

PROBABILISTISCHE BENADERING BRANDVEILIGHEID

ONDERZOEK NAAR TOEPASSING VAN RISICOBENADERING OP VLUCHTVEILIGHEID BIJ BRAND

De huidige brandveiligheidsregelgeving is voornamelijk opgenomen in het Bouw- en Gebruiksbesluit. Zolang er aan deze regelgeving wordt voldaan, wordt een gebouw voldoende brandveilig geacht. Met het werkelijke risico van de brand wordt echter geen rekening gehouden. Een betere benadering is een probabilistische benadering, waarbij de brandveiligheidsvoorzieningen worden afgestemd op het werkelijke risico van brand. Voor de vluchtveiligheid van aanwezigen in een brandend gebouw is deze benadering theoretisch goed toepasbaar. Toch zijn er nog een aantal belemmeringen waardoor dit model nog niet toepasbaar is in de praktijk.



ir. M.R. (Merijn) Leurink,
LBP | SIGHT, Nieuwegein

BEPERKINGEN HUIDIGE REGELGEVING

In het Bouwbesluit zijn bouwkundige eisen opgenomen waar een gebouw aan moet voldoen. Naast het Bouwbesluit is er ook het Gebruiksbesluit. In het Gebruiksbesluit zijn eisen opgenomen die moeten waarborgen dat een gebouw voldoende brandveilig wordt gebruikt. Zolang er aan de eisen van het Bouwbesluit en het Gebruiksbesluit wordt voldaan, wordt een gebouw voldoende brandveilig geacht. In deze regelgeving wordt voor de vereiste brandveiligheidsvoorzieningen uitgegaan van een effectbenadering. Er is sprake van een calamiteit en de regelgeving moet het effect van deze calamiteit beperken. Met het werkelijke risico van de calamiteit wordt geen rekening gehouden.

Naast deze beperking op globaal niveau, is er ook voor diverse deelaspecten sprake van een beperking. Als voorbeeld wordt genoemd de beperking van uitbreiding van brand. De huidige brandveiligheidsbenadering leidt hier tot verschillende veiligheidsniveau's in gebouwen. Ondanks dat er in de regelgeving onderscheid wordt gemaakt tussen verschillende gebruiksfuncties, wordt voor alle gebruiksfuncties gerekend met dezelfde standaard brandkromme. Deze brandkromme geeft, onafhankelijk van de geometrie en de aanwezige hoeveelheid brandbaar materiaal, een brandontwikkeling weer in de ruimte (zie figuur 1). Doordat het brandverloop onafhan-

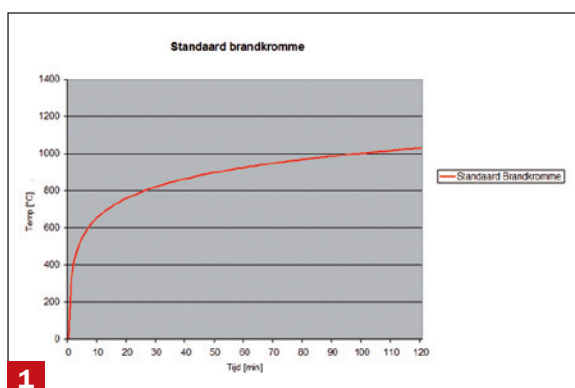
kelijk is van het gebruik van de ruimte, kunnen er grote verschillen ontstaan in de daadwerkelijk gerealiseerde brandveiligheid bij de diverse gebruiksfuncties.

Een voorbeeld hiervan is het verschil tussen een betonfabriek en een houtzagerij. In zowel de betonfabriek - met een zeer beperkte brandontwikkeling en brandvermogen - als een houtzagerij - met een zeer snelle brandontwikkeling en groot brandvermogen - worden de brandveiligheidsvoorzieningen afgestemd op de brandontwikkeling conform de standaard brandkromme. De betonfabriek zal hierdoor voor dit aspect vele malen veiliger zijn dan beoogd in de regelgeving, aangezien de voorzieningen zijn afgestemd op een brand die zwaarder is dan in werkelijkheid. In het geval van de betonfabriek wordt hierdoor onnodig geïnvesteerd in brandveiligheidsvoorzieningen. In de houtzagerij kan het daarentegen zo zijn dat de brand zwaarder zal zijn dan berekend met de standaard brandkromme. In dit geval zullen de voorzieningen minder veiligheid bieden dan beoogd in de regelgeving.

PROBABILISTISCHE BENADERING

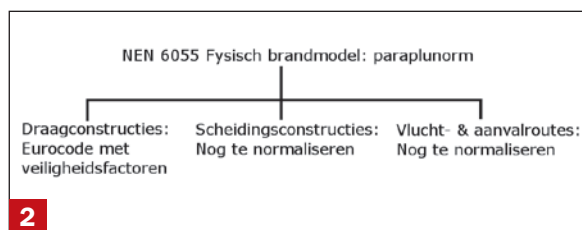
Voor een betere afstemming van het veiligheidsniveau zou er in plaats van een effectbenadering een probabilistische benadering aan de hand van een natuurlijke brandontwikkeling moeten worden toegepast. In deze benadering worden de brandveiligheidsvoorzieningen afgestemd op het specifieke risico van brand in een ruimte. In deze benadering speelt naast het effect van de brand ook de kans op brand en de kans op bepaalde op de brandveiligheid van invloed zijnde gebeurtenissen een rol, zoals een geblokkeerde vluchtroute of het falen van een brandveiligheidsinstallatie.

Het risico in een gebouw wordt bepaald aan de hand van één of meerdere scenario's. Een brandscenario beschrijft een verwachte brandontwikkeling in een ruimte en gebeurtenissen die van invloed zijn op het veiligheidsniveau in een ruimte. Hierbij kan gedacht worden aan nooduitgangen die op slot zitten of een brand ter plaatse van een vluchtweg. Het risico van een scenario wordt bepaald door de formule: risico = kans op scenario x



1

Standaard brandkromme



2 NEN 6055 als een parapluurnorm voor andere normen

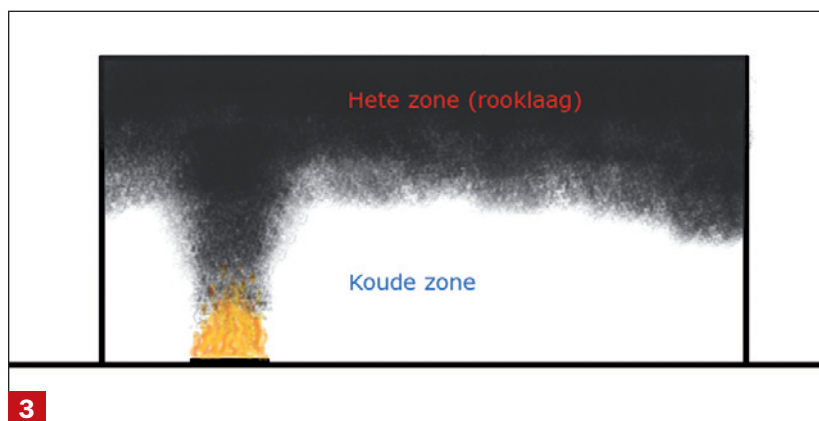
effect van scenario. Door te inventariseren welke scenario's een onacceptabel groot risico vormen, kan worden bepaald welke brandveiligheidsinstallaties ten minste benodigd zijn voor een acceptabel brandveiligheidsniveau.

Deze risicobenadering is voor het aspect constructieve veiligheid al nader uitgewerkt in de nieuwe Eurocodes. Aan de hand van het fysisch brandmodel wordt het natuurlijk brandverloop in een ruimte berekend. Vervolgens wordt het berekende brandverloop gecorrigeerd met een bepaalde correctiefactor. Deze correctiefactor is afhankelijk van de toegepaste brandveiligheidsinstallaties en het risico van brand in de ruimte. Aan de hand van het gecorrigeerde brandverloop wordt vervolgens bepaald of de constructie voldoende brandwerendheid met betrekking tot bezwijken bezit of dat brandwerende bekleding noodzakelijk is. Het fysisch brandmodel kan ook voor een risicobenadering bij andere aspecten dan constructieve brandveiligheid worden gebruikt.

FYSISCH BRANDMODEL

In de Eurocodes wordt de brandontwikkeling bepaald aan de hand van het fysisch brandmodel. Het fysisch brandmodel is een wetenschappelijk model, dat - aan de hand van de hoeveelheid en de eigenschappen van de brandbare materialen - de brandontwikkeling in de ruimte berekent. Ook houdt het model rekening met de invloed van de ruimte, zoals het breken van ramen en de hoogte van een ruimte. Het fysisch brandmodel is vastgelegd in de NEN 6055. Deze norm is een zogenaamde parapluurnorm. In de norm is alleen de opzet van het fysisch brandmodel beschreven. De toepassing van het fysisch brandmodel is vastgelegd in andere normen (zie figuur 2). Een voorbeeld hiervan is de Eurocode 1, die aangeeft hoe het model voor de toetsing van de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken bij brand moet worden toegepast.

Het fysisch brandmodel gaat uit van een zonemodel. In het zonemodel wordt de ruimte verticaal verdeeld in twee zones. Een hete zone bovenin de ruimte waar hete verbrandingsgassen van de brand zich ophopen en een koude zone met 'onverbrande' zuurstofrijke lucht (zie figuur 3). In het zonemodel wordt het brandverloop in de ruimte berekend aan de hand van veranderingen in deze zones. Tijdens de brand zal de hete zone in dikte toenemen en zal de temperatuur in deze zone stijgen. De mate waarin deze veranderingen plaats vinden is afhankelijk van de ruimtegeometrie, de aanwezige gevel en dakopeningen en de brandbare materialen in de ruimte. Aan de hand van de ontwikkelingen in deze zones wordt onder andere het temperatuurverloop in de ruimte berekend.



3 Bij brand ontstaat er een koude en een hete zone in een ruimte

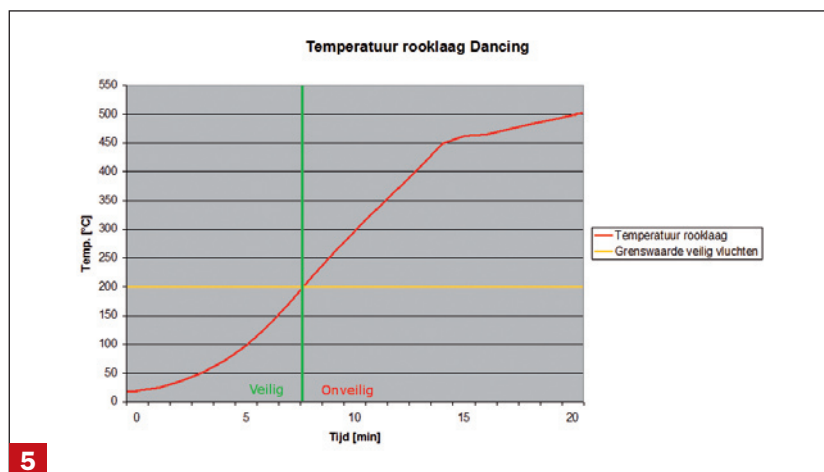
Na verloop van tijd zal de temperatuur in de ruimte dusdanig zijn gestegen dat alle nog niet brandende materialen spontaan zullen ontbranden. Dit wordt flashover genoemd. Vanaf dat moment is er geen sprake meer van een hete en een koude zone in de ruimte; de ruimte gedraagt zich als één hete zone.

In de meeste modellen om rook- en brandontwikkeling te berekenen wordt uitgegaan van een één- of een tweezonemodel. Het fysisch brandmodel maakt echter gebruik van beide modellen. In de berekening wordt eerst met het tweezonemodel gerekend. Zodra er niet meer wordt voldaan aan de uitgangspunten van het tweezonemodel, schakelt het fysisch brandmodel automatisch over op een éénzonemodel.

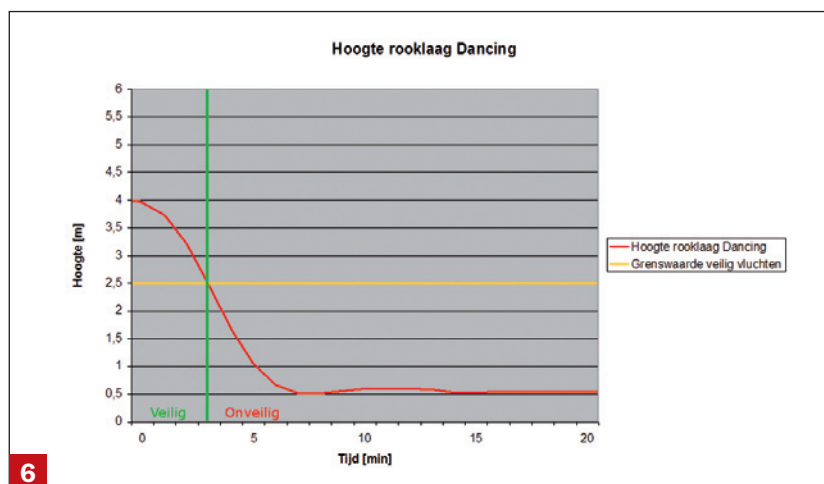
PROBABILISTISCHE BENADERING VOOR VLUCHTVEILIGHEID

Op het moment van schrijven wordt het fysisch brandmodel in brede zin alleen toegepast voor de toetsing van de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken van constructies. Toch kan dit model ook worden toegepast in een probabilistische benadering voor de bepaling van de vluchtveiligheid. In deze benadering wordt het risico bepaald aan de hand van het aantal slachtoffers bij een brand. Hierbij moet gedacht worden aan het aantal mensen dat niet op tijd een brandende ruimte kan verlaten. Om te berekenen hoeveel slachtoffers er vallen en hoe groot het risico is om slachtoffer te worden zijn twee zaken van belang: de tijd die beschikbaar is om te vluchten en de tijd die benodigd is om te vluchten.

De beschikbare hoeveelheid tijd kan worden bepaald door middel van het fysisch brandmodel. Door grenswaarden te stellen aan de condities in de ruimte kan worden bepaald hoe lang er veilig kan worden gevlucht uit een brandende ruimte. Hierbij zijn vooral de temperatuur in de rooklaag en de hoogte van de rooklaag van belang. Als de temperatuur in de rooklaag te hoog wordt, zal de warmtestraling uit de rooklaag gevaarlijk hoog worden, waardoor vluchten onmogelijk wordt. Ook moet vluchten door de hete rooklaag voorkomen worden. Door de hoge temperaturen, de toxische gassen, de beperkte hoeveelheid zuurstof en de beperkte zichtlengte in de hete rooklaag zijn de vluchtkansen door deze zone immers zeer beperkt. Als grenswaarde voor de condities om veilig te kunnen vluchten worden de grenswaarden gehanteerd uit



5 Ontwikkeling temperatuur rooklaag bij brand in de dancing



6 Ontwikkeling rooklaag bij brand in de dancing

het vultijdenmodel, een conventioneel model om rookontwikkeling te berekenen. Dit model geeft aan dat er veilig kan worden gevlucht zolang:

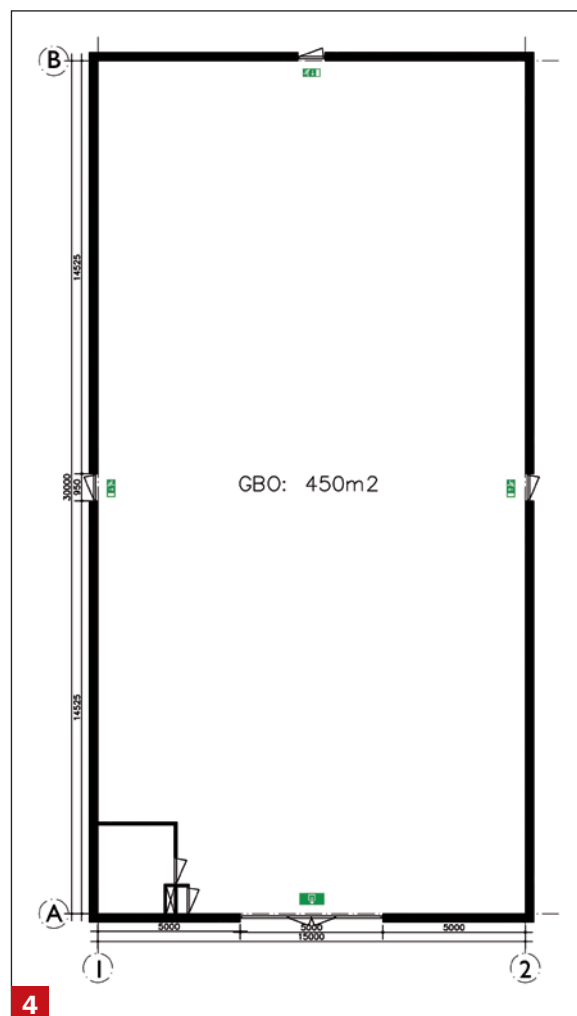
- de rookvrije hoogte in de ruimte is meer dan 2,5 meter;
- de temperatuur van de rooklaag lager is dan 200°C.

Als voorbeeld is de beschikbare vluchttijd van een fictieve dancing van 450 m² berekend. In figuur 4 is een plattegrond van de dancing weergegeven. De ruimte is 4 meter hoog en bevat 3 nooduitgangen en een hoofdingang. Met het fysisch brandmodel is berekend, dat de temperatuur van de rooklaag na 8 minuten boven de 200°C stijgt (zie figuur 5). De rookvrije hoogte daalt echter na drie minuten onder de 2,5 meter (zie figuur 6), waardoor vluchten al na drie minuten niet meer mogelijk is.

Naast de beschikbare tijd is ook de tijd die benodigd is om te vluchten van belang. Deze tijd wordt door de som van een drietal factoren bepaald, te weten:

- de detectietijd;
- de alarmeringstijd;
- de evacuatie tijd.

De detectietijd is de tijd tussen het moment dat de brand uitbreekt en het moment waarop deze gedetecteerd of ontdekt wordt. De duur van de detectietijd is afhankelijk van de aanwezigheid van detectoren, zoals rookmelders, en de bezettingsgraadklasse van een ruimte. In een ruim-



4 Plattegrond onderzochte dancing

te met rookmelders of een hoge bezetting zal een brand eerder gedetecteerd worden dan in een ruimte zonder rookmelders waar zelden iemand aanwezig is.

Nadat de brand gedetecteerd is, duurt het vaak enige tijd voordat mensen daadwerkelijk beginnen te vluchten. Deze tijd is de alarmeringstijd. Vaak wordt er van uitgegaan, dat mensen bij het horen van een brandalarm direct beginnen te vluchten. Dit is echter zelden het geval. De werkelijke tijd tussen detectie en start vluchten is sterk afhankelijk van de situatie. Meer onderzoek naar dit aspect is noodzakelijk om een goede inschatting van de alarmeringstijd te kunnen geven.

Nadat de aanwezigen zijn gealarmeerd, zullen zij beginnen te vluchten. De tijd, die benodigd is voordat alle personen in de ruimte deze ruimte hebben ontvlucht, wordt berekend door het aantal personen dat in de ruimte aanwezig is te delen door de doorstroomcapaciteit van de (nood)uitgangen. In de bouwregelgeving wordt vaak een doorstroomcapaciteit van 90 personen per minuut per meter vrije doorgang gehanteerd.

In de dancing is verondersteld dat de brand na 30 seconden gedetecteerd wordt. Vervolgens zullen de aanwezigen binnen 15 seconden beginnen te vluchten. De dancing heeft een capaciteit van 563 mensen. Via de hoofd- en de nooduitgangen kunnen alle aanwezige mensen binnen de tijdslimiet van 3 minuten veilig vluchten.

In de voorgaande berekening is als uitgangspunt gehanteerd dat alle vluchtroutes gebruikt worden. In de praktijk kan het zo zijn dat een vluchtroute geblokkeerd is, omdat deze op slot zit of omdat de brand ter plaatse van de vluchtroute uitbreekt. Een scenario voor de risicobenadering zou dus het uitbreken van de brand bij de hoofdingang kunnen zijn. Zodra daar brand uitbreekt, zal een vluchtroute geblokkeerd zijn. Doordat er één vluchtroute minder beschikbaar is voor de ontruiming, bedraagt de benodigde vluchtijd meer dan 3 minuten. Ondanks dat de kans hierop misschien erg klein is, resulteert dit scenario wel in 47 slachtoffers.

Aan de hand van het aantal slachtoffers dat valt en de kans dat het scenario optreedt, is het persoonlijk risico te berekenen. De kans op een brand ter plaatse van de hoofdingang van deze dancing wordt $4,47 \cdot 10^{-5}$ per jaar verondersteld. De kans dat een willekeurig persoon van de 563 aanwezigen bij brand tot de slachtoffers behoort, bedraagt $47/563 = 0,083$. Door deze twee kansen met elkaar te vermenigvuldigen wordt het persoonlijk risico dat iemand in de dancing loopt berekend. Uit de berekening volgt dat het persoonlijk risico $3,7 \cdot 10^{-6}$ bedraagt.

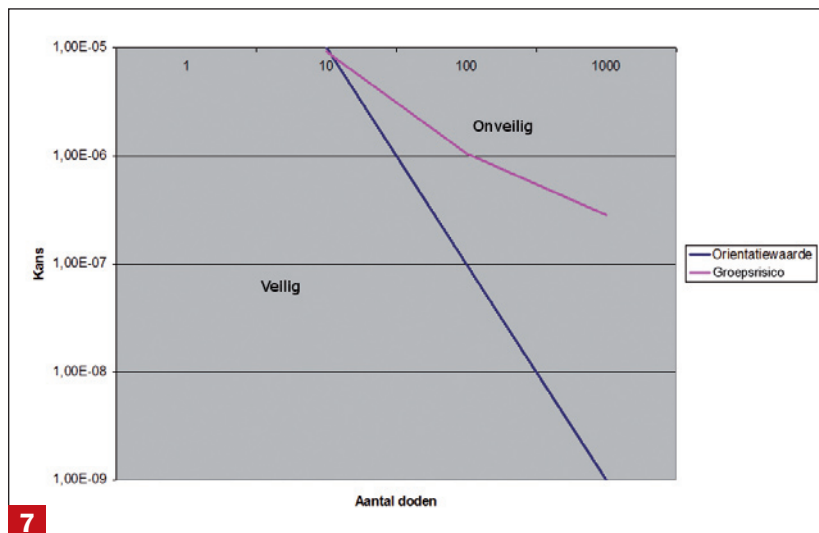
TOETSING AANVAARDBAAR RISICO

Om te beoordelen of een gebouw voldoende veiligheid bij brand biedt, zal het risico dat aanwezigen lopen moeten worden beoordeeld. In Nederland zijn echter geen normen aanwezig waar in staat welk risico bij brand aanvaardbaar is en welk risico niet. Voor externe veiligheid zijn deze regels wel aanwezig. Om het risico van brand toch te kunnen toetsen, zou gebruik kunnen worden gemaakt van de grenzen die het Besluit externe veiligheid voorschrijft.

In het Besluit externe veiligheid worden twee grenswaarden gegeven voor een aanvaardbaar risico. Ten eerste mag het persoonlijk risico dat een individu loopt niet groter zijn dan $1 \cdot 10^{-6}$. In de dancing bedraagt het persoonlijk risico $3,7 \cdot 10^{-6}$. Het persoonlijk risico dat de aanwezigen lopen is volgens deze benadering in dit gebouw dus onaanvaardbaar hoog.

Naast een grenswaarde voor het persoonlijk risico geldt er een oriëntatiewaarde voor het groepsrisico. Het groepsrisico geeft aan, hoe groot de kans is, dat een groep mensen van een bepaalde omvang slachtoffer wordt van een calamiteit. Dit risico geeft aan hoe groot de maatschappelijke ontwrichting is van de calamiteit. De oriëntatiewaarde voor het groepsrisico is samen met de berekende oriëntatiewaarde van de dancing weergegeven (figuur 7). Uit deze grafiek blijkt dat het berekende groepsrisico hoger ligt dan de oriëntatiewaarde, hetgeen onaanvaardbaar zou zijn.

In dit voorbeeld blijkt dat zowel het persoonlijk risico als het groepsrisico te hoog zouden zijn. Er zijn dus maatregelen noodzakelijk om het risico te reduceren. Omdat er in een probabilistische benadering zowel met het effect als met de kans op brand rekening wordt gehouden, zijn er vele mogelijkheden om het risico te reduceren. Zo kan het effect worden beperkt door meer nooduitgangen te bouwen. Maar ook de kans op het scenario kan worden gereduceerd door bijvoorbeeld brandvertragend geïmpreg-



7 Groepsrisico dancing

neerde materialen ter plaatse van de hoofdingang toe te passen.

TOEPASSING IN DE PRAKTIJK

Een risicobenadering leidt dus tot brandveiligheidsvoorzieningen die beter op de realiteit zijn afgestemd. Door deze optimalisatie wordt enerzijds voorkomen dat er in bepaalde situaties onnodig veel in brandveiligheidsvoorzieningen wordt geïnvesteerd. Anderzijds kan dit model in bepaalde gevallen tot meer te treffen veiligheidsvoorzieningen leiden.

Aan het toepassen van een probabilistische benadering zitten ook enkele nadelen. Zo is er veel kennis noodzakelijk van brandfysica om dit model goed toe te kunnen passen, zowel bij de maker als bij de toetsende instantie. Daarnaast is bij een probabilistische benadering automatisch sprake van een gebruiksbepanking. In het model wordt gerekend met bepaalde parameters, zoals de hoeveelheid ramen in een gevel en het soort brandbaar materiaal. Als deze parameters veranderen, zoals het toevoegen of verwijderen van ramen of het plaatsen van andere brandbare materialen, dan zal dit ook van invloed zijn op de brandontwikkeling. Om te waarborgen dat de brand zich ontwikkelt zoals berekend, zullen de gehanteerde uitgangspunten van de berekening gehandhaafd moeten worden.

Om een probabilistische brandveiligheidsbenadering uit te voeren is ook veel statistische informatie noodzakelijk. Niet alleen is statistische informatie noodzakelijk over de kans dat een brand kan ontstaan, maar ook statistische informatie over geblokkeerde vluchtroutes en faalkansen van installaties. Op het moment van schrijven is er nog maar weinig statistisch onderzoek uitgevoerd op dit gebied. Veel kansen zijn daardoor momenteel niet bekend, waardoor een probabilistische brandveiligheidsbenadering op dit moment praktisch onuitvoerbaar is. Voor een toepassing van een probabilistische benadering is statistisch onderzoek dus essentieel. Tenslotte is het voor de toepassing voor bijvoorbeeld het vluchten van belang, dat door de overheid een uitspraak wordt gedaan over wat een acceptabel risico is. Zonder deze uitspraak kunnen weliswaar situaties met elkaar worden vergeleken, maar is een echte risicobenadering niet mogelijk. ■