

# FACTSHEET



## Risicobeoordeling van rook in gebouwen: Fire Safety Engineering & PU-isolatieproducten

### Samenvatting

Veiligheid in geval van brand en de blootstelling van bewoners aan rook zijn een algemeen probleem [1]. Brandbare producten kunnen vlam vatten en gaan branden wanneer ze aan een hittebron met voldoende energie worden blootgesteld. Tegenwoordig bevatten gebouwen veel brandbare producten, hetzij in de bouwelementen gebouwd, hetzij erin geplaatst. Dit feitenblad biedt informatie over rookontwikkeling. Ook vindt u uitleg over de instrumenten die kunnen worden gebruikt om het risico van rook in een gebouw te beoordelen en het belang van het rookpotentieel van bouwproducten op basis van bijvoorbeeld polyurethaan hardschuim (PUR). Alleen de rookclassificatie van bouwproducten is niet kenmerkend voor het rookgevaar in een gebouw. Bouwproducten op basis van PUR zijn beoordeeld volgens de principes van Fire Safety Engineering (FSE) en veilige oplossingen zijn vermeld.

### Polyurethaan isolatie als voorkeursproduct

Vaak gaat de voorkeur uit naar bouwelementen op basis van PUR-isolatieschuim, omdat ze significante voordelen bieden op het gebied van isolatiewaarde, veelzijdigheid, licht gewicht etc. Beter thermische isolatie van gebouwen leidt tot significante energiebesparingen en dus tot lagere CO<sub>2</sub>-emissies door verwarming of koeling, lagere energierekeningen en minder gebruik van energiebronnen [2,3,4].

Betere isolatie is een sterke factor voor duurzamere gebouwen, omdat het de efficiëntste factor is om te voldoen aan de toenemende wensen en normen wat betreft energierendement.



Figuur 1: De externe bekleding van dit openbare gebouw is gemaakt van PUR-sandwichpanelen met stalen oppervlakken en glas.

Figuur 2: PUR-isolatieplaten op stalen golfplaten voor het dak van een industrieel gebouw.

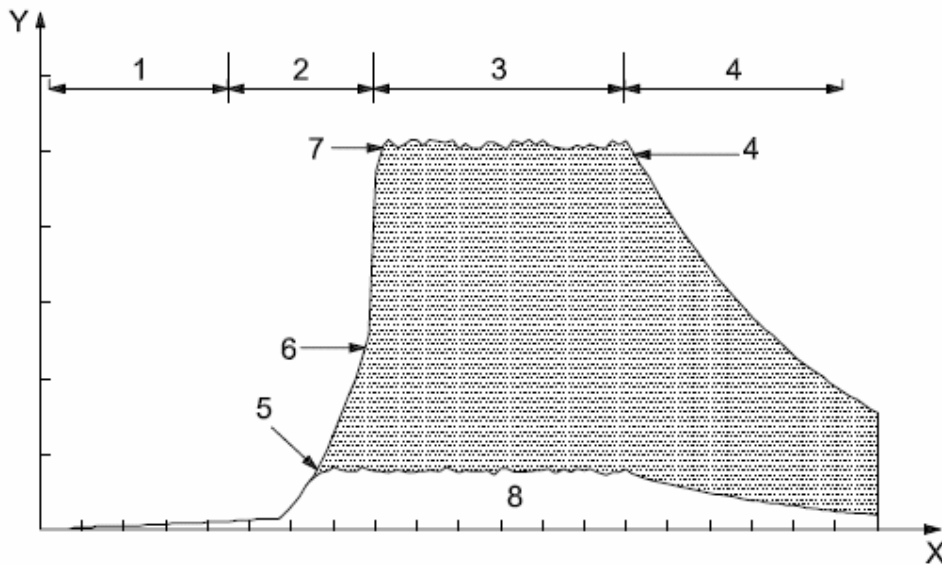
De brandeigenschappen van een product op basis van PUR kunnen worden aangepast aan de meest uiteenlopende bouwtoepassingen, bijvoorbeeld door het schuim zelf te optimaliseren, maar ook door de keuze van de oppervlaktebekleding over de kern. De manier waarop het polyurethaan product is opgenomen in de constructie is ook belangrijk voor het gedrag bij brand. Op basis van deze parameters voldoen bouwproducten op basis van PUR aan de huidige brandvoorschriften voor gebouwen.

## De betekenis van rook bij brand

Uit statistieken is gebleken dat bedwelming door rook en gassen de meest voorkomende doodsoorzaak is bij een brand. Dit wordt bevestigd door statistieken in het Verenigd Koninkrijk en de VS [5,6,7,8].

Het grootste probleem met rook is dat het zicht wordt ontnomen tijdens de ontsnapping en dat het inademen van rook giftig is. Als het zicht vermindert of helemaal wegvalt, dan leidt dit tot vertraging van de ontsnapping, desoriëntatie en langere blootstelling aan de brand. Het inademen van rook kan leiden tot verzwakking en irritaties en kan zelfs resulteren in bewusteloosheid en overlijden. Het beheersen van de rookontwikkeling is dus belangrijk bouwaspect.

Rook is het gevolg van brand en de ontwikkeling ervan is dus altijd afhankelijk van het brandscenario. Een brandscenario beschrijft het verloop van een brand, inclusief de verschillende ontwikkelingsstadia, de ventilatieomstandigheden, het fysieke milieu, etc.



### Sleutel

<u>X: tijd</u>	<u>2. groeiend</u>	<u>6. flashover</u>
<u>Y: warmteafgifte</u>	<u>3. volledig ontwikkeld</u>	<u>7. beheersing door ventilatie</u>
<u>4. afnemend</u>	<u>8. beheersing door sprinkler</u>	
<u>1. beginnend</u>	<u>5. activering sprinkler</u>	

Figuur 3: Voorbeeld van brandscenario's en -stadia (design fire) [16]

De volgende stadia zijn belangrijk en verschillen duidelijk wat betreft rookontwikkeling:

- smeulende branden of branden zonder vlammen
- goed geventileerde branden of ontwikkelde branden met vlammen
- slecht geventileerde branden
- post-flashover branden

Al deze brandstadia brengen een specifiek rookgevaar met zich mee, dat gedetailleerd is beschreven in de literatuur [9]. In figuur 4 ziet u een voorbeeld van een product waarbij een hogere rookproductie wordt waargenomen in de verbrandingsfase zonder vlammen dan in de verbrandingsfase met vlammen. Bij de meeste branden brengen post-flashover branden het grootste rookgevaar met zich mee vanwege de grote hoeveelheden dichte rook die de ruimte snel vult en zich vervolgens door het hele gebouw kan verspreiden. De hoeveelheid geproduceerde rook is rechtstreeks gerelateerd aan de omvang van de brand. Het klein houden van de brand en voorkomen dat deze zich kan verspreiden, is een belangrijke factor in het beheersen van de gevolgen ervan.

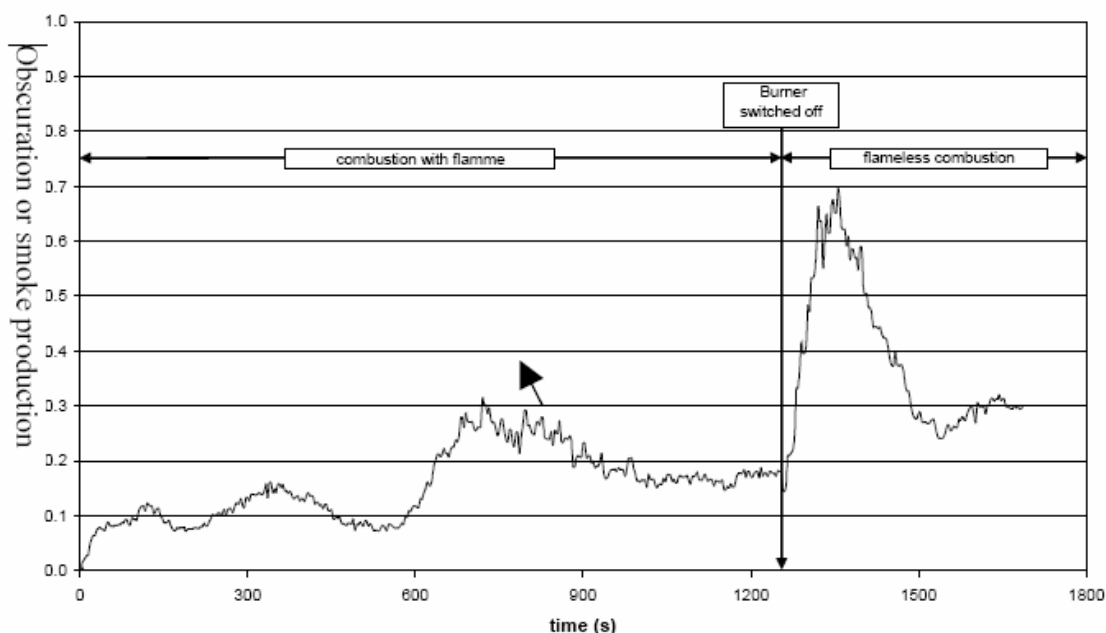
### Verduistering of rookproductie

verbranding met vlammen

Brander uitgeschakeld

verbranding zonder vlammen

**tijd (s)**



Figuur 4: Rookproductie van een cellulose product (multiplex) tijdens een brand met en zonder vlammen. De rookproductie is het grootst nadat de ontstekingsbron is uitgeschakeld, tijdens een smeulende brand zonder vlammen [10].

Het hoofddoel van brandvoorschriften is het redden van levens. In de bouwsector wordt beperking van de rookontwikkeling en blootstelling van bewoners aan rook bereikt door het voorkomen van ontbranding en het beperken van de uitbreiding van de brand en door het aanbrengen van adequate ontsnappingsroutes voor de bewoners in het bouwontwerp (bv. nooduitgangen). Voor sommige gebouwen geldt de extra eis dat het rookgedrag van de bouwproducten moet leiden tot een minimale belemmering van het zicht. Over het algemeen is de rookclassificatie van producten echter geen goede manier om het rookgevaar in een gebouw te kenmerken. Voor een adequate beoordeling is FSE nodig.

Toch zijn testmethoden voor het meten van de verduistering door rook meestal wel geschikt voor producten. Rookeigenschappen zijn meetbaar met behulp van statische of dynamische methoden [11]. Bij statische methoden vindt de verbranding plaats in een gesloten ruimte waarin de rook zich opbouwt en het zuurstofgehalte afneemt (verontreinigende omstandigheden). Voorbeelden van de statische methode zijn de NBS-rooktest (ASTM E 662 of ISO 5659-2), die in enkele landen wordt gebruikt voor bouwproducten, of de XP2 kamer (ASTM D 2843), die vroeger werd gebruikt in Nederland. De cone calorimeter (ISO 5660) is een dynamische testmethode, die wordt gekenmerkt door een verbranding met vrije ventilatie. In Europa wordt de rookklasse van bouwproducten bepaald door de SBI-test [12] en de classificatienorm EN 13501-1 [13]. De SBI-test is ook een dynamische testmethode. Bij beide methodes – testen in statische (verontreinigende) of dynamische (goed geventileerde) omstandigheden – wordt slechts één brandscenario gebruikt.

De afgelopen jaren zijn er tests op grote schaal ontworpen voor het bepalen van de warmteontwikkeling. Deze worden ook gebruikt voor de dynamische rookmeting. Eén voorbeeld is de Room Corner Test volgens ISO 9705, waarbij bouwproducten als wand- en plafondbekleding binnen een kamer worden getest. Er wordt een kap gebruikt om de rookgassen op te vangen. Het uitlaatsysteem beschikt over een gedefinieerde volumestroom en kan worden gebruikt voor het meten van rookverduistering. Uit deze tests blijkt dat de hoeveelheid rook sterk samenhangt met de uitbreiding van de brand. Dergelijke meetresultaten kunnen echter alleen in verband worden gebracht met het rookgevaar in gebouwen als de test op grote schaal en de montage van de specimens representatief is voor de echte toepassing.

## Fire Safety Engineering instrumenten en toepassing op PUR-bouwproducten

Bij veel toepassingen erkennen overheden over de hele wereld de voordelen van een wetgeving die is gebaseerd op prestaties en doelstellingen en waarbij rekening wordt gehouden met de kenmerken van het betreffende scenario. Een andere reden hiervoor is de behoefte aan meer flexibiliteit in de ontwerpmethoden van efficiënte gebouwen en transportvoertuigen, waarbij gebruik wordt gemaakt van innovatieve bouwmaterialen die toch de brandveiligheid garanderen. Dit was de stimulans voor de ontwerpbenadering van de Fire Safety Engineering principes. Bij een dergelijke benadering zijn “design fires” of experimenteel bepaalde reacties op brandgedrag nuttig.

*Een voorbeeld van een overheid die rekening houdt met de scenario's is de nieuwe UK Reform Fire Safety Order 2005, die sinds oktober 2006 van kracht is en die*



*grotere nadruk legt op brandpreventie in niet-woongebouwen. Een van de resultaten is dat de verantwoordelijke persoon een risicobeoordeling moet uitvoeren. EPIC - de Britse vereniging voor producenten van samengestelde panelen met een stalen oppervlak - heeft een brochure opgesteld met een leidraad voor het uitvoeren van een risicobeoordeling van zijn producten [14].*

**Figuur 5: Gebruik van PUR-sandwichpanelen met stalen oppervlak op een buitenmuur en als dakbedekking van een winkel [14].**

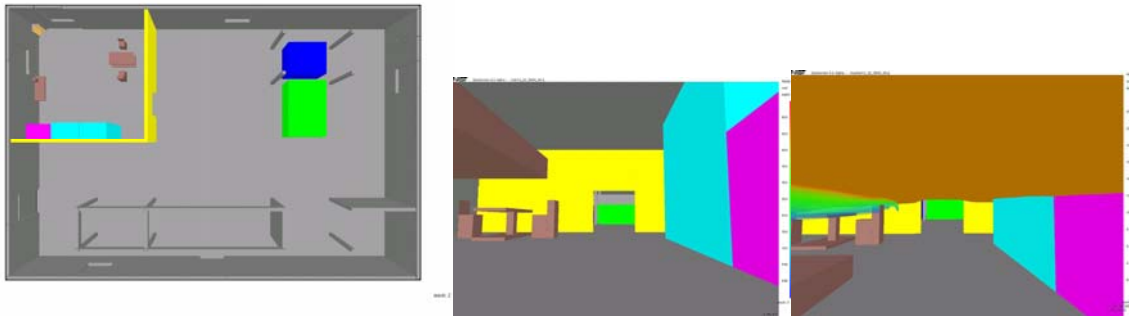
Bij de evaluatie van het rookgedrag en de gevaren in een gebouw moet rekening worden gehouden met het aantal relevante brandscenario's. Dit aantal, samen met het bijbehorende brandgedrag, wordt de “design fire” genoemd. Design fires worden al jarenlang gebruikt voor het ontwerp van rookbeheerssystemen. De evaluatie is de risicobeoordeling. Rook is een onderdeel van de brandrisicobeoordeling. Bij een dergelijke beoordeling wordt gekeken naar het hele gebouw en niet slechts naar het rookgedrag van een bouwproduct tijdens een rooktest. Er worden momenteel gecombineerde, internationale inspanningen verricht, onder coördinatie van de International Organization for Standardization (ISO), voor het ontwikkelen van technische richtlijnen voor de specificatie van design fires en Fire Safety Engineering methoden in het algemeen [15,16].

*Brandrisico wordt gedefinieerd als een combinatie van de waarschijnlijkheid dat een brand of brandscenario zich voordoet en de omvang van de gevolgen. Brandgevaar is de mogelijkheid van letsel en/of beschadiging door brand. Rookgevaar is de mogelijkheid van letsel en/of beschadiging door rook [17]. Een design fire is hoofdzakelijk een kwantitatieve beschrijving van verondersteld brandgedrag, zoals warmteontwikkeling, brandomvang, kracht van verbrandingsproducten en temperaturen, op basis van bijbehorende design fire-scenario's. Een design fire-scenario is een beschrijving van het verloop van een bepaalde brand, eventueel met inbegrip van de impact op de brand van de randomstandigheden, bewoners, brandveiligheidssystemen, de ontstekingsbron en het ontstekingsproces, de groei en*

*verspreiding van de brand vanaf het eerst ontstoken voorwerp, en de afname en het uitdoven van de brand [11].*

Met behulp van deze design fires kan de risicobeoordeling en het hieruit volgende ontwerp van een ruimte met betrekking tot ontsnappingsroutes, ventilatie-, branddetectie- en blussystemen, voornamelijk plaatsvinden door middel van geavanceerde computerprocedures. Deze instrumenten zijn in de afgelopen tientallen jaren ontwikkeld en worden nog steeds verbeterd. Enkele onlangs ontwikkelde computercodes kunnen zelfs de dynamiek van een brand zelf voorspellen en dus het zicht, mits de fundamentele rookkenmerken (vooral de roetproductie) beschikbaar zijn als noodzakelijke invoerparameter. Helaas is de roetproductie geen waarde die wordt gemeten in de gestandaardiseerde rooktests. Er zijn dus dure, aanvullende tests nodig als de gegevens niet beschikbaar zijn in bv. gepubliceerde literatuur. Gegevens die alleen zijn afgeleid van een rookclassificatie kunnen niet worden gebruikt voor een adequate risicobeoordeling.

ISOPA, BING en EPPF hebben de invloed op het rookpotentieel bestudeerd van de ventilatieomstandigheden en de plaats van de specimens die omstandigheden bij eindgebruik weerspiegelen [10]. Er werden diverse PUR-isolatieplaten en sandwichpanelen met een PUR kern onderzocht tijdens verschillende tests op intermediaire schaal en er werd een vergelijking gemaakt met resultaten van de SBI-test. De rookwaarden werden gebruikt als invoerparameters voor berekening van de brandsimulatie volgens CFD (Computational Fluid Dynamics, numerieke stromingsleer). De conclusie was dat er bij een realistische risicobeoordeling van de rookontwikkeling in een gebouw in geval van brand rekening moet worden gehouden met de FSE-instrumenten voor het gebouw zelf. De rookclassificatie van de bouwproducten biedt geen complete informatie.



Figuur 6: a. bovenaanzicht van een industrieel gebouw met kantoor en indicatie van brandbronnen; b. situatie voor ontbranding, zicht op het kantoor tegenover de deuropening; c. rooklaag na 600 s, grenslaag met concentratie roetmassa van 24 mg/m<sup>3</sup>, dovingscoëfficiënt: 0.27 m<sup>-1</sup>, zicht: 30 m [10]

De SNPPA, de Franse vereniging voor producenten van sandwichpanelen en profielen, heeft de gegevens bestudeerd van de brandtest van gebouwen waarin sandwichpanelen met een kern van PUR en PIR1 en een stalen oppervlak zijn gebruikt. Volgens de Franse voorschriften voor openbare gebouwen moet de thermische isolatie voldoen aan Euroklasse A2-s2,d0 of beschermd zijn aan de binnenzijde door middel van een thermische barrière. Sandwichpanelen met een kern van PUR en PIR en een stalen oppervlak voldoen niet aan deze eis. De FSE-studie heeft echter aangetoond dat het brandrisico van sandwichpanelen met een kern van PUR en PIR en een stalen oppervlak aanvaardbaar is en de resultaten van de studie zijn geaccepteerd door de Franse overheid [18]. Rookontwikkeling op basis van SBI TSP600 2 maakte deel uit van de FSE-beoordeling.

## Conclusies

1. De rookontwikkeling is het gevolg van een brand en hangt dus af van het brandscenario.
2. De hoeveelheid rook hangt af van de intensiteit van de brand, maar ook van de ventilatie en het ontwerp en de eigenschappen van een gebouw. De rookclassificatie van een product is niet kenmerkend voor het rookgevaar in een gebouw.
3. Met de juiste bouwmethododes kan een brandveilige ruimte worden ontworpen, terwijl het tegelijkertijd mogelijk is om innovatieve en kosteneffectieve constructies te introduceren.

- 1 PIR is poly-isocyanuraatschuim, ontwikkeld op basis van polyurethaanschuim en dergelijke schuimstoffen zijn speciaal ontwikkeld om te voldoen aan specifieke brandvoorschriften.
- 2 SBI TSP600 is één van de criteria voor rookclassificatie van bouwproducten in de EU. Het andere rookcriterium is SMOGRA, of rookontwikkelingssnelheid, maar deze is niet in overweging genomen in de FSE-beoordelingen.

## Referenties

- [1] The great fire of London, 1666, London Fire and Civil Defence Authority in association with AngliaCampus,  
<http://www.angliacampus.com/education/fire/london/history/greatfir.htm>
- [2] Insulation for sustainability. A study by XCO2 for BING, (2002) ([www.bing.org](http://www.bing.org))
- [3] Thermal insulation materials made of rigid polyurethane foam (PUR/PIR) BING report no.1, (2006)
- [4] Energy Saving in Buildings through Thermal Insulation with Polyurethane, ISOPA fact sheet, (February 2004),  
[http://www.isopa.org/htdocs/isopa\\_site/fact.htm](http://www.isopa.org/htdocs/isopa_site/fact.htm)
- [5] R.G. Gann, V. Babrauskas, D. Peacock and J.R.Hall, „Fire conditions for smoke toxicity measurements”, *fire and Materials*, 18, 193-199 (1994)
- [6] J. Hall, “Fire Statistics, Patterns of Fire Experience related to Toxicity”, Conference Proceedings, Smoke Toxicity - International Conference, March 1996, Munich
- [7] M.M. Hirschler, “Fire safety, smoke toxicity and acidity”, *Flame Retardants* 2006, 47-58 (2006)
- [8] B. Forell, “A methodology to assess species yields of compartment fires by means of an extended global equivalence ratio concept”, Doctor-Engineerl Thesis, MPA Braunschweig (2007)
- [9] E. Guillaume, “Effects of fire on people”, Document LNE: G020284 / C672X01 / CEMATE/1, Bibliography Summary (2006)
- [10] C. Paschen, F.W. Wittbecker, “Risk assessment of smoke from building products in terms of escape and rescue”, F 020401 Institut für Brandtechnologie GmbH – Bergische Universität Wuppertal, (2005)
- [11] W.Wittbecker, D. Daems, U Werther, “Performance of polyurethane (PUR) building products in fires”, ISOPA brochure, 17-19 (1999),  
[http://www.isopa.org/htdocs/isopa\\_site/broch.htm](http://www.isopa.org/htdocs/isopa_site/broch.htm)
- [12] EN 13823:2002, “Reaction to fire tests for building products – Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item”
- [13] EN 13501-1:2002, “Fire classification of construction products and building elements Part 1: Classification using test data from reaction to fire tests”
- [14] EPIC, Insulated Panels, The fire Safety Order 2005. Guide to fire risk assessment of insulated panels under the Regulatory Reform Order (RRFSO) 2005 [www.epic.uk.com](http://www.epic.uk.com)

- [15] ISO/TS 16732:2005, "Fire Safety Engineering. Guidance on fire risk assessment"
- [16] ISO/TS 16733:2006, "Fire Safety Engineering. Selection of design fire scenarios and design fires"
- [17] ISO 13943:2000 "Fire Safety. Vocabulary"
- [18] E. Guillaume, C. Blanc, A. Sainrat, D. Joyeux, A. Rabilloud, P. Raynaud, « Application of Fire Safety Engineering to define the domain of application of self-supporting double skin steel faced insulating sandwich panels in public buildings», Fire and Materials 2007 Conference, San Francisco (2007)



**European Diisocyanate and Polyol Producers Association**

Avenue E. van Nieuwenhuyse Laan 4,

1160 Brussel

België

**Tel:** ++32 2 676 7475

**Fax:** ++32 2 676 7479

**E-mail:** [main@isopa.org](mailto:main@isopa.org)

**Website:** [www.isopa.org](http://www.isopa.org)

ISOPA is een gelieerde organisatie binnen de Europese Raad voor de Chemische Industrie (Cefic)

Voor zover onze kennis reikt is de informatie in deze publicatie juist en accuraat, maar we kunnen geen garantie bieden voor eventuele aanbevelingen of suggesties, omdat wij geen controle hebben over de gebruiksomstandigheden en de samenstelling van de bronmaterialen. Verder mag niets in deze uitgave worden opgevat als een aanbeveling voor het gebruik van producten die in strijd zijn met bestaande patenten voor enig materiaal of het gebruik ervan.



**Januari 2008**