



Brandveiligheid

SMART Building -lessen Brandveiligheid – kwartiel 8 2017-2018



Versie: 03062018

Dit dictaat is samengesteld op basis van het lesmateriaal
"Brandveiligheid van gebouwen" van
het lectoraat Brandveiligheid in de Bouw
Saxion Enschede

Auteurs:

ing. D. den Boer
ing. R. Burcksen RSE
ir. R.J.M. Hartgerink
ir. R.A.P. van Herpen
ir. E. Janse
ir. B. Kersten
dr. M. Kobes
ing. M.R. Leurink
drs. N. Oberijé

Redactie:

ir. D.J. de Boer
ir. R.A.P. van Herpen FIFireE
M. Kepel
K. Pol

Bewerking:

Ir. M.A.M. Ammerlaan en ir. A.M.S. Weersink
Saxion

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Brandveiligheid: effect- of risicobeheersing	6
2.1	Wat is veilig?	6
2.2	Van regels naar concepten	8
2.3	Denken in concepten	10
2.4	Fysische en empirische modellen	11
3	Brandfysica	12
3.1	Het verbrandingsproces	12
3.2	Onder- en bovenwaarde van verbranding	13
3.3	Luchtfactor	14
3.4	Brandscenario: temperatuur vs. brandvermogen	15
3.5	Vuurlastberekening	17
3.6	Brandscenario: fasen in het brandverloop	20
3.7	Toepassing bouwkunde	21
4	Menselijke aspecten bij brand	22
4.1	Brand en rook	22
4.2	Fysiologische aspecten bij thermische belasting	22
4.3	Convectieve warmte (ruimtetemperatuur)	23
4.4	Warmtestraling	24
4.5	Fysiologische aspecten bij rookverontreiniging	26
4.6	Noodzaak voor een psychonomische benadering	29
5	Warmtetransport	32
5.1	Warmtetransport, algemeen	32
5.2	Niet-stationair warmtetransport	37
6	Gedrag van constructies bij brand	38
6.1	Toepassing in de praktijk	38
6.2	Brandgedrag van veel voorkomende materiaalsoorten	38
6.3	Brandgedrag oppervlakte materialen	40
6.4	Euroklassen	41
6.5	Brandwerende constructies	42
6.6	Draagconstructies	44
6.7	Doorvoeren	47
6.8	Branddoorslag via de constructie	49
6.9	Firestops	53
7	Brandinstallaties	54
7.1	Gelijkwaardige veiligheid aan de bouwregelgeving	54
7.2	Brandbeveiligingsystemen	54

7.3	Blussystemen.....	55
7.4	(Droge) blusleidingen en hydranten	57
7.5	Brandmeld- en ontruimingsinstallaties (ontruimingalarmsystemen)	59
7.6	Andere brandbeveiligingsystemen.....	64
8	Probabilistische benadering	67
9	Brandscenario	76
10	Stappenplan brandveilig gebouw ontwerpen volgens BB.....	79
	BIJLAGE 1: Permanente vuurbelasting - berekening.....	81
	BIJLAGE 2: Beschrijving Blussystemen.....	85

1 Inleiding

Het meemaken van een brand in een gebouw heeft in het algemeen een grote impact op een mens omdat dit vaak direct levensbedreigend is.

De snelheid van brandontwikkeling is een belangrijke factor voor fataliteit bij brand, aangezien bij fatale branden veelal sprake is van een situatie die door overlevenden veelal wordt aangeduid als 'een plotseling zeer snelle branduitbreiding'¹. Voorbeelden van fatale branden met een zeer snelle branduitbreiding zijn de brand in de Coconut Grove Dance Hall (Boston, 1942) waarbij 490 mensen zijn omgekomen, de brand in DuPont Plaza (Puerto Rico, 1986), waarbij 83 mensen het leven lieten, de brand in de discotheek in Gothenburg (Zweden, 1998) met 63 doden, de brand in café 't Hemeltje in Volendam (2001), waarbij 14 mensen zijn omgekomen, en de brand in nachtclub/café The Station (Rhode Island, 2003), waarbij 100 dodelijke slachtoffers vielen. En dit is slechts een kleine greep uit de lange lijst van dergelijke rampen.

Niet elke bouwkundige kan met gezag vaststellen of een vergunningsaanvraag, een bouwplan, een bouwwerk of het gebruik van een gebouw aan de voorschriften in de bouwregelgeving voldoet. De burger moet erop kunnen vertrouwen dat het oordeel van een toezichthouder (zoals een inspecteur van de gemeente) of adviseur (van bijvoorbeeld een bouwkundig adviesbureau) deskundig is. De vakbekwaamheidseisen zijn momenteel nog niet vastgelegd.

Enkele basisbegrippen

Blootstellingsduur: tijdsperiode waarover mensen worden blootgesteld aan bijv. een bepaalde warmtestraling of met rook of een andere stof verontreinigde lucht.

Flashover: het moment waarop de brandruimte zo heet geworden is dat alle aanwezige brandstof spontaan gelijktijdig ontsteekt,

Het optreden van flashover betekent dat een lokale brand overgaat in een volledig ontwikkelde compartimentsbrand: het gehele brandcompartiment staat in brand.

Risico: kan worden gedefinieerd als het product van de kans op het optreden van een incident en het effect dat hiervan het gevolg is. Soms wordt het effect zwaarder gewogen dan de kans, dan is de relatie niet-lineair.

Zichtlengte. Dit is de afstand waarover een persoon voorwerpen kan waarnemen.

¹Sime 2001; Kobes 2008a

2 Brandveiligheid: effect- of risicobeheersing

2.1 Wat is veilig?

Om brandveilig te kunnen bouwen en gebouwen veilig te kunnen gebruiken moet eerst worden vastgesteld wat 'veilig' is. Het zal altijd zo zijn dat 'nog veiliger' niet altijd haalbaar is. Kosten, maar ook gebruiksgemak, flexibiliteit en duurzaamheid kunnen hierin belemmerende factoren zijn. Maar wat is dan wel voldoende veilig en welke maatregelen zijn daarvoor nodig, welke zijn het overwegen waard en welke voeren te ver? Immers, behalve bij bunkers die niet gebruikt worden en dus leeg zijn, zijn brandrisico's in gebouwen altijd aanwezig. De kunst is deze risico's voldoende in te perken.

Met de aanpassingen in de Woningwet en andere overheidsdocumenten is de laatste jaren de rol van de gebouweigenaar steeds belangrijker geworden. De gebouweigenaar is de eindverantwoordelijke geworden en heeft ook de 'zorgplicht' als het gaat om brandveiligheid.

Zoek de verschillen!

De onderstaande figuren geven twee voorbeelden van gelijke gebruiksfuncties, waarvoor in de publiekrechtelijke regelgeving gelijke brandveiligheidseisen gelden. Uit oogpunt van brandveiligheid is er dus geen verschil tussen de voorbeelden in figuur 1 en evenmin tussen de voorbeelden in figuur 2. Of toch wel?



Figuur 1: Twee parkeergarages met elk circa 600 parkeerplaatsen. In het ene geval bevindt de parkeergarage zich geheel bovengronds zonder gevels (links), in het andere geval is de garage half verdiept en volledig besloten (rechts).



Figuur 2: Twee opslaghallen van ongeveer gelijke grootte en met eenzelfde vuurlast. In het ene geval vindt de opslag plaats bij omgevingstemperatuur (links: +20 °C), in het andere geval gaat het om een vriesveem (rechts: -20 °C).

In figuur 1 gaat het in termen van het Bouwbesluit om twee 'overige gebruiksfuncties voor het stallen van motorvoertuigen', die vanuit de regelgeving gezien identiek zijn en dus aan dezelfde prestatie-eisen moeten voldoen. Zo geldt voor de bovengrondse stalen parkeergarage een eis aan de brandwerendheid van de draagconstructie met betrekking tot bezwijken van 90 minuten. Dat wil zeggen dat de garage niet zomaar mag instorten als daar 90 minuten lang een 'standaard brand' heerst. Deze standaard brandkromme leidt tot een zodanige temperatuur in de stalen hoofddraagconstructie dat het staal beschermd moet worden om dat te voorkomen (door bijvoorbeeld het toepassen van een brandwerende bekleding of coating).

Vanwege het ontbreken van gevels in de bovengrondse garage en het specifieke autobrandscenario (alleen een lokale brand van beperkte omvang), is in dit geval de temperatuuropbouw zo gering dat de stalen draagconstructie onbeschermd uitgevoerd kan worden. Dit kan worden onderbouwd aan de hand van brandtesten en modellen. Kortom, vanuit brandfysisch oogpunt is er een groot verschil tussen de niet-besloten bovengrondse garage en de besloten ondergrondse garage.

In figuur 2 gaat het om twee industriefuncties voor het opslaan van goederen, die vanuit de regelgeving gezien identiek zijn en dus aan dezelfde prestatie-eisen moeten voldoen. Hier zijn eisen aan onder andere loopafstanden, uitgangsbreedte, brandoverslagrisico's naar de buurpercelen, in stand houding draagconstructies e.d. identiek. Echter, de kans op het ontstaan van een brand en het optreden van flashover is in de twee industriefuncties geheel verschillend. Met name de ontstaanskans van brand is in het vriesveem aanzienlijk

kleiner dan in de opslag bij omgevingstemperatuur. Kortom, wanneer rekening wordt gehouden met kansen, risico's en onzekerheden is er een groot verschil tussen het vriesveem en de opslag bij kamertemperatuur, terwijl de regelgeving dezelfde veiligheidsmaatregelen voorschrijft.

De bovenstaande voorbeelden geven aan dat de publiekrechtelijke regelgeving (Bouwbesluit) ongenueanceerd is, dat wil zeggen zwart-wit. Er moet worden voldaan aan de voorschriften in de regelgeving; als aan alle voorschriften wordt voldaan is het gebouw brandveilig en anders niet. Echter, sommige voorschriften kunnen bij een specifiek gebouw geen enkele waarde hebben, terwijl ze in een ander gebouw misschien niet streng genoeg zijn. Voorschriften kunnen dus tot verschillende veiligheidsniveaus leiden bij verschillende gebouwen, zelfs wanneer deze dezelfde gebruiksfunctie bezitten. Er kan niet gesproken worden van één veiligheidsniveau dat in de regelgeving vastligt.

Een eenduidig veiligheidsniveau kan wel worden bereikt door:

- Een meer fysieke benadering van brandveiligheid (en vluchtveiligheid); in combinatie met
- rekening houden met de onzekerheden in het gebouwontwerp.

Het denken in risico's en onzekerheden in brandveiligheid wordt wel een probabilistische benadering van brandveiligheid genoemd.

2.2 Van regels naar concepten

Regelgeving en brandfysica

In het Bouwbesluit wordt het minimum brandveiligheidsniveau vastgelegd door voor elke relevante grootheid afzonderlijk een prestatie-eis met grenswaarden te definiëren.

Het grote aantal eisen kan als nadeel worden gezien. Toch heeft de uitsplitsing in prestatie-eisen in het Bouwbesluit ook belangrijke voordelen. De toetsing is relatief eenvoudig²; voor elke grootheid hoeft alleen gecontroleerd te worden of aan de gestelde grenswaarde wordt voldaan. Dit is een ja/nee of een goed/fout toetsing, ongenueanceerd maar helder en eenduidig. De toetsing is daardoor ook goed reproduceerbaar.

Brandfysica speelt hierin geen expliciete rol. Natuurlijk heeft brandfysica op onderdelen een rol gespeeld in het opstellen van de regels, maar die rol is vaak ondergeschikt aan andere belangen. De regels zijn grotendeels historisch gegroeid, mede naar aanleiding van praktijkbranden.

²De praktijk van 20 jaar Bouwbesluit wijst echter anders uit: brandveiligheid is berucht en wordt als complex ervaren.

Brandfysica gaat in ontwerp en realisatie van een gebouw vooral een rol spelen wanneer een toetsing op elke grootte afzonderlijk niet meer mogelijk is. Dit is het geval in brandbeveiligingsconcepten en gelijkwaardige oplossingen, waarin met fysische modellen het voorzieningenniveau wordt gedimensioneerd om aan de functionele eisen van het Bouwbesluit te kunnen voldoen. In deze modellen zijn diverse grootheden met elkaar verweven. Een ongenueanceerde deterministische toetsing (goed/fout) is daardoor niet meer mogelijk. In dit geval is een meer genuanceerde en integrale benadering noodzakelijk op basis van een probabilistische toetsing (risico-analyse). Immers, er bestaat geen standaard brand en er is ook geen standaard respons van mens en constructie. Er zijn vaak veel scenario's mogelijk, elk met hun eigen waarschijnlijkheid.

Een eenvoudig voorbeeld is de loopafstand door de rook die in de vluchtroute mag worden afgelegd, het Bouwbesluit stelt dat deze bij brand beperkt moet zijn, waardoor al snel een indeling in (subbrand)compartimenten nodig is. Als dat onmogelijk of onwenselijk is, zoals in een grote niet-ingedeeld bijeenkomsthal, een grote winkelfunctie of een overdekte winkelstraat, dan kan een installatie voor de afvoer van warmte en rook uitkomst bieden.

Met zo'n rook- en warmteafvoerinstallatie (RWA-installatie) wordt de vluchtroute in geval van brand rookvrij gehouden, waardoor een grenswaarde aan de loopafstand door de rook niet meer van toepassing is. Een indeling in compartimenten kan dan achterwege blijven. Het Bouwbesluit staat dat ook toe, mits wordt gemotiveerd dat daarmee tenminste

hetzelfde veiligheidsniveau wordt bereikt als met de voorschriften in het Bouwbesluit. Per project moet dat door de aanvrager gemotiveerd worden. De gemeentelijke afdeling Bouw- en woningtoezicht beoordeelt of de motivering correct is.

De aanpak met fysische modellen, gecombineerd met een probabilistische benadering leidt tot maatwerk brandveiligheid. Het brandbeveiligingsconcept legt daarbij vast hoe die fysische modellen via een risicoanalyse met elkaar verweven zijn. Een integrale aanpak van brandveiligheid dus!



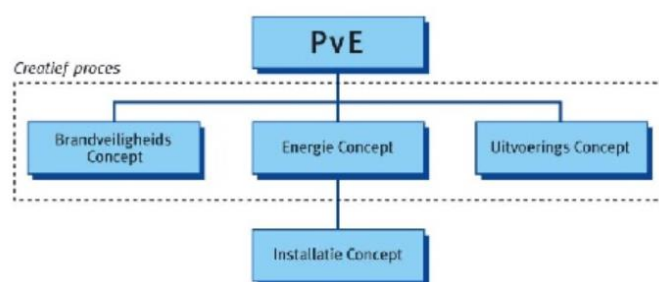
Figuur 3: Rook- en warmteafvoervoorzieningen in overdekte winkelstraten.

2.3 Denken in concepten

Het conceptueel denken is onderdeel van het ontwerpproces. Feitelijk gebeurt dit in alle disciplines.

Zo gaat de architect uit van een ruimtelijk-functioneel concept, dat uit het van te voren opgestelde programma van eisen volgt, voordat hij dit concreet gaat vormgeven. De installatie-adviseur doet hetzelfde: hij gaat uit van een installatieconcept, dat voldoende comfort biedt volgens het programma van eisen en voldoende energiezuinig is volgens de bouwregelgeving (Bouwbesluit), voordat hij dit in concrete installaties gaat dimensioneren.

Voor brandveiligheid is eenzelfde denkwijze van toepassing:



Figuur 4: Integraal ontwerpen, concepten dienen ontwikkeld te worden voordat een Voorlopig Ontwerp (V.O.) tot stand komt.

De brandveiligheidsadviseur moet uitgaan van een brandbeveiligingsconcept, dat voldoende veiligheid biedt volgens de bouw- en milieuregelgeving (Bouwbesluit, Activiteitenbesluit e.d.), voordat hij dit in concrete voorzieningen kan vertalen. Een belangrijk kenmerk daarbij is een genuanceerde beschouwing van het prestatieniveau dat wordt verlangd. Het gaat vaak niet meer om grenswaarden veilig/onveilig, maar om een probabilistische benadering (risicoanalyse) en een scenario-benadering (met name voor vluchtveiligheid en inzet van hulpdiensten).

Het op de juiste wijze met elkaar verbinden van de verschillende fysische en empirische modellen wordt bepaald in het brandbeveiligingsconcept. Dit concept geeft de visie weer ten aanzien van brandveiligheid. De verschillende modellen zorgen voor een concrete uitwerking.

Aan een brandconcept wordt vaak gerefereerd als het BIO-model

- Bouwkundige maatregelen
- Installatietechnische maatregelen
- Organisatorische maatregelen

De integraliteit van de voorzieningen of maatregelen wordt geborgd in het brandbeveiligingsconcept, of Integraal Plan Brandveiligheid (IPB). Daarin zijn ook de risicodoelen opgenomen waaraan moet worden getoetst. Die toetsing is mogelijk in een probabilistische benadering, waarmee tevens de betrouwbaarheid van de maatregelen kan worden gewogen. Dat is belangrijk, want vaak zijn organisatorische maatregelen minder betrouwbaar dan installatietechnische of bouwkundige maatregelen.

2.4 Fysische en empirische modellen

Om invulling te kunnen geven aan brandbeveiligingsconcepten en deze vervolgens te kunnen toetsen aan risicodoelen zijn fysische en empirische modellen nodig. Deze modellen beschrijven de optredende bron (temperatuur en rookverontreiniging) en de daarbij behorende respons van bouwkundige constructies (draag- en scheidingsconstructies), installatietechnische componenten (zoals brand- en rookmelders, sprinklerinstallaties e.d.) en aanwezige personen (gebouwgebruikers, bezoekers, hulpverleners en de organisatie daarvan) met behulp van fysische relaties.

3 Brandfysica

3.1 Het verbrandingsproces

Verbranding is oxidatie van een stof, bij hoge temperatuur, waarbij warmte vrijkomt. Het is dus een exotherme chemische reactie. Voor verbranding is nodig:

- de aanwezigheid van brandstof;
- voldoende luchttoevoer in verband met de nodige zuurstof;
- een ontstekings temperatuur, waarop de brandstof moet worden gebracht;
- omgevingscondities, waardoor de verbranding kan worden onderhouden, als een voortschrijdende kettingreactie.



Als een van deze vier voorwaarden ontbreekt, dan dooft de brand. Daarop zijn brandpreventie en brandblussen gebaseerd.

Brandstoffen zijn te onderscheiden in:

- vaste stoffen (bij voorbeeld hout, textiel, vloerbedekking, asfalt, kunststoffen);
- vloeistoffen (bij voorbeeld olie, benzine, spiritus, alcohol);
- gasen (bij voorbeeld aardgas, mijn gas, koolmonoxide);
- aerosolen of stofdeeltjes (bij voorbeeld houtzaagsel, roet, poederkruid, bruinkoolstof).

De producten, die ontstaan bij verbranding zijn:

- warmte (vlammen);
- verbrandingsgasen (CO_2 , CO , H_2O , SO_2);
- rook bij onvolledige verbranding (roet, aerosolen).

De brandstoffen zijn hoofdzakelijk organische stoffen, dus behorend tot de koolstofchemie. Het zijn koolstofketens of ringverbindingen, met waterstofatomen verbonden en sporen van andere elementen. Soms echter zijn elementen brandgevaarlijk, mits voldoende verdeeld, zoals plaatstaal en aluminium, waarvan evenwel de ontstekings temperatuur hoog ligt (ca. 1500°C).

Hoe het verbrandingsproces verloopt, is goed te beschrijven aan de hand van een kaarsvlam. Circa 4 à 5% van de ontwikkelde warmte straalt terug naar de kaars. Daardoor smelt een deel van het kaarsvet en wordt capillair opgezogen via de pit. Boven in de pit verdampt het kaarsvet en gaan de moleculen steeds sneller bewegen door de energietoevoer. In de reactiezone diffundeert zuurstof naar binnen en worden de kaarsvetmoleculen gekraakt (ze vallen uiteen in kleinere moleculen of atomen).

Veel ervan zal verbranden tot CO_2 en H_2O , maar bij het kraken komen in de regel roetdeeltjes vrij (blauwe zone). Door de voldoende hoge temperatuur zullen deze roetdeeltjes ook verbranden tot CO_2 ; dit gebeurt in het lichtgevende gele deel van de vlam.

Bij de berekening van alle processen gaat men altijd uit van:

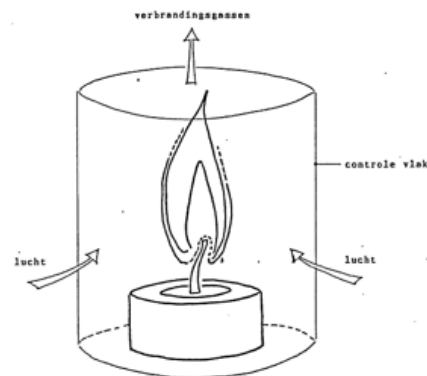
- de wet van behoud van massa;
- de wet van behoud van energie;
- andere (thermodynamische, chemische of fysische) wetmatigheden.

Wanneer een controlevlak om de kaarsvlam wordt getrokken, kan beoordeeld worden wat erin komt en wat eruit gaat (stationaire beschouwing).

De massawet kan eenvoudig beschreven worden:

$$\text{Massa (brandstof + lucht)} = \text{massa verbrandingsgassen}$$

De verbrandingsgassen bestaan uit CO_2 en H_2O , bij volledige verbranding van een koolwaterstof brandstof (in dit geval kaarsvet).



Figuur 5: Controlevlak rondom een kaarsvlam

Voor de energiewet is het wat moeilijker. Er ontstaat verbrandingswarmte, per massa-eenheid kaarsvet. Een deel daarvan wordt gebruikt voor het onderhouden van het proces, het andere deel komt vrij naar de omgeving:

$$\text{Verbrandingswarmte} + \text{energie in toegevoerde lucht} = \text{energie voor:} \\ (\text{smelten} + \text{capillair transport} + \text{verdampen} + \text{kraken}) + \text{straling naar de omgeving} + \\ \text{warmteafvoer via de verbrandingsgassen naar de omgeving} = \text{proceswarmte} + \text{omgevingswarmte}$$

3.2 Onder- en bovenwaarde van verbranding

Bij de berekening van verbrandingsgassen wordt van de volgende begrippen gebruik gemaakt; men onderscheidt boven- en onderverbrandingswaarde:

De bovenverbrandingswaarde Q_b is de warmte die vrijkomt bij volledige verbranding van 1 kg of 1 m^3 voor de betreffende droge stof (of gas) in lucht (of zuurstof), waarbij de verbrandingsgassen afgekoeld worden tot de begintoestand (de barometerdruk en 20 °C) en de ontstane waterdamp is gecondenseerd.

De onderverbranding Q_o is de bovenverbranding minus de condensatiewarmte van het gevormde water.

Een normaal kubieke meter (m_n^3) is $1 m^3$ van een betreffend gas bij 101.325 kPa (1 atmosfeer) en 273.15 K (0 °C), in volkomen droge toestand. Van een ideaal gas heeft 1 kMol een volume van 22,4 m_n^3

Circa 4 à 5% van de verbrandingswarmte is nodig voor het onderhoud van het proces, dus ongeveer 95% komt vrij naar de omgeving in de vorm van straling en convectieve warmteoverdracht door de verbrandingsgassen.

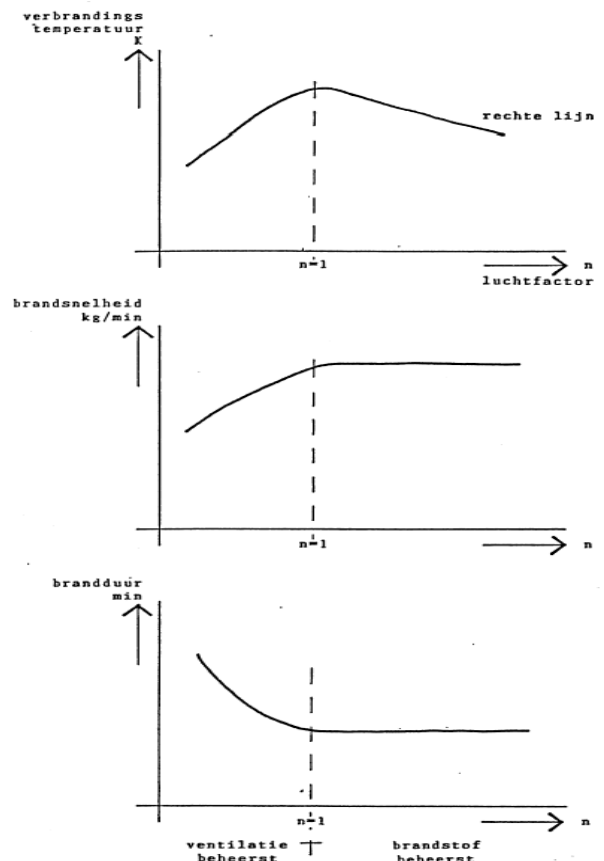
3.3 Luchtfactor

Als onvoldoende O_2 aanwezig is, dan ontstaat er CO en wordt er minder warmte ontwikkeld. Als een vlam teveel afkoelt, dan ontstaat roet. Voor een beheerste verbranding is een geringe luchtvermaat en een goede menging van brandstof en lucht nodig (luchtvermaat = 1,1 à 1,3).

Bij een onbeheerste verbranding gebeurt alles tegelijk:

- Plaatselijk is er onvoldoende O_2 aanwezig en elders een overschot. In de rookgassen komen dus CO, CO_2 en O_2 gezamenlijk voor.
- Plaatselijk ontstaat door afkoeling (door de omgeving of door teveel koude luchttoevoer) roet.
- Door de aanwezigheid van CO, O_2 en roet kunnen de rookgassen een explosief gasmengsel vormen.

Met voorgaande beschouwingen kunnen globaal enige eigenschappen van een brand beschreven worden. De theoretisch benodigde luchthoeveelheid om de brandstof te kunnen verbranden moet worden geleverd door de openingen van de brandruimte. Als brandstof en lucht (zuurstof) in precies de goede verhouding aanwezig zijn is de luchtfactor gelijk aan 1. Wanneer deze verhouding kleiner is treedt onvolledige verbranding op (zie figuur 6).

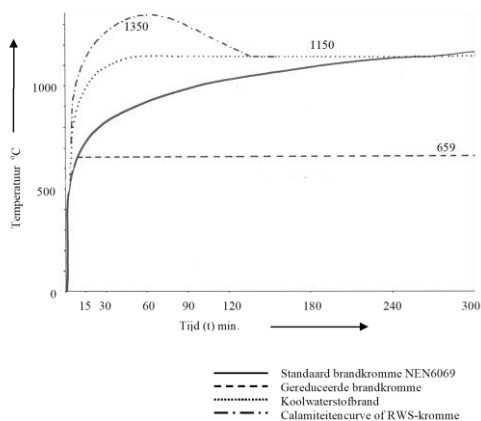


Figuur 6: De luchtfactor bepaalt of een brand brandstofbeheerst of ventilatiebeheerst is.

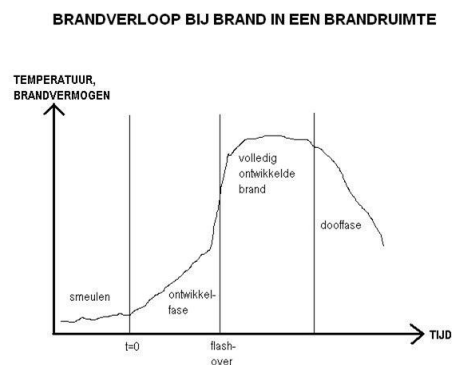
3.4 Brandscenario: temperatuur vs. brandvermogen

Voor de bepaling van de brandwerendheid van constructies wordt in de Nederlandse (maar ook in de internationale) regelgeving uitgegaan van een door de brand opgelegde tijdsafhankelijke temperatuur op deze constructies, de zogenaamde standaard brandkromme. Deze heeft een oorsprong in de beginjaren van de vorige eeuw en past niet meer bij een benadering die recht doet aan onze kennis over brand.

Naast deze standaard brandkromme worden in Nederland ook andere brandkrommen gehanteerd bij het stellen van (privaatrechtelijke) eisen aan de brandwerendheid van constructies (zie figuur 6). Deze brandkrommen hebben met elkaar gemeen dat het gaat om een opgelegde tijdsafhankelijke temperatuur op de betreffende constructies.



Figuur 7: Brandverloop volgens genormeerde brandkrommen.



Figuur 8: Realistisch brandverloop bij brand in een ruimte.

Formule standaard brandkromme

$$T = 20 + 345 \cdot \log(8 \cdot t + 1) \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

Hierin is:

T temperatuur in [°C]
t tijd in minuten

Brandveiligheid

Pagina 16 van 96

Het nadeel van deze brandkrommen is dat geen rekening wordt gehouden met de aard van de brandstof, de hoeveelheid brandstof en de dichtheid ervan. Evenmin wordt rekening gehouden met de geometrie van de brandruimte waarin de brandhaard is gesitueerd en het effect van eventuele (gevel)openingen. Het werkelijke brandverloop kan daardoor aanzienlijk afwijken van de standaard brandkrommes.

In figuur 8 is een voorbeeld gegeven van een meer realistisch brandverloop. De grootte op de verticale as in deze figuur is het brandvermogen. Immers, de temperatuur in de brandruimte is geen vaststaand gegeven, maar een gevolg van het brandvermogen en de geometrie van de brandruimte. Niet de temperatuur, maar het brandvermogen dient als grootte in het fysisch brandmodel gehanteerd te worden.

gebruiksfunctie	klasse [-]	RHR [kW/m ²]
1 woonfunctie	Normaal	250
2 bijeenkomstfunctie		
theater, bioscoop	Hoog	500
museum (schilderijen)	Normaal	250
3 celfunctie		
4 gezondheidszorg		
slaapkamer	Normaal	250
5 industrie functie		
opslag:	Hoog tot	500
per m opslaghoogte	Zeër hoog	per m hoogte
opslag:	Laag	100
bulkopslag fijnkorrelig, vuurbelasting: > 5700 MJ/m ²		
6 kantoorfunctie	Normaal	250
7 logiesfunctie		
hotel (slaapkamer)	Normaal	250
hotel (receptie)	Normaal	250
8 onderwijsfunctie		
klaslokaal	Normaal	250
9 sportfunctie		
10 winkelfunctie		
bibliotheek	Hoog	500
winkelcentrum	Normaal	250
winkel (detailhandel)	Hoog	500
11 overige gebruiksfunctie		
transportgebouw (publieke ruimte)	Normaal	250

Gemiddelde hoeveelheid vrijkomende warmte bij brand (Rate of Heat Release) in kW/m² voor verschillende gebruiksfuncties (bron; <http://edkuijper-advies.nl/tabellarium.pdf>)

Voorbeeld berekening brandvermogensdichtheid

In Nederland rekenen we van oudsher met kilogrammen vurenhout als het gaat om de vuurlast in een gebouw. Een kilogram vurenhout-equivalent (kg v.e.) heeft een energie-inhoud van 19 MJ. Het Bouwbesluit gaat uit van een standaard weerstand tegen brand van 60 minuten (standaard brand kromme), bij een standaardvuurbelasting van 60 kg v.e./m².

Vraag:

Tot welke referentie brandvermogensdichtheid [kW/m²] leidt dit uitgangspunt? Ga uit van een brandefficiëntie van 80%.

Uitwerking:

Als 60 kg v.e./m² afbrandt in 60 minuten (uitgangspunt Bouwbesluit) dan bedraagt de afbrandsnelheid 1 kg v.e./(m².min). Dit komt overeen met $19/60 \text{ MJ}/(\text{m}^2.\text{s}) = 0,317 \text{ MW}/\text{m}^2$. Bij een verbrandingsefficiëntie van 80% is de referentie vermogensdichtheid $0,8 \times 0,317 \text{ MW}/\text{m}^2$. Dit is ongeveer 250 kW/m².

Brandveiligheid

Pagina 17 van 96

3.5 Vuurlastberekening

De eisen die de overheid stelt aan brandveiligheid zijn gebaseerd op een gemiddelde waarde voor brandbaar materiaal, uitgedrukt in vuurbelasting, de energieinhoud van brandbare materialen, per gebouwfunctie.

Is de vuurbelasting in werkelijkheid aantoonbaar veel lager, dan zou op basis van gelijkwaardigheid, dat wil zeggen bij niet grotere brandveiligheidsrisico's, een groter brandcompartiment toelaatbaar zijn dan de maximum compartimentsgrootte volgens het Bouwbesluit. (Zie ook kader Reken en Beslismodel Beheersbaarheid van Brand). Hiervoor moet een vuurlastberekening worden gemaakt. De verbrandingswaarde van materialen x hoeveelheid brandbaar materiaal wordt voor alle materialen gesommeerd. Onderscheiden wordt materiaal dat altijd aanwezig is (permanente vuurbelasting) en varieert in de tijd door uiteenlopend gebruik (variabele vuurbelasting).

In tabel C van de NEN6090 staan van een aantal bouwmaterialen de genormeerde verbrandingswaarden.

De bepaling van de vuurbelasting geschiedt volgens NEN6090, NEN Delft, 2006

Een voorbeeld van een vuurlastberekening (*bron: ing. M. van Bussel, Nieman*)

Berekening Permanente vuurbelasting

Berekening conform NEN 6090:2006

projectomschrijving

projectnummer:	-
betreft:	Woonfunctie
opdrachtgever:	Saxion hogeschool enschede
uitgevoerd door:	ing. M.H.S. van Amersfoort
datum:	29 mei 2015
blad	1 van 1
netto-vloeroppervlakte BC	52 m2

berekening permanente vuurbelasting

Brandcompartiment 1

Materiaal omschrijving	Verbrandingswaarde			Vuurlast MJ	Kg_vurenhout	Vuurbelasting MJ/m ²	Kg_vurenhout/m ²
Hout (vuren-) Stijl en regelwerk dichte delen	19 MJ/	kg	V = 0,52 m ³ ρ = 450 kg/m ³	4405	232	84,7	4,5
Western Red Cedar houten gevelbekleding	16,8 MJ/	kg	d = 18 mm A = 32,2 m ² ρ = 360 kg/m ³	3505	184	67,4	3,5
Hout (meranti) Houten kozijnen	17 MJ/	kg	L = 50 m A = 0,01 m ² ρ = 650 kg/m ³	4199	221	80,8	4,3
Hout (meranti) Houten kozijnen	17 MJ/	kg	L = 50 m A = 0,01 m ² ρ = 650 kg/m ³	4199	221	80,8	4,3
Subtotaal				16308 MJ	858 kg.v.h.	313,6 MJ/m2	16,5 kg.v.h./m2
Stelpost onvoorzien	10 %			1631 MJ	86 kg.v.h.	31,4 MJ/m2	1,7 kg.v.h./m2
Stelpost electra	50 MJ/m2			2600 MJ	137 kg.v.h.	50,0 MJ/m2	2,6 kg.v.h./m2

uitgangspunt permanente vuurbelasting

20539 MJ 1081 kg.v.h. 395 MJ/m2 21 kg.v.h./m2

Voorbeeld Vuurbelasting, brandduur, WBDBO-eis en brandduur

Voorbeeld vraag en uitwerking:

In een opslaghal van 2000 m² is opgeslagen:

- 100 ton PVC (17 MJ/kg)
- 50 ton PE (44 MJ/kg)
- 25 ton EPS platen (40 MJ/kg)
- 50 ton vurenhout (19 MJ/kg)

Vraag 1: Wat is de variabele vuurbelasting in MJ/m² en in kg v.e./m²?

Vraag 2: Wat is de totale brandduur en wat betekent dit voor de WBDBO-eis aan de gevels?

Ga bij beantwoording van deze vraag uit van de standaard afbrandsnelheid van 1 kg v.e./m².min).

Vraag 3: Wat is de totale brandduur indien een brandvermogensdichtheid van 1 MW/m² wordt bereikt in de hal?

Uitwerking

De totale vuurbelasting van:

100 ton PVC (17 MJ/kg)

50 ton PE (44 MJ/kg)

25 ton EPS platen (40 MJ/kg)

50 ton vurenhout (19 MJ/kg)

bedraagt:

$$100.000 \times 17 + 50.000 \times 44 + 25.000 \times 40 + 50.000 \times 19 = 5.850.000 \text{ MJ} = 5850 \text{ GJ.}$$

Verdeeld over de vloeroppervlakte van 2000 m² wordt de gemiddelde vuurbelasting:

$$5.850.000 / 2.000 = 2.925 \text{ MJ/m}^2. \text{ Dit komt overeen met } 2.925 / 19 = 154 \text{ kg v.e./m}^2.$$

Uitgaande van de standaard afbrandsnelheid van 1 kg v.e./m².min) bedraagt de brandduur 154 min. Dat zou leiden tot een WBDBO-eis van 154 minuten.

Uitgaande van een vermogensdichtheid van 1 MW/m² (voor stellingenopslag een denkbare waarde) bedraagt de brandduur slechts $2.925 \text{ s} = 49 \text{ minuten}$ en kan dus ook met een lagere WBDBO volstaan worden.

Brandveiligheid

Pagina 19 van 96

REKEN- EN BESLISMODEL 'beheersbaarheid van brand' (NL, 1995)

Maximale brandcompartimentsgrootte wordt bepaald met de volgende vuistregel:

$$A_{\max} = \frac{300.000}{q \cdot M} \quad [m^2]$$

- $A_{\max}$ = maximaal oppervlakte van een brandcompartiment in m^2
 q = gemiddelde vuurbelasting (permanent en variabel) in kg vurenhout-equivalent per m^2
 M = massafactor (-)

De vuurbelasting van een gebouw of een ruimte wordt als volgt bepaald:

$$q_{sp} = \frac{1}{A_{sp}} \sum H_i \cdot m_i \quad [MJ / m^2]$$

- A_{sp} = netto vloeroppervlak van de beschouwde ruimte of gebouw in m^2 conform NEN 2580
 H_i = netto verbrandingswaarde van het brandbaar materiaal in MJ/kg
 m_i = massa van het brandbaar materiaal in de beschouwde ruimte of gebouw in kg

NB.: 1 kg vurenhout-equivalent (ve) komt overeen met 19 MJ.

Maximale brandcompartimentsgrootte $A_{\max}$ in relatie tot de massafactor M.

massafactor :	M=0,1	M=0,3	M=0,5	M=1
voorwaarden :	spinkler		Binnenaanval	bouwkundig
	of $q > 300 \text{ kg ve/m}^2$	$q < 16 \text{ kg ve/m}^2$ Met lage afbrandsnelheid		Beperkte brandomvang
8 kg ve/m^2	-	-	-	-
16 kg ve/m^2	187500	62500	37500	18750
30 kg ve/m^2	100000	n.v.t.	20000	10000
60 kg ve/m^2	50000	n.v.t.	10000	5000
120 kg ve/m^2	25000	n.v.t.	5000	2500
240 kg ve/m^2	12500	n.v.t.	2500	1250
300 kg ve/m^2	10000	n.v.t.	2000	1000

3.6 Brandscenario: fasen in het brandverloop

In het brandvermogenverloop zijn de volgende fasen te onderscheiden:

- de smeulfase (voordat de brand daadwerkelijk als open vuur ontstaat);
- het ontstaan van de brand (op tijdstip $t=0$);
- de ontwikkelfase van de brand, tot het moment dat flashover in de brandruimte optreedt;
- de volledig ontwikkelde brand, die na het optreden van de flashover ontstaat;
- de dooffase die na verloop van tijd optreedt als gevolg van brandstoftekort of actieve onttrekking van het brandvermogen (blussing).

In figuur 9 is dit brandverloop schematisch door middel van drie momentopnamen in een brandruimte weergegeven. In de ontwikkelfase van een brand, is deze altijd brandstofbeheerst. Dat wil zeggen dat de brandontwikkeling door de hoeveelheid brandstof en de aard ervan wordt bepaald. Aangezien er in deze fase genoeg brandstof voorhanden is, groeit het brandvermogen snel. De vanuit de brandhaard afgevoerde rook- en verbrandingsgassen cumuleren tegen het plafond van de brandruimte. Hierdoor ontstaat stratificatie in twee zones: een hete zone bovenin de brandruimte, waarin zich de rook en verbrandingsgassen bevinden, en een relatief koude zone daaronder.

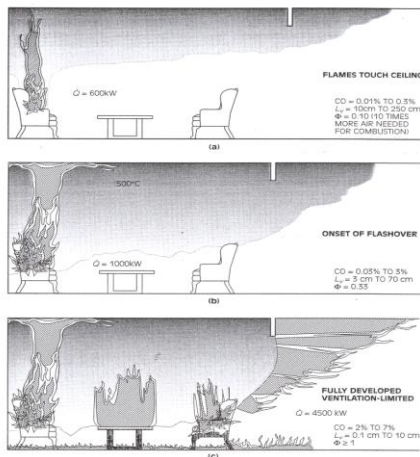
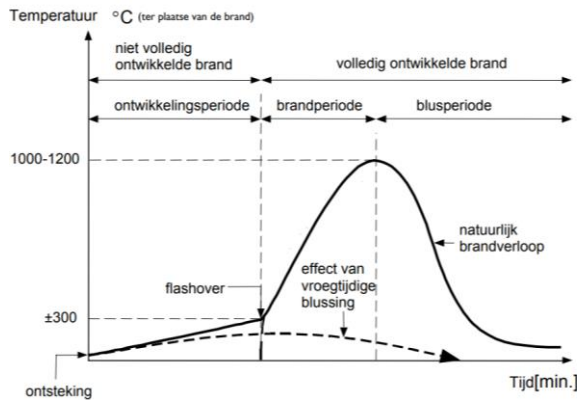
Flashover treedt op wanneer de hete zone zo heet wordt, dat de hierin aanwezige brandstof spontaan ontbrandt, of dat de warmtestralingsflux vanaf de hete zone zo groot wordt dat alle in de brandruimte aanwezige brandstof spontaan ontbrandt. Dit geeft in korte tijd een grote toename van het brandvermogen. Opeens staat de hele brandruimte in brand en kan van een volledig ontwikkelde brand worden gesproken. Daarbij gaat het tweezone model van de brandruimte over in een eenzone model.

De brand is in dat geval vrijwel altijd ventilatiebeheerst. De brandhaard vraagt voor een volledige verbranding meer zuurstof dan via openingen in de scheidingsconstructie van de brandruimte kan worden toegevoerd. Er ontstaat dus een onvolledige verbranding, waarbij het brandvermogen wordt beperkt tot een min of meer constant maximumniveau. Dit maximumniveau is dus een typisch gevolg van de vorm en grootte van de brandruimte en de openingen in de scheidingsconstructies ervan.

Het min of meer constante brandvermogen bij een volledig ontwikkelde brand zal na verloop van tijd gaan afnemen als gevolg van brandstoftekort of actief ingrijpen van buitenaf (blussing). Bij blussing met water zal door het water een aanzienlijk deel van het brandvermogen worden onttrokken. Bij blussing met schuim of poeder wordt de brandstof geïsoleerd van de omgeving, waardoor geen zuurstof meer kan toetreden en uitdoving plaatsheeft.

Brandveiligheid

Pagina 21 van 96



Figuur 9: Tijd / temperatuur diagram natuurlijk brandverloop en sprinkler gecontroleerd brandverloop (bovenste deel) en illustratie van het brandverloop in een (woon)ruimte (onderste deel)

3.7 Toepassing bouwkunde

Met natuurlijke branden wordt gerekend in grote compartimenten, waar personen en een lokale brand gelijktijdig aanwezig kunnen zijn. In dat geval ontstaat een hete zone (rooklaag) bovenin de brandruimte die op een bepaald moment vanwege de rooklaagdikte of de rooklaagtemperatuur bedreigend wordt voor mensen. De gebouwgebruikers moeten de brandruimte ontlucht zijn voordat dergelijk bedreigende condities optreden.

Wanneer eenmaal flashover is opgetreden is geen verblijf meer mogelijk in de brandruimte. Die post-flashover fase is vooral interessant voor de draag- en scheidingsconstructies. Met het natuurlijk brandconcept is het mogelijk om de thermische belasting op constructies meer realistisch uit te rekenen dan op basis van de standaard brandkromme mogelijk is.

4 Menselijke aspecten bij brand

4.1 Brand en rook

Waar vuur is, is rook! Dat geldt ook zeker voor gebouwbranden, waar de rookvolumes zo groot zijn dat rookverspreiding in het gebouw een groot risico vormt.

Rook is zichtbelemmerend en daardoor gevaarlijk. Men kan de weg niet meer vinden. De verbrandingsgassen (en dus ook rook) zijn verstikkend en in de regel heet. Eventueel aanwezige koolmonoxide verbindt zich met de rode bloedlichaampjes en verhindert daardoor de zuurstofopname.

De meeste slachtoffers van gebouwbranden vallen ook niet door het directe effect van de brand (verbranding door warmtestraling of warmteconvectie ter plaatse van de brandhaard), maar door het indirecte effect van rook.

Rook ontstaat bij verbranding van een brandstof. Rook bevat hete verbrandingsgassen (vaak vooral CO_2 en H_2O), vaste roetdeeltjes (verantwoordelijk voor zichtbelemmering en warmtestraling) en half verbrande producten (gevaar voor ontbranding, flashover en toxiciteit, zoals bij CO).

Rook is bedreigend voor de aanwezige personen en kan het vluchten belemmeren als gevolg van:

- blootstelling aan hete gassen;
- blootstelling aan warmtestraling;
- verlies van zicht;
- blootstelling aan toxische stoffen.

In hoeverre rook belemmerend of zelfs gevaarlijk is, hangt af van de toleranties van het menselijk lichaam voor rook: de fysiologische aspecten bij blootstelling aan rook. De fysiologische aspecten zijn bepalend voor de vluchtcriteria: wat is nog juist wel en wat is juist niet meer toelaatbaar voor de condities in de ruimte waar doorheen gevlucht moet worden?

Daarnaast is het voor het bepalen van het risico het effect van brand het menselijk gedrag belangrijk. Dit zijn zg. psychonomische effecten die ook worden beschreven.

4.2 Fysiologische aspecten bij thermische belasting

Wanneer mensen gedurende een erg lange periode blootgesteld worden aan hitte, zullen zij negatieve effecten ervaren.

Er is sprake van een fatale omgevingsconditie als³ de temperatuur in de omgeving hoger is dan 120°C, de hittestraling groter is dan 2.5 kW/m² of als het zuurstofgehalte lager is dan 12%. Een fatale omgevingsconditie kan snel ontstaan wanneer schuimrubbers of kunststoffen bij de brand betrokken raken. Uit videobeelden van de brand in nachtclub/café The Station blijkt bijvoorbeeld dat binnen 90 seconden na het ontstaan van de brand er al sprake was van een fatale omgevingsconditie⁴. Uit de metingen van de testbrand in het nagebouwde café is naar voren gekomen dat⁵ de maximale hitteflux na 61 seconden werd bereikt, de temperatuur na 76 seconden hoger was dan 120°C en dat na 87 seconden het zuurstofgehalte lager was dan 12%.

4.3 Convectieve warmte (ruimtetemperatuur)

Mensen die zich in hete lucht of rook bevinden, kunnen door twee mechanismen letsel oplopen:

- huidverbranding;
- longverbranding.

Het effect van de hete lucht op mensen is erg afhankelijk van de relatieve vochtigheid van de lucht. Bij droge lucht zijn hogere temperaturen draaglijk dan bij vochtige lucht. Denk hierbij aan een sauna waar men 15 minuten in een ruimte met een luchttemperatuur tot 90 °C kan verblijven. Zodra er water op de kachel wordt gegooid waardoor de luchtvochtigheid toeneemt, voelt de ruimte gelijk veel warmer aan en wordt het verblijf minder comfortabel.

Droge lucht

De onderstaande tabel geeft de temperatuurseffecten op mensen gebaseerd op convectieve warmte-overdracht in droge lucht.

<i>Temperatuur [°C]</i>	<i>Respons</i>
127	moeilijk ademen
140	tolerantielimiet 5 minuten
149	moeilijk door de mond ademen, grens voor vluchten
160	ondraaglijke pijn
182	onomkeerbare schade in 30 seconden
200	ademhalingssysteem bezwijkt binnen 4 minuten

Tabel 4.1: Temperatuur versus respons.

³ Purser 2002

⁴ Grosshandler e.a. 2005; Bryner e.a. 2007

⁵ Grosshandler et al. 2005

Boven een temperatuur van 150 °C ontstaan binnen 5 minuten huidbrandwonden. Veilig vluchten is dan niet meer mogelijk. Bij een temperatuur van minder dan 70 °C kan men langere tijd veilig verblijven (hoewel dit niet meer als comfortabel wordt ervaren).

Bij temperaturen tussen 70 en 150 °C is er een verband tussen de temperatuur T in °C en de tijdsduur dat men hieraan kan worden blootgesteld. Deze relatie is als volgt:

$$t = \frac{5,33 \cdot 10^8}{T^{3,66}} [\text{s}]$$

Vochtige lucht

In een omgeving met een zeer hoge luchtvochtigheid (een “watermist” omgeving – die ontstaat na gebruik van een sprinkler) zal bij een luchttemperatuur van 50 °C de warmteoverdracht naar de huid sterk zijn toegenomen. Daarnaast is er een grote kans op condensatie in de longen (die immers een lagere temperatuur hebben dan de omgevingslucht) waardoor de ademhaling wordt belemmerd met als mogelijk gevolg overlijden (letaliteit).

Samenvatting

Samenvattend worden voor verblijf in een warme omgeving de volgende kritieke waarden voorgesteld:

- **Hinderlijk:** temperatuur $\leq 70^\circ\text{C}$ indien droge omgeving.
(oncomfortabel, maar wel veilig verblijf gedurende langere tijd mogelijk)
- **Gevaarlijk:** temperatuur tussen 70°C en 150°C indien droge omgeving.
(vluchten mogelijk, maximale tijdsduur gerelateerd aan temperatuur)
- **Letaal:** temperatuur $\geq 150^\circ\text{C}$ indien droge omgeving.
(er ontstaan binnen 5 minuten brandwonden op de huid)
- **Letaal:** temperatuur $\geq 70^\circ\text{C}$ indien de lucht verzadigd is van vocht (mist).

4.4 Warmtestraling

Ook door de warmtestraling, uitgezonden door hete gassen en vaste oppervlakken – buiten het vlamgebied en de hete rookgaszone – kunnen personen worden bedreigd., zie de volgende tabel 4.2:

Tabel 4.2: Warmtestralingsflux, enkele kenmerkende waarden. (bron: Drysdale, 2002)

stralingsflux [kW/m ²]	Omschrijving
0,7	zonnestraling op een zomerdag op 52° NB.
1,0	grenswaarde voor (langdurige) blootstelling van de huid zonder schadelijke gevolgen
6,4	pijn na 8 s blootstelling van de huid
10,4	pijn na 3 s blootstelling van de huid
16	verbranding van de huid na 5 s
29	spontane ontbranding van hout bij langdurige blootstelling
52	Multiplex ontbrandt spontaan na 5 s blootstelling

Hierbij is maatgevend:

- De intensiteit van de warmtestraling die invalt op de huid;
- De tijdsduur van blootstelling;
- De plaats die aan de warmtestraling wordt blootgesteld.

Bij een stralingsdosis van bijvoorbeeld $1,05 \times 10^7 \text{ [s(W/m}^2\text{)}^{4/3}]$ overlijdt 50% van de personen. Dit komt overeen met 20 seconden lang 20 kW/m^2 of met 100 seconden lang $5,8 \text{ kW/m}^2$. Eerstegraads brandwonden ontstaan al na 20 seconden blootstelling aan $7,3 \text{ kW/m}^2$ of na 100 seconden aan $2,1 \text{ kW/m}^2$. Bij een blootstellingsduur tijdens vluchten van 100 seconden en een stralingsniveau van 6 kW/m^2 zal circa de helft van de vluchtenden omkomen, terwijl bij 2 kW/m^2 de helft van de vluchtenden eerstegraads brandwonden zal oplopen.

Bij een door kleding beschermde huid is niet alleen de warmtestraling bepalend voor de optredende schade. De belasting op de huid wordt dan ook bepaald door de kledingisolatie, rekening houdend met de eventuele luchtlagen hierin en het gedrag van de kleding bij brand (zoals smelten, verkleven en ontsteken).

Samenvattend worden voor straling een tweetal kritieke waarden voorgesteld, gebaseerd op het effect na 100 seconden blootstellingsduur:

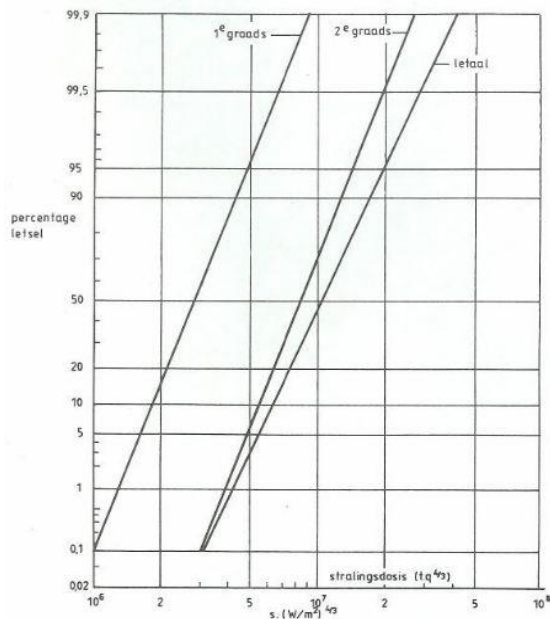
- hinderlijk: stralingsflux = 2 kW/m^2 (helft vluchtenden eerstegraads brandwonden);
- letaal: stralingsflux = 6 kW/m^2 (helft vluchtenden zal omkomen).

Andere kritieke waarden zijn ook denkbaar. Het definiëren van andere kritieke waarden kan noodzakelijk zijn wanneer de blootstellingsduur afwijkt van de hierboven gehanteerde tijdsduur. Het is in specifieke gevallen mogelijk om de blootstellingsduur, gerelateerd aan

Brandveiligheid

Pagina 26 van 96

het aantal aanwezige personen, vast te stellen met behulp van gebouwevacuatiesimulaties. Daarmee is het mogelijk om 'projectspecifieke' oplossingen voor de vluchtveiligheid te engineeren (Fire Safety Engineering).



Figuur 10: Schadeniveau versus stralingsdosis.

4.5 Fysiologische aspecten bij rookverontreiniging

Zicht

Een maatgevende bedreiging bij brand is zichtverlies door aanwezige rook. Hierdoor treedt desoriëntatie op met als gevolg dat mensen niet meer in staat zijn om (snel) de vluchtuitgangen te bereiken. Zichtverlies hangt samen met:

- lichtabsorptie en lichtverstrooiing door rookdeeltjes;
- irriterende werking van deeltjes en gas op de ogen.

De rookdeeltjes ontstaan in de vlammen als vaste deeltjes (as) en vloeibare deeltjes (condensaat). De productie is naast het verbrandingsproduct afhankelijk van de verbrandingscondities (temperatuur, zuurstoftoevoer). De rook verspreidt zich met de door brand geïnduceerde stroming en onder invloed van de heersende mechanische ventilatie.

Maatgevend voor de zichtomstandigheden is de zichtlengte. Dit is de afstand waarover een persoon voorwerpen kan waarnemen. Als relatie tussen de zichtlengte en de optische rookdichtheid geldt:

$$Z_L = 1 / OD \quad \text{voor niet-lichtgevende voorwerpen;} \\ Z_L = 2,5 / OD \quad \text{voor lichtgevende voorwerpen.}$$

Waarin:

Z_L is de zichtlengte in m;

OD is de optische rookdichtheid in m^{-1}

Hierbij wordt uitgegaan van een gelijkmatige rookverspreiding in de ruimte waarin rookverontreiniging optreedt. Meestal varieert de optische dichtheid tussen verschillende locaties in die ruimte. In dat geval moet de zichtlengte worden bepaald door integratie van de optische dichtheid tussen de verschillende locaties in de ruimte. De zichtlengte is dus vanuit het punt van de waarnemer richtingsafhankelijk.

Uit praktijkonderzoek door Jin⁶ blijkt dat de zichtlengte voor mensen die bekend zijn met de omgeving ten minste 3–5 meter moet zijn. Voor mensen die niet bekend zijn met de omgeving, zoals het geval is bij bijeenkomstgebouwen, moet de zichtlengte ten minste 15–20 meter zijn. Uit praktijkonderzoek door Rasbash⁷ komt naar voren dat de zichtlengte ten minste 10 meter moet zijn, ongeacht men wel of niet bekend is met de omgeving.

De bouwregelgeving in Nederland kent geen grenswaarden voor zichtlengte. Het Bouwbesluit stelt een maximum aan de loopafstand die in het door rook belemmerde gebied mag worden afgelegd, afhankelijk van het aantal aanwezige personen. Dit komt vaak neer op een loopafstand van 30 meter in een rookcompartiment. Buiten een compartiment is de vluchtroute volledig rookvrij, omdat deze van de brandruimte gescheiden moet zijn door brand- en rookwerende scheidingsconstructies.

De maximale loopafstand van 30 m is ontleend aan:

- een blootstellingsduur van 30 seconden; bij een loopsnelheid van 1 m/s kan de afstand van 30 meter juist worden overbrugd door met ingehouden adem door de rook te lopen;
- de conservatieve veronderstelling dat rook zich door het gehele rookcompartiment kan hebben verspreid voordat aanwezigen vluchten.

Voor grotere compartimenten verwijst het Bouwbesluit (toelichting) naar een beoordelingsmethodiek “Vluchten bij brand uit grotere compartimenten”. Hierin wordt gesteld dat een vluchtroute bruikbaar is zolang de zichtlengte berokken op niet lichtgevende voorwerpen ten minste 30 meter bedraagt.

Het is niet eenvoudig criteria te stellen aan de zichtlengte, overeenkomend met eerder genoemde effectniveaus als hinder, gewonden, doden. Immers, mensen raken niet gewond

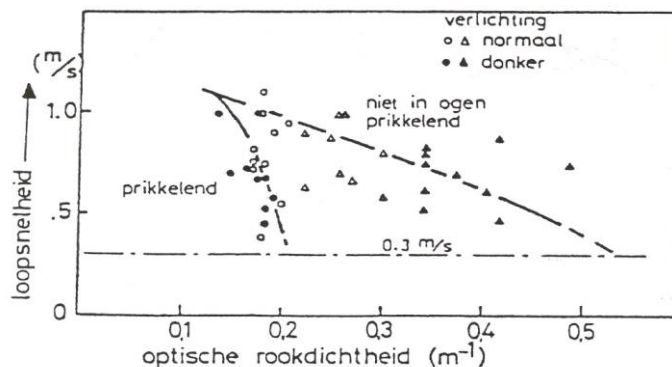
⁶ Frantzich 1994; Jin 2002

⁷ Frantzich 1994

Brandveiligheid

Pagina 28 van 96

of overlijden niet als rechtstreeks gevolg van het niet kunnen zien. Dat kan wel gebeuren als zij, doordat zij niet goed kunnen zien, zich niet snel genoeg in veiligheid kunnen brengen. Daarom ligt het meer voor de hand om een koppeling te leggen tussen zichtlengte, oriëntatie en loopsnelheid, in combinatie met de af te leggen afstand. Door het verlies aan zicht gaan mensen langzamer lopen zoals in onderstaande figuur wordt geïllustreerd. Doordat mensen langzamer lopen, verblijven zij langer in de omgeving van de brand en worden daardoor langer aan warmte en toxische gassen blootgesteld. Als de rookdichtheid groter wordt dan $0,5 \text{ m}^{-1}$ valt de loopsnelheid terug naar nul.



Figuur 11: Loopsnelheid, afhankelijk van de rookdichtheid.

Als de vluchtroute goed te lokaliseren is, blijft het gevaar beperkt tot genoemde vertraging in het vluchten. Als de vluchtroute niet te lokaliseren is zal de vertraging gepaard gaan met verlies aan gevoel voor de juiste richting; het risico op langdurige blootstelling neemt dan snel toe.

Samenvattend worden de volgende kritieke waarden ter beoordeling van de conditie voor de rookdichtheid (OD) voorgesteld:

- lichte hinder: $\text{OD} = 0,083 \text{ m}^{-1}$: zichtlengte voor lichtgevende voorwerpen circa 30 m; bij deze zichtlengte heeft een gebruiker in een rookcompartiment zicht op minstens één (nood)uitgang met vluchtrouteaanduiding (verlicht pictogram);
- ernstige hinder: $\text{OD} = 0,2 \text{ m}^{-1}$: zichtlengte voor lichtgevende voorwerpen 12,5 m; zichtlengte voor niet lichtgevende voorwerpen 5 m; bij deze zichtlengte heeft een gebruiker meestal zicht op ten minste één van wanden die de ruimte omsluiten. Daardoor is oriëntatie nog juist mogelijk.
- desoriëntatie: $\text{OD} = 0,5 \text{ m}^{-1}$: zichtlengte voor lichtgevende voorwerpen 5 m; zichtlengte voor niet lichtgevende voorwerpen 2 m; bij deze zichtlengte heeft een gebruiker doorgaans geen zicht meer op vluchtrouteaanduidingen, wanden of andere constructie-elementen. Oriëntatie is dan niet meer mogelijk.

Toxische gassen

Bij de effecten van rook op mensen wordt een onderscheid gemaakt tussen:

- oogirritatie (verminderd zicht op de vluchtroute) en disfunctioneren van ademhalingsorganen (ademen);
- toxische gassen die via de ademhaling in het bloed worden opgenomen; de dosis kan narcotische effecten hebben (CO, CO₂) of anderszins het functioneren bemoeilijken (belangrijkste verbrandingsgassen: H₂S, NO_x, NH₃, SO₂, HF, HCN).

In tabel 4.3 zijn de effecten van blootstelling van CO vermeld.

Tabel 4.3: Effect van blootstelling aan CO-concentraties.

<i>Concentratie CO [ppm]</i>	<i>Respons</i>
1500	Hoofdpijn na 15 minuten, bewusteloosheid na 30 minuten, dood na 60 minuten
2000	Hoofdpijn na 10 minuten, bewusteloosheid na 20 minuten, dood na 45 minuten
3000	Maximum blootstellingsduur 5 minuten, bewusteloosheid na 10 minuten
6000	Hoofdpijn en duizeligheid in 1 a 2 minuten, dood in 10 a 15 minuten
12800	Onmiddellijk effect: binnen 2 a 3 ademhalingen bewusteloosheid, dood na 1 a 3 minuten

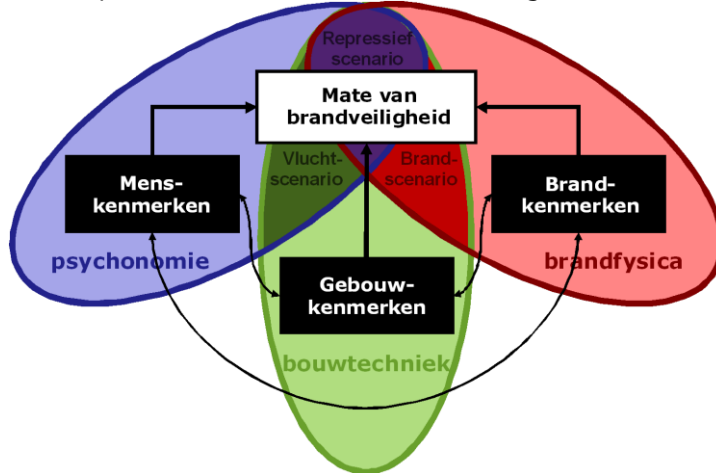
De luchttemperatuur, warmtestraling, zichtlengte en toxiciteit van gassen zijn allemaal van belang om te bepalen of vluchten nog mogelijk is of niet en zullen dus allemaal beschouwd moeten worden. Bij al deze grootheden gaat het bovendien om een relatie met de blootstellingsduur. Bij een langere blootstellingsduur moeten strengere grenswaarden worden toegepast. Daarnaast speelt ook de menselijke psyche nog een grote rol.

4.6 Noodzaak voor een psychonomische benadering

Voorgaande paragrafen gingen in op de directe fysieke uitwerking van rook en brand op de mens. Psychonomie richt zich op het onderzoeken van psychologische functies zoals bewustzijn, waarnemen, begrijpen, aandacht en waakzaamheid, leren en geheugen, spreken, bewegen en emotie. Het doel van dit thema is om inzicht te geven in de factoren die het menselijk handelen beïnvloeden, rekening houdend met de aanwezigheid van brand (en rook).

Bij het bepalen van de benodigde brandveiligheidsvoorzieningen is dan ook inzicht nodig in de interactie tussen de omgevingsfactoren, te weten de brandsituatie, het

gebouwontwerp en de sociale factoren. Met andere woorden: de mate van brandveiligheid wordt bepaald door de brandkenmerken, de gebouwkenmerken en de menskenmerken.



Figuur 12: Wetenschappelijke benadering van brandveiligheid.

Zelfredzaamheid

Het gedrag van mensen in de eerste fase van een brand is het meest bepalend voor de kans om de brand te overleven⁸. De mate van zelfredzaamheid bij brand is daarmee een belangrijke indicator voor de brandveiligheid van een gebouw. Voorheen werd vanuit de brandpreventie 'zelfredzaamheid' gezien als een onveranderlijke eigenschap van een persoon. Sime (1991) stelt daarentegen dat de mate van zelfredzaamheid van een persoon gedurende het vluchtproces kan variëren en afhangt van de omgevingscondities waarin de persoon zich bevindt. De mate van zelfredzaamheid is daarmee niet alleen afhankelijk van de persoonlijke kenmerken of het gebruikstype van het gebouw waarin de persoon zich bevindt. Ook het gebouwontwerp kan van invloed zijn op de mate van zelfredzaamheid.

Bij het kiezen voor de acceptabele grenswaarden zal vaak worden uitgegaan van conservatieve (veilige) waarden. Zeker indien grote loopafstanden, dat wil zeggen groter dan 30 m, moeten worden afgelegd binnen een ruimte zal in veel gevallen het vluchten door de rook niet meer mogelijk zijn. De dichtheid van de rook zal voor de overbrugging van een dergelijke afstand namelijk al zo hoog zijn dat er kans is op desoriëntatie en inademen van teveel toxische stoffen. Daarom wordt er in grote ruimten met grote loopafstanden meestal gekozen voor een rookvrije zone, onder de rooklaag die bovenin de ruimte wordt opgebouwd, waarin veilig kan worden gevlucht. Deze zone is soms mogelijk doordat er sprake is van een hoge ruimte met voldoende ruimte voor rookbuffering. Die rookbuffercapaciteit kan nog eens worden vergroot wanneer de rook via openingen in het dak kan worden afgevoerd (rook- en warmte-afvoer installatie).

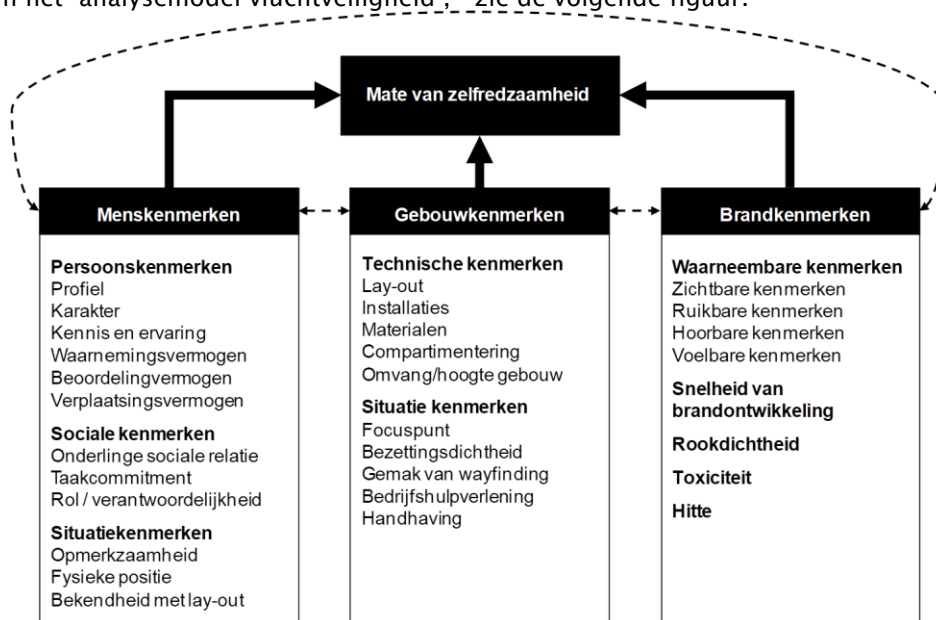
⁸Purser en Bensilum 2001; Pires 2005

Brandveiligheid

Pagina 31 van 96

Wanneer door een 'rookvrije' zone wordt gevluht worden desoriëntatie en inademen van teveel toxische stoffen voorkomen. Het is dan geen probleem om een loopafstand van meer dan 30 m kan te overbruggen. Uiteraard moet dan wel rekening worden gehouden met de warmtestraling afkomstig van de rook. Een grenswaarde van 2 tot 2,5 kW/m² is dan een acceptabele keuze (komt overeen met een rooktemperatuur van ongeveer 200 °C).

De mate van zelfredzaamheid van mensen bij brand in een gebouw wordt bepaald door drie aspecten, namelijk de 'brandkenmerken', de 'gebouwkenmerken' en de 'mensenkenmerken'. Per aspect zijn er kritische factoren te benoemen die van invloed zijn op de vluchtveiligheid. Deze kritische factoren zijn in een model samengebracht, namelijk in het 'analysemodel vluchtveiligheid', zie de volgende figuur.



Figuur 13: Kritische factoren voor vluchtveiligheid.

Het model is gebaseerd op bevindingen uit een literatuurstudie naar de brandveiligheid van gebouwen en het menselijk gedrag bij brand [Kobes, 2008].

De invloeden van de brandkenmerken op de mate van vluchtveiligheid zijn in tabel 4.4 samengevat.

Factor	Toestand van factor	Mate van vluchtveiligheid
Waarneembare kenmerken	Waarneembaar	Neutraal
	Niet waarneembaar	Laag
Snelheid van brandontwikkeling	Langzaam	Hoog
	Snel	Laag
Rookdichtheid	Laag	Hoog
	Hoog	Laag
Toxiciteit	Laag	Hoog
	Hoog	Laag
Hitte	Laag	Hoog
	Gemiddeld	Hoog
	Hoog	Laag

Tabel 4.4: Invloed van brandkenmerken op vluchtveiligheid.

5 Warmtetransport

5.1 Warmtetransport, algemeen

In de brandveiligheid worden, net als in de overige bouwfysische vakgebieden, drie principiële warmtetransportmechanismen toegepast:

1. geleiding
2. convectie (stroming)
3. straling

Ad 1: Geleiding

Geleiding treedt op bij warmtetransport door vaste materialen. Hoewel dit transport in theorie ook optreedt in vloeistoffen en gassen, is het hier meestal volledig ondergeschikt aan het stromingstransport. Het warmtetransport door geleiding in het materiaal komt tot stand onder invloed van een temperatuurverschil over het materiaal, waarbij de mate van geleiding wordt bepaald door de warmtegeleidingscoëfficiënt van het materiaal.

Ad 2: Convectie

Convectie of stromingstransport treedt op in vloeistoffen en gassen. De warmte-inhoud van het materiaal wordt door het massatransport verplaatst. Dit stromingstransport komt tot stand door een drukverschil. Dit drukverschil wordt overigens, in geval van brand, vaak door een temperatuurverschil veroorzaakt.

Ad 3: Straling

Warmtestraling is elektromagnetische straling die een object uitzendt als gevolg van de temperatuur van het object. Elk object met een temperatuur hoger dan 0K zendt straling uit. De hoeveelheid straling (W) die een bron 1 met een temperatuur T_1 (in K) en een oppervlakte A (in m²) uitzendt naar een omgeving (vlak) met temperatuur T_2 (in K) is als volgt:

$$q_{12} = \sigma A F (T_1^4 - T_2^4)$$

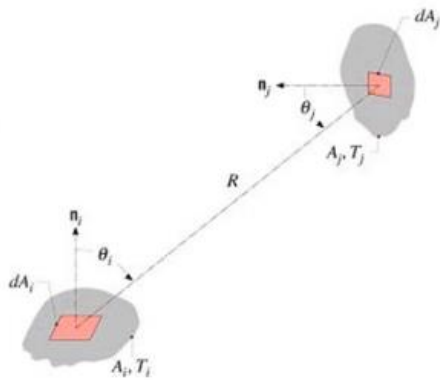
σ

Constante van Stefan-Boltzmann 5.67×10^{-8}

[W/(m²K⁴)]

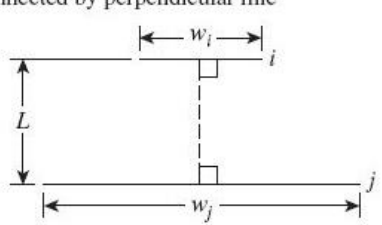
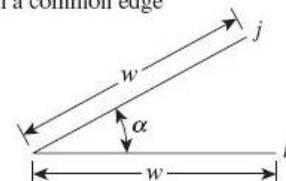
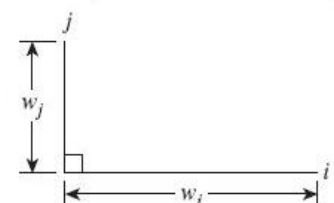
Stralingsoverdracht komt niet via een materiaal tot stand, maar is het gevolg van emissie van infrarode (elektromagnetische) straling aan het materiaaloppervlak. Dit kan een vast materiaal zijn, maar ook een vloeibaar of gasvormig materiaallichaam, zoals een vlam. Door een doelobject kan alleen het 'zichtbare' deel van de uitgezonden straling (q_1) van de bron worden ontvangen. De fractie van de bronstraling die aankomt bij het doelobject ($q_{1,2}$) op een bepaalde afstand van de stralingsbron wordt "zichtfactor" (F) genoemd. De zichtfactor (F) is afhankelijk van de afstand x van het doelobject tot de bron, de breedte van het bronobject en de hoogte van het bronobject.

$$dq_{i \rightarrow j} = I_i \cos \theta_i dA_i d\omega_{j-i} = J_i \frac{\cos \theta_i \cos \theta_j}{\pi R^2} dA_i dA_j$$

$$F_{ij} = \frac{1}{A_i} \int_{A_i} \int_{A_j} \frac{\cos \theta_i \cos \theta_j}{\pi R^2} dA_i dA_j$$


Principe bepaling van zichtfactor F.

View factor expressions for some infinitely long (2-D) geometries

Geometry	Relation
Parallel plates with midlines connected by perpendicular line 	$W_i = w_i/L \text{ and } W_j = w_j/L$ $F_{i \rightarrow j} = \frac{[(W_i + W_j)^2 + 4]^{1/2} - (W_j - W_i)^2 + 4]^{1/2}}{2W_i}$
Inclined plates of equal width and with a common edge 	$F_{i \rightarrow j} = 1 - \sin \frac{1}{2} \alpha$
Perpendicular plates with a common edge 	$F_{i \rightarrow j} = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \frac{w_j}{w_i} - \left[1 + \left(\frac{w_j}{w_i} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}$

Bepaling F-factor voor verschillende situaties

(ontleend aan bron: <http://slideplayer.com/slide/4495340/>)

Warmtetransportmechanismen

Stationair (1-dim.)

Geleiding: $q = \frac{\lambda}{d} \cdot (T_1 - T_0)$ [W/m²]

Straling: $q = \phi \cdot \sigma \cdot \epsilon_{res} \cdot (T_1^4 - T_0^4)$ [W/m²]

Convectie: $q = \rho \cdot c \cdot v \cdot (T_1 - T_0)$ [W/m²]

Niet-stationair

Thermische diffusiteit:
(temp.-vereffeningscoëfficiënt) $\alpha = \frac{\lambda}{\rho c} \rightarrow$ Thermisch dik indien $d > 2\sqrt{\alpha t}$

Thermische traagheid: $b = \sqrt{\lambda \rho c} \rightarrow$ Bepaalt de mate van warmtebuffering

NB: Indien $d > 2\sqrt{\alpha t}$ waar b verwaarloosbaar ($b < 100 \left[\frac{J}{m^2 K s^{1/2}} \right]$):
dan niet thermisch dik (dit geldt voor isolatiematerialen).

Afkoeling aan constructies: - thermisch dikke constructies
- ongeïsoleerde thermisch dunne constructies

Geen afkoeling aan constructies: - geïsoleerde thermisch dunne constructies

Symbolen en grootheden

q	Warmtestroomdichtheid, warmteflux	[W/m ²]
λ	Warmtegeleidingscoëfficiënt	[W/mK]
T ₁ , T ₀	Absolute temperatuur	[K]
d	Dikte van het materiaal	[m]
ϕ	Zichtfactor	[-]
σ	Constante van Stefan-Boltzmann $5,67 \times 10^{-8}$	[W/(m ² K ⁴)]
ϵ_{res}	Emissiecoëfficiënt van het materiaal	[-]
ρ	Soortelijke massa	[kg/m ³]
c	Soortelijke warmte	[J/kgK]
v	Luchtsnelheid	[m/s]
t	Tijd	[seconde]

Voorbeeld: warmtegeleiding – scheidingswand van een brandcompartiment

De drielaagse constructie heeft de volgende opbouw:

- steenwol: $\lambda=0,04 \text{ W/(m.K)}$, $D=0,06 \text{ m}$
- beton: $\lambda=2,0 \text{ W/(m.K)}$, $D=0,20 \text{ m}$
- steenwol: $\lambda=0,04 \text{ W/(m.K)}$, $D=0,06 \text{ m}$

Aan beide zijden van de constructie is een overgangscoefficient aanwezig van $\alpha_i=25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, ofwel een overgangsweerstand van $R=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Vragen

1. Wat is de warmteweerstand van de constructie en wat is de totale warmteweerstand?
2. Wat is de maximale temperatuur in het beton, wanneer voor de temperatuur in de brandruimte $800 \text{ }^\circ\text{C}$ aangehouden kan worden, en in de aangrenzende ruimte $20 \text{ }^\circ\text{C}$?

Antwoorden

1. *De warmteweerstand van steenwol bedraagt: $D / \lambda = 0,06 / 0,04 = 1,50 \text{ m}^2\text{K/W}$. Voor beton is dit $0,20 / 2,0 = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$. De warmteweerstand van de constructie wordt daarmee: $1,50 + 0,10 + 1,50 = 3,10 \text{ m}^2\text{K/W}$. rekening houdend met de overgangsweerstanden aan weerszijden van de constructie wordt de totale warmteweerstand $3,18 \text{ m}^2\text{K/W}$.*
2. *De maximale temperatuur in het beton treedt in de stationaire situatie op op het scheidingsvlak tussen beton en steenwol, aan de zijde van de brandruimte. Aangezien het temperatuurverval in de constructie evenredig is met de warmteweerstand van de constructie kan geschreven worden:*

$$T_{\max} = 800 - (1,54 / 3,18) \times (800 - 20) = 800 - 378 = 422 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Aan de andere zijde van de materiaallaag beton bedraagt de temperatuur:

$$T_{\min} = 20 + (1,54 / 3,18) \times (800 - 20) = 20 + 378 = 398 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Brandveiligheid

Pagina 36 van 96

Voorbeeld: straling en stralingstemperatuur

Vraag

Het Bouwbesluit gaat ervan uit dat het risico van brandoverslag voldoende klein is indien de stralingsflux $< 15 \text{ kW/m}^2$. Vanaf welke stralingstemperatuur vanuit de hete zone (brandruimte) kan brandoverslag optreden?

$$q_{\text{straling}} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_a^4) \text{ in } [\text{W/m}^2]$$

$$\varepsilon = \text{emissiecoëfficiënt } [-]$$

$$\sigma = \text{constante van Stefan Boltzmann } [\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}]$$

$$T_s = \text{stralingstemperatuur bron } [\text{K}]$$

$$T_a = \text{stralingstemperatuur ontvanger } [\text{K}]$$

Ga in deze opgave uit van: emissiecoëfficiënt = 1,0 [-] ('zwarte straler')

Antwoord

Brandoverslagrisico treedt op bij een stralingsflux $q_s \geq 15 \text{ kW/m}^2$.

De stralingsflux wordt bepaald door de (Kelvin)temperaturen van het stralende vlak (rooklaag of vlam) en het ontvangende vlak (brandbaar materiaal):

$$Q_{\text{straling}} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_a^4) \text{ in } [\text{W/m}^2]$$

$$q_s = 15.000 \text{ W/m}^2$$

$$\varepsilon = 1 [-]$$

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$$

$$T_a = 293 \text{ K}$$

Invullen van de formule levert:

$$q_{\text{straling}} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_a^4)$$

$$15000 = 1 \times 5,67 \times 10^{-8} \times (T_s^4 - 293^4)$$

$$15000 / (1 \times 5,67 \times 10^{-8}) = (T_s^4 - 293^4)$$

$$\{ 15000 / (1 \times 5,67 \times 10^{-8}) \} + 293^4 = T_s^4$$

$$\{ 15000 / (1 \times 5,67 \times 10^{-8}) \} + 293^4 \wedge (0,25) = T_s$$

$$T_s = 712 \text{ K} = 712 - 273 \text{ } ^\circ\text{C} = 439 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ignition properties

Material	Apc [(kW/m ² K) ^{1/2} s]	T _{ig} [°C]	q _{critical} [kW/m ²]
Plywood, plain (0,635 cm)	0,46	390	16
Plywood, plain (1,27 cm)	0,54	390	16
Plywood, FR (1,27 cm)	0,76	620	44
Hardboard (6,35 mm)	1,87	298	10
Hardboard (3,175 mm)	0,88	365	14
Hardboard (gloss paint), (3,4 mm)	1,22	400	17
Hardboard (nitrocellulose paint)	0,79	400	17
Particleboard (1,27 cm)	0,93	412	18
Douglas Fir particleboard (1,27 cm)	0,94	382	16
Fiber insulation board	0,46	355	14
Polyisocyanurate (5,08 cm)	0,020	445	21
Foam, rigid (2,54 cm)	0,030	435	20
Foam, flexible (2,54 cm)	0,32	390	16
Polystyrene (5,08 cm)	0,38	630	46
Polycarbonate (1,52 mm)	1,16	528	30
PMMA type G (1,27 cm)	1,02	378	15
PMMA polycast (1,59 cm)	0,73	278	9
Carpet #1 (wool, stock)	0,11	465	23
Carpet #2 (wool, untreated)	0,25	435	20
Carpet #2 (wool, treated)	0,24	455	22
Carpet (nylon/wool blend)	0,68	412	18
Carpet (acrylic)	0,42	300	10
Gypsum board, (common) (1,27 mm)	0,45	565	35
Gypsum board, FR (1,27 cm)	0,40	510	28
Gypsum board, wall paper	0,57	412	18
Asphalt shingle	0,70	378	15
Fibreglass shingle	0,50	445	21
Glass reinforced polyester (2,24 mm)	0,32	390	16
Glass reinforced polyester (1,14 mm)	0,72	400	17
Aircraft panel, epoxy fiberite	0,24	505	28

Bron: Principles of fire behaviour.

Ga zelf na welk van bovenstaande materialen bij 15 kW/m² wel/niet tot ontbranding komen.

Berekening benodigde dikte van een massieve wand om voldoende weerstand tegen branddoorslag te bieden

Hoe deze berekening verloopt wordt hier getoond aan de hand van een voorbeeld.

In een hal van 1800 m² is opgeslagen: 80.000 kg PVC met een verbrandingswaarde van 17 MJ/kg, 10.000 kg isolatieplaten met een verbrandingswaarde van 40 MJ/kg en 5.000 kg hout met een verbrandingswaarde van 20 MJ/kg. Er ontstaat brand en al het materiaal komt in brand te staan. De brandscheidende wand is van steenachtig materiaal met de volgende materiaaleigenschappen: $\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 1,0 \text{ W/mK}$ en $c = 840 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$. Verder is gegeven: de verbrandingswaarde van 1 kg v.e. (= 1 kg vurenhout) bedraagt 20 MJ en de standaard afbrandsnelheid van vurenhout is 1 kg v.e. per m² per minuut.

Uit deze gegevens is de variabele vuurbelasting te berekenen in MJ/m² en in kg vureneenheid per m². Voor het voorbeeld is dit 51,7 kg v.e./m². Met het gegeven van de afbrandsnelheid van 1 kg vureneenheid per m² per minuut is vervolgens te berekenen hoe lang de brand duurt. Dat is dan eveneens 51,7 minuten. Dit is tevens het aantal minuten brandwerendheid die de wand minimaal zou moeten bezitten.

Het duurt een tijd voordat de warmte door de brand is doorgegeven tot aan de andere zijde van de wand. Dit heeft met thermische traagheid te maken. Een wand is “thermisch dik” bij

de volgende voorwaarde: $d > 2\sqrt{\alpha t}$ waarbij geldt: $\alpha = \frac{\lambda}{\rho c}$
 α geeft de mate aan waarin de temperatuur zich vereent in de constructie en wordt berekend uit de warmtegeleidingscoëfficiënt (λ), de soortelijke massa (ρ) en de warmtecapaciteit (c). In het voorbeeld is de wand voldoende dik (d.w.z. “thermisch dik”) bij: $d = 2 * ([1,0 / (2400 * 840)] * 51,7 * 60)^{0,5} \text{ [m]}$. 8 cm kalkzandsteen is bij de vuurbelasting in deze hal voldoende.

5.2 Niet-stationair warmtetransport

In brandsituaties is het stationair warmtetransport feitelijk niet zo interessant. Het kenmerk van brand is juist dat de temperatuur in de brandruimte snel erg hoog kan worden. Niet-stationair warmtetransport door de constructie leidt derhalve tot veel realistischer resultaten. Immers, door warmte- (of koude-) accumulatie in de constructie reageert de constructie traag. Deze thermische traagheid leidt tot minder extreme temperaturen in de constructie enerzijds, en een tijdsverschuiving voor de maximaal optredende temperatuur anderzijds.

6 Gedrag van constructies bij brand

6.1 Toepassing in de praktijk

Het gedrag van materialen bij brand kan op verschillende manieren worden beoordeeld. In hoofdlijnen komt dit neer op de volgende indeling:

1. Het gedrag van het materiaal aan de oppervlakte. Hierbij gaat het erom hoe snel een vlam zich over een oppervlak kan uitbreiden, hoeveel rook hierbij vrijkomt en of er druppelvorming optreedt.
2. Het kunnen tegenhouden van een brand. Hierbij gaat het om de vraag of bijvoorbeeld een wand of een deur zodanig kan worden uitgevoerd dat een brand een bepaalde tijd kan worden tegengehouden.
3. Het kunnen dragen van een belasting bij brand. Bepalend hierbij is of bijvoorbeeld een vloer of een kolom bij brand voldoende sterk blijft om een belasting te dragen.

Het rekenen aan warmtetransport in constructies gebeurt zowel in maatwerkoplossingen brandveiligheid (Fire Safety Engineering) als in standaard oplossingen waarbij de thermische respons van een constructie bepalend is voor het brandbedrag.

Bij draagconstructies kan opwarming van een constructie-element leiden tot bezwijken van dat element, waardoor de kans op bezwijken van de totale draagstructuur toeneemt.

Bij scheidingsconstructies kan opwarming van een constructie-element leiden tot een te hoge warmtetransmissie door straling of geleiding, waardoor gebouwgebruikers aan de niet-verhitte zijde gezondheidsschade kunnen oplopen. Anderzijds kunnen bij onbrandbare materialen zodanige effecten optreden (zoals vervormingen) dat zij toch niet goed als brandscheiding functioneren. De verschillende aspecten zullen daarom altijd afzonderlijk moeten worden beoordeeld. Of, nog erger, waardoor brandstof aan de niet-verhitte zijde spontaan tot ontbranding komt. Wanneer dat het geval is treedt branduitbreiding op naar buiten het brandcompartiment en kan een onbeheersbare situatie ontstaan, met alle risico's voor gebouw en omgeving.

6.2 Brandgedrag van veel voorkomende materiaalsoorten

Hout

Bij blootstelling aan hoge temperaturen zal hout in brand raken. Hierbij geldt dat zwaardere houtsoorten minder snel branden dan lichtere houtsoorten. Ook de vorm van het hout heeft invloed op het brandgedrag. Een takje is gemakkelijker in brand te steken dan een blok hout.

Bij verbranding van hout ontstaat op de oppervlakte een koollaag die als een isolator werkt. Deze isolatielaag beschermt het hout en zorgt ervoor dat het inbranden niet zeer snel gaat. Een grove waarde is een inbrandsnelheid van 1 mm/min.

Ondanks dat hout brandt, kan het wel degelijk goed in brandscheidingen worden toegepast. Hout is namelijk een goede thermische isolator waardoor de temperatuur aan de niet-brandzijde niet te hoog zal worden. Een houtdikte van 5 mm is hiervoor al voldoende. Omdat hout wel brandt, zal er rekening mee moeten worden gehouden dat een deel van de oorspronkelijke constructie zal wegbranden. Het resterende deel moet voldoende dik zijn om als brandscheiding of draagconstructie te kunnen functioneren. Door te berekenen hout er in geval van brand wegbrandt, kan worden berekend hoe dik de constructie voorafgaand aan de brand moet zijn.

Steenachtige materialen

Steenachtige constructies zijn doorgaans goed bestand tegen een brand. De materialen kunnen veel warmte opnemen waardoor met relatief dunne constructies brandscheidingen kunnen worden gerealiseerd. Betonnen constructies halen hun sterkte doorgaans in combinatie met de wapening in het beton. Indien de temperatuur in de wapening teveel oploopt kan de wapening zijn sterkte verliezen. Het is daarom belangrijk dat er voldoende dekking is van het staal. Een ander effect van beton is dat het bij blootstelling aan hoge temperaturen kan gaan spatten waardoor de wapening minder goed beschermd wordt en te warm kan worden. Hierdoor zal wederom het beton zijn sterkte verliezen.

Metalen

Kenmerk van metaal is dat het een goede thermische geleider is en dat het bij hoge temperaturen (boven de 400 °C) zijn sterkte verliest. Daarnaast zet metaal uit op het moment dat het verhit wordt waardoor vervormingen kunnen optreden. Met name vanwege de goede thermische geleiding is metaal als brandscheiding niet zomaar geschikt. Als draagconstructie zal in veel gevallen het metaal moeten worden beschermd om te voorkomen dat de temperatuur in te hoog wordt waardoor de belasting niet meer kan worden gedragen.

Kunststoffen

Kunststoffen zijn er in vele varianten, van zeer brandbaar tot beperkt brandbaar. Als brandscheiding wordt kunststof niet veel toegepast. Wel wordt kunststof toegepast in brandwerende kozijnen.

Glas

Bij blootstelling van hoge temperaturen zal normaal glas al snel breken. De reden hiervoor is dat het glas zal uitzetten en als gevolg van thermische spanningen in het glas treedt vervolgens glasbreuk op. Om glas brandwerend te maken zijn daarom aanpassingen nodig om ervoor te zorgen dat het glas niet breekt. Een mogelijkheid hiervoor is bijvoorbeeld het

glas te verharderen of versterken met verstevigingfolies. Hierdoor wordt voorkomen dat bij brand het glas breekt. Ook spiegeldraadglas zal in geval van brand heel blijven.

Omdat glas zonder aanpassingen slechts beperkt thermisch isolerend is en ook warmtestraling niet tegenhoudt, bevat brandwerend glas een aantal aanpassingen. Bij de brandwerendheid wordt hier nader op ingegaan.

6.3 Brandgedrag oppervlakte materialen

Materialen die snel branden of veel rook produceren kunnen zorgen voor onveilige of onbeheersbare situaties. Toepassing van deze materialen hoeft geen probleem te zijn, mits ze op de juiste plek of op juiste wijze worden toegepast. Naarmate het belang van een ruimte op het brandveiligheidsconcept toeneemt, wordt het belangrijker om te kiezen voor materialen die moeilijk branden. Is er bijvoorbeeld sprake van slechts één vluchtroute, dan is meer zekerheid nodig dat deze ook daadwerkelijk gebruikt kan worden zodat daar gekozen moet worden voor materialen voldoen aan strenge eisen. In een meer standaard verblijfsruimte kan echter gekozen worden voor meer brandbare materialen. Voor verschillende toepassingen worden verschillende soorten brandproeven voorgeschreven.

De eisen voor materiaaltoepassing in buitengevels hebben alleen betrekking op de beperking van de ontwikkeling van brand. Rookontwikkeling is dan niet belangrijk. Naast de eisen voor brandklassen, zijn er WBDBO eisen voor gevels volgens NEN 6068. De buitenoppervlakte van de gevel moet voldoen aan brandklasse B.

De bovenzijde van een dak mag niet brandgevaarlijk zijn ter voorkoming dat het door vliegvlam van elders in brand vliegt. Dit geldt niet als de hoogste vloer niet hoger is dan 5 meter en het dak meer dan 15 meter van de perceelgrens ligt. Ook voor bouwwerken kleiner dan 50 m² geldt dit niet. De afstand tussen de uitmonding van een afvoervoorziening voor rookgas van een op vaste brandstof gestookt toestel (openhaard) en een (wel) brandgevaarlijk dak van een ander bouwwerk moet ten minste 15 m zijn. Voor vloeren gelden afwijkende eisen omdat brand zich onder in een brandruimte op een horizontaal vlak anders gedraagt.

Aan materialen in het gebouw worden eisen gesteld t.a.v. bijdrage aan de brandontwikkeling en rookontwikkeling. Een beginnende brand mag zich niet snel uitbreiden langs de wanden en plafonds om snel vluchten mogelijk te maken en inademing van veel rook te voorkomen.

Schachten, kokers en kanalen vormen vooral een risico, omdat het ontstaan van een eventuele brand gemakkelijk aan de aandacht van de gebruiker van het bouwwerk kan

Brandveiligheid

Pagina 41 van 96

ontsnappen en ook snelle verspreiding mogelijk is naar een ander brandcompartiment. Ook lokaliseren en blussen van de brand door de brandweer is hier lastiger. Binnenzijden van schachten, kokers en kanalen in gebouwen met meerdere brandcompartimenten moeten worden afgewerkt met bijvoorbeeld gipsplaten of ander steenachtig materiaal (brandklasse A2).

In de nabijheid van een stookplaats (openhaard of houtkachel) mogen materialen niet spontaan tot ontbranding komen door warmtestraling of een te hoge temperatuur van de openhaard of de kachel. Materialen in de directe omgeving van zo'n stookplaats moeten daarom onbrandbaar zijn.

Speciaal voor publiektoegankelijke ruimtes zijn in het Bouwbesluit voorschriften opgenomen voor inrichtingselementen zoals standjes, kramen, schappen, etc. Deze inrichtingselementen moeten brandveilig zijn.

Voor de aankleding van besloten ruimten zijn in het Bouwbesluit voorschriften opgenomen om brandgevaar uit te sluiten. Voor woningen en vakantiehuisjes gelden deze eisen niet. (bron; 201412-dgmr-ifv-kp-materialen-en-brandveiligheid.pdf)

Brandklassen

Klasse	Omschrijving	Voorbeeld
A1	Materialen in deze klasse dragen niet bij in elk stadium van de brand, ook niet bij een volledig ontwikkelde brand.	Calciumsilicaat beplating, steenachtige materialen zoals gips, baksteen en beton, keramische materialen zoals dakpannen, natuursteen, steenwol.
A2	Materialen in deze klasse dragen bij een volledig ontwikkelde brand niet bij aan de vuurlast en de branduitbreiding. Praktisch onbrandbaar.	Gipskartonbeplating.
B	Moelijk brandbare materialen, die een beperkte bijdrage leveren aan brandgevaar.	PVC vloerbedekking, sommige textiele vloerbedekking, geverfde gipsplaat, brandvertragend MDF, cementgebonden spaanplaat
C	Materialen in deze klasse vertonen een beperkte zijdelingse vlamuitbreiding wanneer ze blootstaan aan de hitte van vlammen ('single burning item'). Brandbare materialen, die een bijdrage leveren aan brandgevaar.	Zwaardere houtsoorten, gipsplaat met behang.
D	Materialen in deze klasse bieden langer weerstand tegen een klein	De meeste houtsoorten, onbehandeld multiplex, MDF.

6.4 Euroklassen

De brandklassen die in het Bouwbesluit worden vereist zijn de Europese brandvoortplantingsklasse als bedoeld in NEN-EN 13501-1, onderdeel 'Classification criteria for construction products'. Deze norm bevat zelf geen testmethode maar betreft een indeling in klassen die is gebaseerd op een aantal onderliggende testmethoden.

Conversietabel

Bestaande bouw	Nieuwbouw
onbrandbaar	klasse A1
brandklasse 1	klasse B
brandklasse 2	in besloten ruimte klasse B in een niet besloten ruimte klasse C
brandklasse 3	klasse C
brandklasse 4	klasse D
brandklasse T1	klasse C _s
brandklasse T3	klasse D _s
rookproductie 10 m-1 of 5,4-1	klasse s2

Bijlage B van NEN 6063 bevat een materialenlijst van niet-brandgevaarlijke materialen.

Deze testmethoden bevatten een serie testen waarbij een proefstuk aan verschillende brandscenario's wordt onderworpen en waarbij verschillende metingen worden uitgevoerd. Afhankelijk van de (te verwachten) classificatie moeten meerdere testen worden doorlopen. De beoordeling van Euroklassen is geldig binnen de gehele EU. Dit betekent echter niet automatisch dat de toepassing van materialen binnen de EU gelijk is. De diverse landen mogen namelijk zelf bepalen wanneer welke eis van toepassing is. In Nederland worden bijvoorbeeld geen eisen gesteld aan de vorming van druppels bij de verbranding van materiaal.

6.5 Brandwerende constructies

Brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie is de tijdsduur (in minuten) dat een constructie zijn scheidende functie kan vervullen bij blootstelling aan een standaardbrand. Het Bouwbesluit onderscheidt eisen van 20 minuten (voor bestaande bouw), 30 en 60 minuten brandwerendheid.

De belangrijkste criteria voor de brandwerendheid van de scheidingsconstructie zijn volgens NEN 6069:

- **Vlamdichtheid betrokken op de afdichting (E)**
De scheidingsconstructie voorkomt dat vlammen en hete gassen doordringen tot de niet-verhitte zijde. Dit betekent dat tijdens brand geen (te) grote openingen of spleten in de constructie mogen ontstaan.
- **Thermische isolatie betrokken op de oppervlaktetemperatuur (I)**
De scheidingsconstructie beperkt de temperatuurstijging aan de niet-verhitte zijde tot maximaal 180 °C lokaal of 140 °C gemiddeld.
- **Thermische isolatie betrokken op de warmtestraling (W)**
De scheidingsconstructie zorgt ervoor dat de warmtestraling niet groter wordt dan 15 kW/m² op een afstand van 1 m aan de niet-verhitte zijde van de scheiding.
- **Dragende functie (R)**
De scheidingsconstructie bezwijkt niet.

Welke combinatie van criteria van toepassing is, hangt af van de functie van de scheidingsconstructie. Zo geldt voor:



een rookwerende pui in het gebouw uitsluitend: **E**



een binnenwand en een gevel van buiten naar binnen: **EI**



een brandwerende pui in het gebouw en een gevel van binnen naar buiten: **EW**

Criterium brandwerendheid scheidende functie	Gevel van binnen naar buiten	Gevel van buiten naar binnen	Vloer Binnenwand	Glaspui binnen	Rookpui
E vlamdichtheid (afdichting)	X	X	X	X	X
I thermische isolatie (temperatuur)	–	X	X	–	–
W thermische isolatie (warmtestraling)	X	–	–	X	–
R bezwijken	O	O	O	O	O

X = wel van toepassing
– = niet van toepassing
O = incidenteel van toepassing

(bron: www.brandveiligmetstaal.nl)

6.5.1. Hout

Houten deuren of kozijnen worden vaak toegepast in brandscheidingen. Zoals al eerder beschreven is het gedrag van hout redelijk voorspelbaar en kan op basis van de inbrandsnelheid de verwachte brandwerendheid worden bepaald. Bij deze methode wordt echter geen rekening gehouden met eventuele vervormingen van een constructie. Stevig bevestigde constructies zoals kozijnen kunnen daarom wel op deze wijze worden berekend, maar voor deuren gaat dit niet op, omdat een deurblad kan vervormen.

In de NEN 6073 zijn rekenregels opgenomen waarmee de brandwerendheid van houten constructies rekenkundig kunnen worden bepaald. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de inbrandsnelheid van het soort hout (naaldhout en loofhout) en het soortelijk gewicht van hout. In tabel 1 zijn de verschillende waarden opgenomen voor de inbrandsnelheid van hout.

	Volumieke massa [kg / m ³]	Inbrandsnelheid [mm/min]
Naaldhout: Redwood, Red Cedar, Southern Pine	> 300	0,8
Ander naaldhout	> 300	0,8
	> 600	0,55
Loofhout	> 300	0,8
	> 600	0,45

Tabel 6.1: Inbrandsnelheid hout (bron: NEN 6073).

Bij het daadwerkelijk rekenen aan constructies moeten in sommige gevallen correctiefactoren worden opgenomen voor de inbrandsnelheid. Deze zijn bijvoorbeeld afhankelijk van de vezelrichting in het hout en van de afmetingen van de constructie.

Op basis van bovenstaande waarden mag duidelijk zijn dat voor het bepalen van hoge brandwerendheden moet worden gekozen voor zwaar en / of dik hout. Bij brandwerende kozijnconstructies wordt vaak uitgegaan van een sponningdiepte van 25 mm. Hiermee kan een brandwerendheid van 30 minuten worden behaald, maar 60 minuten is alleen haalbaar indien voor heel zwaar hout wordt gekozen.

6.5.2. Glas

Brandwerende beglazing is er in hoofdlijnen in twee soorten: glas met een hittereferende coating en glas dat is voorzien van een bij brand opschuimende laag. De hitte-reflecterende coating heeft als doel om warmtestraling tegen te houden zodat aan het EW criterium kan worden voldaan. Dit type beglazing voldoet doorgaans niet (of slechts korte tijd) aan het EI criterium. Indien het gewenst is dat wel aan het EI criterium wordt voldaan,

moet worden gekozen voor beglazing met een bij brand opschuimend materiaal. Dit materiaal, dat zich tussen de glasbladen bevindt, zal bij brand een isolerende laag vormen waardoor de temperatuurstijging aan de niet-verhitte zijde beperkt wordt.

Bij beglazing die alleen voldoet aan het EW criterium is het belangrijk om te realiseren dat niet altijd oneindig grote oppervlakten zijn toegestaan. Als voorbeeld geldt een raam met afmetingen van $1 \times 1 \text{ m}^2$ waarbij de warmtestraling op 1 m afstand ca. 14 kW/m^2 bedraagt. Dit raam voldoet hiermee aan criterium voor warmtestraling. Indien echter op korte afstand van dit raam een zelfde raam wordt geplaatst, zal de totale warmtestraling van beide ramen tezamen de grenswaarde van 15 kW/m^2 overschrijden zodat dan de totale constructie niet meer voldoet aan het EW criterium.

6.5.3. Metaal

Metaal wordt bij brandscheidingen doorgaans alleen als deur of kozijn toegepast. Hiervoor wordt gekozen voor staal of aluminium. Met stalen profielen kunnen kozijnen tot 60 minuten brandwerendheid worden gerealiseerd. Met aluminium is dit niet zomaar mogelijk. Aluminium heeft namelijk een smelttemperatuur van 660 °C en zal dus bij blootstelling aan de standaard brandkromme na verloop van tijd kunnen smelten als het niet voldoende beschermd wordt. Bij aluminium kozijnen wordt daarom vaak een vulling van bijvoorbeeld cement toegepast die een deel van de warmte absorbeert waardoor het aluminium gekoeld wordt.

6.5.4 Steenachtige materialen

Met stenen wanden en vloeren zijn hoge brandwerendheden te behalen. Een kalkzandsteen wand met een dikte van 90 mm is bijvoorbeeld al voldoende voor het behalen van een brandwerendheid van 60 minuten.

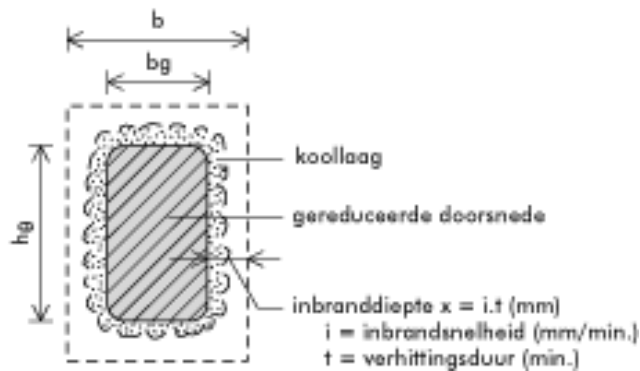
6.6 Draagconstructies

6.6.1. Hout

Voor houten constructies geldt dat deze bij blootstelling aan brand deels zullen wegbranden. De resterende constructie (de gereduceerde doorsnede) zal voldoende sterk moeten zijn om de belasting bij brand te kunnen blijven dragen. In figuur 21 is een voorbeeld weergegeven van een vierzijdig verhit bouwdeel (bijvoorbeeld een kolom) waar een deel van het hout is weggebrand.

Brandveiligheid

Pagina 45 van 96



Figuur 21: Voorbeeld inbranden van houten bouwdeel (bron: SBR).

In veel gevallen zullen liggers niet aan alle zijden thermisch worden belast. Indien bijvoorbeeld direct boven de ligger een vloer aanwezig is, zal aan de bovenzijde geen sprake zijn van inbranden. Door bescherming aan te brengen (bijvoorbeeld minerale wol tussen liggers in een plafond) kan het inbranden nog meer worden tegengegaan.

6.6.2. Staal

Stalen kolommen en liggers zullen bij blootstelling aan hoge temperaturen hun sterkte verliezen en vervolgens kunnen bezwijken. Op welk moment dit gebeurt is afhankelijk van de belasting die de kolom of ligger moet kunnen dragen. De temperatuur waarbij de sterkte niet meer voldoende is om de belasting te dragen, wordt de kritieke staaltemperatuur genoemd. Doorgaans ligt deze kritieke staaltemperatuur tussen de 500 °C en 600 °C. Met behulp van computerprogramma's kan de kritieke staaltemperatuur per constructieonderdeel specifiek worden berekend.

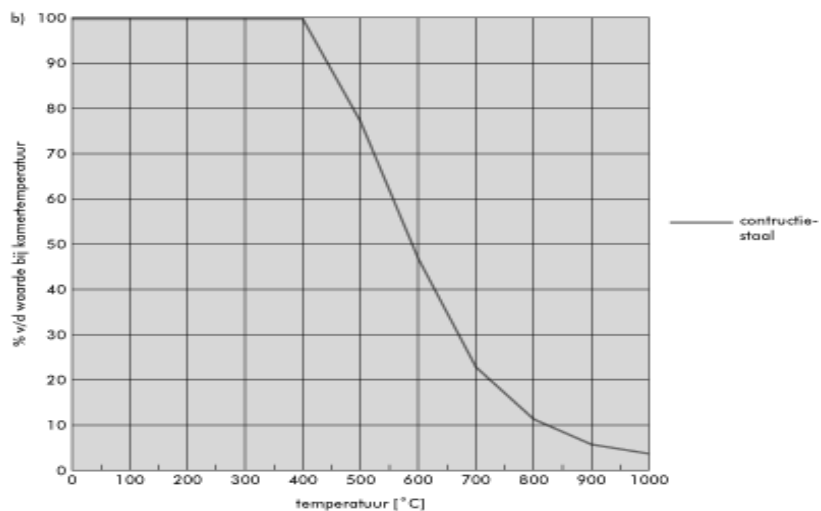
Vanaf een temperatuur van 400 °C begint de sterkte van het staal al af te nemen. In figuur 22 is dit geïllustreerd. Volgens de standaard brandkromme wordt deze temperatuur al snel (binnen enkele minuten) bereikt. Uiteraard duurt het enige tijd voordat de temperatuur in het staal ook zodanig is gestegen dat de constructie ook daadwerkelijk zijn sterkte verliest. Bij onbeschermd staal zal de brandwerendheid tussen de 15 en 30 minuten liggen. Door een constructie zwaarder te ontwerpen dan onder normale omstandigheden noodzakelijk is, kan de kritieke staaltemperatuur verhoogd worden waardoor in sommige gevallen net voldoende brandwerendheid kan worden behaald. Indien een brandwerendheid van meer dan 30 minuten noodzakelijk is, is veelal bescherming noodzakelijk.

De bescherming van staalconstructies is mogelijk door ervoor te zorgen dat (een deel) van de constructie niet wordt blootgesteld aan hoge temperaturen. Dit is mogelijk door bijvoorbeeld een kolom in te bouwen in een wand. Hierdoor wordt alleen de flens direct blootgesteld waardoor het langer duurt totdat de gehele kolom opwarmt. Dit zelfde

Brandveiligheid

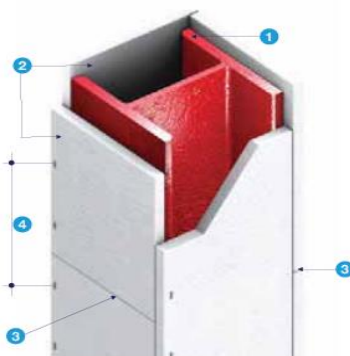
Pagina 46 van 96

principe kan uiteraard ook in vloeren worden toegepast. Ook het beschermen van liggers en kolommen door het aanbrengen van een bekleding of een coating is een mogelijkheid. Bij de laatste oplossing wordt een coating aangebracht die bij brand een isolerende laag vormt die het staal beschermd.



Figuur 22: Reductie van de sterkte van staal bij verhoging van de temperatuur. Boven een temperatuur van 400 °C neemt de sterkte af. (bron: SBR).

2002-CVB-R06042



Technische toelichting:

- 1 Stalen kolom
- 2 PROMATECT® -L, dikte zie tabel 1.11 en 1.12
- 3 Horizontale naad, alleen als de kolomhoogte de maximale plaatlengte te boven gaat. De naden verspringen over tenminste 500 mm
- 4 Stalen nieten, lengte 2 x plaatdikte en tenminste plaatdikte + 20 mm, h.o.h. 100 mm, eindafstand 50 mm

De strookbreedte kan bepaald worden volgens de zaagschema's.

De kritieke staaltemperatuur dient conform NEN 6072 berekend te worden. Onder normale condities gaat Promat er van uit dat voor kolommen 500°C veilig is. Indien van een concreet project bekend is dat de veilige kritieke staaltemperaturen anders zijn, dan dient daar rekening mee te worden gehouden.

Figuur 23: Voorbeeld beschermde stalen kolom (bron: Promat).

6.6.3. Beton

Beton heeft de gunstige eigenschap dat het relatief lang duurt voordat het opwarmt bij blootstelling aan brand. Beton heeft namelijk een hoge dichtheid, hoge warmtecapaciteit en een lage warmtegeleidingcoëfficiënt.

De brandwerendheid van beton wordt in principe bepaald door de sterkte van het wapeningstaal in het beton. Voor dit staal geldt hetzelfde als voor stalen constructieonderdelen: boven een bepaalde temperatuur is de sterkte teveel afgenomen en kan de belasting niet meer worden gedragen. Het wapeningstaal wordt echter beschermd door het beton, waardoor de temperatuurstijging in het staal wordt gedempt. Hoe groter de dekking van het beton, hoe hoger de brandwerendheid die kan worden behaald.

Nadeel van beton is dat er sprake kan zijn van spatten in geval van brand. Dit is een gevolg van het water dat zich in de constructie bevindt en dat in geval van brand zal overgaan in stoom. Hierdoor vindt binnen de constructie plaatselijk een grote drukopbouw plaats, zeker indien de stoom niet via bijvoorbeeld kleine poriën naar buiten kan stromen. Het gevolg van deze drukopbouw kan zijn dat aan de oppervlakte delen van beton wegspringen. Hierdoor wordt de dekking van de wapening een stuk kleiner dan oorspronkelijk, waardoor ook de temperatuurverhoging in de wapening sneller gaat dan oorspronkelijk verwacht. Hierdoor kan de constructie uiteindelijk eerder bezwijken.

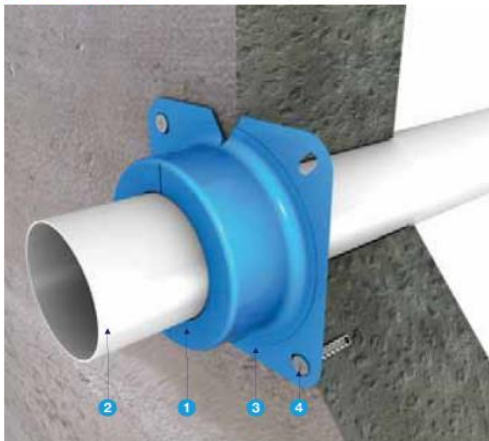
6.7 Doorvoeren

Het realiseren van brandwerende scheidingen is relatief eenvoudig. Zoals beschreven kan met een steenachtige wand al goede brandscheiding worden gerealiseerd. Helaas wordt in de praktijk de brandwerendheid echter vaak teniet gedaan doordat er diverse leidingen en kanalen door brandscheidingen voeren. Doordat deze niet goed worden afgedicht ontstaat een zwakke plek in de brandscheiding. Om wel een goede brandscheiding te realiseren, moet gekozen worden voor een goede afdichting. De keuze voor de afdichting is afhankelijk van de soort leiding of kanaal. Onderstaand wordt hierop ingegaan.

6.7.1. Kunststof leidingen

In geval van brand zal een kunststof leiding smelten, zodat ter plaatse van een brandwand een gat ontstaat. Indien geen brandwerende voorzieningen worden getroffen, bedraagt de brandwerendheid van een steenachtige wand ter plaatse van de leiding slechts 5 tot 10 minuten. Het is dus van belang dat het gat dat ontstaat na smelten van de leiding snel wordt opgevuld. Dit kan bijvoorbeeld worden gerealiseerd door brandmanchetten aan te brengen rond de leidingen. Deze manchetten zijn voorzien van een materiaal dat bij verhitting opschuimt en het gat vult. Bij het plaatsen van brandmanchetten is het van belang dat de richting van de brandwerendheid bekend is. Manchetten die niet in een muur of wand worden geplaatst, maar er tegenaan, werken doorgaans slechts in één richting. Alleen indien de manchet is geplaatst aan de verhitte zijde zal het opschuimende materiaal snel genoeg het gat vullen. Dit is niet altijd een probleem, bij doorvoeren naar schachten kan vaak worden volstaan met een brandwerendheid in één richting (naar de schacht). Bij manchetten die in de vloer of wand worden aangebracht, is de richting niet van belang, deze werken doorgaans in twee richtingen.

96-CVB-R0509
96-CVB-R0510



De PROMASTOP® -A brandmanchet wordt om de kunststofleiding heen geplaatst, vastgeklit en op de wand vastgezet.

Technische toelichting:

- 1 PROMASTOP® -A brandmanchet
- 2 Kunststofleiding (PVC, PE of PP)
- 3 Grondplaat
- 4 Bevestiging - aantal volgens gaten in de grondplaat
In beton of vol metselwerk: metalen inslagpluggen
In cellenbeton: schroeven 50 mm
In gipsplaten: speciale grofdraadschroeven 35 mm

Het aantal te plaatsen PROMASTOP® -A brandmanchetten (één of twee kanten van de muur) hangt af van de gewenste graad van brandwerendheid, van de wandconstructie en van de zijde(n) waar de brand kan ontstaan. Zie de tabel bij het aantal te plaatsen PROMASTOP® -A brandmanchetten per leiding op de vorige pagina.

Figuur 24: Voorbeeld opbouwbrandmanchet voor een kunststof leiding (bron: Promat)

6.7.2. Metalen leidingen

Bij metalen leidingen speelt de thermische geleiding van de leidingen de belangrijkste rol voor de brandwerendheid. Zonder voorzieningen zal er uiteraard geen gat ontstaan, maar in geval van brand zal de temperatuur van de leiding zo hoog worden dat aan de niet-verhitte zijde brandbare objecten kunnen worden ontstoken. Om te voorkomen dat de temperatuur te snel stijgt, kan een isolatieschaal van minerale wol worden aangebracht. Afhankelijk van de thermische geleiding van de leiding (koper geleidt bijvoorbeeld beter dan staal) moeten de leidingen over een bepaalde afstand (ca. 0,5 tot 0,8 m) tot de brandscheiding worden geïsoleerd. Bij leidingen met een kleine diameter (<60 mm) kan veelal in plaats van een isolatieschaal een endotherme coating worden toegepast. Deze coating isoleert en absorbeert een groot deel van de warmte. De ruimte tussen de leiding en de wand moet netjes worden afgedicht met bijvoorbeeld brandwerende kit. Opgemerkt wordt dat ter plaatse van rookscheidingen de thermische isolatie geen rol speelt. De sparing rond de leidingen moet wel netjes worden afgedicht, maar de isolatie is niet noodzakelijk.

6.7.3. Ventilatie schachten (bouwkundig)

Bij bouwkundige schachten (meestal steenachtig) speelt, indien gebruik wordt gemaakt van een collectief afvoersysteem, voornamelijk de verspreiding van rook en warme lucht een belangrijke rol. Zonder voorzieningen zal de rook en warmte die ontstaat in de woning bij een brand zich via de ventilatieschacht verspreiden naar de andere woningen die zijn aangesloten op deze schacht. Om te voorkomen dat de brand (warme lucht) zich kan verspreiden door het woongebouw kan in de ventilatieopening een brandklep worden

Brandveiligheid

Pagina 49 van 96

toegepast. Omdat in deze situaties echter sprake is van weinig ruimte, kan gebruik worden gemaakt van een brandwerende vlinderklep ter plaatse van het ventilatierooster. Deze klep zal worden afgesloten indien de lucht door de ventilatieschacht te warm wordt. De ruimte rondom de klep moeten worden afgewerkt met minerale wol en een endotherme coating.



Figuur 25: Binnenzijde brandklep (in geopende toestand). In geval van brand zal de klep sluiten en wordt het kanaal afgedicht.

6.8 Branddoorslag via de constructie

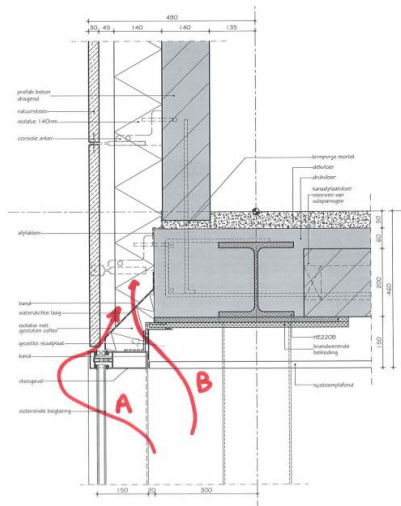
De wijze waarop constructies zijn opgebouwd en detaillering plaatsvindt, kan aanleiding zijn voor branddoorslag over brandoverslag. Via spouwconstructies kan brand zich bijvoorbeeld verplaatsen.

In deze paragraaf worden enkele brandoverslag- en -doorslagtrajecten besproken aan de hand van enkele SBR-details. Risico's van deze constructies worden kort besproken. (bron: Beoordeling branduitbreiding via gevelspouw, P. van Leur, overgenomen met toestemming)

Brandveiligheid

Pagina 50 van 96

Detail S.01.01.303.2, vliesgevel, aansluiting op natuurstenen bovenzijde



← Dit detail laat zien hoe branddoorslag kan plaatsvinden via vlamuitbreiding in de spouw via twee routes. Route A gaat via de isolerende beglazing en dan via de kier tussen het kozijn en de natuurstenen beplating. Route B gaat via het verlaagde plafond, stalen zetstuk, harde kunststofschuimisolatie boven het kozijn, loodslabbe en kunststof gevelisolatie.

Route A is door de kier van 15 mm onder en achter de natuursteenplaat niet echt gemakkelijk te nemen door uitslaande vlammen. Beide zijden van de gevelspouw zijn bovendien onbrandbaar materiaal: natuursteen en lood (waterkering). Na 6 cm komt de vlam bij gevelisolatie. Als de kale isolatieplaat voldoet aan Euroklasse D of beter is het niet zeker dat de isolatieplaat ontsteekt.

Als de waterkering niet van lood, maar kunststof is, dringt de vlam gemakkelijker door tot de gevelisolatie. Isolatie onder de waterkering zal dan gemakkelijker ontsteken. Dit versterkt de kans op ontsteking van de gevelisolatie.

Route B levert een reëel risico op branddoorslag, zeker als het verlaagde plafond branddoorslag niet blokkeert. Meestal is dit – door afvallen – al het geval na enkele minuten brandontwikkeling. Het dunne stalen zetstuk is dan nog de enige barriere tussen de brandruimte en de isolatielatei. Dat levert een gegarandeerde doorslag binnen enkele minuten. De verhitting is ook zo sterk, zeker nadat het zetstuk of het aluminium kozijnprofiel is bezweken en er sprake is van rechtstreeks vlamcontact, dat zelfs Euroklasse D isolatiemateriaal ontsteekt en de spouw in brand zet en zich zo omhoog voortplant. Bij Euroklasse E is dit effect nog veel sterker aanwezig en bij F zeker.

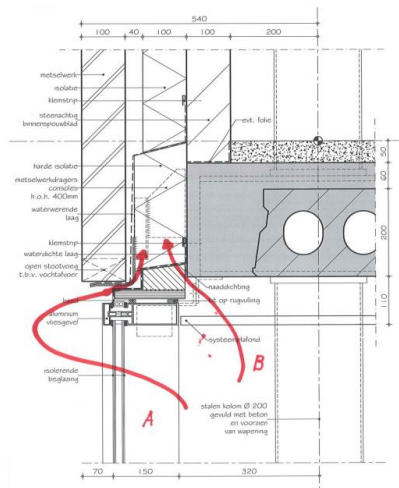
Met Euroklasse C of B is het daarentegen goed voorstelbaar dat de voortplanting in de spouw stopt buiten het directe bereik van de vlammen uit de brandruimte. Als de gevelisolatie Euroklasse A1 of A2 is, dan mag worden verwacht dat de brand zich niet in de spouw voortplant.

Branddoorslag vanuit de gevelspouw via het gemetselde binnenspouwblad is niet denkbaar. Om in bovenliggende ruimte te komen moet een brand in de spouw een detail aantreffen met een lage weerstand tegen brand.

Brandveiligheid

51 van 96

Detail S.01.01.305.1, vliesgevel, aansluiting op metselwerk bovenzijde



← Beoordeling van dit detail op brandveiligheidsaspecten levert kritische punten op voor verspreiding van brand via de gevel. Via route A kan brand in de onderste ruimte bij de bovenliggende ruimte komen. Als het glas breekt kunnen vlammen via de kier tussen het kozijn en gemetseld buitenspouwblad het isolatiemateriaal bereiken/aansteken. Route B loopt via systeemplafond, houten kozijn, stalen zetstuk, waterkerende loodslabbe, hard kunststofschuim-isolatie boven kozijn en waterkerende laag. Route A is door de lage, relatief lange kier weerszijden onbrandbaar materiaal niet gemakkelijk voor uitslaande vlammen bereikbaar, maar als de folies brandbaar zijn, dan komt al snel brand in de spouw. Een vlam voorbij de kier komt gemakkelijk bij het isolatiemateriaal naast de vloerplaat. Als dit isolatiemateriaal klasse D is of beter, dan is ontsteking van dit isolatiemateriaal niet zeker, maar bij klassen E of F waarschijnlijk wel. Brandvoortplanting via het isolatiemateriaal hangt af van de kwaliteit gevelisolatiemateriaal. Als de isolatieklasse D of beter is, is de ontstekingskans via de kier relatief klein om brandvoortplanting op gang te houden. Dit geldt niet als de isolatieklasse E of F is.

Route B is geen waarschijnlijke route voor doorslag. De kleinste afstand door het massieve hout is 30 mm. De doorbrandtijd door vuren hout is te schatten op $30/0,8=37$ minuten (volgens NEN 6073: 0,8 mm/minuut). Bij zwaarder naaldhout of loofhout nog meer. Mits de verankering het houdt, duurt het die tijd voordat er voortplanting is van het vuur. Het achterliggende isolatiemateriaal moet dan worden aangestoken. Ook dit kan nog een tijdje duren voor het brand, zeker bij isolatiemateriaal brandklasse D of beter.

Branddoorslag vanuit de gevelspouw boven de vloer via het gemetselde binnenspouwblad is niet echt realistisch.

Detail S.04.01.301.1, horizontaal geprofileerde oeverbeplating met stalen binnenplaat

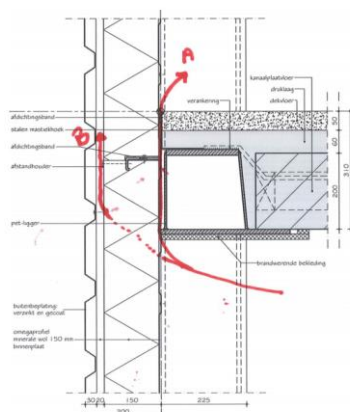


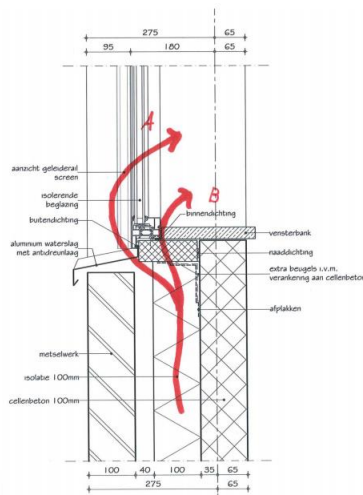
Figure 9: detail S.04.01.301.1

← Het detail links bevat geen route voor brandverspreiding via een gevelopening. Route A, via de aansluiting van de gevel op de vloer, biedt weerstand tegen branddoorslag zolang de beplating verankerd blijft tegen de vloer. De gevel is niet snel toegankelijk. De brand moet door een dikke laag minerale wol heen (route B). Dit kost veel tijd. Bovendien is de gevelspouw weerszijden begrensd door onbrandbaar materiaal: staal en minerale wol. Als de brand onverhoopt toch in de spouw terecht komt, zal er geen brandvoortplanting omhoog plaatsvinden.

Brandveiligheid

Pagina 52 van 96

Detail S.10.01.206.1, metselwerk, aansluiting op onderzijde aluminiumkozijn



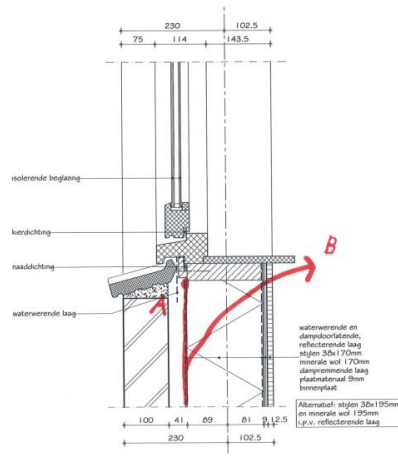
← Beoordeling van het detail links op branddoorslag via verticale vlamuitbreiding in de gevelspouw naar bovenliggende ruimte, levert twee voor de hand liggende routes op. Route A is via de gevelspouw, de aluminium waterslag en de isolerende beglazing. Route B is via de gevelspouw, het houten stelkozijn en stalen zetstuk en dan via de vensterbank naar binnen.

Route A is niet erg waarschijnlijk. De vraag is of vlammen van beperkte omvang in de gevelspouw voldoende heet zijn om de aluminium waterslag door te branden. Vlammen moet het isolatieglas "aanvallen" tot dit bezwijkt. Inschatting van P. v.d. Leur is dat het glas dat zal "overleven".

Met een goede verankering van het stelkozijn via het stalen zetstuk, is te verwachten dat de brandweerstand via route B ruim voldoende is. Het ca. 60 mm dikke kozijnhout levert al een brandwerendheid van $60/0,8=75$ minuten.

..

Detail V.201.0.1.01, houten binnenspouwblad en gemetseld buitenspouwblad, aansluiting op onderzijde kozijn



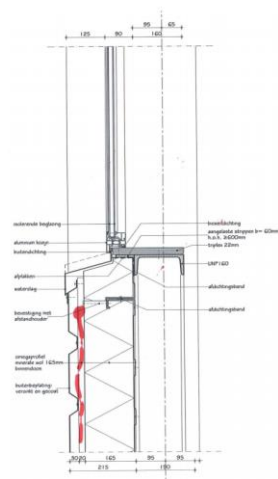
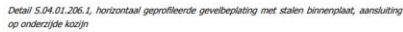
Beoordeling van branddoorslag via verticale vlamuitbreiding van de onderste ruimte naar de ruimte erboven levert twee voor de hand liggende routes. Route A is via de brandbare waterwerende en dampdoorlatende laag en vervolgens via het houten kozijn naar de ruimte. Route B is via de gevelspouw en waterwerende en dampdoorlatende laag, via de minerale wol en 9 mm plaatmateriaal (gipskartonplaat) naar de ruimte.

Route A ligt niet voor de hand. De kleinste afstand door massief hout is 45 mm. De geschatte doorbrandtijd is dan $45/0,8=56$ minuten, en bij zwaarder naald- of loofhout nog meer.

Ook via route B is de brandweerstand groot: via 170 mm minerale wol en 9 mm gipskarton. Dat levert bij de lage belasting in de spouw zeker 60 min.brandwerendheid.

Brandveiligheid

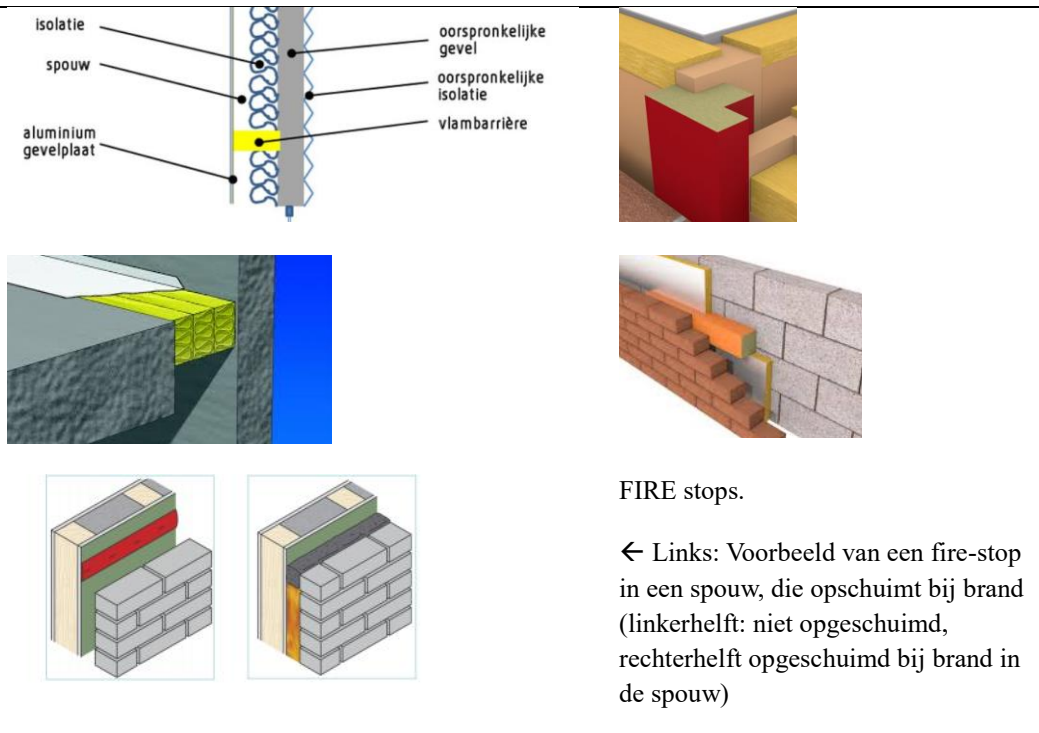
53 van 96



← Dit detail bevat geen route voor branddoorslag via de gevelspouw. De gevelspouw wordt weerszijden begrenst door onbrandbaar materiaal (staal/minerale wol). Als er onverhoopt toch vlammen in de spouw komen, zal er geen brandvoortplanting omhoog zijn.

6.9 Firestops

Voorgaande paragraaf laat zien dat bij onjuist detailleren en onjuiste materiaalkeuze (sterke) branduitbreiding binnen constructies mogelijk is. Om sterke uitbreiding van brand te voorkomen kunnen barrières in een constructie zeer effectief zijn. Speciale voorzieningen hiervoor in spouwen zijn 'fire stops' (voorbeelden hiervan staan in onderstaande figuur).



7 Brandinstallaties

7.1 Gelijkwaardige veiligheid aan de bouwregelgeving

Het Bouwbesluit geeft (bouwkundige) eisen waaraan alle gebouwen in ons land aan moeten voldoen. Het Bouwbesluit onderscheidt daarbij twee niveaus; nieuwbouwniveau en een niveau voor bestaande bouw. Alle nieuw te bouwen objecten moeten logischerwijs voldoen aan de nieuwbouweisen, alle bestaande gebouwen moeten minimaal voldoen aan het niveau voor bestaande bouw. Daarmee is het niveau voor bestaande bouw de absolute ondergrens voor de brandveiligheid, het niet voldoen aan dit niveau betekent derhalve een overtreding van de woningwet en is daarom strafbaar.

Wanneer het niet mogelijk/wenselijk is om te voldoen aan het nieuwbouwniveau, biedt het Bouwbesluit de mogelijkheid om gebruik te maken van een gelijkwaardige brandveiligheid. Artikel 1.3 van het Bouwbesluit zegt het volgende :

Aan een in hoofdstuk 2 tot en met 7 gesteld voorschrift hoeft niet te worden voldaan indien het bouwwerk of het gebruik daarvan anders dan door toepassing van het desbetreffende voorschrift ten minste dezelfde mate van veiligheid, bescherming van de gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en bescherming van het milieu biedt als is beoogd met de in die hoofdstukken gestelde voorschriften.

Voorbeelden van situaties waarin een gelijkwaardige veiligheid moet worden aangetoond zijn :

- Grotere brandcompartimenten dan toegestaan
- Langere loopafstanden dan toegestaan
- Lagere brandwerendheid (WBDBO) van ruimten/constructies/constructieonderdelen
- Lagere brandwerendheid op bezwijken van constructies dan vereist

In gelijkwaardige veiligheidsoplossingen spelen brandbeveiligingsinstallaties vaak een grote rol.

7.2 Brandbeveiligingsystemen

De meest voorkomende installaties om een aan het Bouwbesluit gelijkwaardige veiligheid te bereiken zijn de sprinklerinstallatie en de rookbeheersingsinstallatie (RBI) of rook- en warmte afvoerinstallatie (RWA). Een overzicht van de toegepaste combinaties gelijkwaardigheden versus brandveiligheidsinstallatie:

- Grotere omvang brandcompartiment => Sprinkler/RWA
- Langere loopafstanden => RWA
- Reduceren WBDBo => Sprinkler
- Reduceren brandwerendheid => Sprinkler
- Beheersbaarheid van Brand => Sprinkler/RWA
- Creëren “niet-besloten” ruimte => RWA

In de volgende hoofdstukken zal nader worden ingegaan op de invulling van de beoogde gelijkwaardigheid door de verschillende brandbeveiligingssystemen.

7.3 Blussystemen

Als eerste worden de blussystemen nader toegelicht.

Blussystemen kunnen als volgt worden ingedeeld:

- watervoerende systemen
- schuimsystemen
- blusgassystemen

Om beter inzicht te krijgen in de werking van de verschillende blussystemen is het verstandig eerst na te gaan wat blussen nu eigenlijk is.

Alle (automatische) blussystemen werken volgens een van de onderstaande principes :

- Wegnemen van de brandstof en/of
- Wegnemen van de zuurstof en/of
- Verlagen van de temperatuur (koelen) en/of
- Optreden als negatieve katalysator (zie ook de brandvijfhoek)

Om deze bovenstaande principes te bereiken, kunnen zes fysische mogelijkheden binnen de brandblustechniek worden toegepast :

- Koelen (verlagen van temperatuur)
- Verstikken (wegnemen/reducen van zuurstof)
- Afdekken (wegnemen van zuurstof/voorkomen uitdampen)
- Verdunnen (verlagen van concentratie brandbare stof)
- Emulgeren (niet mengbare stoffen)
- Negatieve katalyse (invloed op verbrandingsreactie)

De keuze van het betreffende blussysteem en/of het toe te passen blusmiddel hangt af van de te blussen stoffen. Hierbij worden zes brandklassen onderscheiden waarop automatische brandblussystemen in hun werking moeten worden afgestemd :

- Brandklasse A : Vaste stoffen
- Brandklasse B : Vloeistoffen
- Brandklasse C : Gassen
- Brandklasse D : Metalen
- (Brandklasse E : Elektriciteit , officieus)
- Brandklasse F : Vetten (Horeca)

Watervoerende systemen

Watervoerende systemen kunnen systemen zijn zoals sprinkler, deluge, watermist. Deze worden tezamen met schuimsystemen en de gasblussystemen, zie bijlage 2.

Automatische sprinklerinstallaties zijn ontworpen om een brand in het beginstadium te ontdekken en met water te blussen, dan wel de brand zo onder controle te houden dat volledige blussing met andere middelen kan worden verricht.

Er zijn twee soorten sprinklers, sprinklers met een glasbulb of sprinklers met een soldeerverbinding. Zowel de glasbulb als de soldeerverbinding houden de klep van de sprinkler dicht, zodat de sprinkler geen water geeft. Zodra de temperatuur in de directe omgeving van de sprinkler een vooraf gedefinieerde temperatuur bereikt, breekt de glasbulb of laat de soldeerverbinding los. In beide gevallen opent het klepje van de sprinkler en vanaf dat moment gaat de sprinkler sproeien.

Een automatisch delugesysteem is eigenlijk een speciale uitvoering van een sprinklerinstallatie. Het verschil met een regulier sprinklersysteem zit vooral in het feit dat een delugesysteem alleen maar open sproeiers (nozzles) heeft met een (veel) grotere doorlaat dan normale sprinklers. Hierdoor zal bij activering de installatie over een (veel) groter oppervlak werkzaam zijn en daardoor (veel) meer water afgeven dan een sprinklerinstallatie.

Een watermistsysteem is in feite ook een speciale uitvoering van een "normale" sprinklerinstallatie. Door het toepassen van speciale nozzle technieken en hogere drukken in het systeem dan bij een conventionele sprinkler komt het water uit de nozzles (sproeiers) als nevel i.p.v. druppels. Deze nevel zorgt vervolgens voor een veel betere koelende werking waardoor er aanzienlijk minder water nodig is dan bij een sprinklerinstallatie.

Schuimgas

Een schuimsysteem is een controlerende en blussende brandbestrijdingstechniek die qua opbouw is te vergelijken met een sprinklerinstallatie.

Blusschuim is een mengsel van water, schuimvormend middel (SVM) en een ontbrandbaar gas, meestal lucht uit de omgeving. Het schuimmengsel wordt verkregen door water en SVM door een mengtoestel te leiden en daar op geforceerde of natuurlijke wijze lucht of een onbrandbaar gas aan toe te voegen, waardoor het water/ schuim mengsel expandeert

Blusgassen

Blusgassen worden veelal toegepast in ruimten waar de blussing alleen met elektrisch niet geleidende blusmiddelen mag plaatsvinden en ook als de blusstof niet of nauwelijks mag bijdragen aan de eventuele rest of gevolgschade van een brand.

7.4 (Droge) blusleidingen en hydranten

Droge blusleidingen (DBL) en hydranten zijn geen automatische blussystemen maar voorzieningen die de brandweer kan gebruiken om (makkelijker) een brand te kunnen bestrijden.

Zowel buiten als binnen worden de slangen aangesloten m.b.v. Storz koppelingen (een snelkoppelingssysteem, bestaande uit twee identieke bajonethelften).



Figuur 26: Aansluitkast en -punt DBL

Droge blusleiding vereist

Droge blusleidingen zijn worden vanuit het Bouwbesluit voorgeschreven in gebouwen met een hoogste verblijfsvloer van meer dan 20m. Ook in gebouwen die vanwege de grote oppervlakte een zogenaamde penetratiediepte van meer dan 60m hebben, worden doorgaans voorzien van droge blusleidingen, alhoewel dit niet verplicht is.

Het aantal blusleidingen in een gebouw volgt uit Bouwbesluit artikel 6.29 “*Droge blusleiding*” lid 4, daarin wordt aangegeven dat de maximale loopafstand tot een droge blusleiding 60m (nieuwbouw) of 110m (bestaande bouw) mag zijn.

Voor gebouwen hoger dan 70m geldt tevens nog de aanvullende eis voor een pompinstallatie t.b.v. de droge blusleiding om het statische drukverlies als gevolg van de hoogte te kunnen compenseren en een eigen watervoorraad die de brandweer van buitenaf kan bijvullen⁹.

Hydranten

⁹Bron : praktijkrichtlijn Hoogbouw

Brandveiligheid

Pagina 58 van 96

Een hydrant (brandkraan) is een aansluitpunt voor bluswater bedoeld voor de brandweer. Voor gebouwen die direct aan de openbare weg staan vallen deze brandkranen onder de verantwoordelijkheid van de (lokale) overheid. Dit betreft zowel de beschikbare capaciteit als de verantwoordelijkheid voor het onderhoud. Bouwbesluit artikel 6.30 *"Bluswatervoorziening"* lid 3 bepaalt dat bij een afstand van de brandweeringang van een gebouw tot de bluswatervoorziening op de openbare weg van meer dan 40m een bluswatervoorziening op eigen terrein vereist is. Ook de capaciteit en het onderhoud wordt dan de verantwoordelijkheid van de gebouweigenaar.

Soorten hydranten

Er zijn 2 soorten hydranten; ondergrondse en bovengrondse hydranten. De bovengrondse hydranten zijn direct beschikbaar om een slang op aan te sluiten, op de ondergrondse hydranten moet eerst een opzetstuk worden geplaatst.

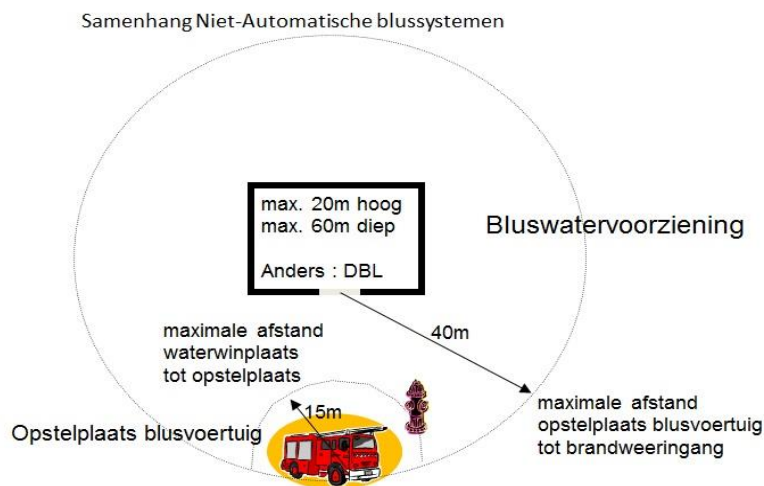


Figuur 27: Ondergrondse hydrant en met opzetstuk.



Figuur 28: Bovengrondse hydrant

De samenhang tussen hydranten, droge blusleiding en opstelplaats van de brandweer staat aangegeven in onderstaande figuur.



Figuur 29: Samenhang van niet-automatische blussystemen.

7.5 Brandmeld- en ontruimingsinstallaties (ontruimingalarmsystemen)

Brandmeld- (BMI) en ontruimingsalarmsystemen (OAI) worden geëist vanuit het Bouwbesluit. Afdeling 6.5¹⁰ “Tijdig vaststellen van brand, nieuwbouw en bestaande bouw” stelt de eisen t.a.v. de BMI, in afdeling 6.6 “Vluchten bij brand, nieuwbouw en bestaande bouw” staan de eisen voor de OAI. Dit betekent dat een BMI en OAI verplichte installaties zijn en geen brandbeveiligingsinstallaties die toegepast worden voor gelijkwaardigheid. Het is echter wel mogelijk om deze installaties “zwaarder” uit te voeren dan voorgeschreven om vervolgens het bovenwettelijke deel te kunnen inzetten als gelijkwaardigheid.

Doel van een brandmeldinstallatie

De brandmeldinstallatie in een gebouw heeft tot doel een beginnende brand in een dusdanig stadium te kunnen ontdekken, lokaliseren en alarmeren, dat het bestrijden ervan tijdig kan plaatsvinden en maatregelen worden getroffen om mens, dier, gebouw en milieu veilig te stellen, waardoor ongevallen en/of schade worden beperkt respectievelijk voorkomen.¹¹

Een BMI wordt toegepast vanwege een van de onderstaande redenen :

- BMI wordt geëist vanuit wet- en regelgeving (Bouwbesluit).
- Op basis van gelijkwaardigheid.
- Eis van de verzekeraar.
- Vrijwillig.

¹⁰Alle verwijzingen naar afdelingen en artikelen in dit hoofdstuk verwijzen naar het Bouwbesluit

¹¹Voorwoord NEN 2535

Wettelijke basis Brandmeldinstallatie (BMI)

Via Artikel 6.20 "Brandmeldinstallatie" en Tabel "bijlage 1 – Brandmeldinstallaties" wordt voor elk gebouwtype en -omvang aangegeven wat de uitvoeringseisen van de BMI moeten zijn.

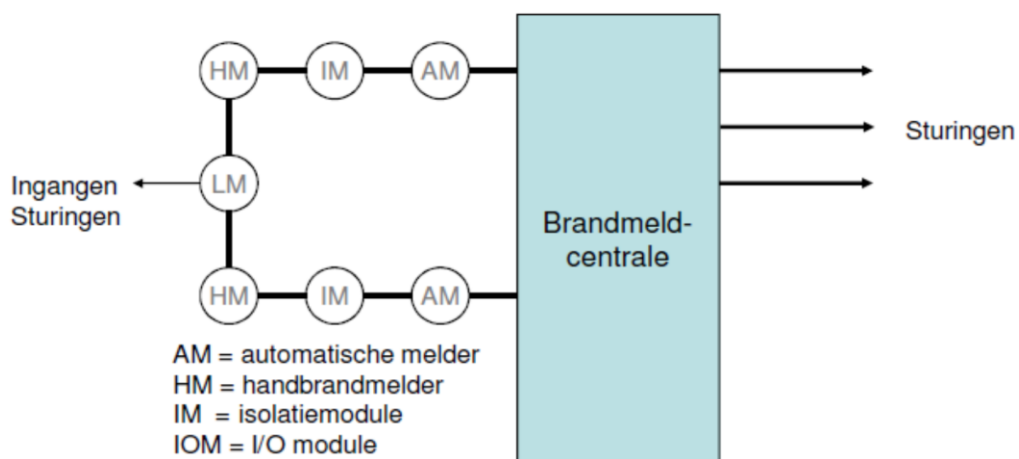
In bovenstaande tabel worden verschillende bewakingsvormen gegeven :

- Niet automatische bewaking – er moeten alleen handmelders worden aangebracht.
- Gedeeltelijke bewaking – naast de verplichte handmelders moeten alle verkeersruimten en ruimten met een verhoogd brandrisico worden voorzien van automatische brandmelders.
- Volledige bewaking – naast de verplichte handmelders moeten alle ruimten behalve die met nauwelijks brandrisico, worden voorzien van automatische brandmelders.

Daarnaast wordt in het Bouwbesluit (Artikel 6.20, lid 5) ook gesproken over 'Ruimtebewaking' (in relatie met ontvluchting). Hiermee wordt bedoeld dat bij samenvallende vluchtroutes (zogenaamde doodlopende einden) alle te passeren ruimten inclusief de verkeersruimte(en) moeten worden voorzien van automatische branddetectie.

Opbouw van een BMI

Een brandmeldinstallatie is opgebouwd volgens figuur 130



Figuur 30: Schematische opbouw brandmeldinstallatie.

De handmelders en automatische brandmelders worden in een lus aangesloten op de brandmeldcentrale, dit is het hart van de installatie. De melders zorgen voor een brandalarm wanneer deze geactiveerd worden. De brandmeldcentrale zorgt vervolgens voor de juiste vervolgacties door de noodzakelijke sturingen te verrichten, zoals het aansturen van het luidalarm en het doen van een doormelding naar een alarmcentrale.

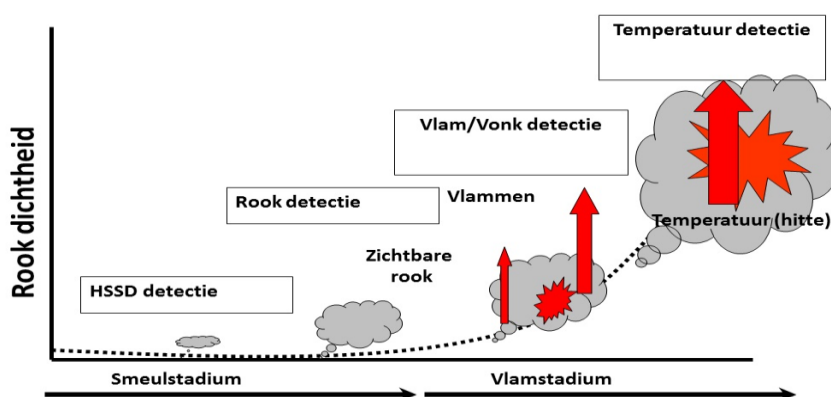
Typen detectietechnieken

Het type toe te passen detectie dient zorgvuldig te worden afgestemd op het te verwachten risico/de te verwachten brand.

De volgende detectietype worden onderscheiden :

- Extra gevoelige rookdetectie, HSSD (High sensitivity smoke detection).
- Optische rookdetectie.
- Vlamdetectie (UV of IR).
- Temperatuurdetectie (op basis van maximale temperatuur of temperatuurstijging per tijdseenheid).

Het is van belang om te weten dat de verschillende vormen van detectie andere reactietijden hebben. In onderstaande figuur is de samenhang te zien tussen de fase (het stadium) waarin de brand zich bevindt en de meest geschikte vorm van detectie. Hoe later de melder reageert, hoe verder de brand inmiddels is ontwikkeld.



Figuur 31: Soorten detectie i.r.t. de ontwikkeling van de brand.

Certificeren van de installatie

Om de goede werking van een BMI blijvend te kunnen garanderen, dient een BMI, op grond van Bouwbesluit artikel 6.20, lid 6, te zijn voorzien van een geldig inspectiecertificaat. Dit inspectiecertificaat heeft een beperkte geldigheid (een jaar) en moet telkens opnieuw worden afgegeven. Om een nieuw certificaat te verkrijgen, moet de installatie periodiek worden onderhouden en worden geïnspecteerd.

Doel van een ontruimingsalarminstallatie (OAI)

Het doel van een OAI is om in geval van brand of andere noodsituaties een snelle en ordelijke, personele ontruiming van een gebouw en/of buitenruimte te kunnen bewerkstelligen.

Wettelijke basis ontruimingsalarminstallatie

Artikel 6.23 *“Ontruimingsalarminstallatie en ontruimingsplan”* geeft vervolgens aan dat een gebouw dat op grond van afdeling 6.20 een brandmeldinstallatie dient te hebben ook voorzien moet zijn van een ontruimingsinstallatie. Ook wordt in deze afdeling de eis gesteld dat bij een ontruimingsinstallatie ook een, op het betreffende gebouw en organisatie afgestemd, ontruimingsplan moet hebben.

Het Bouwbesluit zegt niets over de uitvoering van een ontruimingsinstallatie, dat wordt bepaald door de voorgeschreven NEN norm NEN 2575¹². Afhankelijk van de omvang en het soort gebouw worden de volgende soorten OAI's onderscheiden :

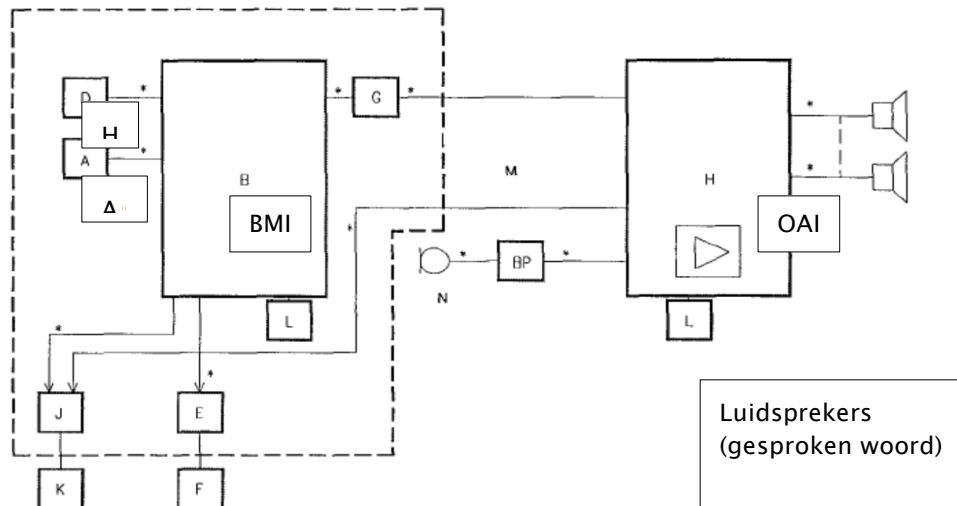
- Luid alarm, verder onder te verdelen in:
 - Luid alarm type A, gesproken woord
 - Luid alarm type B, slow-whoopsignaal
- Stil alarm, verder onder te verdelen in:
 - Personen zoekinstallatie (PZI)
 - Attentiepanelen op geselecteerde plaatsen
 - Gesproken codeberichten via een geluidsinstallatie
- Combinatie van luid en stil alarm

Opbouw van een OAI

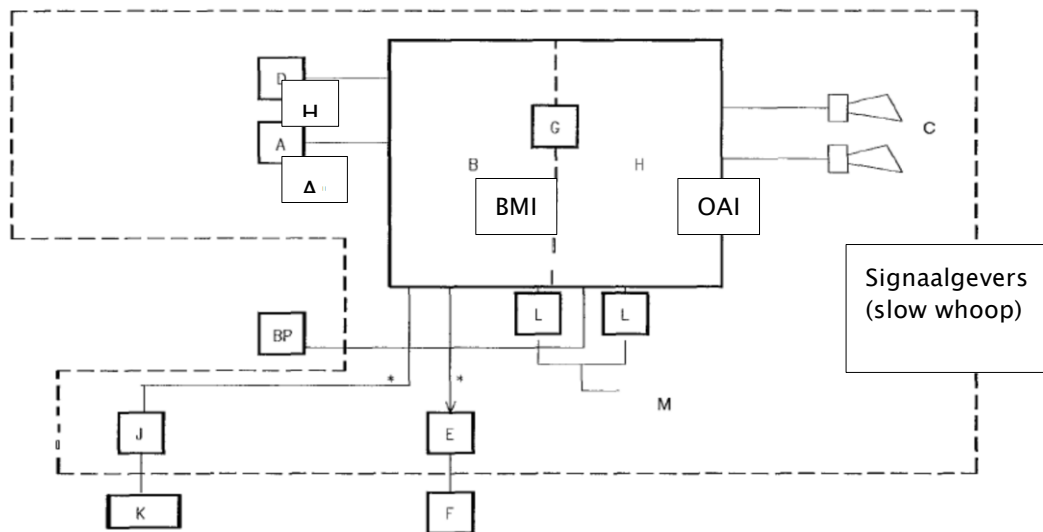
Het belangrijkste onderdeel van een OAI met luidalarm is de signaalgever. De signaalgevers dienen namelijk ervoor te zorgen dat het ontruimingssignaal door het gehele gebouw minimaal 6 dB(A) hoger is dan het omgevingsgeluid met een minimum niveau van 65 dB(A). In gebieden waar geslapen wordt geldt een eis van minimaal 75 dB(A) op het hoofdkussen.

De meest voorkomende ontruimingsystemen zijn de luidalarm type A en type B. In figuur 32 is de schematische opbouw van een type A (met gesproken woord) installatie afgebeeld, figuur 33 is de schematische weergave van een type B installatie.

¹²Het type OAI is te bepalen met de stroomdiagrammen uit bijlage D van NEN 2575.



Figuur 32: Ontruimingsalarminstallatie type A¹³.



Figuur 33: Ontruimingsalarminstallatie type B¹⁰.

Een ander veel voorkomende OIA is de personen zoekinstallatie (PZI). Deze installatie wordt veel toegepast in gevangenissen en zorginstellingen.

¹³Afbeelding uit NEN 2575, uitgave 2004

Bij het gebruik van een PZI wordt automatisch een vooraf gedefinieerd groep personen gewaarschuwd door het geven van een akoestisch en optisch signaal op één of meer draagbare ontvangers van de PZI. Het voordeel hiervan is dat op de ontvangers van de PZI ook direct de exacte locatie van de brand kan worden afgelezen.

Certificeren van de installatie

Om de goede werking van een OAI blijvend te kunnen garanderen, dient een OAI, op grond van Bouwbesluit artikel 6.23, lid 4 te zijn voorzien van een geldig inspectiecertificaat. Dit inspectiecertificaat heeft een beperkte geldigheid (een jaar) en moet telkens opnieuw worden afgegeven. Om een nieuw certificaat te verkrijgen, moet de installatie periodiek worden onderhouden en worden geïnspecteerd.

7.6 Andere brandbeveiligingsystemen

Als afsluiting van dit thema worden in dit hoofdstuk nog 2 brandbeveiligingssystemen behandeld, de rookbeheersingsystemen en het zuurstofverlagingsstelsel (Oxyreduct).

Rookbeheersingsystemen (RBI of RWA)

Een RWA-installatie is een voorziening voor de afvoer van rook en warmte en de toevoer van buitenlucht.¹⁴ Binnen het vakgebied van rookbeheersing worden de volgende verschillende type RWA installaties onderscheiden :

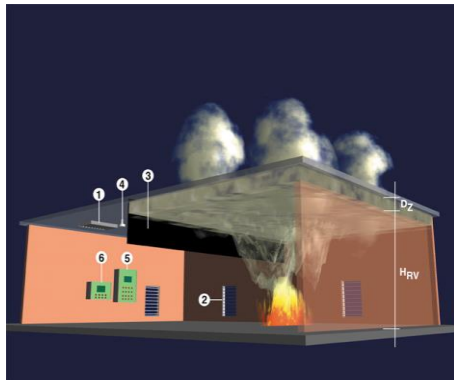
- Natuurlijke RWA
- Mechanische RWA, verder onder te verdelen in :
 - RWA voor o.a. atria
 - Stuwdrukventilatie
 - Overdrukssystemen voor o.a. trappenhuisen

RWA wordt doorgaans toegepast om de volgende gelijkwaardigheden te realiseren:

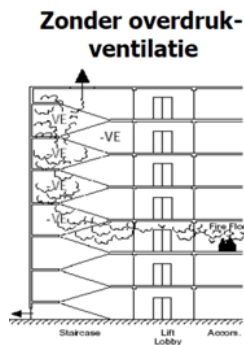
- Overschrijding vluchtweglengte
- Overschrijding brandcompartimentgrootte
- Reductie brandwerendheid staalconstructie
- Realiseren niet-besloten ruimte

De werking van de meest voorkomende RWA's wordt in het volgende deel nader toegelicht aan de hand van diverse figuren.

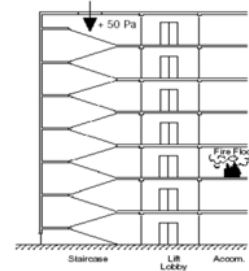
¹⁴Definitie uit NEN 6093



Figuur 34: RWA (Rook en Warmte Afvoer) in een grote hal.



Met overdrukventilatie



Figuur 35: Overdruksysteem in een trappenhuis

In figuur 34 is te zien dat in een hoge ruimte met behulp van een RWA een voldoende hoge rookvrije ruimte (H_{RV}) kan worden gerealiseerd. Hierdoor blijft de warmte en de rook voldoende hoog zodat de temperatuur op vloerniveau (+1,5m) laag blijft en de zichtengte voldoende groot waardoor de ontvluchting langer mogelijk blijft.

Vanwege het langer beschikbaar blijven van de vluchtroutes, zijn langere loopafstanden mogelijk.

Figuur 35 illustreert de werking van een overdruksysteem van een trappenhuis. Aan de linkerkzijde van de figuur is te zien dat de rook van een brand op een verdieping het trappenhuis kan binnentreden. In de rechterzijde van figuur 8 is te zien dat een overdruksysteem ervoor zorgt, dat er geen rook vanuit de verdieping het trappenhuis kan binnendringen.

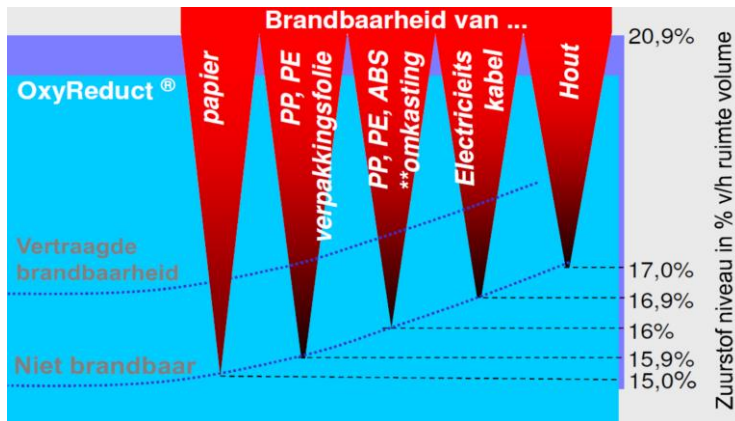
Zuurstofverlagingsystemen

Een zuurstofverlagingsysteem is niet echt een brandbeveiligingsysteem, eerder een brandpreventief systeem. Het beoogde doel van een zuurstofverlagingsysteem is, door het verlagen van de concentratie van de aanwezige zuurstof, het brandproces te bemoeilijken en/of onmogelijk te maken.

Wanneer de concentratie zuurstof wordt verlaagd van de normale 21% naar 17%, kan er nagenoeg geen brand meer ontstaan.

De aan te houden concentratie zuurstof in de ruimte is afhankelijk van de aanwezige stoffen en de aanwezigheid van personen.

In de onderstaande figuur is de relatie te zien tussen de brandbaarheid van de diverse stoffen in relatie tot de concentratie zuurstof.



Figuur 36: Brandbaarheid van diverse stoffen i.r.t. de zuurstofconcentratie in de ruimte¹⁵.

De aanwezigheid(verblijfsduur) van personen is ook afhankelijk van de concentratie zuurstof

- Concentratie > 18% => onbeperkte duur toegestaan
- 18% > Concentratie > 15% => maximaal 4 uur onafgebroken aanwezig
- Concentratie < 13% => maximaal 2 uur onafgebroken aanwezig

Er worden twee soorten zuurstofverlagingsystemen toegepast :

- Permanente zuurstofverlaging : betreffende ruimte wordt continu op een lage (bijv. 17%) concentratie gehouden (bijv. archieven).
De kans op het ontstaan van brand in de betreffende ruimte wordt hiermee aanzienlijk verkleind.
- Tijdelijke zuurstofverlaging : bij een brandalarm van een bijbehorend detectiesysteem wordt de concentratie zuurstof heel snel verlaagd tot 12% of zelfs lager. Een beginnende smeulbrand zal dan zelf doven.

¹⁵Bron : Wagner Group GmbH

8 Probabilistische benadering

Van effectbeheersing naar risicobeheersing

Algemeen

Het veiligheidsniveau van de publiekrechtelijke regelgeving (Bouwbesluit) is niet in een risicogrens te vertalen. De regelgeving beperkt zich tot effectbeheersing. Het Bouwbesluit illustreert dit duidelijk. Hierin worden eisen voorgeschreven uit oogpunt van brandbeheersing, rookbeheersing, constructieve veiligheid en vluchtveiligheid, ervan uitgaande dat er een brand kan ontstaan. De kans op het ontstaan van brand en de ontwikkeling hiervan tot een compartimentsbrand wordt niet beschouwd.

Een probabilistische benadering maakt een toetsing van het veiligheidsrisico dus beter mogelijk dan een deterministische benadering die zich beperkt tot effectbeheersing. Het probleem daarbij is nu wel dat het per definitie onmogelijk is om met een probabilistische benadering een aan het Bouwbesluit gelijkwaardig veiligheidsniveau te definiëren.

Daarvoor is een nieuwe definitie van veiligheid noodzakelijk.

Het doel van een probabilistisch model is om veiligheidsrisico's bij brand te kunnen kwantificeren. Zo kunnen verschillende situaties eenduidig met elkaar vergeleken worden.

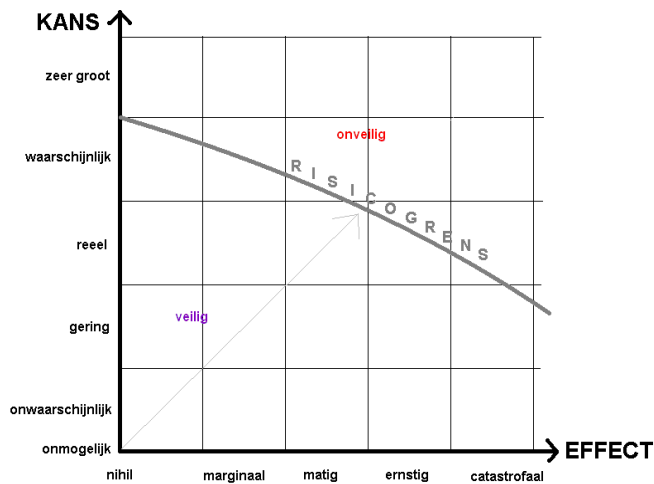
Risico kan worden gedefinieerd als het product van de kans op het optreden van een incident en het effect dat hiervan het gevolg is. Kans en effect behoeven hierin niet persé lineair gewogen te worden, maar voor het gemak gaan we hier van een lineaire relatie uit. Het product mag een gegeven grenswaarde (toelaatbaar risico) niet overschrijden:

$$\text{Kans} \times \text{effect} \leq \text{toelaatbaar risico}$$

Wanneer de kans op het optreden van het incident relatief groot is moet het effect daarvan juist klein zijn om het toelaatbare risico niet te overschrijden. Omgekeerd kan bij een kleine kans juist een groot effect worden toegestaan.

De bovenstaande relatie is als een grenslijn tussen veilig en onveilig (het toelaatbaar risico) in de matrix van figuur 37 schematisch weergegeven. Zoals al is aangegeven hoeft dit niet persé een lineaire relatie te zijn. De assen in de matrix zijn voorzien van een kwalitatieve schaalverdeling. Kwantitatieve schaalverdelingen worden vaak in logaritmische assen weergegeven.

Veiligheidseffecten worden doorgaans uitgedrukt in (letale) slachtoffers (gebouwgebruikers, hulpverleners en aanwezigen in de omgeving), de schade-effecten in kosten.



Figuur 37: Risicomatrix, kans en effect op verschillende assen uitgezet. De risicogrens hoeft niet perse als een lineaire relatie tussen kans en effect te worden gedefinieerd.

Foutenboom, gebeurtenissenboom en maatgevend incident

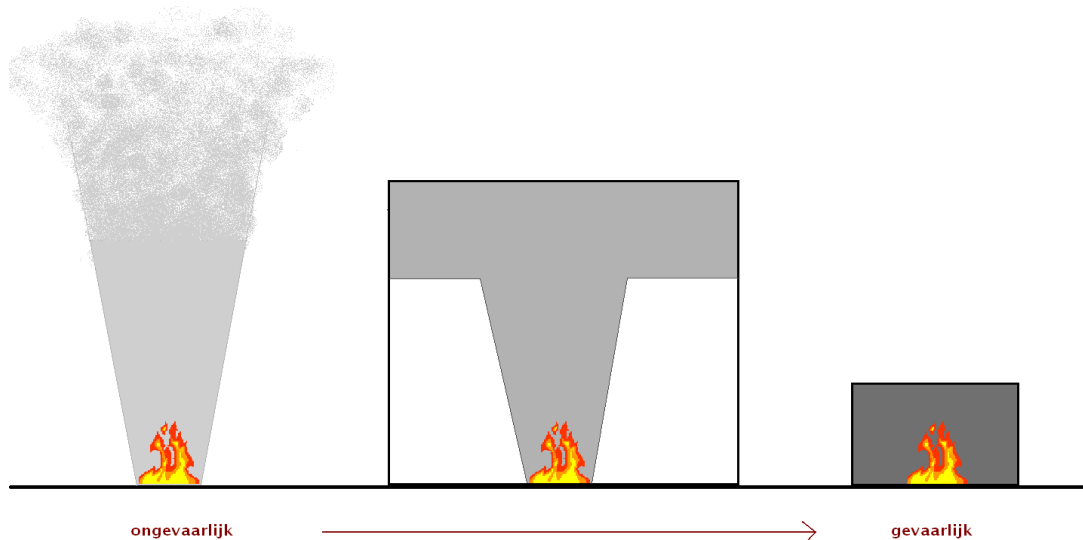
Het kenmerk van een probabilistische benadering is een risicoanalyse van min of meer waarschijnlijke scenario's. Deze scenario's bestaan uit een aaneenschakeling van gebeurtenissen. De gebeurtenissen die leiden tot het maatgevende incident kunnen in een *foutenboom* worden weergegeven. De gebeurtenissen die volgen uit het maatgevende incident worden in een *gebeurtenissenboom* of *effectenboom* weergegeven. Door foutenboom en gebeurtenissenboom aan elkaar te koppelen ontstaat een *vlinderdasmodel*. Het *maatgevende incident* zit als een knoop in het midden van de vlinderdas en verbindt de foutenboom (oorzaak) en de gebeurtenissenboom (gevolg) met elkaar. Dit is een populaire risicomethode die ook voor brandveiligheidsrisico's goed bruikbaar is.

Het lijkt voor de hand te liggen dat in de beoordeling van brandveiligheidsrisico's het ontstaan van brand als het maatgevende incident moet worden beschouwd. Dat is vaak het geval, zeker als het om een risicobeoordeling gaat van de ruimte waarin de brand ontstaan is. Echter, als het gaat om een risicobeoordeling in overige ruimten in het bouwwerk moet meestal het optreden van flashover, waarin de lokale brand overgaat in een volledig ontwikkelde compartimentsbrand als maatgevende incident worden beschouwd.

Immers, een lokale brand is niet bedreigend buiten het brandcompartiment waar de brand ontstaan is; een volledig ontwikkelde compartimentsbrand is dat wel. Deze vormt een thermische belasting op zowel de draagstructuur als de brandscheidingen en vormt daarmee een bedreiging voor andere brandcompartimenten in het bouwwerk, de vluchtroutes voor de gebouwgebruikers en de aanvalsroutes voor de hulpverleners.

Brandveiligheid

Pagina 69 van 96



Figuur 38: Een openluchtbrand is relatief ongevaarlijk. Een brand in een compartiment is bedreigender voor mens en constructie vanwege de beperkingen die aan het ruimtevolumen en de afvoer van energie worden opgelegd. Een kleine besloten brandruimte leidt het snelst tot flashover.

Stel het risico op gebeurtenis i is $R_i = P_i \cdot E_i$ waarmee het totale risico R wordt

$$R = \sum_{i=1}^n P_i \cdot E_i$$

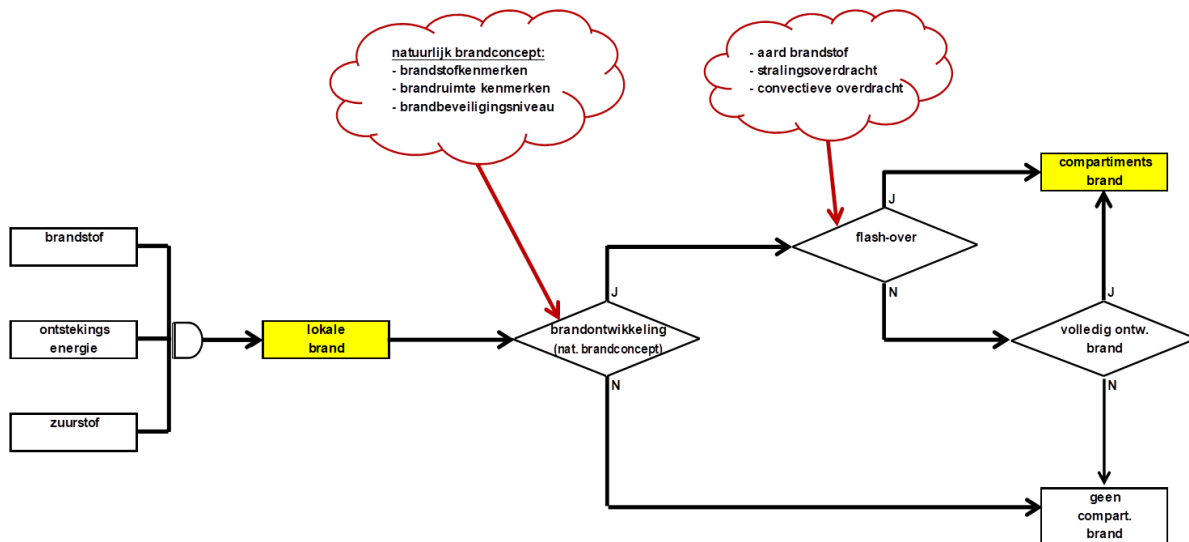
waarin

P_i is de kans op gebeurtenis i

E_i het effect van gebeurtenis i

In de praktijk wordt vaak met risicofactoren gerekend, die generiek bepaald zijn op basis van statistisch onderzoek. De methodiek hiervan is voor constructieve veiligheid (het in stand houden van draagconstructies) vastgelegd in NEN-EN 1990:2002, de basis voor de Eurocode. In de Eurocode wordt onderscheid gemaakt tussen belasting en respons. De belasting kan van mechanische aard zijn, maar ook van thermische aard (brand). Dit leidt tot een thermische en mechanische respons van de constructie. De uiteindelijke toetsing betreft dan de kans op het bezwijken van de draagconstructie (de ongewenste respons). Zolang deze kans kleiner is dan de toelaatbare faalkans is de constructie voldoende veilig.

De kans op het ontstaan van brand hangt af van de aanwezigheid van brandstof, zuurstof en ontstekingsbronnen. De kans dat deze brand zich ontwikkelt via flashover tot een compartimentsbrand, is afhankelijk van het installatietechnische beveiligingsniveau en de bouwkundige eigenschappen (grootte, vorm, materialisering, openingen e.d.) van het brandcompartiment.



Figuur 40: Foutenboom met daarin weergegeven de twee maatgevende brandincidenten: het ontstaan van een lokale brand (maatgevend incident voor persoonlijke veiligheid binnen het brandcompartiment) en het optreden van flashover (maatgevend incident voor persoonlijke veiligheid buiten het brandcompartiment).

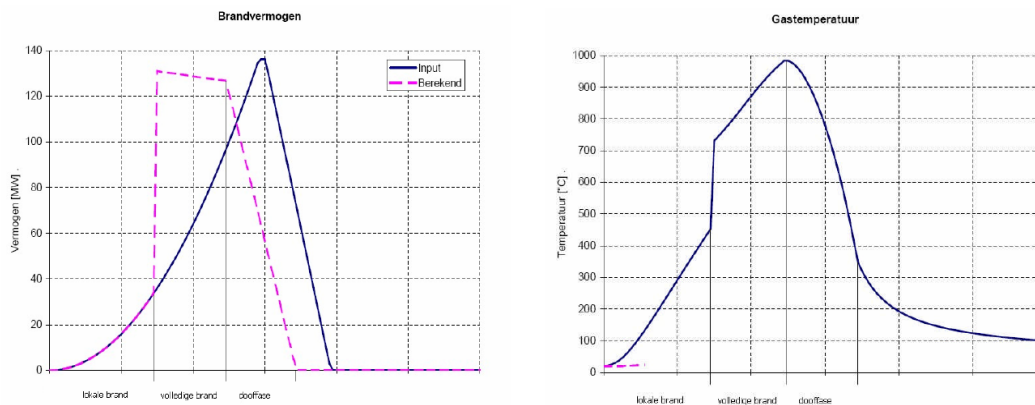
Aan deze foutenboom kan invulling worden gegeven met een natuurlijk brandconcept. In een natuurlijk brandconcept is het mogelijk om projectspecifieke kenmerken van het gebouw en de brandstof te waarderen. Ook wordt in het natuurlijk brandconcept onderscheid gemaakt tussen de pre-flashover fase (de lokale brand) en de post-flashover fase (de compartimentsbrand). In genormeerde brandcurves (zoals de standaard brandkromme) is dat niet mogelijk. Daardoor is het gebruik van genormeerde brandcurves in een risicobenadering niet zinvol.

Er zijn rekenmodellen beschikbaar (zoals CFAST, OZone) die gebaseerd zijn op dit zogenaamde natuurlijk brandconcept, waarin de diverse aspecten zijn uitgewerkt.

- de massastromen in de rookpluim, van brandhaard naar rooklaag;
- de warmteverliezen door straling en convectie vanuit de warme rooklaag, aan constructies zoals het plafond;
- de massastromen die via ventilatieopeningen kunnen toe- en uitstromen. Daarbij zijn de drukverschillen belangrijk die ten gevolge van brand ontstaan tussen de brandruimte en de omgeving.

Uitgaande van een natuurlijk brandconcept kunnen brandscenario's worden ontwikkeld. De brandontwikkeling en het effect worden bepaald, meestal in combinatie met andere modellen (Fire Safety Engineering). Wanneer het effect van een scenario kan variëren en

dus niet constant is, zal de effectverdeling uit statistisch onderzoek moeten worden bepaald of uit een groot aantal simulaties van het beschouwde scenario.



Figuur 41: Brandverloop in een ruimte. In de linker figuur het brandvermogen in de tijd en in de rechter figuur de daaruit volgende brandtemperatuur in de tijd. In de linker figuur zijn duidelijk de twee maatgevende incidenten zichtbaar: het ontstaan van brand en het optreden van flashover.

Gesprinklerd groot brandcompartiment

Een sprinklerbeveiliging komt niet voor in het Bouwbesluit, maar is wel degelijk een zeer efficiënte voorziening voor brandbeheersing. Het doel van een sprinklerbeveiliging is om een beginnende brand beperkt te houden tot een lokale brand, totdat de brandweer arriveert en de brand kan doven. De kans op flashover is dus nihil, een compartimentsbrand (het maatgevende incident) kan daardoor niet optreden, dus voorzieningen om de rest van het bouwwerk en de omgeving ervan te vrijwaren van de risico's van een compartimentsbrand zijn in principe niet noodzakelijk.

Deze redenering gaat op wanneer de sprinklerbeveiliging een faalkans bezit van 0. In de praktijk is dat niet realiseerbaar. De faalkans van een sprinklerinstallatie ligt in de orde van ruim 5% voor een niet-gecertificeerde sprinklerinstallatie (geen structurele inspectie en onderhoud) en 1 a 2% voor een gecertificeerde sprinklerinstallatie (structureel inspectie en onderhoud). Er blijft dus een kans op een compartimentsbrand aanwezig, al is deze zeer klein.

Als referentiesituatie kan conform het Bouwbesluit een toelaatbaar branduitbreidingsgebied worden gehanteerd van 1000 m² (nieuwbouw, algemeen), respectievelijk 2500 m² (nieuwbouw, industrie functie). Daarbij wordt impliciet een faalkans van de compartimentsgrenzen verondersteld van 0. Dit is in werkelijkheid een te optimistische voorstelling van zaken, bouwkundige voorzieningen bezitten evengoed faalkansen. De referentiesituatie is daardoor feitelijk te streng gekozen, het is een conservatief uitgangspunt voor de risicobenadering.

In de ontwerpsituatie wordt een gecertificeerde **sprinklerbeveiliging** toegepast, waarbij een **faalkans wordt aangehouden van 2%**. Dat wil zeggen dat de kans dat de brand zich uitbreidt tot een compartimentsbrand 2% bedraagt, zodat de kans dat de brand lokaal blijft met een omvang van minder dan pakweg 100 m² 98% bedraagt. Bij een brandcompartimentsoppervlakte van 10.000 m² bedraagt de risico-oppervlakte bij toepassing van een gecertificeerde sprinklerbeveiliging:
 $2\% \times 10.000 \text{ m}^2 + 98\% \times 100 \text{ m}^2 = 298 \text{ m}^2$.

Dit is aanmerkelijk minder dan de risico-oppervlakte die het Bouwbesluit toestaat (in nieuwbouw situaties 1000 m² resp. 2500 m²), zodat de sprinklerinstallatie met betrekking tot het branduitbreidingsgebied een tenminste gelijkwaardig is aan het publiekrechtelijke veiligheidsniveau.

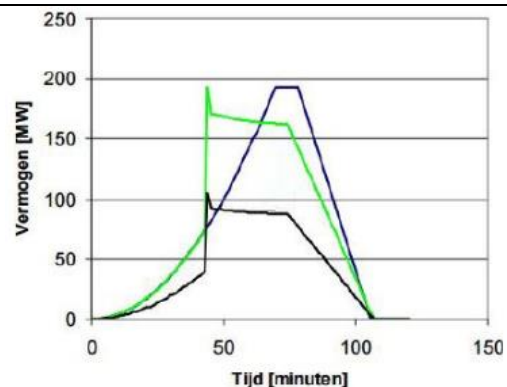
Oefenopgave:

Vraag:

Er zijn verschillende soorten brandbeheersing. Welke lijn hoort bij ventilatiebeheerst, bij brandstofbeheerst en bij sprinkler?

Antwoord:

*blauwe lijn = brandstof beheerste brand
groene lijn = ventilatiebeheerste brand
zwarte lijn = sprinkler*



Niet-gesprinklerd groot brandcompartiment

Een automatische blusinstallatie (sprinklerbeveiliging) is, mits goed gedimensioneerd, vrijwel altijd succesvol. Voor een handmatige succesvolle blussing van een lokale brand door de brandweer moet voldoende water beschikbaar zijn, terwijl de omstandigheden zodanig moeten zijn dat dit water ook op de brandhaard gebracht kan worden. Wanneer dat niet het geval is, zal een repressieve inzet in het compartiment waar de brand woedt niet mogelijk zijn en zal de brand zich uitbreiden tot een compartimentsbrand. Wanneer eenmaal een compartimentsbrand ontstaan is, beperkt het optreden van de brandweer zich tot het koelen van de compartimentsgrenzen, om zo de buurpercelen en de openbare ruimte te beschermen tegen de brand.

Wanneer een gebouw zodanig is gecompartmenteerd dat de maximale brandcompartimentsgrootte de grenswaarde van het Bouwbesluit niet overschrijdt, is brandweerinzet in

het compartiment uit oogpunt van brandbeheersing niet noodzakelijk. Het voorkomen van uitbreiding van de brand naar buiten het brandcompartiment is voldoende.

Bij grotere compartimenten zijn aanvullende maatregelen noodzakelijk. Een brandweerinzet in het compartiment kan zo'n aanvullende maatregel zijn. De condities in het compartiment moeten een brandweerinzet dan wel mogelijk maken. Dat is afhankelijk van bouwkundige, installatietechnische en brandstofafhankelijke kenmerken. Er zijn vaak diverse brandscenario's mogelijk, die soms wel en soms niet tot een verantwoorde brandweerinzet leiden. Door de waarschijnlijkheden van die brandscenario's te koppelen aan de compartimentsgrootte kan een risico-oppervlakte voor branduitbreiding gedefinieerd worden. Of die risico-oppervlakte toelaatbaar is volgt uit de vergelijking met de grenswaarde voor het maximale branduitbreidingsgebied conform het Bouwbesluit (referentiecassus).

Defensieve of offensieve brandbestrijding

Er zijn dus kennelijk twee varianten van het beheersen van brand: het defensief laten uitbranden van het compartiment en het offensief benaderen van de brandhaard om deze in omvang te beperken. De brandweerinzet bij het defensief laten uitbranden van het compartiment beperkt zich tot het koelen ter plaatse van de perceelsgrenzen, om buurpercelen en openbare ruimte zoveel mogelijk te vrijwaren van schade. De brandweerinzet bij het offensief benaderen van de brandhaard is erop gericht de lokale brand te doven voordat deze tot flashover leidt en daarmee een compartimentsbrand wordt.

Belangrijke randvoorwaarden voor een offensieve brandweerinzet zijn:

- Instandhouding draagconstructie: Het eventueel lokaal bezwijken van constructie-elementen in de buurt van de brandhaard mag niet leiden tot het bezwijken van de hele draagconstructie van de brandruimte.
- Acceptabele ruimtecondities: Een voldoende rookvrije hoogte in het compartiment voor zicht op de brand en oriëntatie in de ruimte. Daarnaast mag de warmtestraling vanaf de rooklaag niet bedreigend zijn voor hulpverleners.
- Voldoende primaire bluswatercapaciteit: Het brandvermogen dat zich op het moment van operationele inzet ontwikkeld heeft moet met de primaire bluswatercapaciteit kunnen worden geblust.

De eerste voorwaarde houdt in dat bij lokaal bezwijken van constructie-elementen de rest van de draagconstructie in de brandruimte intact blijft en bovendien ook stabiel blijft.

De tweede voorwaarde houdt in de praktijk in dat de rookvrije hoogte tenminste circa 2,5 meter bedraagt en de rooklaagtemperatuur lager is dan circa 300 °C. De warmtestralingsflux op een hulpverlener met beschermende kleding (en hoofddekse) mag in elk geval de grenswaarde van 3,5 kW/m² niet overschrijden. Daarnaast mogen er vanuit de aan de rooklaag grenzende constructies geen brandbare gassen opgenomen worden in de rook-

laag, omdat er anders een explosief mengsel in de rooklaag kan ontstaan waardoor rook-gasexplosie kan optreden.

De derde voorwaarde houdt in dat de brand zodanig beperkt moet zijn in vermogen dat die met de primaire bluswatercapaciteit kan worden geblust. Bovendien moeten er bij de eerste inzet voldoende materieel en hulpverleners zijn om die primaire bluswatercapaciteit ook daadwerkelijk op de brandhaard te kunnen brengen. Met een primaire bluswatercapaciteit van 30 tot 60 m³/h kan in theorie een lokale brand van 30 MW nog worden geblust, mits die watercapaciteit ook effectief op de brandhaard gebracht kan worden. Dat vergt de nodige inzet van materieel en hulpverleners.

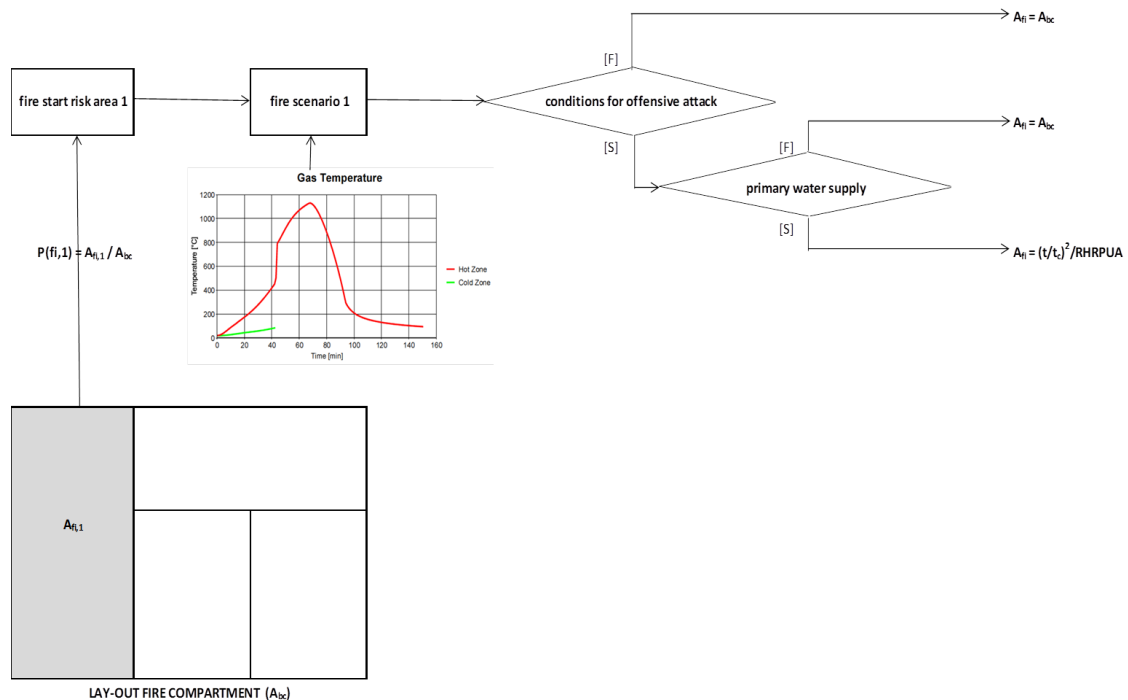
Een à priori keuze tussen een offensieve en een defensieve inzet is niet mogelijk. Immers, in de praktijk wordt deze beslissing door de bevelvoerder genomen. Zijn keuze is afhankelijk van onder andere de brandomvang, de bouwkundige constructies, de condities in de brandruimte en de daarin eventueel nog aanwezige gebouwgebruikers. Dit betekent dat er soms offensief en soms defensief wordt opgetreden. Op basis van de te verwachten brandscenario's kan met behulp van het natuurlijk brandconcept in de ontwerpfase al wel een inschatting worden gemaakt van de kans op een succesvolle offensieve inzet.

De brandomvang en de condities in de brandruimte hangen af van de eigenschappen van de brandruimte (openingen, thermische massa, materialisering), eigenschappen van de brandstof (vermogensdichtheid, tijdconstante, verdeling van de brandstof, ontstekingsrisico voor flashover e.d.), maar ook de opkomst- en inzetijd van de brandweer zelf (water op het vuur). Dit bepaalt de benodigde hoeveelheid bluswater en de voorzieningen die daarvoor nodig zijn, in relatie tot de methode van blussing. De opkomsttijd kan door automatische branddetectie en doormelding worden verkort. De toegankelijkheid van het gebouw is een bepalende factor in de inzetijd. De toegankelijkheid kan met installatietechnische en/of organisatorische maatregelen worden geborgd. Daarbij moet de sterkte van de constructie in de aanvalsroute voldoende zijn voor een veilig repressief optreden.

Voor elk brandscenario kan de risico-oppervlakte worden bepaald. De totale risico-oppervlakte volgt uit de sommatie van de risico-oppervlakten van alle mogelijke brandscenario's. De totale risico-oppervlakte wordt vergeleken met de grenswaarde voor het maximale branduitbreidingsgebied conform het Bouwbesluit. Wanneer de totale risico-oppervlakte de grenswaarde voor het maximale branduitbreidingsgebied conform het Bouwbesluit niet overschrijdt kan met het voorzieningenniveau voor de compartimentsgrenzen volgens het Bouwbesluit worden volstaan. Dat betekent bijvoorbeeld dat ter plaatse van de compartimentsgrenzen de volgens het Bouwbesluit noodzakelijke *weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag* moet worden gehanteerd.

Brandveiligheid

Pagina 75 van 96



Figuur 46: Waarschijnlijkheid en consequenties per scenario.

Toepassing in de praktijk

Om tot maatwerkoplossingen in brandveiligheid te komen met 'projectspecifieke' voorzieningen waarin brandstofkenmerken, gebouwkenmerken, installatietechnisch beveiligingsniveau en organisatorische voorzieningen integraal worden beschouwd is een probabilistische (kans) benadering onontbeerlijk. Met een probabilistische aanpak kan getoetst worden aan de impliciete risicodoelen van de publiekrechtelijke regelgeving:

- Instandhouding omgeving
- Instandhouding gebouw en draagstructuur
- Instandhouding compartimentering (beperking branduitbreiding)
- Instandhouding vluchtroute
- Instandhouding aanvalsroute

Die toetsing houdt in dat de optredende risico's in de ontwerpsituatie worden vergeleken met die in een referentiesituatie, die ingericht is met het voorzieningenniveau conform het Bouwbesluit. Zijn de faalrisico's of de toelaatbare faalkansen in de ontwerpsituatie niet groter dan in de referentiesituatie, dan is een ten minste gelijkwaardig veiligheidsniveau bereikt.

9 Brandscenario

Bij FSE (Fire Safety Engineering)-oplossingen zijn brandscenario's de maat voor brandbeveiliging. Een brandscenario geeft inzicht in de ontwikkeling, de omvang en de gevolgen van een brand. Een brandscenario is als volgt gedefinieerd: 'Een brandscenario is een theoretische beschrijving van een reëel voorstelbare brand aan de hand van een aantal vooraf geselecteerde factoren die de ontwikkeling en het verloop van een brand (en rook) bepalen met als uitkomst de gevolgen van deze brand voor de personen in het gebouw, de inventaris van het gebouw en het gebouw zelf'.

Door de grote hoeveelheid aan factoren die het ontstaan en het verloop van een brand kunnen bepalen, is het mogelijk vele brandscenario's op te stellen. Alleen de scenario's met substantiële gevolgen zijn relevant. Aan het omzetten van brandscenario's in beveiligingsopties kan inhoud worden gegeven door een bepaald brandverloop te koppelen aan de gevolgen van dit verloop. De belangrijkste gevolgen hebben een samenhang met onder meer de:

- Ontvluchting van personen
- Interventie door de BHV-organisatie
- Interventie door de brandweer
- Constructie
- Schade

Het is evident dat de branduitbreiding en de rookverspreiding hiervan deel uitmaken. Bij het omzetten van brandscenario's in beveiligingsopties gaat het er feitelijk om de bedreigingen van brand met een veilige marge voor te zijn. Hierbij behoort rekening gehouden te worden met het gedrag van mensen, vooral bij ontvluchting.

Brand als onderdeel van scenario

Voor het beveiligen tegen brand is het noodzakelijk uit te gaan van een bepaalde referentiebrand. Bij FSE-oplossingen wordt hiertoe gebruikgemaakt van het concept van de natuurlijke branden (natural fire design) en de zogenoemde brandmodellen. Het gaat bij deze modellen over een realistischer benadering van het brandverloop dan dat het geval is bij het gebruik van de standaardbrandkromme overeenkomstig de vigerende bouwregelgeving

Ontvluchting als onderdeel van scenario

Gedurende een brandsituatie moet voldoende tijd beschikbaar zijn opdat mensen veilig kunnen vluchten. Deze tijd wordt ook wel de ontruimingstijd genoemd. Mensen moeten tijdig een veilige plaats kunnen bereiken. Het gaat er om de beschikbare vluchttijd, ofwel de bedreigtijd (**ASET = Available Safe Egress Time**), af te zetten tegen de benodigde vluchttijd (**RSET = Required Safe Egress Time**). Bovendien behoort rekening te worden gehouden met een voldoende veiligheidsmarge. De vluchttijd en de marge behoren korter te zijn dan de tijd die verstrijkt totdat de brand zich ontwikkeld heeft tot een

levensbedreigende situatie. Aspecten die bij het vluchten een rol spelen, zijn de snelheid van de brand- en rookontwikkeling versus de snelheid van mensen. Bij het vluchtproces gaat het om een gefaseerde uitvoering van een drietal basisactiviteiten, namelijk:

1. De bewustwording van gevaar door externe stimuli
2. De validatie van en reactie op gevaarsignalen (of de besluitvorming)
3. De verplaatsing naar een veilige plaats.

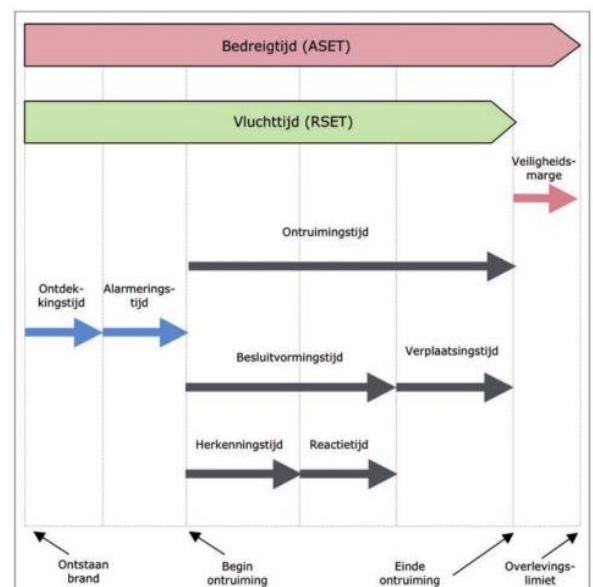
De activiteiten 1 en 2 samen zijn de besluitvormingstijd. Activiteit 3 is de verplaatsingstijd.

In het figuur hiernaast is de tijdlijn voor de ontvluchting gegeven. Deze tijdlijn kan als onderdeel van een scenario worden gebruikt. Met behulp van de tijdlijn is het mogelijk te voorzien in de juiste brandveiligheidsvoorzieningen en -maatregelen die ontvluchting dienen.

De bedreigtijd (ASET) is de periode tussen het ontstaan van brand en het moment dat sprake is van een nog net te overleven omgevingsconditie. Tijdens de bedreigtijd wordt de mogelijkheid van ontvluchting negatief beïnvloed. Om de bedreigtijd te kunnen bepalen, moeten analyses worden uitgevoerd naar factoren die de kans op overleven verlagen. Deze factoren zijn bijvoorbeeld de tijd totdat een rooklaag een bepaalde hoogte bereikt en de tijd totdat de hitte en concentratie schadelijke stoffen die bij brand vrijkomen, zodanig zijn dat personen bezwijken. De vluchttijd (RSET) is de periode tussen het ontstaan van brand en het moment dat een veilige plaats is bereikt. Na de alarmeringstijd wordt de vluchttijd bepaald door de som van de tijd die nodig is voor besluitvorming (herkennings- en reactietijd) en verplaatsing van de personen. De ontvluchting moet plaatsvinden voordat er sprake is van fatale omgevingscondities.

De bedreigtijd (ASET) is de periode tussen het ontstaan van brand en het moment dat sprake is van een nog net te overleven omgevingsconditie. Tijdens de bedreigtijd wordt de mogelijkheid van ontvluchting negatief beïnvloed. Om de bedreigtijd te kunnen bepalen, moeten analyses worden uitgevoerd naar factoren die de kans op overleven verlagen. Deze factoren zijn bijvoorbeeld de tijd totdat een rooklaag een bepaalde hoogte bereikt en de tijd totdat de hitte en concentratie schadelijke stoffen die bij brand vrijkomen, zodanig zijn dat personen bezwijken.

De vluchttijd (RSET) is de periode tussen het ontstaan van brand en het moment dat een veilige plaats is bereikt. Na de alarmeringstijd wordt de vluchttijd bepaald door de som van de tijd die nodig is voor besluitvorming (herkennings- en reactietijd) en verplaatsing



van de personen. De ontvluchting moet plaatsvinden voordat er sprake is van fatale omgevingscondities.

Ontruiming

RSET benodigde ontruimingstijd

- subbrandcompartiment 4 minuten na brandmelding
- verpleegafdeling: 15 minuten na brandmelding

ASET beschikbare ontruimingstijd : bepaald met rookverspreidingsmodel

Criteria

- opgemengde situatie: temperatuur < 70 C, Zichtlengte > 30m
- gestratificeerde situatie: stralingsflux < 2,5 kW/m², rooklaagtemperatuur < 200 C
- minimale rookvrije hoogte 2 m onder gestratificeerde situatie

(bron <http://www.obex.nl/kennisbank/brandscenario/>)

10 Stappenplan brandveilig gebouw ontwerpen volgens BB

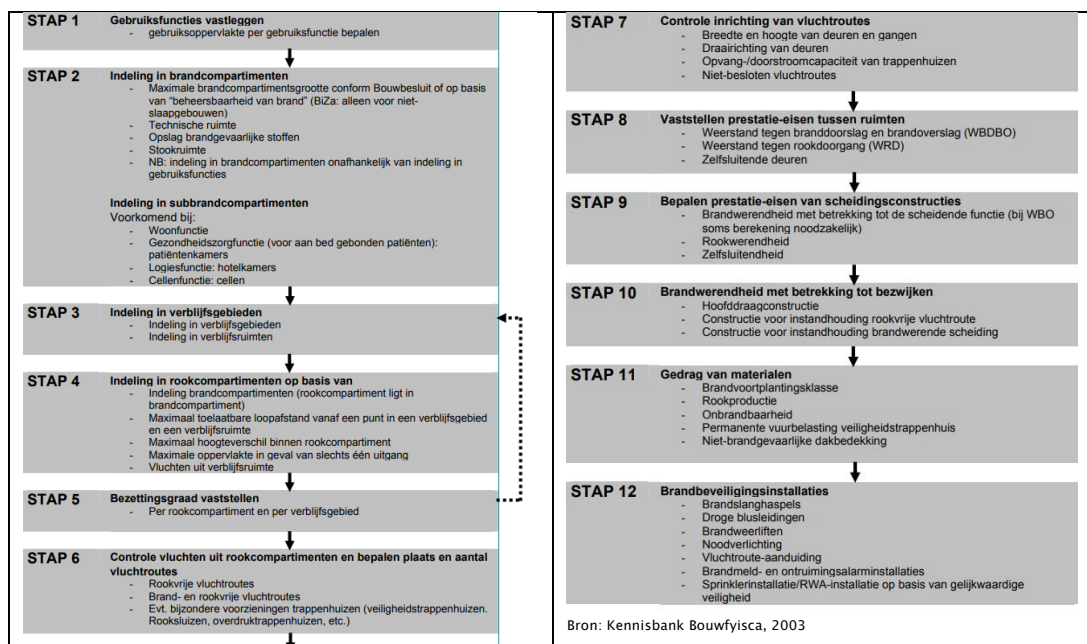
Het Bouwbesluit gaat uit van de volgende peilers om te zorgen voor een brandveilig gebouw:

- beperking van de kans op brand;
- in stand houden van hoofddraagconstructie en vluchtroutes;
- beheersbaarheid van brand;
- beheersbaarheid van rook en vluchtveiligheid.

De gebruikstechnische eisen (Gebruiksbesluit) zijn gericht op een brandveilig gebruik en brandbeveiligingsinstallaties om te zorgen voor veilige vluchtmogelijkheden en veilige repressie door inzet van brandmeld- en ontruimingsalarminstallaties.

Brandveilig ontwerpen volgens het Bouwbesluit levert het volgende stappenplan:

1. Indelen van het gebouw in gebruiksfuncties en vervolgens indelen in brandcompartimenten;
 2. Indelen van het gebouw in verblijfsgebieden en vervolgens indelen in rookcompartimenten;
 3. Vaststellen van de bezettingsgraadklassen;
 3. Vaststellen van de rookvrije vluchtroutes;
 4. Controle van de inrichting van vluchtroutes;
 5. Vaststellen van de prestatie-eisen tussen ruimten en consequenties voor scheidingen draagconstructies en de afwerking hiervan (materiaalgedrag);
 6. Vaststellen van de benodigde brandbeveiligingsinstallaties.
- (Bron: kennisbank bouwphysica).



BIJLAGEN

BIJLAGE 1: Permanente vuurbelasting – berekening

20 2 2012 BOUWFYSICA

WWW.NVBV.ORG

PERMANENTE VUURBELASTING IN HET BOUWBESLUIT 2012

Artikel 2.10 en 2.107 van het Bouwbesluit 2012 bevatten inhoudelijke veranderingen ten opzichte van het Bouwbesluit 2003. Het betreft in de eerste plaats de voorschriften over de reductie van de eisen aan de sterkte bij brand van bouwconstructies. In de tweede plaats de eisen aan de permanente vuurlast van trappenhuizen, waardoor een beschermde of extra beschermde vluchtroute voert in een woongebouw, en de permanente vuurlast van besloten ruimten waardoor een veiligheidsvluchtroute voert. De veranderingen zijn doorgevoerd, omdat een juiste toepassing van de voorschriften, in lijn met de bedoeling van de wetgever, met de teksten uit het Bouwbesluit 2003 niet mogelijk was.



Ing. S. (Susan) Eggink-Ellander,
Niemas Raadgevende
Ingenieurs, Zwolle

AANLEIDING

In de aanloop naar de inwerkingtreding van het Bouwbesluit 2012 op 1 april 2012 is inmiddels veel gepubliceerd over de wijzigingen ten opzichte van het Bouwbesluit 2003. Veel artikelen zijn gebaseerd op feiten en geven een nadere uitleg over het waarom en hoe van de wijzigingen. Andere artikelen waren meer beschouwend, kritisch ophoudend of gaven een mening weer.

Dit artikel belicht twee specifieke wijzigingen die een rekenkundig karakter hebben. Op het eerste gezicht lijken de artikelen taalkundig sterk op de voorschriften uit het Bouwbesluit 2003, maar na enige studie blijkt voor de juiste toepassing ervan toch een andere aanpak dan voorheen. Een nadere uitleg over de artikelen en enige voorbeelden zijn dus wel op zijn plaats. Concreet spreken we over artikel 2.10 lid 3 en 6 en artikel 2.107 lid 4 en 5.

ARTIKEL 2.10 LID 3 EN 6

De tekst van deze artikelen is als volgt:

2.10 lid 3

*In afwijking van het tweede lid wordt de in tabel 2.10.1 aangegeven tijdsduur met 30 minuten bekort, indien geen vloer van een verblijfsgebied van de gebruiksfunctie hoger ligt dan 7 m boven het meetniveau en de volgens NEN 6090 bepaalde permanente vuurbelasting van het **brandcompartiment** niet groter is dan 500 MJ/m².*

2.10 lid 6

*In afwijking van het vierde en vijfde lid, wordt de tijdsduur met 30 minuten bekort, indien de volgens NEN 6090 bepaalde permanente vuurbelasting van het **brandcompartiment** niet groter is dan 500 MJ/m².*

De grootste verandering in het voorschrift waarmee de eisen aan de sterkte bij brand gereduceerd kunnen worden, zitten in het woord 'brandcompartiment'. In het Bouwbesluit 2003 werd gesproken over een 'bouwwerk'. Door deze verandering wordt het steeds belangrijker om per bouwconstructie vast te stellen, of er een eis geldt ten aanzien van de sterkte bij brand. Als er voor een bepaalde bouwconstructie een eis geldt, moet vervolgens van het brandcompartiment waarin die bouwconstructie ligt, om de reductie te mogen toepassen de permanente vuurbelasting berekend worden. Als bij de eerste stap al blijkt dat er voor een bepaalde bouwconstructie geen eis geldt, is het niet relevant om van dat brandcompartiment de permanente vuurbelasting te berekenen, omdat er dan immers geen noodzaak is tot het inzetten van een reductiemogelijkheid.

Wanneer een gebouw voornamelijk is gebouwd uit beton, staal, metselwerk, minerale wol isolatie en stalen kozijnen zal de permanente vuurbelasting van elk brandcompartiment met zeer grote waarschijnlijkheid lager zijn dan 500 MJ/m². Voor gebouwen die zijn gebouwd met een houtskeletbouw systeem in gevels en binnenwanden en bovendien het dak van hout is, is de permanente vuurbelasting kritischer en wordt de noodzaak voor een berekening volgens NEN 6090 groter. De aanvrager moet immers kunnen aantonen dat de permanente vuurbelasting van het brandcompartiment waarin de bouwconstructie ligt, voldoende laag is om van een gewenste reductiemogelijkheid gebruik te mogen maken. Met dergelijk veel brandbare materialen is dat niet per definitie zeker.

Voor een aantal situaties wordt bovenstaande nader toegelicht en geïllustreerd. We behandelen een onderwijsfunctie en een gezondheidszorgfunctie met bedgebed voor aan bed gebonden patiënten. Bij de voorbeelden is voor de materialisering van het gebouw uitgegaan van de gegevens opgenomen in tabel 1.

Uit de berekening volgens NEN 6090 volgt dat de permanente vuurbelasting van de bovenste bouwlaag van de onderwijsfunctie 700 MJ/m^2 is en van de gezondheidszorgfunctie 750 MJ/m^2 .

Voorbeeld 1

Voorbeeld 1 betreft een onderwijsfunctie met een vloer van een gebruiksgebied op meer dan 5 meter hoogte, waarbij de bovenste bouwlaag één brandcompartiment vormt.

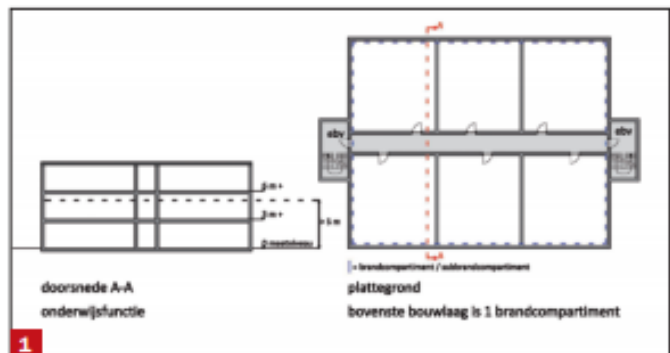
Als de bovenste bouwlaag uit één brandcompartiment bestaat, dan zal geen bouwconstructie in een ander brandcompartiment bezwijken als gevolg van het bezwijken van een bouwconstructie in of grenzend aan dat brandcompartiment op de bovenste bouwlaag. Voor deze invulling van de bovenste bouwlaag wordt dus zonder aanvullende maatregelen voldaan aan de prestatie-eis dat bouwconstructies in andere brandcompartimenten moeten blijven staan. Daarom is de permanente vuurbelasting van dit brandcompartiment op de bovenste bouwlaag in dit scenario niet relevant. Immers, een reductie van een eis die in beginsel al 0 minuten is, is niet relevant.

Voor een tussenlaag zal de berekening van de permanente vuurbelasting van een brandcompartiment nog wel relevant zijn. Echter, deze zal beduidend lager zijn dan 700 MJ/m^2 , omdat bij een tussenlaag de permanente vuurbelasting van de dakconstructie niet meegerekend hoeft te worden.

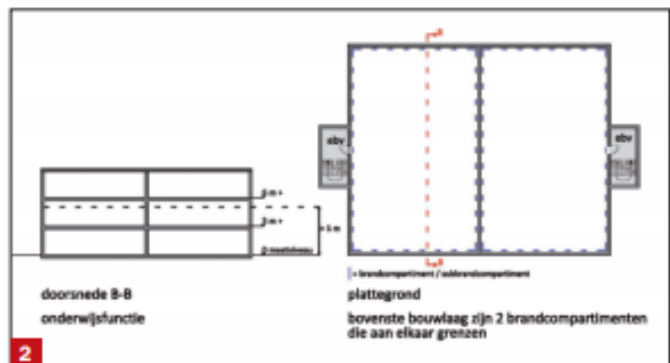
Voorbeeld 2

Voorbeeld 2 betreft een onderwijsfunctie met een vloer van een gebruiksgebied op meer dan 5 meter hoogte, waarbij de bovenste bouwlaag bestaat uit meerdere brandcompartimenten die aan elkaar grenzen.

In het geval dat er op de bovenste bouwlaag meerdere brandcompartimenten aan elkaar grenzen, zal de scheidingsconstructie tussen deze brandcompartimenten een brandwerendheid met betrekking tot bezwijken van ten minste 90 minuten moeten hebben. Uit de berekening van de permanente vuurbelasting bleek dat deze



Onderwijsfunctie met vloer gebruiksgebied >5 meter en bovenste bouwlaag één brandcompartiment (voorbeeld 1)



Onderwijsfunctie met vloer gebruiksgebied >5 meter en de bovenste bouwlaag meerdere brandcompartimenten die aan elkaar grenzen (voorbeeld 2)

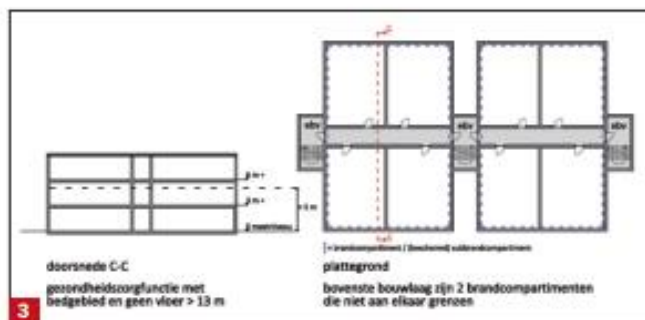
> 500 MJ/m^2 is, dus een reductie van deze eis is niet toegestaan. Dit betekent dat ofwel de materialisering van het specifieke gebouw aangepast moet worden, ofwel dat er een beroep gedaan moet worden op gelijkwaardigheid.

Voorbeeld 3

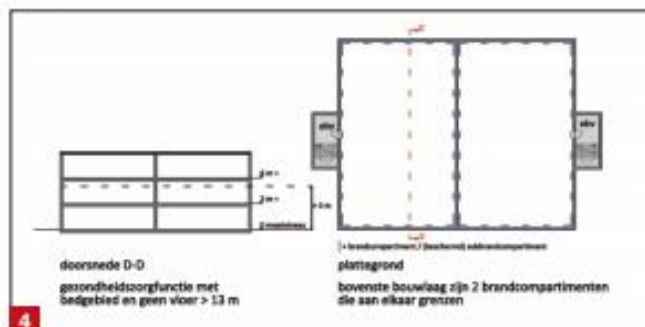
Voorbeeld 3 betreft een gezondheidszorgfunctie voor aan bed gebonden patiënten met een vloer van een verblijfsgebied tussen 5 en 13 m, waarbij de bovenste

Tabel 1: Materialisering gebouw

constructieonderdeel	materialisering
dakconstructie	- PVC dakbedekking - EPS isolatie - underlayment - houten ribben - dakrandafwerking: multiplex
gevelconstructie	- houtskeletbouw-element met minerale wol en houten stij- en regelwerk - spijkerregels - onbrandbare gevelbeplating - kunststof kozijnen - vuren houten stelkozijnen
vloerconstructie	- beton
binnenwandconstructie	- houten brandwerende deuren - meranti kozijnen - multiplex - metalen staanders (metal-stud) met gipsvezelplaten en glaswol



Gezondheidszorgfunctie met bedgebed voor aan bed gebonden patiënten met vloer verblifgebied 5-13 m en de bovenste bouwlaag bestaat uit twee brandcompartimenten die niet aan elkaar grenzen (voorbeeld 3)



Gezondheidszorgfunctie met bedgebed voor aan bed gebonden patiënten met vloer verblifgebied 5-13 m en bovenste bouwlaag bestaat uit meerdere brandcompartiment die aan elkaar grenzen (voorbeeld 4)

bouwlaag bestaat uit twee brandcompartimenten, die niet aan elkaar grenzen.

Omdat het mogelijk moet zijn om horizontaal te evacueren in een gezondheidszorgfunctie met bedgebed voor aan bed gebonden patiënten is bovenstaande illustratie een goed ontwerpuitgangspunt. Als de bovenste bouwlaag uit meerdere brandcompartimenten bestaat, die niet aan elkaar grenzen, dan bevindt zich tussen deze brandcompartimenten een ruimte die geen brandcompartiment is. Dit kan bijvoorbeeld een trappenhuis zijn waardoor een extra beschermde vluchtroute voert. In dat geval zijn er twee scheidingsconstructies aanwezig die moeten bezwijken, voordat als gevolg van het bezwijken van een bouwconstructie een bouwconstructie in een ander brandcompartiment bezwijkt. Hebben beide scheidingsconstructies (wanden) een brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie > 60 minuten, dan zorgen deze scheidingsconstructies ervoor dat de bouwconstructies in het andere brandcompartiment ten minste 90 minuten niet zullen bezwijken.

Dankzij deze indeling in brandcompartimenten, met de aanwezigheid van twee 60 minuten brandwerende wanden tussen de brandcompartimenten onderling, wordt zonder aanvullende maatregelen voldaan aan de prestatie-eis dat bouwconstructies in andere brandcompartimenten moeten blijven staan gedurende ten minste 90

minuten. Hiervoor zijn op deze bouwlaag geen bouwconstructies nodig die in zichzelf 90 minuten brandwerend zijn. Door de indeling en het samenspel wordt de vereiste prestatie van 90 minuten bereikt. Daarom is de permanente vuurbelasting van deze brandcompartimenten op de bovenste bouwlaag in dit scenario niet relevant.

Voor een tussenlaag zal de berekening van de permanente vuurbelasting van een brandcompartiment nog wel relevant zijn. Echter, deze zal beduidend lager zijn dan 750 MJ/m², omdat bij een tussenlaag de permanente vuurbelasting van de dakconstructie niet meegerekend hoeft te worden.

Voorbeeld 4

Voorbeeld 4 ten slotte betreft een gezondheidszorgfunctie met bedgebed voor aan bed gebonden patiënten met een vloer van een verblifgebied tussen 5 en 13 m, waarbij de bovenste bouwlaag bestaat uit meerdere brandcompartimenten, die aan elkaar grenzen.

In het geval dat er op de bovenste bouwlaag meerdere brandcompartimenten aan elkaar grenzen, zal de scheidingsconstructie tussen deze brandcompartimenten een brandwerendheid met betrekking tot bezwijken van ten minste 90 minuten moeten hebben. Uit de berekening van de permanente vuurbelasting bleek dat deze > 500 MJ/m² is, dus een reductie van deze eis is niet toegestaan. Dit betekent dat ofwel de materialisering van het specifieke gebouw aangepast moet worden ofwel dat er een beroep gedaan moet worden op gelijkwaardigheid.

ARTIKEL 2.107 LID 4 EN 5

De tekst van deze artikelen is als volgt:

2.107 lid 4

Per bouwlaag is de volgens NEN 6090 bepaalde permanente vuurlast van een trappenhuis waardoor een beschermde of een extra beschermde vluchtroute voert, met inbegrip van de vanuit dat trappenhuis direct bereikbare besloten ruimten, ten hoogste 3.500 MJ. Bij de bepaling van de vuurlast blijft een besloten ruimte buiten beschouwing als de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen die ruimte en het trappenhuis ten minste 30 minuten is, bepaald volgens NEN 6068. Bij de in rekening te brengen vuurlast van de dakconstructie op de bovenste bouwlaag van het trappenhuis waardoor geen veiligheidsvluchtroute voert, wordt een reductie van 50% toegepast. Dit geldt niet voor een trappenhuis als bedoeld in artikel 2.104, vierde lid.

2.107 lid 5

Per bouwlaag is de volgens NEN 6090 bepaalde permanente vuurlast van een besloten ruimte waardoor een veiligheidsvluchtroute voert, met inbegrip van de vanuit die ruimte direct bereikbare besloten ruimten, ten hoogste 3.500 MJ. Bij de bepaling van de vuurlast blijft een besloten ruimte buiten beschouwing als de weerstand

tegen branddoorslag en brandoverslag tussen die ruimte en de ruimte waardoor de veiligheidsvluchtroute voert ten minste 30 minuten is, bepaald volgens NEN 6068.

De grootste verandering in het voorschrift zit in het feit dat de prestatie-eis 'per bouwlaag' wordt gesteld. In het Bouwbesluit 2003 was deze toevoeging niet beschreven, waardoor het voorschrift multi-interpretabel was. Vanuit de gedachte van rechtszekerheid en rechtsgelijkheid is een multi-interpretabel voorschrift ongewenst, dus van daar dat een aanpassing gerechtvaardigd is.

Het voorschrift borgt dat trappenhuisen waardoor een beschermde of een extra beschermde vluchtroute voert en een besloten ruimte waardoor een veiligheidsvluchtroute voert, per bouwlaag een beperkte hoeveelheid permanente vuurbelasting bevatten. Dit betekent in de praktijk dat de vloeren en wanden van die ruimte van steenachtig materiaal moeten zijn, de trappen van onbrandbaar materiaal (staal of steenachtig) en de deuren en kozijnen slechts in beperkte mate van hout mogen zijn. De grens ligt bij een vuurlast van ten hoogste 3.500 MJ per bouwlaag.

De bovenste bouwlaag van het trappenhuis zal naar verwachting de bouwlaag zijn met de hoogste vuurlast. De brandbare dakbedekking zal kunnen bijdragen aan de brand. Omdat de dakconstructie hoog in het trappenhuis ligt, levert deze vuurlast minder gevaar op dan de vuurlast van overige constructieonderdelen en kan daarop een reductie van 50% worden toegepast. Op een veiligheidsvluchtroute is het, om de daar beoogde extra veiligheid te waarborgen, in tegenstelling tot een beschermde of extra beschermde vluchtroute in een woongebouw, niet toegestaan om een reductie van 50% toe te passen bij de bepaling van de vuurlast van het dak.

In een rekenvoorbeeld ziet dit er als volgt uit (tabel 2):

Tabel 2: Bepaling vuurbelasting

aspect	opbouw	verbrandingswaarde	vuurlast
dak (40 m ²)	- eenlaags kunststof dakbedekking	60 MJ/m ²	2.400 MJ
	- 60 mm steenwol	10 MJ/m ²	400 MJ
	- dakbeschot	320 MJ/m ²	12.800 MJ
	- houtwolcement	20 MJ/m ²	800 MJ
verlichting			150 MJ
overig			150 MJ

Het materiaalgebruik in het trappenhuis bestaat verder uit aluminium kozijnen en deuren, betonnen vloeren met keramische vloertegels, betonnen trappen, stalen hekwerken en leuningen. Voor de bovenste verdieping van het trappenhuis wordt de permanente vuurlast gevormd door het dak en kleine onderdelen zoals verlichting, schakelaars en andere zeer ondergeschikte constructieonderdelen. Tussen de lift en het trappenhuis is een WDBO ≥ 30 minuten aanwezig.

De totale in een trappenhuis in rekening te brengen vuurlast voor de bovenste bouwlaag is: $0,5 \cdot (2.400 + 400 + 12.800 + 800) + 150 + 150 = 8.500$ MJ

Deze vuurlast overschrijdt de grenswaarde van 3.500 MJ en dus vraagt het ontwerp om een aanpassing in de materialisatie.

TOT SLOT

Het op de juiste manier werken met het Bouwbesluit 2012 zal enige tijd vragen. Soms kan ervaring met andere versies van het Bouwbesluit en de bouwverordening daarbij helpen, maar soms leidt deze kennis ook juist tot verwarring. Het mag daarom een geruststellende gedachte zijn dat de omzetting beleidsneutraal is en dat het beoogde veiligheidsniveau van de wetgever niet significant is veranderd. Los van artikelnummers en definities zal de brandveiligheid van Nederland met de komst van het nieuwe Bouwbesluit daarom niet significant veranderen. ■

BRONNEN

- [1] Bouwbesluit 2012: Staatsblad 2011, 416 en Staatsblad 2011, 676
- [2] Praktijkboek Bouwbesluit 2012, SDU Uitgeverij, dr. ir. M. van Overveld, ing. P.J. van der Graaf, ing. S. Eggink-Eilander, ing. M.I. Berghuis, 2012

BIJLAGE 2: Beschrijving Blussystemen

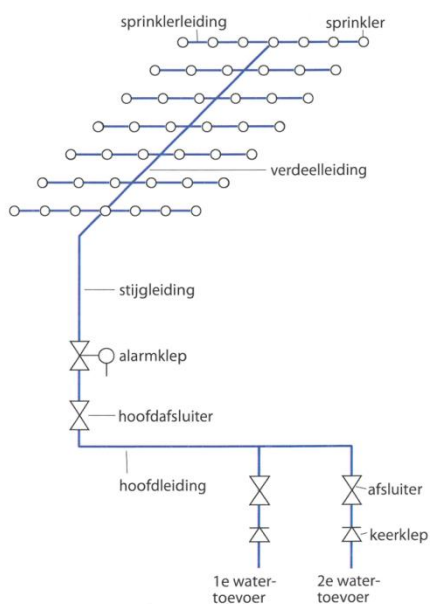
Automatische sprinklersystemen

Automatische sprinklerinstallaties zijn ontworpen om een brand in het beginstadium te ontdekken en met water te blussen, dan wel de brand zo onder controle te houden dat volledige blussing met andere middelen kan worden verricht.¹⁶

Vanwege het feit dat een automatische sprinklerinstallatie een brand zal controleren (en in de meeste gevallen zelfs daadwerkelijk blussen), wordt een gecertificeerde sprinklerinstallatie algemeen geaccepteerd als een gelijkwaardige oplossing voor met name te grote brandcompartimenten. De brand zal immers dusdanig klein blijven dat deze door de brandweer kan worden geblust, zodat er geen onbeheersbare situatie kan ontstaan in het te grote brandcompartiment.

Opbouw van een sprinklerinstallatie

Een sprinklerinstallatie is opgebouwd volgens figuur 1.



Figuur 1: Schematische opbouw sprinklerinstallatie.

Alle sprinklerinstallaties zijn opgebouwd uit bovenstaande hoofdonderdelen, waarbij de belangrijkste zijn :

¹⁶Doel van een sprinklerinstallatie volgens NEN-EN 12845 | NEN 1073

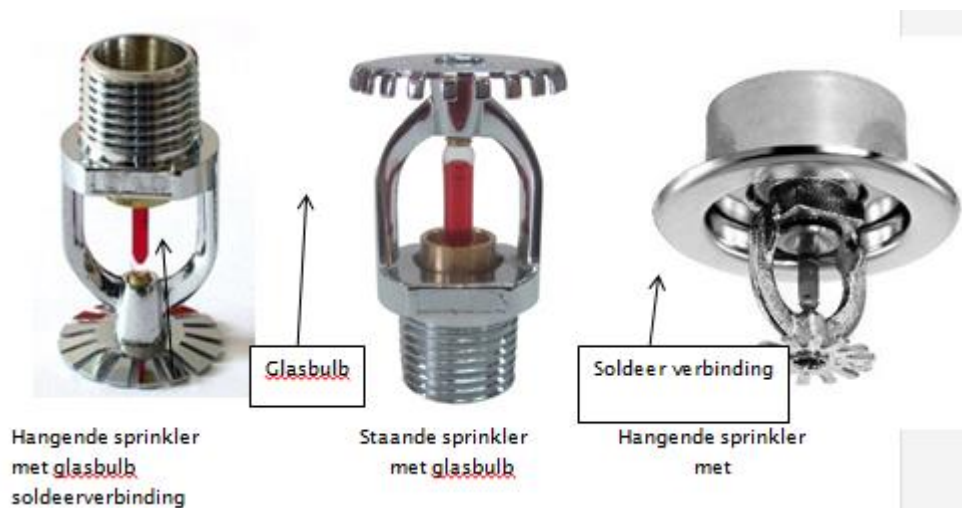
Brandveiligheid

Pagina 86 van 96

- Watertoevoer(en)
- Alarmklep(pen)
- Sprinklerleidingnet
- Sprinklers

Wat is een sprinkler

Een sprinkler is een “sproeier met een warmtegevoelig afsluitelement dat opent om water te verspreiden voor brandbestrijding”¹⁷



Figuur 2: Verschillende typen sprinklers.

Er zijn twee soorten sprinklers, sprinklers met een glasbulb of sprinklers met een soldeerverbinding. Zowel de glasbulb als de soldeerverbinding houden de klep van de sprinkler dicht, zodat de sprinkler geen water geeft. Zodra de temperatuur in de directie omgeving van de sprinkler een vooraf gedefinieerde temperatuur bereikt, breekt de glasbulb of laat de soldeerverbinding los. In beide gevallen opent het klepje van de sprinkler en vanaf dat moment gaat de sprinkler sproeien.

Hoe werkt een sprinklerinstallatie

In de normale situatie is het gehele leidingnet van een sprinklerinstallatie gevuld met water. Wanneer er een brand ontstaat zal ter plaatse de temperatuur stijgen. Wanneer de temperatuur bij een sprinkler stijgt boven de zogenaamde aanspraaktemperatuur ervan, zal deze sprinkler openen en water gaan sproeien. Dit zal een daling van de druk in het

¹⁷Definitie volgens NEN-EN 12845 | NEN 1073

leidingstelsel veroorzaken hetgeen een alarm van de alarmklep en het starten van de sprinklerpomp tot gevolg zal hebben. Indien nodig zullen meer sprinklers in de directe nabijheid van de brand geactiveerd worden zodra de temperatuur van die sprinklers ook te hoog wordt. Op die manier past het systeem zich aan aan de brand. Zodra de brand onder controle is, zullen er niet meer sprinklers openen.

Wat is van belang bij het ontwerpen van een sprinklerinstallatie

Bij het ontwerpen van een sprinklerinstallatie is een aantal factoren van belang :

- Soort gebouw
- Gebruik van het gebouw
- Aanwezige opslag

Deze factoren bepalen namelijk de gevarenklasse (te beveiligen risico) van de sprinklerinstallatie. Binnen de (Europese) sprinklernormering wordt de volgende gevarenklassen onderscheiden :

- Light Hazard (LH)
- Ordinary Hazard (OH)
- High Hazard (HH)

De gevarenklassen bepalen op hun beurt de ontwerpparameters voor het betreffende sprinklersysteem :

- Minimale sproeidichtheid (hoeveel water moet erop)
- Minimale sproeitijd (hoe lang moet er minimaal geblust worden)
- Maximale sproeivlak (hoeveel sprinklers kunnen gelijktijdig in werking zijn)

Gevarenklasse	Minimale sproeidichtheid	Maximale sproeivlak	Minimale sproeitijd
Light Hazard (LH)	2,25 l/m ² /min	84 m ²	30 minuten
Ordinary Hazard (OH)	5 l/m ² /min	72 – 360 m ²	60 minuten
High Hazard (HH)	7,5 – 30 l/m ² /min	260 m ²	90 minuten

Tabel 1: Relatie tussen de ontwerpparameters van een sprinklerinstallatie.

Bovenstaande ontwerpgegevens gelden voor normale “natte” systemen, deze worden normaal gesproken toegepast mits de omgevingstemperatuur tussen de 5°C en 95°C ligt. Buiten dit temperatuurbereik kunnen droge systemen of systemen met antivries (<5°C) worden toegepast.

Certificeren van de sprinklerinstallatie

Om de gelijkwaardigheid van een sprinklerinstallatie blijvend te kunnen garanderen, dient een sprinklerinstallatie, op grond van Bouwbesluit artikel 6.32, lid 1, te zijn voorzien van

een geldig inspectiecertificaat. Dit inspectiecertificaat heeft een beperkte geldigheid (1 / 2 jaar of een jaar) en moet telkens opnieuw worden afgegeven. Om een nieuw certificaat te verkrijgen, moet de installatie periodiek worden onderhouden en geïnspecteerd.

Bovenstaande ontwerpgegevens worden gebruikt voor een sprinklerinstallatie die bedoeld is om een brand te controleren. Er kunnen ook speciale criteria worden gebruikt om een installatie te ontwerpen om een brand daadwerkelijk te blussen. Hiervoor worden bijvoorbeeld zogenaamde ESFR (Early Suppression, East Response) systemen toegepast. Deze systemen kenmerken zich door het feit dat er sprinklers worden gebruikt die veel meer water geven, waardoor echt een blussende werking i.p.v. een controlerende werking wordt bereikt.

Automatisch delugesystemen

Een automatisch delugesysteem is eigenlijk een speciale uitvoering van een sprinklerinstallatie. Het verschil met een regulier sprinklersysteem zit vooral in het feit dat een delugesysteem alleen maar open sproeiers (nozzles) heeft met een (veel) grotere doorlaat dan normale sprinklers. Hierdoor zal bij activering de installatie over een (veel) groter oppervlak werkzaam zijn en daardoor (veel) meer water afgeven dan een sprinklerinstallatie. Een delugesysteem beschikt daarnaast altijd over een separaat detectiesysteem voor de aansturing van de delugeklep.

Waaruit bestaat een delugesysteem

Een delugesysteem bestaat uit de volgende onderdelen :

- Sproeiers (spayers)
- Delugeklep(pen)
- Stromingsschakelaars
- Drukschakelaars
- Pomp(en)
- Watervoorraad (schuimvoorraad en schuimbijmengingssysteem)
- Sprinklermeld en activerings centrale (SMC++)
- Detectiesysteem of detectienet

De meeste onderdelen zijn ook terug te vinden in een sprinklerinstallatie zoals weergegeven in figuur xx, zij het in een iets andere vorm en/of met een iets andere werking; de sproeiers van een delugesysteem zijn open en de delugeklep wordt actief gestuurd, terwijl de alarmklep in een sprinklerinstallatie automatisch een alarm geeft bij een blussing middels een aangesproken sprinkler.

Er worden diverse soorten delugesystemen toegepast :

- Systemen met een normale of snelle reactietijd en/of
- Systemen met een detectienet of detectiesysteem

Tevens worden delugesystemen in specifieke toepassingen, bijvoorbeeld in geval van vloeistofbranden uitgevoerd als een systeem met schuimbijmenging, zodat er een schuimlaag op de vloeistof komt. (zie verder 'schuimsystemen')

Wanneer wordt een delugesysteem toegepast

Gewone (met normale reactietijd) deluge-installaties worden ingezet voor verschillende doeleinden:

- Het bestrijden van zich zeer snel ontwikkelende branden
- Het bestrijden van sommige soorten vloeistofbranden m.b.v. hoge snelheidssproeiers zoals bijvoorbeeld het beveiligen van met olie gevulde transformatoren
- Het bestrijden van vloeistofbranden met zwaar schuim of AFFF
- Het koelen van opslagtanks
- Het beveiligen van chemische processen

Delugesystemen met een snelle reactietijd worden bijvoorbeeld toegepast in omgevingen waar het risico van een explosie aanwezig is, daarbij is het van belang om z.s.m. na het beginnen van de brand "water op het vuur te hebben". De snelle reactietijd wordt dan met name gerealiseerd door een zeer snel detectiesysteem, vaak gebruikmakend van stralingsdetectie.

Watermistsystemen

Een watermiststelsel is in feite ook een speciale uitvoering van een "normale" sprinklerinstallatie. Door het toepassen van speciale nozzle technieken en hogere drukken in het stelsel dan bij een conventionele sprinkler komt het water uit de nozzles (sproeiers) als nevel i.p.v. druppels. Deze nevel zorgt vervolgens voor een veel betere koelende werking waardoor er aanzienlijk minder water nodig is dan bij een sprinklerinstallatie. Dit wordt bereikt doordat de kleinere druppels tezamen een veel groter oppervlak hebben om de warmte te absorberen dan dezelfde hoeveelheid water in grotere druppels.

Een watermistinstallatie wordt gebruikt om in een zo vroeg stadium de brand te ontdekken en vervolgens deze zo snel mogelijk te bestrijden.

Daarbij wordt gebruik gemaakt van de volgende vier principes :

- koelen, zo mogelijk blussen
- beschermen tegen schadelijke rookgassen
- flashover voorkomen
- nevenschade beperken

Waaruit bestaat een watermiststelsel

Een watermistinstallatie is behoorlijk goed vergelijkbaar met een normale sprinklerinstallatie en bestaat uit de volgende onderdelen :

- Watermistnozzles

Brandveiligheid

Pagina 90 van 96

- Hogedruk leidingnet (RVS)
- Alarmklep(pen)
- Drukschakelaar(s)
- Pomp(en)
- Watervoorraad
- Sprinklermeldcentrale (SMC)

Vergelijking ontwerpcriteria watermist ⇔ sprinkler

In de onderstaande tabel staat een vergelijking tussen de ontwerpgegevens van een watermiststelsel en een “normaal” sprinklersysteem.

<u>Ontwerpcriterium</u>	<u>Conventionele sprinkler</u> (V.A.S. , NFPA13, CEA4001)	<u>Watermist</u> (NFPA750 , FM , VdS)
Sproeivlak	12m ²	16m ² tot 25m ²
K-factor	80	1,9 tot 4,1
Watervoorraad	85m ³ tot 185m ³	2,1 m ³ – 30m ³
Watervoorziening	540 l/min tot 2100 l/min	75 l/min tot 500 l/min
Blustijd	60 min	30 min / 60 min
Sprinklerleidingen	DN25 tot DN50	DN12 tot DN38
(Hoofd)verdeelleidingen	DN40 tot DN250	DN38

De belangrijkste conclusie die uit bovenstaande tabel kan worden getrokken, is dat een watermiststelsel veel minder water nodig heeft dan een sprinkler en dat de toe te passen leidingdiameters veel kleiner zijn. Vanwege de hoge drukken dient het gehele leidingwerk echter in roestvast staal te worden uitgevoerd en moeten alle componenten in het systeem geschikt zijn voor deze hoge drukken. Een watermiststelsel kan duurder zijn dan een conventioneel sprinklersysteem.

Wanneer wordt een watermiststelsel toegepast

Watermistsystemen worden in alle soorten gebouwen toegepast. De keuze voor een watermiststelsel is afhankelijk van de exacte situatie van het te beveiligen gebouw. Wanneer bijvoorbeeld de watervoorraad niet te groot kan/mag zijn is het logisch een watermiststelsel te kiezen i.p.v. een sprinkler. Hetzelfde geldt wanneer de afmetingen van het toe te passen leidingwerk niet te groot mag worden in verband met beperkte ruimte.

Schuimblussystemen

Een schuimsysteem is een controlerende en blussende brandbestrijdingstechniek die qua opbouw is te vergelijken met een sprinklerinstallatie.

Blusschuim is een mengsel van water, schuimvormend middel (SVM) en een ontbrandbaar gas, meestal lucht uit de omgeving. Het schuimmengsel wordt verkregen door water en SVM door een mengtoestel te leiden en daar op geforceerde of natuurlijke wijze lucht of een ontbrandbaar gas aan toe te voegen, waardoor het water/ schuim mengsel expandeert.



Blusschuim wordt toegepast voor het blussen en afdekken van stoffen uit de brandklassen A en B en soms onder speciale omstandigheden voor brandklasse C (NEN-EN 2) en F (ISO 16045). Blusschuim kan zowel mobiel als met een vast opgestelde voorzieningen worden toegepast. Het kan worden toegepast als:

- de soortelijke massa van een te blussen brandbare en/of gevaarlijke vloeistof kleiner is dan die van water;
- een brandbare en/of gevaarlijke vloeistof in water oplosbaar is (polair);
- preventieve afdekking en het indammen van een brand nodig is;
- een vaste stof niet voldoende hygroscopisch is om met een waterstraal te worden geblust;
- hete oliebakken veilig geblust moeten worden;
- een ruimte inert gemaakt moet worden.

Schuimblusinstallaties worden vaak industrieel toegepast voor opslag van gevaarlijke stoffen die onder de PGS 15 richtlijnen beveiligd moeten worden.

Voordelen van toepassing schuimblussysteem:

- Snelle blussing.
- Verkorte blustijden en dito inzet.
- Beperkte gevolgschade door blusstof bij inzet van middel en lichtschuim.
- Minder gebruik van water (in vergelijking met andere watervoerende blustechnieken)
- Het voorkomen van milieu gevaren en calamiteiten door afdekking van risicovolle vloeistoffen.
- Geschikt voor de meeste vloeistofbranden.
- Ruimte vullend bij hoge expansie en daardoor te gebruiken voor het blussen van grote of moeilijke toegankelijke ruimten.

Mogelijke gevolgen en gevaren bij toepassing van een schuimblussysteem

Brandveiligheid

Pagina 92 van 96

- Milieuprobleem bij uitstromen van blusschuim op open water of riool.
- Contaminatie van drink en oppervlakte water.
- Verstikkend bij ruimt vullende toepassingen.

Een schuimblussysteem mag niet worden toegepast op:

- Zuurstofdragende stoffen, zoals bijvoorbeeld kruit.
- Reactieve materialen, zoals bijvoorbeeld natrium.
- Thermisch ontleedbaar gevoelige stoffen, zoals peroxiden.

De genoemde brandbare stoffen reageren heftig op water!

Waaruit bestaat een schuimblussysteem

Automatische schuimblussystemen bestaan uit:

- Watervoorziening, vergelijkbaar met die voor een sprinklerinstallatie.
- Schuimvormend middel (SVM) voorraad tank en het meng of injectie systeem. SVM's zijn er in vele soorten en uitvoeringen, deze worden gekozen op grond van de voor het risico specifiek benodigde eigenschappen. In het algemeen worden SVM concentraten in 1, 3 of 6 % aan het bluswater toegevoegd. Het gebruikte concentraat en de vooraf vast te stellen gebruikerstijd bepalen het opslagvolume en de toe te passen meng- of injectie-apparatuur.
- Het transportleidingnet voor de toevoer van het water-schuimmengsel naar de schuimmakers in de te beveiligen ruimte.
- Schuimmakers: als vast of semi vast opgestelde schuimmakers worden onder meer onderscheiden:
 - Schuimsproeiers of sprinklers
 - Schuimkanonnen
 - Schuimgeneratoren

Hoe werkt een blusschuimsysteem

Op basis van een uit het opgestelde systeem resulterende schuimproductie is er sprake van een expansievoud (verschuimingsgetal) :

- Expansievoud < 20 : zwaarschuim wordt toegepast bij het afdekken van horizontale oppervlakken.
- Expansievoud $20 < - < 200$: middelschuim wordt toegepast zwaarschuim en voor het vullen van ruimten, die minimaal aan 5 zijden zijn omsloten.
- Expansievoud > 200 : lichtschuim toegepast als hiervoor benoemd en het vullen van grote ruimten, die minimaal aan 5 zijden omsloten zijn.

Blusgassystemen

Blusgassystemen zijn brandblusinstallaties die ontworpen zijn om een brand daadwerkelijk te blussen binnen een bepaalde tijd en om ook herontbranding te voorkomen. Deze blusinstallaties maken gebruik van een blusgas als blusmiddel i.p.v. water of schuim.



Figuur 4: Centrale blusgas opstelling.

Een blusgas of “Clean Agent” is een chemische enkelvoudige of samengestelde stof die in staat is een (beginnende) brand te onderdrukken of te blussen door:

- verdringing van de zuurstof (lucht) tot onder een bepaald niveau, of,
- een fysische reactie die de temperatuur van een brandende stof zodanig verlaagt dat deze beneden het vlampunt komt en dooft, of,
- een negatieve katalytische reactie zodat de verbrandingsreactie dramatisch wordt onderbroken, of,
- een combinatie van eigenschappen.

Clean Agents worden toegepast op basis van Europese regelgeving waarbij de navolgende factoren zijn gereguleerd:

1. OPD Ozon Depletion Potential (afbraak van de Ozon in de atmosfeer)
2. Carcinogene eigenschappen (kankerverwekkende eigenschappen)
3. GWP Global Warming Potential (broeikaseffecten)

Clean Agents worden geregistreerd volgens de zogeheten “SNAP” lijst en in Nederland is alleen het gebruik toegestaan van gasen met een ODP = 0!

De leveranciers van de blusgassen geven “Productbladen” uit, specificaties en toepassingen van blusgassen zijn ook vastgelegd in allerlei normbladen.

Toepassingen blusgassen

Blusgassen worden veelal toegepast in ruimten waar de blussing alleen met elektrisch niet geleidende blusmiddelen mag plaatsvinden en ook als de blusstof niet of nauwelijks mag bijdragen aan de eventuele rest of gevolgschade van een brand.

Typische toepassingen zijn:

- Bij een hoog brandrisico.
- Indien logistiek belangrijke apparatuur moet beveiligd worden (bijvoorbeeld een server of datacentra).
- Bij opslag van kapitale goederen.
- Bij de opslag van milieu gevaarlijke stoffen.
- Als gevolgschade tot een absoluut minimum moet worden beperkt.
- Als mogelijke gelijkwaardige oplossing.

Beperkingen in de toepassing van met name chemische blusgassen:

- Zuurstofdragende stoffen, zoals bijvoorbeeld kruit.
- Reactieve materialen, zoals bijvoorbeeld natrium.
- Thermisch ontleedbaar gevoelige stoffen, zoals peroxiden.
- Chemische blusgassen kunnen niet worden toegepast voor het blussen van zogenaamde kern of gloedbranden.

Welke soorten blusgassystemen zijn er?

1. Ruimtelijke blussing of total flooding.

Hier is sprake van indien blussing plaatsvindt in een omsloten en of besloten ruimte. Dit kan zijn bv een ruimte voor opslag gevaarlijke stoffen (in het kader van de PGS 15), maar ook een omkasting van een noodgenerator, of een data communicatiecentrum

2. Object of plaatselijke blussing of ook wel Local Application.

Hier is sprake van indien blussing plaatsvindt op een in een ruimte geplaatst object. Denk hierbij bijvoorbeeld aan: een drukmachine, een open bakstraat voor chips of de wet bench voor de productie van elektronische chips.

Waaruit bestaat een blusgassysteem?

Een blusgasinstallatie bestaat uit een of meerdere cylinders (drukhouders) waarin het blusgas is opgeslagen. Deze cilinders zijn voorzien van een afsluiter en een openingsmechanisme. Voor controle van de inhoud is afhankelijk van het type blusgas vaak een drukindicator (manometer) of weeginrichting voorzien. Cilinders zijn vaak opgesteld in een aparte, goed geventileerde ruimte, de zgn. centrale opstelling in tegenstelling tot de modulaire systeemopbouw waarbij de cilinders decentraal verspreid over de te beveiligen ruimte staan opgesteld met elk een eigen leidingnet. Bij een centraal

Brandveiligheid

Pagina 95 van 96

opgestelde cilinderbatterij worden de flessen aangesloten op een verzamelleiding d.m.v. hogedruk slangen met terugslagklep, zie ook figuur 11. Vanaf de verzamelleiding loopt een transportleiding naar de te beveiligen ruimte waar aangesloten wordt op een blusleidingnetwerk met afblaasmonden (nozzles). Het activeren van de blusgasinstallatie kan te allen tijde handmatig, maar veelal wordt de activering automatisch gerealiseerd door een in de te beveiligen ruimte aangebracht branddetectie systeem.



Figuur 5: Cilinderbatterijen met verzamelleidingen.

Hoe werkt een blusgassysteem:

1. Inerte blusgassen en CO₂

Inerte blusgassen en CO₂ blussen door het verdrijven van de lucht (incl. de zuurstof) uit een ruimte tot een niveau dat het verbrandingsproces stopt. Bij gebruik van een inert blusgas blijft er bij een blussing nog voldoende zuurstof in die ruimte over, zodat de mensen in die ruimte nog voldoende kunnen ademen en de ruimte verlaten; bij blussing met CO₂ is dat echter niet het geval, 8 VV% CO₂ in de lucht is een dodelijke concentratie!

2. Chemische blusgassen

Chemische blusgassen zullen in een brand zeer snel de verbrandingswarmte opnemen, soms vindt er ook een proces van negatieve katalyse plaats. Beide effecten leiden tot een snelle blussing, waarbij over het algemeen de zuurstofconcentratie in de beveiligde ruimte weinig zal dalen. Wel van belang bij chemische blusgassen is dat de werking van het blusgas begrensd is vanwege de beperkte warmte energie opname en of de gelimiteerde katalyse capaciteit. Chemische blusgassen moeten dan ook zo spoedig mogelijk na het ontstaan van een brand worden ingezet om een maximaal blussend vermogen te hebben.

Randvoorwaarden bij toepassing van blusgassen:

- Adequate branddetectie: voor een snelle detectie van de brand en dito activering van het blussysteem
- Ruimte voldoende gasdicht: voor het snel kunnen realiseren van een blussende blusgasconcentratie en het vervolgens kunnen vasthouden van de blussende

Brandveiligheid

Pagina 96 van 96

concentratie om de brand geheel te kunnen blussen (het voorkomen van herontbranding)

- Overdrukroosters: voor het compenseren van optredende over en onder druk effecten bij het inbrengen van het blusgas. Er wordt immers in korte tijd, van 10 seconden tot maximaal 1 minuut, een blussende concentratie van het blusgas in de ruimte gebracht!
- Evacuatiealarm: om de in de ruimte verblijvende personen vroegtijdig te alarmeren en ontruiming tot stand te brengen
- Evacuatietijd: de tijd tussen het inkomen van het akoestisch alarm en het moment waarop de daadwerkelijk blussing (het uitstromen van het blusgas) gaat plaatsvinden
- Onderbreking blussing (afhankelijk van type/concentratie blusgas): een elektrisch bedienbare blus uitstel mogelijkheid om een langere evacuatie tijd mogelijk te maken.
- Inzet van de juiste hoeveelheid blusgas: elk blusgas heeft specifieke kenmerken en ontwerpspecificaties voor de verschillende brandscenario's. De ontwerp-blusgasconcentratie is ook belangrijk in het kader van de gedefinieerde veiligheidsgrenzen in de blootstellingswaarden van personen aan de gasconcentraties de zogeheten: NOAEL No Observed Adversed Effect Level (de hoogste gemeten blootstellingswaarde zonder waargenomen effecten) en de LOAEL Lowest Observed Adversed Effect Level (de hoogst waargenomen niveaus waarbij wel nadelige effecten zijn waargenomen)
- Inzet van de juiste blustijd: vooral van belang voor chemische blusgassen omdat blussing alleen kan plaatsvinden bij een voldoende beschikbare blushoeveelheid, zal tijdens het inbrengen van het blusgas dit ontleed worden! Correcte inzet is dus van het grootste belang, mede ook voor de beperking van de hoeveelheid ontledingsproducten.
- Realisatie van de juiste concentratie standtijd: van belang voor het voorkomen van herontbranding door het te vroeg toelaten van zuurstof aan de ruimte waar de blussing plaatsvond.