

LANGE KLEIWEG 5  
RIJSWIJK Z.H.

POSTBUS 49 - DELFT  
TEL 015-138222  
TELEX 33567

RAPPORT

NO. B-80-350  
Opdrachtnummer: 00.65.6.2609.

BETR.: De giftigheid van de bij verbranding van polystyreenschuim vrijkomende gassen

Datum : juni 1980.  
Door : Ir. H. Zorgman.

AAN STYBENEX,

Rotterdam.

**STYBENEX**



STYBENEX  
VERENIGING VAN FABRIKANTEN  
VAN EPS-BOUWPRODUCTEN  
Postbus 2108 • 5300 CC Zaltbommel

**TNO**

Werkzaamheden ten behoeve van opdrachtgevers worden slechts uitgevoerd op voorwaarde, dat de opdrachtgever afstand doet van ieder recht op aansprakelijkstelling en zich verplicht tot vrijwaring voor iedere aansprakelijkheid jegens derden, een en ander behalve indien en voor zover grove schuld en/of opzet wordt aangetoond.  
Deze rapporten mogen slechts woordelijk en in zijn geheel worden gepubliceerd; voor reclame alleen na schriftelijke toestemming.

Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies

# centrum voor brandveiligheid

RAPPORT No. B-80-350

BLAD No. 1

Opdrachtnr.: 00.65.6.2609.

## Samenvatting.

In 1979 is door de auteur in opdracht van STYBENEX (Vereniging van Fabrikanten van Polystyreenschuim in de Benelux) een literatuurstudie verricht betreffende de giftigheid van de door brandend polystyreen geproduceerde rookgassen.

Dit is een compilatie van het aan de vereniging uitgebrachte rapport (1).

# centrum voor brandveiligheid

RAPPORT No. B-80-350

BLAD No. 2

Opdrachtnr.: 00.65.6.2609.

## Inleiding.

Slachtoffers vallen bij brand, doordat het de betrokkenen onmogelijk wordt om op een veilige manier te vluchten uit een bedreigde omgeving. Het vuur kan zo snel om zich heen grijpen, dat de aftocht wordt geblokkeerd. De vluchtweg kan ook zo vol komen te staan met ondoorzichtige rook, dat men zijn weg naar een veilige plaats niet kan vinden. Wie niet tijdig de plaats van de brand kan ontvluchten loopt gevaar om te komen door de inwerking van vlammen of hittestraling, of ten gevolge van het inademen van rookgassen. Ook komen mensen om door instorten van de bouwconstructie waarin ze zijn opgesloten, of doordat ze kiezen voor een onveilige vluchtweg -b.v. door springen uit ramen.

Inademen van rookgassen kan fataal zijn om verschillende redenen. De gassen zijn giftig, maar kunnen daarnaast een hoge temperatuur, een laag zuurstofgehalte hebben, terwijl (hete) roetdeeltjes de ademhalingsorganen kunnen verstoppen en aantasten.

De giftigheid van ingeademde rookgassen is dus slechts één van de doodsoorzaken bij brand. En indien deze faktor als de direkte oorzaak kan worden aangewezen, dan is vaak die andere, indirekte oorzaak: het niet tijdig de veilige vluchtweg kunnen passeren, de meer wezenlijke oorzaak van het ongeval.

Hoeveel mensen komen in ons land om ten gevolge van het inademen van rook? Exacte gegevens zijn niet bekend.

De statistiek der branden, jaarlijkse uitgave CBS, geeft geen informatie hierover. In totaal komen in ons land per jaar ca. 100 mensen om bij brand, waarvan wellicht de helft ten gevolge van het inademen van rook.

Velen zullen in deze dagen geneigd zijn dit mede toe te schrijven aan een (vermeende?) sterke toeneming van de giftigheid van de bij brand geproduceerde gas- en dampen, die weer een gevolg zou zijn van de toeneming van het gebruik van kunststoffen.

Bestudering van de relevante literatuur leidt echter niet tot deze conclusie. Zoals in het volgende is getracht aan te tonen is het vrijwel onmogelijk om in zijn algemeenheid te stellen, dat de door synthetische materialen bij brand

# centrum voor brandveiligheid

RAPPORT No. B-80-350

BLAD No. 3

Opdrachtnr.: 00.65.6.2609.

geproduceerde rook giftiger is dan die welke door conventionele materialen wordt geproduceerd.

Een verantwoorde klassificering van materialen naar deze eigenschappen blijkt vrijwel onmogelijk. Sommige stoffen blijken in dit opzicht wel gunstig ten opzichte van andere materialen af te steken. Eén daarvan is polystyreen.

## Bij brand relevante materiaal-eigenschappen.

Van materialen, die vooral bij het begin van brand voor de inwerking van hitte toegankelijk zijn, wordt althans voor plafonds en vloeren geëist, dat zij in ieder geval aan de in NEN 3892 en 3893 gedefinieerde basis-eis dienen te voldoen.

Ze mogen niet zo snel in brand geraken, dat de brand zich in recordtijd kan ontwikkelen of in korte tijd een zo grote hoeveelheid ondoorzichtige rook produceren, dat mensen hun weg naar een veilige plaats niet kunnen vinden. Aan materialen die in de vluchtwegen zelf worden toegepast worden ten aanzien van het brandgedrag strengere eisen gesteld.

De aan bouwmaterialen in dit opzicht te stellen eisen zijn gebaseerd op de bepalingmethoden van de bijdrage tot de ontwikkeling van brand. De brandvoortplanting en de mate van rookontwikkeling bij brand worden bepaald volgens NEN 3883. Aan inventarisgoederen worden in dit opzicht nog nauwelijks eisen gesteld. Toch kunnen die ten aanzien van de ontwikkeling van optisch dichte rook en de giftigheid van de rook een belangrijke rol spelen.

De concentratie van giftige gassen in de bij brand geproduceerde rook zal uiteraard toenemen wanneer grote hoeveelheden van een materiaal in korte tijd tot ontbranding kunnen komen.

## Aard van de verbrandingsprodukten.

Brand wordt wel gedefinieerd als een verbrandingsreactie -de oxidatie van brandbare stoffen met een oxydans: meestal zuurstof uit de lucht- waarbij schade optreedt.

De brandbare materialen waar we in het dagelijks leven mee te doen hebben zijn meestal gebaseerd op lange ketens van het element koolstof met daaraan gebonden atomen van de elementen waterstof, zuurstof, stikstof, maar ook andere elementen.

# centrum voor brandveiligheid

RAPPORT No. B-80-350

BLAD No. 4

Opdrachtnr.: 00.65.6.2609.

Zowel de natuurprodukten hout, rubber, katoen, zijde, wol etc., als de synthetische stoffen polyethyleen, P.V.C., polycarbonaat, polystyreen, polyurethaan etc. zijn zo opgebouwd.

Bij volledige verbranding ontstaan vooral koolzuur ( $\text{CO}_2$ ) uit koolstof en zuurstof, en water ( $\text{H}_2\text{O}$ ) uit waterstof en zuurstof.

Bij brand is er meestal geen sprake van volledige verbranding in verband met een onvoldoende zuurstoftoevoer. Tussenprodukten van de verbranding ontstaan waarvan het bekendste het zeer giftige koolmonoxide ( $\text{CO}$ ) is.

Koolmonoxide ontstaat bij praktisch iedere brand, dus ook bij de verbranding van conventionele materialen. Een concentratie van 0,1 vol.% in de ingeademde lucht gedurende 15 minuten kan fatale gevolgen hebben, 5 vol.% gedurende 5 minuten is dodelijk.

Andere tussenprodukten van de onvolledige oxydatiereactie kunnen b.v. geoxydeerde brokstukken van de oorspronkelijke makromolekulen zoals aldehyden, ketonen, organische zuren zijn, naast allerlei produkten met een zeer hoog koolstofgehalte (roet). Ook deze ontstaan zowel bij de verbranding van bijvoorbeeld hout, als van kunststoffen.

Makromolekulen die andere elementen bevatten, leveren speciale verbrandingsprodukten op. Bekend is  $\text{HCl}$  (chloorwaterstof, nooit het element chloor zelf) uit PVC (polyvinyl-chloride),  $\text{HCN}$  (blauwzuur) uit stikstofhoudende stoffen als polyurethaanschuim, maar evenzeer uit wol en andere natuurprodukten van dierlijke oorsprong. De kunststof polystyreen is in principe opgebouwd uit alleen koolstof- en waterstof-atomen. Aan zulke stoffen worden wel vaak brandvertragende middelen toegevoegd: chloor-, broom-, antimoon-, fosfor- etc. houdende stoffen waaruit bij verbranding giftige gas- of dampvormige produkten kunnen ontstaan.

## Bepaling van de giftigheid van rookgassen.

Veel onderzoek is in de afgelopen jaren gedaan om de giftigheid van de verbrandingsprodukten vast te stellen en vooral om de relatieve giftigheid van de rookgassen van diverse produkten ten opzichte van elkaar te bepalen. Men ver-

# centrum voor brandveiligheid

RAPPORT No. B-80-350

BLAD No. 5

Opdrachtnr.: 00.65.6.2609.

brandt de te onderzoeken stoffen en analyseert vervolgens de gevormde rookgassen op hun giftige componenten en/of bepaalt de giftigheid direkt door proefdieren (muizen en ratten) aan de, meestal verdunde en afgekoelde rook bloot te stellen.

## Resultaten van onderzoek in België en de Verenigde Staten.

Aan de Rijksuniversiteit van Gent is door Claire Herpol uitgebreid onderzoek met behulp van proefdieren uitgevoerd (2). De verbrande massa bedroeg steeds 10 g, behalve in het geval van polyisocyanuraat schuim, waarvan 3,5 g werd gebruikt. Dit was ook redelijk in verband met de geringe volumieke massa van dat materiaal. Monsters werden verhit bij temperaturen van resp. 400, 600 en 800°C. Proefdieren werden blootgesteld aan de verdunde rookgassen. Claire Herpol concludeert, dat de klassificering van materialen naar giftigheid van de bij brand geproduceerde rook op grond van de resultaten van haar onderzoek eigenlijk onmogelijk is en dat de giftigheid van de rook van hout en op hout gebaseerde plaatmaterialen niet hoeft onder te doen voor die van de in dit opzicht gevaarlijk geachte kunststoffen PVC en PIR schuim.

In de Verenigde Staten zijn de resultaten van uitgebreid toxiciteitsonderzoek gerapporteerd door Carlo Hilado (3). Resultaten van dit onderzoek zijn samengevat in de hierbij opgenomen tabel. Bij een deel van de proeven werd zodanig verhit dat de temperatuur in het decompositietoestel opliep van 200°C aanvangstemperatuur tot een eindtemperatuur van 800°C. Bij andere proeven werd de temperatuur constant op 800°C gehouden. Dit laatste leidde tot ongunstiger resultaten dan de langzame verhitting vanaf 200°C tot aan 800°C. De onderzochte kunststoffen bleken in het algemeen geen giftiger rookgassen te produceren dan hout en de natuurlijke vezelstoffen.

In vele gevallen, zoals bij polystyreen, bleek de giftigheid van de rook van de onderzochte kunststoffen zelfs aanmerkelijk geringer te zijn!

# centrum voor brandveiligheid

RAPPORT No. B-80-350

BLAD No. 6

Opdrachtnummer: 00.65.5.2609

Tabel:

Uittreksel van de resultaten van toxiciteitsproeven volgens Hilado uitgevoerd op diverse houtsoorten, kunststoffen en vezelstoffen volgens twee verhittingsprocessen van het proefmonster.

Proefdieren: muizen.

Genoteerd zijn de gemiddelde tijden in minuten van optreden eerste vergiftigingsverschijnselen en intreden van de dood met standaarddeviatie.

Materiaal	200 <sup>0</sup> - 800 <sup>0</sup> C stijgend 40 <sup>0</sup> /min.		Constant 800 <sup>0</sup> C	
	eerste vergift. verschijnselen	intreden van de dood	eerste vergift. verschijnselen	intreden van de dood
gemiddelde van 9 houtsoorten	10 ± 1	15 ± 0,5	3 ± 0,5	6 ± 0,5
proeven met 3 soorten				
1	15 ± 1	20 ± 3	12 ± 1	20 ± 1
2	19 ± 0,5	26 ± 0	6 ± 4	22 ± 7
3 POLYSTYREEN	17 ± 3	23 ± 4	-----	-----
<b>VEZELSTOFFEN</b>				
Wol 100%	5 ± 0,5	8 ± 1		
Zijde 100%	7 ± 1	9 ± 0,5		
Katoen	8 ± 1	13 ± 2		
Brandvertr. beh. katoen	9 ± 1	14 ± 4		

De giftigheid van de rookgassen van polystyreenschuim.

Polystyreen is een uit aromatische koolwaterstofketens opgebouwd makromolekule. Hard polystyreenschuim wordt in grote hoeveelheden als isolatiemiddel toegepast. Het niet brandvertragend gemodificeerde schuim kan in belangrijke mate bijdragen tot brandvoortplanting. Dit kan worden verbeterd door menging van het produkt met brandvertragende middelen. Hierdoor wordt indeling in klasse 2 van de brandvoortplanting volgens NEN 3883 haalbaar.

De ontwikkeling van de optisch dichte rook bij verbranding (alleen vlammend) is meestal sterk tot zeer sterk.

# centrum voor brandveiligheid

RAPPORT No. B-80-350

BLAD No. 7

Opdrachtnr.: 00.65.6.2609.

Door b.v. het isolatiemateriaal goed te cacheren met een plaatmateriaal met gunstige brandeigenschappen, kan men voorkomen dat er in het beginstadium van de brand een sterke bijdrage tot de uitbreiding van brand en de daarbij optredende rookontwikkeling wordt geleverd.

Uitgebreid onderzoek naar de giftigheid van de rookgassen van brandend polystyrenschaum is uitgevoerd volgens de DIN 53436-methode (4) door Prof. Oettel en Dr. Hofmann van BASF in Duitsland (5). De resultaten van dit werk zijn door de officiële instanties in Duitsland en Oostenrijk erkend.

Proeven op ratten werden uitgevoerd waarbij proefmonsters bij respectievelijk 300, 400, 500 en 600°C werden verhit. De met lucht verdunde rookgassen werden door de proefdieren ingeademd.

Naast diverse soorten polystyrenschaum, werden enkele natuurlijke produkten onderzocht, zoals geëxpandeerde kurk, spaanplaat, triplex, vurehout, rubber, vilt en leer.

De rookgassen afkomstig van polystyrenschaum bleken over de gehele linie even giftig als of minder giftig dan die van de natuurprodukten. Zeer gunstig staken de onderzoekresultaten van polystyrenschaum af wanneer van gelijke volumina van de proefmonsters werd uitgegaan, wat niet minder dan fair is ten opzichte van het zeer lichte (20 à 30 kg/m<sup>3</sup>) isolatiemateriaal waarom het hier gaat.

Er werd geen duidelijk negatieve invloed gevonden van de brandvertragende toevoegingen van de onderzochte polystyrenschaumsoorten.

## Conclusie.

Uit het in het voorafgaande samengevatte literatuuronderzoek blijkt, dat op dit moment alleen adequate conclusies betreffende de giftigheid van de bij brand door diverse stoffen geproduceerde rook kunnen worden getrokken aan de hand van dierproeven.

Diverse onderzoekers betwijfelen of het ooit mogelijk zal zijn brandbare materialen op adequate wijze te klassificeren naar de giftigheid van de bij brand geproduceerde gassen en dampen. Een brand doorloopt vele stadia wat temperaturen en zuurstof-concentraties betreft.

# centrum voor brandveiligheid

RAPPORT No. B-80-350

BLAD No. 8

Opdrachtnr.: 00.65.6.2609.

---

Een materiaal dat in de ene toestand als relatief ongevaarlijk kan worden beschouwd, zal onder andere omstandigheden gassen en dampen met hoge giftigheid produceren.

Er blijkt in het algemeen weinig of geen reden om de thans in de handel zijnde kunststoffen uit toxicologisch standpunt als gevaarlijker bij brand te beschouwen dan vele algemeen geaccepteerde natuurlijke materialen.

Polystyreenschuim, zowel in niet gemodificeerde als in brandvertragend gemodificeerde toestand, blijkt wat de ontwikkeling van giftige gassen en dampen betreft, gunstig af te steken tegen zowel de natuurlijke materialen (hout, wol, kurk etc.) als tegen de meeste kunststoffen.

## centrum voor brandveiligheid

### Literatuur.

- (1) H. Zorgman : Literatuurstudie betreffende "De giftigheid van de bij verbranding van polystyreenschuim vrijkomende gassen". TNO rapport nummer B-79-504A (okt. 1979).  
Uitgebracht aan STYBENEX.
- (2) Claire Herpol : Biological evaluation of the toxic products of pyrolysis and combustion of materials; Fire and Materials 1 (1976) pag. 76.
- (3) Carlos Hilado, J.Heather, C & CJ. Casey : Toxicity of pyrolysis gases from natural and synthetic materials; Fire Technology (mei 1978) pag. 136.
- (4) DIN 53436 : Erzeugung thermischer Zersetzungsprodukte von Werkstoffen unter Luftzufuhr und Ihre toxicologische Prüfung.  
Ontwerp jan. 1979.
- (5) H. Oettel & H.Th.Hofmann : Gesundheitsgefahren durch Verschwelungsprodukte von organischem Material unter besonderer Berücksichtigung der Kunststoffe; VFDB Zeitschrift 17 (1968) pag. 79.