BRANDT NIET

Beton kan niet in brand worden gestoken. Beton stoot ook geen rook of (giftige) gassen uit, wanneer het door brand wordt aangetast. Beton laat, in tegenstelling tot sommige plastics en metalen, geen gesmolten materiaal weg druppelen, dat tot ontvlammen zou kunnen leiden. Beton draagt daarom niet bij aan het uitbreken en verspreiden van brand of het vergroten van de vuurbelasting.

In de Europese normen staan alle bouwmaterialen gerangschikt volgens hun brandgedrag en brandweerstand. Deze rangschikking bepaalt of een materiaal kan worden gebruikt met of zonder bijkomende brandbescherming. Op basis van de Europese Bouwproductenrichtlijn (EN 13501-1 [8]) zijn de materialen naar brandgedrag in zeven klassen ondergebracht (A1, A2, B, C, D, E en F.)

BETON KAN NIET IN BRAND WORDEN GESTOKEN

De hoogst mogelijke classificatie is A1 (onbrandbare materialen). De Europese Commissie heeft een bindende lijst van goedgekeurde materialen gepubliceerd. Hierop staan ook de verschillende types beton en de minerale bestanddelen ervan, zoals zand en grind. Beton valt in klasse A1, omdat de minerale bestanddelen effectief onbrandbaar zijn (niet ontvlammen bij de temperaturen die normaal gesproken optreden bij brand).

BETON IS EEN BESCHERMEND MATERIAAL

Beton heeft een hoge brandweerstandsgraad. Als het goed is ontworpen is het zelfs in de meeste toepassin-

De brandontwikkeling hangt af van drie aspecten:

1. de grootte van de brandbare lading in het brandend compartiment en de maximale warmteafgifte (lees: het maximaal calorisch debiet);
2. de oppervlakte van de openingen in de buitenwanden;
3. de thermische eigenschappen van de wanden en (bij verdiepingbouw) de vloeren.

gen brandbestand. De betonmassa zorgt voor een grote warmteopslagcapaciteit, terwijl de poreuze structuur leidt tot een relatief lage opwarmingssnelheid. Dankzij deze eigenschappen kan beton dienst doen als vuurschild.

In de brandproef conform de standaard ISO 834 werden drie zijden van betonbalken van 160 x 300mm (bxd) een uur lang aan vuur blootgesteld. Op 16mm van het oppervlak bedroeg de temperatuur van het beton 600°C, terwijl op 42mm van het oppervlak nog maar 300°C (de helft!) werd gemeten. Ofwel een temperatuurdaling van 300°C in slechts 26mm beton! [9]. Deze proef toonde de relatief lage opwarmingssnelheid van beton. De binnenste zones bleven goed beschermd en zelfs na een lange periode was de inwendige temperatuur van beton relatief laag.

Conclusie: beton behoudt haar constructieve capaciteit en is een perfect materiaal voor scheidingselementen.

BETON ONDER BRANDBELASTING

Brand is van invloed op alle materialen, dus ook op beton. Een zeer sterke temperatuurtoename veroorzaakt fysisch-chemische wijzigingen, zoals dehydratatie door uitdroging en decarbonatie [10]. Dit veroorzaakt krimp en afname van sterkte en stijfheid. Dehydratatie en decarbonatie zijn endotherme reacties: ze absorberen warmte-energie. Dit vertraagt de opwarming van het aan brand blootgestelde materiaal.

Van het opgewarmde oppervlak af, vormt zich een dehydratatie- en een verdampingsfront. Hier is de temperatuur rond de 100 °C. Als de capillaire poriën te fijn zijn, kan de stijgende dampdruk trekspanningen in het beton veroorzaken. Dit gaat door tot op het punt dat de sterktegrens van het beton wordt overschreden. Dit fenomeen kan nog worden versterkt als het beton een hoge vochtigheid heeft of als de verhitting snel verloopt. Betonfragmenten kunnen dan met meer of minder

^{*)} De calorische potentiaal is de hoeveelheid warmte die een materiaal afgeeft bij totale en volmaakte verbranding, uitgedrukt in kJ/kg

GEDRAG VAN GRANULATEN EN CEMENTSTEEN

ZELFS IN BESCHADIGDE TOESTAND WERKT BETON NOG ALS EEN ISOLERENDE LAAG EN HITTESCHILD. HIERDOOR WORDT DE DRAGENDE KERN BESCHERMD TEGEN HET VOLLE EFFECT VAN HOGE TEMPERATUREN. DE NADELIGE EFFECTEN VAN WARMTE (ZIE HIERONDER) TREDEN NORMAAL GESPROKEN ALLEEN OP IN DE BUITENSTE, 30 TOT 50MM Dikke LAAG.

TOT 100 °C treedt eerst een lichte uitzetting van de cementsteen op, terwijl het beton zijn vrije water verliest: het verdamppt uit de capillaire poriën. Deze blootstelling aan warmte is over het algemeen onschadelijk voor het beton.

VANAF 100 °C krimpt de cementpasta merkbaar, omdat zowel het vrije als het chemisch gebonden water uit het beton ontsnapt.

VANAF 300 °C ontbindt de tobermoriet-gel (CSH) en de in de cementsteen aanwezige ijzerhoudende verbindingen oxideren. De kleur verandert van grijs naar rozerood. De cementsteen trekt samen, terwijl de granulaten verder uitzetten.

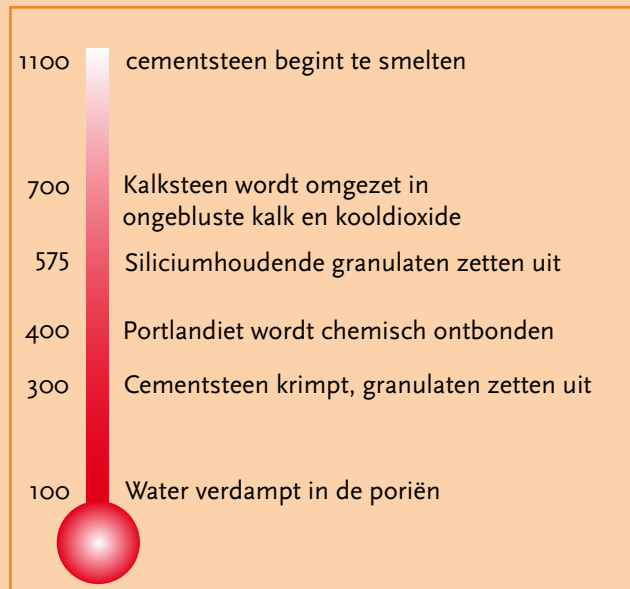
Bij 400 °C begint de calciumhydroxide $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (portlandiet of afgekort CH) te ontbinden in kalk (CaO) en water (H_2O). De ontbindingssnelheid is nul bij 400 °C, bereikt een hoogtepunt bij ongeveer 500 °C en keert terug tot nul bij 600 °C.

Bij 575 °C ondergaan de siliciumhoudende granulaten (zand en grof grind) een endotherme kristallijne omzetting van kwarts α in kwarts β . Dit gaat gepaard met een bruuske vermeerdering van hun volume met ongeveer 5,7%. Deze vermeerdering kan schade veroorzaken aan het beton. Dergelijke granulaten zijn riviergrind, zandsteen en kwartshoudende rotsen. Kalkhoudende granulaten zoals kalksteen en dolomiet zijn juist stabiel tot ongeveer 700 °C.

BOVEN 700 °C begint de decarbonatie van de kalksteen (CaCO_3) in calciumoxide (CaO of 'ongebliste kalk') en kooldioxide (CO_2). Deze endotherme reactie leidt tot een vertraging van de temperatuurverhoging in het beton en maakt een belangrijke hoeveelheid CO_2 vrij.

De ongebliste kalk die wordt geproduceerd door de dehydratie van $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (boven 400 °C) en de decarbonatie van CaCO_3 (boven 700 °C), verbindt zich bij afkoeling met de omgevingsvochtigheid. Samen vormen ze $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Deze reactie gaat gepaard met een belangrijke volumevermeerdering (44%) die het uiteenvallen van het beton veroorzaakt. Na een brand wordt daarom het beton vervangen in de zones die zijn blootgesteld aan temperaturen hoger dan 300 °C.

BOVEN 1100 °C begint de cementsteen (afhankelijk van de chemische samenstelling) te smelten. Portlandcementpasta bijvoorbeeld begint te smelten bij ongeveer 1350 °C.



Oppervlak van betonnen proefmonsters waaraan polypropyleenvezels zijn toegevoegd na uitvoerige brandproef voor overkapping A2 bij Utrecht (foto: Efectis)



geweld van het oppervlak van het element worden weggeslingerd (zie 'afspatten').

Interne scheurvorming en degradatie/desintegratie van de cementsteen zorgt voor het sterkteverlies. Naast de interne scheuren kunnen bij zeer hoge temperaturen ook scheuren worden vastgesteld in de interface tussen de granulaten en de cementsteen. Vanwege de fysisch-chemische wijzigingen in de cementsteen, neemt de cohesie ervan af. De structuur van beton verandert tijdens een brand op uiterst complexe wijze (zie kader blz. 13). De veranderingen die optreden in het beton bij 'lage' temperaturen (< 300 °C) weerspiegelen vooral wijzigingen in de cementsteen, aangezien alle gebruikelijke granulaten tot 300 °C stabiel blijven.

AFSPATTEN

Beton bevat meer water dan voor hydratatie nodig is, zelfs in het geval van hogesterktebeton met lage watercementfactor (wcf). Het overtollige water blijft na het verharden van het beton achter in de poriën. Bij brandbelasting zal het poriënwater vanaf een temperatuur van 100°C stoom vormen.

Bij conventioneel beton (wcf 0,5) kan deze stoom snel genoeg door de poriënstructuur heen worden afgevoerd. Bij hoogwaardig beton zoals hogesterktebeton en zelfverdichtend beton (wcf 0,3) lukt dit niet. Het levert een stoomdruk op in het beton. Als deze te hoog is, wordt een oppervlaktelaag op vrij explosieve wijze afgeduwd. Dit verschijnsel is typerend voor de eerste dertig minuten na blootstelling aan brand en heet het spatgedrag van beton bij brand [11].

In de Eurocode staan maatregelen voorgeschreven die het explosief afspatten bij betonsoorten met een dichte oppervlaktestructuur moeten verhinderen. Een economische en effectieve oplossing is het toevoegen van polypropyleenvezels aan het hogesterktebeton [12]. Dit vergroot de porositeit van het beton zodra de vezels als gevolg van de temperatuuroename wegsmelten. Explosief afspatten kan ook voorkomen bij vloeren

of balken van voorgespannen beton. De thermische spanningen worden door dehydratatie opgeteld bij de zeer hoge mechanische spanningen in het beton. Net als ieder ander ingeklemd constructie-element, wordt vervorming van beton belemmerd en geblokkeerd. Bij de analyse van de stabiliteit van een constructie-element moet hiermee rekening worden gehouden. Om explosief afspatten te beletten, beperkt de Eurocode de drukspanning. Een vereiste minimale lijfdikte als functie van de gewenste brandweerstand, voorkomt een plotselinge breuk van het balklijf.

HERSTEL

De fysisch-chemische wijzigingen spelen zich in het beton voor het grootste deel in de buitenste zones af. Daardoor zijn betonconstructies na een brand van beperkte omvang relatief eenvoudig te herstellen. Zeker bij economisch en maatschappelijk belangrijke constructies (zoals verkeerstunnels en viaducten) is dit een groot voordeel.

In de B&U-sector wordt na een brand reparatie of herbouw vergeleken met andere huisvesting en minimaal bedrijfsverlies. Renovatie en reparatie genieten vaak de voorkeur boven afbraak en wederopbouw. De snelheid waarmee renovatie en reparatie kan plaatsvinden is dan ook belangrijk.

Voor meer informatie: WWW.BETONBRANDTNIET.NL.

Betonmortel met polypropyleenvezels (foto: Gerard Drost)



VIADUCT NA BEKISTINGBRAND GEHEEL HERSTELD

DOOR NOG ONBEKENDE OORZAAK RAAKTE DE BEKISTING VAN EEN IN AANBOUW ZIJNDE FLY-OVER OVER EEN LENGTE VAN 90M IN BRAND. DE FLY-OVER BEVOND ZICH IN DE AANSLUITING A17/A16 TEN ZUIDEN VAN DE MOERDIJKBRUG [13].

Het beton was nog maar net gestort, waardoor de langsvoorspanning nauwelijks 15% van de eindvoorspanning bedroeg. De aluminium ondersteuningsconstructie stond door de brand op instorten. Door de langsvoorspanning snel op te voeren naar 65%, kwam de veiligheid tijdelijk op het gewenste niveau.

PETROGRAFISCH ONDERZOEK

Na het bluswerk zijn de bekisting en ondersteuningsconstructie vervangen en is de schade opgenomen. Petrografisch onderzoek aan boorkernen toonde aan, dat de isotherm van 350 °C en de microscheurvorming niet dieper dan op enkele centimeters afstand van het betonoppervlak te vinden waren. Daarnaast bleek dat het constructieve draagvermogen in essentie niet was aangetast. Vanwege duurzaamheid en esthetische aspecten werden de kolommen en de gehele onderzijde en de rand van het dek gerepareerd.

REPARATIE

Na het verwijderen van de aangetaste delen en het opruwen van de vrijkomende oppervlakken door gritstralen, is de constructie met spuitbeton en RVS ankertjes vastgezet en met een RVS wapeningsnet Ø2–50 gerepareerd. De reparatie nam twaalf weken in beslag. Overeenkomstig de door de opdrachtgever gemeente Breda gevraagde esthetische kwaliteit ten aanzien van kleur, vlakheid, strakheid en structuur.



*Kolomoppervlak na de brand
RVS wapeningsnet Ø 2 - 50*



*Aangetaste betonhuid verwijderd met gritstralen
Viaduct na afronding reparatiewerkzaamheden (foto's: Walter Zwart)*



EUROPESE RICHTLIJNEN

VROEGER WERDEN BRANDVEILIGHEIDSEISEN OPGESTELD DOOR NATIONALE OVERHEDEN.
TEGENWOORDIG ZIJN DEZE GEBASEERD OP EUROPESE INSTRUCTIES, NORMEN EN RICHTLIJNEN.

Bij het ontwerp van een brandveilig gebouw moeten vele doelstellingen worden vervuld. Zo moet de hoofdconstructie:

1. draagvermogen behouden;
2. mensen beschermen tegen schadelijke rook en gassen;
3. mensen beschutten tegen hitte;
4. brandweerinterventie vergemakkelijken.

Beton voldoet op eenvoudige, economische en uiterst betrouwbare wijze aan alle doelstellingen van brandveiligheid. Tabel 4 toont aan hoe met behulp van betonbouw aan de eisen wordt voldaan en illustreert de uitgebreide beschermende functies van betonconstructies. De vijf vereisten in tabel 4 moeten ook worden meegenomen bij het constructief ontwerp en vormen de basis voor ontwerpmethodes voor constructie-elementen met het oog op brandveiligheid in de Eurocodes[15].

Ieder volgens Eurocode 2 ontworpen bouwwerk moet aan de volgende brandveiligheidscriteria voldoen:

- Weerstand (R);
- Vlamdichtheid of scheiding (E);
- Thermische isolatie (I).

Tabel 4 Vereisten voor brandveiligheid en hun verband met beton

Doelstelling	Vereiste	Gebruik van beton
1. Ontwikkeling van een brand afremmen	Wanden, vloeren en plafonds moeten van een onbrandbaar materiaal zijn gemaakt	Beton als materiaal is inert en onbrandbaar (klasse A1)
2. Stabiliteit van de belastingdragende elementen over een gespecificeerde periode waarborgen	Elementen moeten vervaardigd zijn van onbrandbaar materiaal en moeten een grote brandweerstand bezitten	Beton is onbrandbaar en door zijn lage warmtegeleiding houdt zijn constructieve sterkte bij een doorsnee brand grotendeels stand
3. Ontwikkeling en verspreiding van brand en rook beperken	Brandscheidingswanden en -vloeren moeten onbrandbaar zijn en een grote brandweerstand hebben	Op maat ontworpen aansluitingen in beton verminderen de kwetsbaarheid voor brand. En maken daarbij volop gebruik van de constructieve continuïteit
4. Evacuatie van bewoners vergemakkelijken en veiligheid van reddingsteams waarborgen	Ontsnappingsroutes moeten van onbrandbaar materiaal zijn vervaardigd en een grote brandweerstand hebben, zodat ze zonder gevaar gedurende langere periode kunnen worden gebruikt	Betonnen stabiliteitskernen zijn uiterst sterk en kunnen zeer hoge niveaus van brandweerstand bieden. Bouwmethodes met glijbekisting of klimbekisting zijn bijzonder effectief
5. Interventie van reddingsploegen (brandweerlieden) vergemakkelijken	Belastingdragende elementen moeten een grote brandweerstand hebben om effectieve brandbestrijding mogelijk te maken; er mogen geen brandende druppels zijn	Belastingdragende betonelementen behouden hun integriteit langdurig en beton produceert geen gesmolten materiaal

BRANDPROEVEN OP WARE GROOTTE

De eigenschappen van beton werden beproefd tijdens een grootschalig brandexperiment op een betonnen proefgebouw. Het onderzoek vond plaats bij het onafhankelijke onderzoeksinstituut Building Research Establishment (BRE) in Cardington (UK) in 2001[14].

Het zeven verdiepingen hoge proefgebouw was ontworpen op 60 minuten brandwerendheid en opgebouwd uit elementen van zowel beton met normale als hoge sterkte. Hogesterktebeton (C70/85) was toegepast in de kolommen voor het compartiment van de brandhaard. Om afsputten te voorkomen, waren polypropyleenvezels aan het mengsel toegevoegd. De vloeren waren uitgevoerd als vlakke plaatvloeren in sterkteklasse C30/37.

De brand veroorzaakte hevig afsputgedrag aan de onderzijde van de vloer; het vallende beton had overigens een dempende werking op de brandontwikkeling. De kolommen van hogesterktebeton voldeden goed en vertoonden geen enkel afsputgedrag. De totale constructie liet zowel tijdens als na de brand geen enkel bezwijkpatroon zien.

WONINGEN BOVEN BRANDENDE SUPERMARKT GERED

IN DE NACHT EN VROEGE OCHTEND VAN 10 SEPTEMBER 2007 WOEDDE EEN HEVIGE BRAND IN EEN SUPERMARKT OP DE BEGANE GROND VAN EEN APPARTEMENTENCOMPLEX IN DORDRECHT. OM 00.15 UUR GING ER EEN INBRAAKALARM AF. DE POLITIE CONSTATEERDE TER PLEKKE ROOKONTWIKKELING EN ALARMEERDE DE BRANDWEER. DE BRAND BREIDDE ZICH SNEL UIT, WAARDOOR DE BEWONERS VAN NEGEN BOVEN DE SUPERMARKT GELEGEN WONINGEN MOESTEN WORDEN GEËVACUEERD. OM 05.15 UUR WERD HET SEIN 'BRAND MEESTER' GEGEVEN. HET NABLUSSEN DUURDE NOG ENKELE DAGEN.

Het appartementencomplex was in 1979 volgens de tunnelgietbouwmethode gebouwd. Het blok bovenop de supermarkt was zes beuken breed en drie verdiepingen hoog. Op de begane grond was het voor tunnelgietbouw kenmerkende wandenstramien doorbroken om een open winkelruimte te creëren. De wandschijven rustten hier op een kolommenstructuur. Het winkelcomplex was naar achteren toe uitgebouwd met een staalconstructie. Deze staalconstructie was na de brand totaal verwoest.

De belangrijkste vraag direct na de ramp was of de bewoners hun appartementen weer mochten betreden om hun bezittingen op te kunnen halen. Op basis van de ontwerpberekeningen en -tekeningen en visuele inspecties werd na twee weken besloten dat de constructie nog voldoende veiligheid bezat om de bewoners in de gelegenheid te stellen hun bezittingen uit hun woningen te halen.

Door de eigenaar is overwogen het complex te slopen en opnieuw op te bouwen, maar uiteindelijk is besloten tot een grondige reparatie. Halverwege 2008 werd hiermee begonnen.

Eén eindwand, die ongewapend was uitgevoerd, vertoonde aanzienlijke scheurvorming. Het bleek desondanks constructief mogelijk te zijn de wand te behouden door middel van het injecteren van de scheuren. Om de verticale krachtsafdracht blijvend te garanderen, werd de wand tevens ondervangen met een staalconstructie.

Om de capaciteit van de vloerwapening na de brand te bepalen, werden proefmonsters uit verschillende vloervelden genomen en beproefd. Het wapeningsstaal bleek nog voldoende sterk. Ook bij verschillende scheuren werden monsters genomen en beproefd. De scheuren bleken niet van invloed op de sterkte van het wapeningsstaal.

Het uiteindelijke hersteladvies luidde:

- injecteren van scheuren > 0,3 mm met een constructieve injectiehars;
- verwijderen van losse schollen beton en vervolgens aanhelen met spuitbeton;
- aanbrengen van verschillende herstelconstructies uitgevoerd in staal.

De meeste reparaties werden uitgevoerd omwille van de constructieve veiligheid, duurzaamheid en cosmetische redenen.

Eind 2008 konden de bewoners uiteindelijk weer naar hun woningen terugkeren.

Voor de winkelruimte is nog geen bestemming gevonden.

Impressies van de ravage en restanten van het appartementencomplex (foto's: Vogel b.v.)



Deze drie criteria worden uitgelegd in tabel 5. De referentieletters R, E en I worden samen met cijfers gebruikt die verwijzen naar de weerstand in minuten ten opzichte van de standaard ISO-brandnorm. Zo is een belasting-

dragende wand die gedurende 90 minuten brandwerend is, geclassificeerd als R90. Een belastingdragende afscheidingswand zou RE90 zijn en een belastingdragende, brandvertragende scheidingswand zou REI90 zijn.

Tabel 5 De drie hoofdbrandveiligheidscriteria - aanpassing van Eurocode 2, Deel 1-2 [15]

Omschrijving	Brandgrenstoestand	Criterium
Résistance (R) ook genoemd: Brandweerstand Draagvermogen	Belastinggrens De constructie moet haar draagvermogen behouden	<ul style="list-style-type: none"> De belastingdragende weerstand van de constructie moet gedurende een bepaalde periode worden gewaarborgd. De tijdsduur dat het brandvertragend draagvermogen van een element in stand wordt gehouden, hetgeen wordt bepaald door de mechanische sterkte onder belasting
Etanchéité (E) ook genoemd: Vlamdichtheid	Integriteitslimiet De constructie moet mensen en goederen beschermen tegen vlammen, schadelijke rook en hete gassen	<ul style="list-style-type: none"> Er is geen integriteitsfeilen, waardoor de doorslag van vlammen en hete gassen naar de niet-blootgestelde zijde wordt voorkomen. De tijdsduur dat, naast brandweerstand, het branddoorslagvermogen van een element in stand wordt gehouden, wat wordt bepaald door de dichtheid van de aansluitingen voor vlammen en gassen
Isolation (I) ook genoemd: Brandvertraging Hitteafscherming Scheiding	Isolatielimiet De constructie moet mensen en goederen afschermen van de hitte	<ul style="list-style-type: none"> Er is geen onderbreking in de isolatie, waardoor de temperatuur stijging aan de niet-blootgestelde zijde wordt beperkt. De tijdsduur dat, naast brandweerstand en branddoorslag, het brandvertragingsvermogen van een element in stand wordt gehouden, wat wordt gedefinieerd door een toelaatbare temperatuurstijging aan de niet-blootgestelde zijde

AANBEVELINGEN NA 9-11

Na de aanslag op het World Trade Centre in New York van 11 september 2001, kwam het National Institute of Standards and Technology (NIST) met een opmerkelijk rapport[16]. Het rapport beschrijft na drie jaar onderzoek de factoren die waarschijnlijk leidden tot de instorting van de twee torengebouwen met de stalen draagconstructie. Daarnaast kwam NIST met 30 aanbevelingen op de gebieden van constructief ontwerp en menselijke veiligheid.

Enkele aanbevelingen uit het NIST-rapport zijn:

- **Verhoogde constructieve integriteit:** voorkom voortschrijdende instorting en pas nationaal aanvaarde teststandaarden toe.
- **Verhoogde brandweerstand van constructies:** zorg voor goede vlucht- en toegangswegen, uitbrandmogelijkheid zonder gedeeltelijke instorting, overvloed aan brandbeschermingssystemen, compartimentering en ga bij de bouw uit van worst case scenario's.
- **Nieuwe methoden voor brandweerstandsontwerp van constructies:** onbeheersbare gebouwbranden moeten uit kunnen branden zonder gedeeltelijke of totale instorting.
- **Verbeterde evacuatie van het gebouw:** in stand houden van integriteit en overlevingsmogelijkheid.
- **Verbeterde actieve brandbeveiliging:** alarm-, communicatie- en bestrijdingssystemen.
- **Verbeterde technologieën en procedures om bij noodsituaties in te grijpen.**
- **Strengere regelgeving voor sprinklers en vluchtwegen in bestaande gebouwen.**

De American Society of Civil Engineers (ASCE) behandelde de vliegtuigaanval op het Pentagon. Zij concludeerde dat de constructie van gewapend beton mede ervoor zorgde dat verdere gebouwschade achterwege bleef [17]. Het rapport doet de aanbeveling dergelijke belangrijke gebouwen in de toekomst altijd te voorzien van een betonnen constructie.

LAGERE VERZEKERINGSPREMIES MET BETON

In navolging van een in Frankrijk uitgevoerde studie is uitgezocht wat in Nederland de financiële voordelen met betrekking tot de verzekeringspremies zijn van bouwen met beton. In Frankrijk kan het voordeel van bouwen met beton oplopen tot 20% van de standaard verzekeringspremie. In Nederland blijken deze voordelen minimaal 6% tot maximaal 47% te zijn. Voor het Nederlandse onderzoek zijn ruim 100 offertes opgevraagd bij diverse verzekeringsmaatschappijen. Het ging hierbij altijd om hetzelfde type woning, waarbij alleen de aard van de constructie (bouwaard, buitenzijde en vloer) telkens varieerde. Op deze manier is de invloed van bouwen met beton in kaart gebracht ten opzichte van bouwen met andere materialen. Tabel 6 geeft de gemiddelde en maximale verschillen weer.

Tabel 6 Voordeel van bouwen met beton ten opzichte van andere materialen

Bouwaard	Buitenzijde (indien van toepassing)	Vloer	Gemiddeld voordeel	Maximaal voordeel
beton (steen/hard)		beton	-	-
beton (steen/hard)		hout	7%	24%
hout/hard		beton	43%	65%
hout/hard		hout	47%	72%
houtskeletbouw	steen	beton	6%	45%
houtskeletbouw	hout	beton	36%	65%
houtskeletbouw	steen	hout	12%	59%
houtskeletbouw	hout	hout	41%	65%

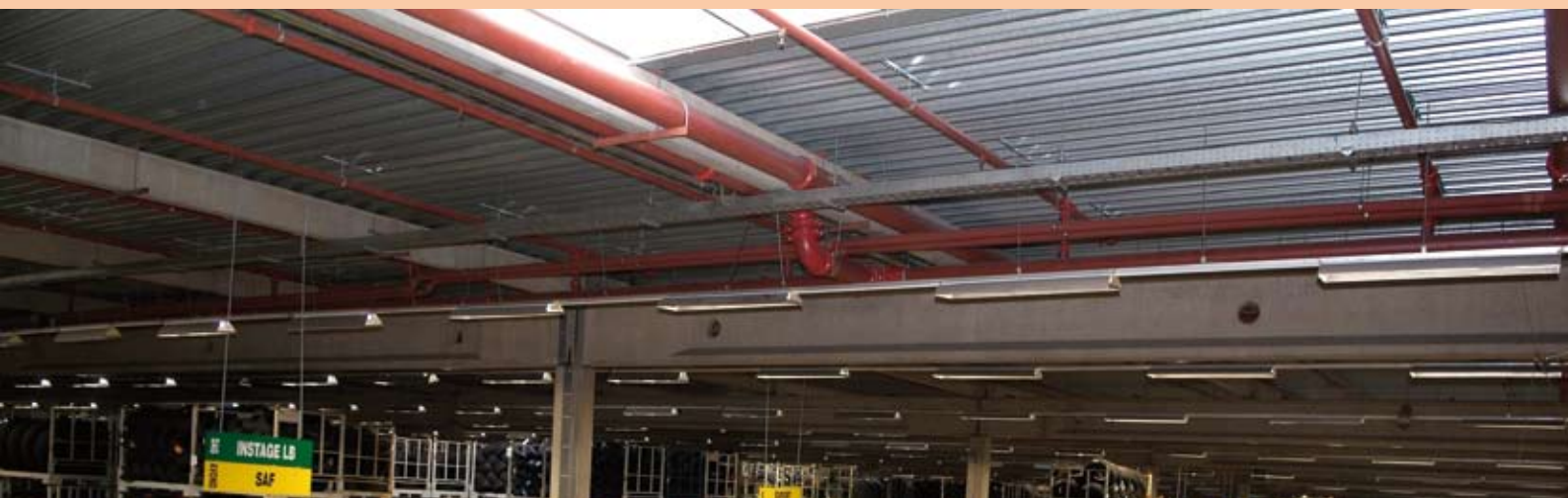
Bron: USP Marketing Consultancy, maart 2009

Het blijkt dus dat een volledig uit beton opgetrokken woning altijd de laagste verzekeringspremies met zich meebrengt. Ten opzichte van een volledig uit hout opgetrokken woning valt de verzekeringspremie van een betonnen woning minstens 40% lager uit. Verder zijn er binnen de woningbouw ook verschillen te ontdekken, namelijk tussen grondgebonden woningen en hoogbouw (tot 4 lagen). Een grondgebonden woning kent maximaal 20% en gemiddeld 12% lagere verzekeringspremies dan appartementen.

De conclusie dat bouwen met beton goedkoper is met betrekking tot de verzekeringspremies geldt dus zeker voor de woningbouw. Wat in de woningbouw geldt, geldt normaal gesproken ook in de utiliteitsbouw en waarschijnlijk zelfs in hogere mate. Bijkomende factoren die in de woningbouw niet gelden, maar wel in de utiliteitsbouw van belang zijn, zijn namelijk de aard van de activiteiten in het eigen pand en die van eventueel belendende panden. Indien de aard van de activiteiten risicovol is, kan een gebouw opgetrokken uit beton deze risico's beter neutraliseren dan wanneer er hout in het gebouw verwerkt is. Verder kunnen extra voorzorgsmaatregelen, zoals sprinklerinstallaties bijdragen aan nog lagere verzekeringspremies.

Kortom, het loont dus om te bouwen met beton: het levert namelijk lagere verzekeringspremies op dan andere bouwmethoden!

Sprinklerinstallaties verlagen de verzekeringspremie nog meer (foto: Aqua+ Sprinklersystemen b.v.)



BETON EN BRANDVEILIGHEIDSBEREKENING

OM BIJ HET ONTWERP VAN EEN CONSTRUCTIE REKENING TE HOUDEN MET BRAND, WERDEN VROEGER HOOFDZAKELIJK SEMI-EMPIRISCHE METHODEN GEBRUIKT. DOOR DE INVOERING VAN DE EUROCODES KAN DE BRANDWERENDHEID NU WORDEN BEREKEND, OP BASIS VAN MECHANISCHE EN THERMISCHE MODELLEN MET VERSCHILLENDE COMPLEXITEIT.

Eurocode 2 (EC2) Deel 1–2[15] behandelt het brandveiligheidsontwerp met gebruik van betonconstructies. Dit is inclusief de ongewilde blootstelling aan brand, aspecten van passieve brandpreventie en algemene brandveiligheid (zoals de indeling volgens de REI-criteria).

EC2 stelt constructeurs in staat een constructie te dimensioneren en de brandweerstand ervan na te gaan. Dit gebeurt door gebruik te maken van een van de volgende methodes:

1. Bepalen van de minimum kenmerkende waarden van zowel afmetingen en betondekking in overeenstemming met tabellen.
2. Dimensionering van de dwarsdoorsnede van het element, met een vereenvoudigde methode voor het bepalen van de onbeschadigde restdoorsnede als een functie van de ISO-temperatuurcurve.
3. Dimensionering met algemene berekeningsmethoden, als een functie van de temperatuurbelasting en het gedrag van het element onder verhitting.

FIRE SAFETY ENGINEERING

Fire safety engineering (FSE of brandveiligheidsberekening) is een relatief nieuwe manier van het berekenen van brandveiligheidsmaatregelen. Het gebeurt op basis van prestatiegerichte methoden in plaats van via beschrijvende gegevenstabellen.

Deze werkwijze wordt hoofdzakelijk gebruikt om bij grote en complexe constructies (zoals luchthavens, winkelcentra, beursgebouwen en ziekenhuizen) de vereisten aan brandbeschermingsmaatregelen tot een minimum te beperken.

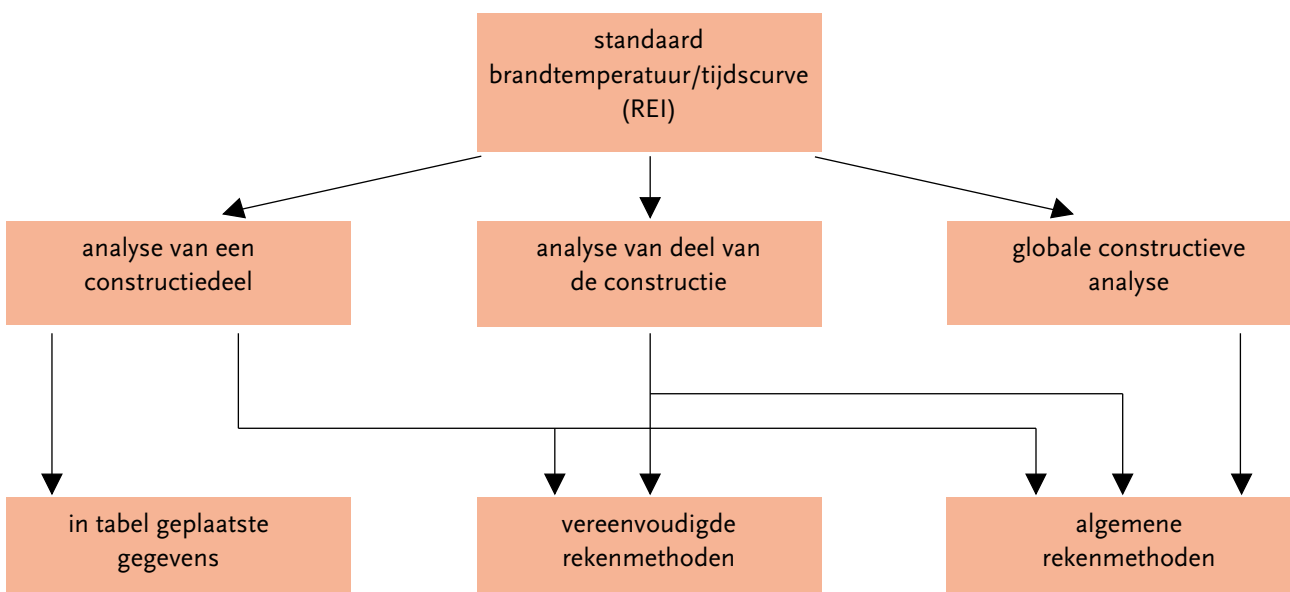
ISO omschrijft FSE als volgt:

“Toepassing van berekeningsmethodes gebaseerd op wetenschappelijke principes voor de ontwikkeling of beoordeling van ontwerpen in de bouw, via de analyse van specifieke brandscenario’s of via de bepaling van het brandrisico voor een groep van brandscenario’s”.

De ontwerpprocedure die in de brandveiligheidsberekening wordt gebruikt, houdt rekening met onderstaande factoren bij de berekening van de vuurbelasting. Met de berekening zijn individuele constructie-elementen te bepalen en kan de geschatte kans dat een brand constructieve schade zal veroorzaken worden beoordeeld:

- de kenmerkende vuurbelastingsdichtheid per eenheid vloerzone (waarden staan in EC1, Deel 1-2, [18]);
- de verwachte vuurbelasting veroorzaakt door de verbranding van de inhoud (verbrandingsfactor);
- brandrisico vanwege de grootte van het compartiment (grote compartimenten krijgen een grotere risicofactor);

Ontwerpprocedure voor brandweerstand van constructies



- de waarschijnlijkheid van het uitbreken van een brand op basis van bewoners en gebruikstype (gebruiksfactor);
- ventilatieomstandigheden en hitteafgifte.

De berekeningsmethode maakt vervolgens gebruik van de som van alle actieve brandbestrijdingsmaatregelen binnen het gebouw. Op deze manier wordt de laatste factor in de vuurbelastingsberekening verkregen:

- automatische branddetectie (zoals hittealarmen, rookalarmen, geautomatiseerde transmissie van alarmsignaal naar de brandweercentrale);
- automatische brandbestrijding (zoals sprinklers, brandblussystemen, beschikbaarheid van een onafhankelijke watertoevoer);
- handmatige brandbestrijding (zoals bedrijfsbrandweer, vroegtijdige interventie van externe/plaatselijke brandweerdienst).

BETON IS VAN NATURE BRANDWEREND

Beton is van nature brandwerend. Daarom blijven de brandveiligheidsgaranties altijd van toepassing, zelfs na een verandering in gebruik. Wanneer de brandveiligheid van een gebouw wordt verzorgd door FSE, zal dit alleen gelden bij onveranderd gebruik. Verandert het gebruik, dan is de bescherming die wordt geboden door FSE niet langer van toepassing. Verzekeringsmaatschappijen waarschuwen er dan ook voor dat preventieve maatregelen voor een deel hun doel verliezen als een gebouw van functie verandert [4].

Voor meer informatie: WWW.BETONBRANDTNIET.NL.

Glaspaleis Heerlen; een betonconstructie uit 1937 die na de renovatie onverminderd brandveilig is



LITERATUUR

1. Neck, U, Comprehensive fire protection with precast concrete elements – the future situation in Europe. Proceedings of BIBM 17th International Congress of the Precast Concrete Industry, Ankara, 2002.
2. Betonskelet weerstaat vlammenzee. Cement 2006 nr. 7.
3. INTEMAC (2005). Fire in the Windsor Building, Madrid. Survey of the fire resistance and residual bearing capacity of the structure after fire, Notas de Información Técnica (NIT), NIT-2 (05), (Spanish and English). Intemac (Instituto Técnico de Materiales y Construcciones), Madrid, Spanje.
4. Wapperom, Henk, Voorkomen is beter dan blussen. Cement 2006 nr. 7.
5. Keijzer, M., Veilige opslag op Maasvlakte. Cement 2007 nr. 8.
6. Rabaut, D., Prestatiegericht brandveilig ontwerpen. Cement 2006 nr. 7
7. Zannoni, M., J.G.H. Bos, K.E. Engelen en U. Rosenthal, Brand bij Bouwkunde; Evaluatie van de crisisbeheersing en vergunningverlening. COT, Den Haag, 22 december 2008.
8. NEN-EN 13501-1 - Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen - Deel 1: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag. NEN, Delft, januari 2003.
9. Kordina, K. & C. Meyer-Ottens, Beton-Brandschutz-Handbuck. Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1981.
10. Denoël, J.-F., Beton en brand. Cement 2006 nr. 7.
11. Vervuurt, A.H.J.M., & A.J. Breunese, Spatgedrag van beton bij brand. Cement 2006 nr. 7.
12. Schutter, G. De, et al., Spatgedrag van beton blootgesteld aan brand. Cement 2008 nr. 7.
13. Zwart, W.H., Bekistingbrand tijdens verharding. Cement 2006 nr. 7.
14. Chana, P. & B. Price, The Cardington fire test. Concrete – the magazine of The Concrete Society, januari 2003.
15. NEN-EN 1992-1-2 – Eurocode 2 - Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-2: Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand. NEN, Delft, april 2005.
16. NIST. Federal Building and Fire Safety investigation of the World Trade Centre disaster: Final report of the National Construction Safety Team on the collapse of the World Trade Center Tower. NCSTAR 1.
17. American Society of Civil Engineers, The Pentagon building performance report. ASCE, Washington, 2003.
18. NEN-EN 1991-1-2 – Eurocode 1 – Belastingen op constructies – Deel 1-2: Belastingen bij brand. NEN, Delft, 2002.

VERANTWOORDING

De publicatie 'Brandveiligheid, natuurlijk met beton!' is geïnspireerd door de Engelstalige brochure 'Comprehensive fire protection and safety with concrete' van het European Concrete Platform (ECP). Het ECP is de koepelassociatie van de Europese brancheorganisaties van de cement- en betonproducenten en leveranciers van toeslagmaterialen en hulpstoffen.

De Nederlandse brancheverenigingen BFBN (Bond van Fabrikanten van Betonproducten in Nederland), het Cement&BetonCentrum (vereniging van Europese cementindustrieën met een commercieel belang op de Nederlandse markt), VOBN (Vereniging van Ondernemingen van Betonmortelfabrikanten in Nederland), Cascade (vereniging van zand- en grindproducenten) en VHB (Vereniging van fabrikanten en leveranciers van Hulpstoffen voor mortel en Beton) hebben gezamenlijk het initiatief genomen om op basis van de ECP-brochure een Nederlandstalige brochure samen te stellen die geschikt is voor Nederlandse doelgroepen.

COLOFON

CONCEPT: European Concrete Platform, Brussel

UITGAVE: BFBN, Cement&BetonCentrum, VOBN, Cascade en VHB

BEWERKING: Henk Wapperom (Cement&BetonCentrum) i.s.m. Willem Welling (BFBN), Remco Kerkhoven (VOBN) en EH tekstproducties

GRAFISCH ONTWERP EN REALISATIE:
Natasja Steenbergen (Cement&BetonCentrum)

DRUK: Drukkerij Lecturis, Eindhoven

NABESTELLINGEN: WWW.BETONBRANDTNIET.NL



VOBN

