CONSEQUENTIES VAN DE TOEPASSING VAN DUBBEL EN TRIPLE GLAS OP HET BRANDGEDRAG IN EEN WONING

Gezamenlijke inspanningen vanuit het Saxion lectoraat Brandveiligheid en vanuit de Technische Universiteit Eindhoven hebben nieuwe inzichten opgeleverd omtrent de risico's op verschillen in brandscenario's voor energiezuinige woningen in vergelijking met conventionele woningen. De nieuwe inzichten zijn gerelateerd aan de consequenties van de toepassing van triple glas (veelvoudig toegepast in het passiefhuis concept) en standaard dubbel glas (toegepast in conventionele woningen) op de brandontwikkeling in een woning. De bevindingen zijn gebaseerd op experimenteel onderzoek waarbij een brandoven is gebruikt voor het testen van twee proefopstellingen. Dit artikel presenteert de gehanteerde methodiek en de eerste resultaten.

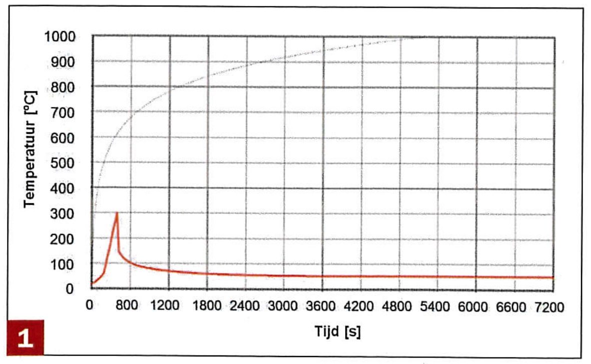
ing. R.A. (Ronald) Huizinga, TU Eindhoven, Faculteit Building Physics and Services

ir. R.A.P. (Ruud) van Herpen, Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V., Zwolle en TU Eindhoven, Faculteit Building Physics and Services

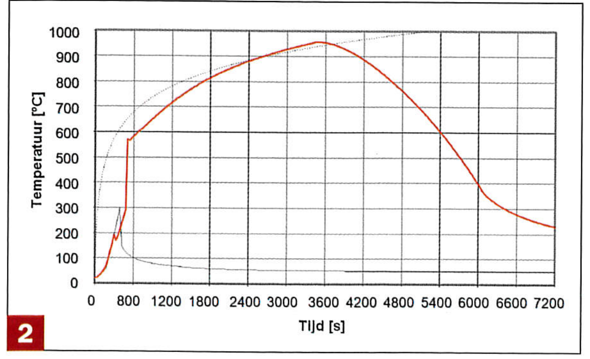
INLEIDING

Circa de helft van alle dodelijke slachtoffers bij brand vindt hun oorsprong in woningen. Daarbij is het risico op letsel hoger door de slaapfunctie die kenmerkend is voor woningen. Het risico op slachtoffers is afhankelijk van verschillende factoren zoals de eigenschappen van de bewoners, de vuurlast en de bouwkundige schil. De laatste twee factoren zijn bepalend voor de binnencondities tijdens een brand. De factoren kunnen vervolgens worden gebruikt als indicator voor de vluchttijd. De hedendaagse bouwschil verandert als gevolg van de toenemende vraag naar energiezuinigheid van een traditionele opbouw naar een hoogwaardig geïsoleerd en luchtdicht concept. Recentelijk onderzoek heeft uitgewezen dat een brand in een passief huis zich anders kan ontwikkelen dan bij een conventioneel huis als gevolg van verschil in deze opbouw [1]. Deze onderzoeken suggereren een gesmoord brandscenario (zie figuur 1) voor een passief huis tegenover een brandstof gecontroleerd brandscenario (zie figuur 2) in een conventionele woning. Een brandstof gecontroleerde situatie in een woning kan zich snel ontwikkelen tot een volledige compartimentbrand met flashover condities. Een gesmoord brandscenario lijkt hierdoor wellicht in eerste instantie een voordeel te zijn ten opzichte van een normale brand, aangezien de temperaturen lager blijven. Echter resulteert een gesmoord brandscenario tot een hogere toxiciteit door de rookontwikkeling en de productie van koolmonoxide gas door de onvolledige verbranding. Tevens ontstaan er door de onvolledige verbranding de juiste condities voor een gasexplosie (backdraft). Zowel de hogere toxiciteit als de kans op een backdraft kunnen extreem gevaarlijk zijn voor bewoners en hulpverleners. Het is dan ook belangrijk om te achterhalen wat de kansen zijn op een bepaald brandscenario voor hedendaagse woningen.

Uit een gevoeligheidsanalyse blijkt dat glasuitval en dus de toevoer van zuurstof tot de brand een cruciale rol speelt bij de bouwkundige factor van de schil [2]. Hierbij hebben de bouwkundige ventilatievoorzieningen en luchtdichtheid een ondergeschikte rol op het brandgedrag. Een lichte constructie (houtskeletbouw panelen) die getypeerd wordt door isolatie aan de binnenzijde, zal in het algemeen leiden tot hogere temperaturen ten opzichte van een thermisch zware constructie. Voorgaande onderzoeken hebben aannames gesteld voor glasuitval tijdens een brand die veronderstellen dat triple glas intact blijft tijdens een brand, terwijl beglazing zoals toegepast in een conventionele woning er relatief snel uitvalt. Deze veronderstellingen zijn echter niet gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek.



1 Temperatuurverloop passiefhuis



2 Temperatuurverloop conventionele woning

Tabel 1: Specificaties van de toegepaste beglazingstypen in de brandproef

naam	type	samenstelling [mm]	U-waarde [W/(m²·K)]
dubbel glas	Thermobel standaard	4 - 12 Ar 90% - 4	2.7
HR++	Thermobel Top N+	4 - 12 Ar 90% - 4	1.3
triple glas	Thermobel TG Tri Top N+	4 - 12 Ar 90% - 4 - 12 Ar 90% - 4	0.7

Het breken van glas tijdens brand kan worden veroorzaakt door verschillende mechanismen: intensieve warmte flux (thermische shock), thermische gradiënt over de dikte van het glas en non-uniforme verwarming (temperatuurverschil tussen het centrale glas en het glas in de sponning) [3]. Het breekcriterium voor enkel glas wordt veelal toegewezen aan een specifieke piekwaarde voor het temperatuurverschil (variërend van 60 tot 90°C afhankelijk van de literatuur) [4]. Glasuitval wordt beïnvloed door legio aan factoren zoals de eigenschappen van het glas, microscheuren, randcondities, inklemming, eigenschappen van de spouw et cetera. Daarnaast zijn eigenschappen als transmissie, reflectie en absorptie afhankelijk van de temperatuur en specifieke golflengte in het infrarood spectrum van straling [5]. Simulaties kunnen hierdoor maar beperkte nauwkeurigheid geven. Om toch meer opheldering te geven over het gedrag van triple en dubbel glas tijdens brand zijn er in het kader van een afstudeerproject aan de Technische Universiteit Eindhoven twee brandproeven uitgevoerd met behulp van een brandoven. Deze brandproeven zijn mede mogelijk gemaakt door Peutz, AGC glass, De Mors timmerfabriek en Nieman Raadgevende Ingenieurs.

METHODE

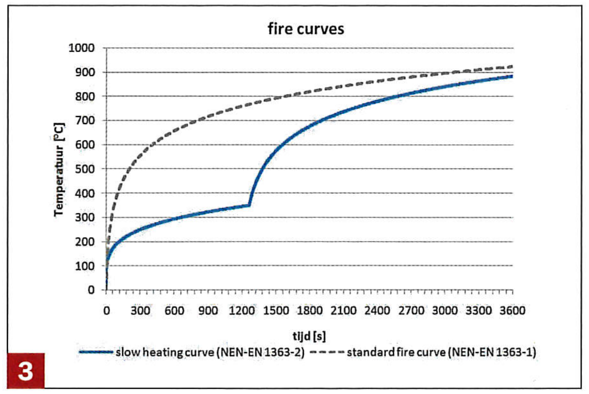
Voor het voorspellen van het brandscenario tijdens een woningbrand is het belangrijk om het gedrag van beglazing te weten voor de condities tijdens de pre-flashover fase. Om deze reden wordt er bij de experimenten afgeweken van de standaard brandkromme en wordt er gebruik gemaakt van de slow heating curve (zie figuur 3). De slow heating curve vertoont een beter raakvlak met de condities die te verwachten zijn tijdens de beginfase van een woningbrand, zowel voor de temperaturen als het brandverloop. Bijkomend voordeel is dat deze aanpak een reproduceerbare methode oplevert. De slow heating curve bestaat uit twee delen: het eerste deel tot 21 minuten wordt gedefinieerd door formule 1 en het tweede deel (na 21 minuten) door formule 2.

$$0 < t \leq 21 \text{ (min)}: \quad T = 154t^{025} + 20 \qquad (1)$$

$$t > 21 \text{ (min)}: \quad T = 345 \log_{10}(8(t - 20) + 1) + 20 \qquad (2)$$

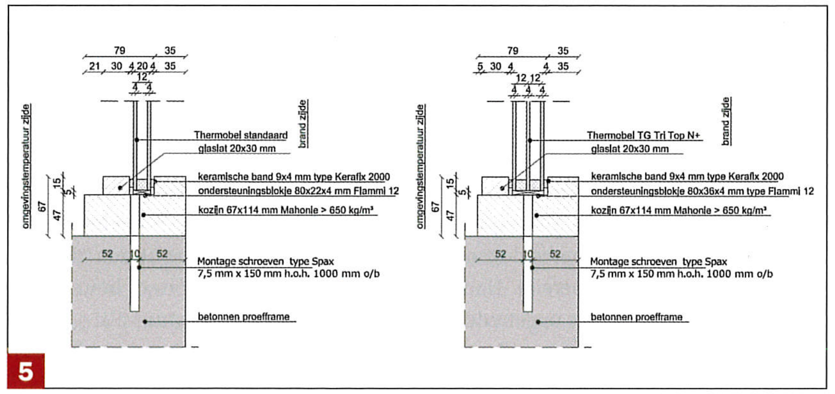
Voor het testen van de beglazing wordt gebruik gemaakt van de volgens NEN 6069 gecertificeerde brandoven van Peutz. Het eerste proefstuk is uitgevoerd met dubbel glas en is weergegeven in figuur 4. Het tweede proefstuk bestaat uit triple glas. Beide proefstukken, zowel dubbel als triple glas, bestaan uit vier kleine ramen (924 mm bij 924 mm) en 4 grote ramen (924 mm bij 1897 mm). Deze indeling maakt het mogelijk om de prestatie van zowel relatief grote als kleine ramen te beoordelen. Voor het proefstuk met dubbel glas zijn er 6 ramen voorzien van Thermobel standaard beglazing (3 kleine en 3 grote ramen) en twee ramen met HR++glas (Thermobel Top N+). Het proefstuk met triple glas bestaat volledig uit Thermobel TG Tri Top N+. Voor de beoordeling van glasuitval worden alleen gemiddelde waarden van Thermobel standaard beglazing vergeleken met Thermobel TG TRI Top N+. De eigenschappen van de verschillende typen

▶

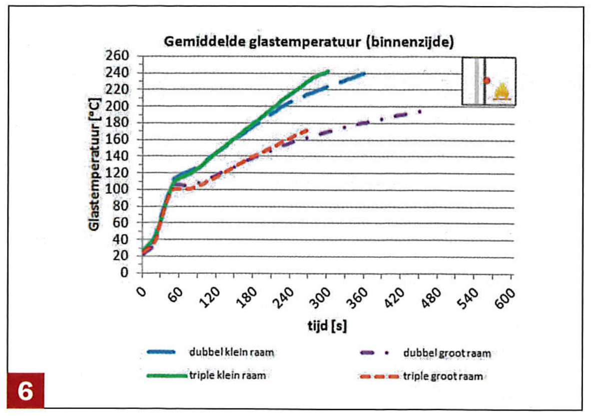


3 Genormeerde brandcurven

4 Meetopstelling dubbel glas

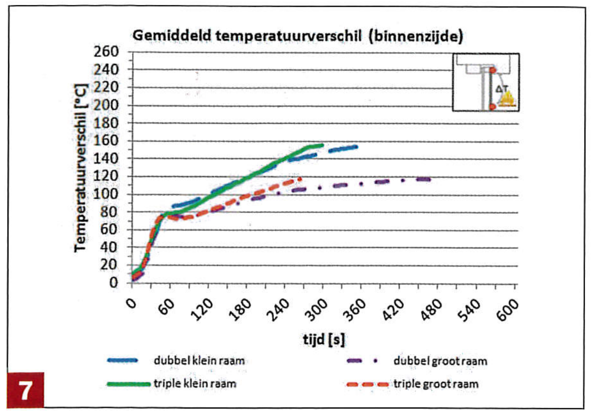

79
35
21 30 4 20 4 35
12
4 4
omgevingstemperatuur zijde
brand zijde
Thermobel standaard
glaslat 20x30 mm
keramische band 9x4 mm type Kerafix 2000
ondersteuningsblokje 80x22x4 mm Flammi 12
kozijn 67x114 mm Mahonie > 650 kg/m³
67
47
15
5
52 10 52
Montage schroeven type Spax
7,5 mm x 150 mm h.o.h. 1000 mm o/b
betonnen proefframe
79
35
5 30 4 4 35
12 12
4 4 4
omgevingstemperatuur zijde
brand zijde
Thermobel TG Tri Top N+
glaslat 20x30 mm
keramische band 9x4 mm type Kerafix 2000
ondersteuningsblokje 80x36x4 mm type Flammi 12
kozijn 67x114 mm Mahonie > 650 kg/m³
67
47
15
5
52 10 52
Montage schroeven type Spax
7,5 mm x 150 mm h.o.h. 1000 mm o/b
betonnen proefframe

5 Detaillering kozijnen



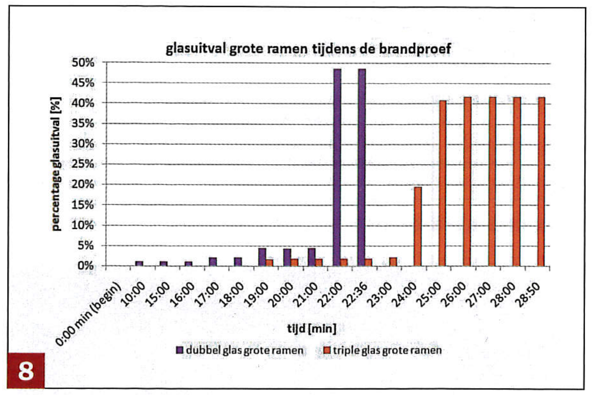
6

Gemiddelde glastemperatuur (binnenzijde)



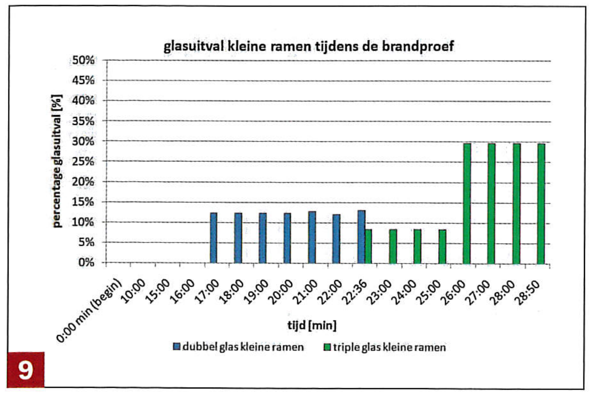
7

Gemiddeld temperatuurverschil (binnenzijde)



8

Glasuitval grote ramen



9

Glasuitval kleine ramen

beglazing zijn weergegeven in tabel 1. De beglazing bestaat uit een reguliere compositie van Silica glas (Soda-Lime-Silica glass).

De detaillering van het kozijn is voor beide glassoorten gelijk gehouden. De afmetingen van de detaillering komen overeen met de hedendaagse bouwpraktijk. De detaillering van beide kozijnen is weergegeven in figuur 5.

Beide proefstukken zijn aan de binnen- en buitenzijde van het glas voorzien van thermokoppels, waarmee het temperatuurverloop is geregistreerd. Tevens zijn de temperaturen in de sponning geregistreerd voor zowel de binnen- als de buitenkant. Voor de visuele beoordeling van glasuitval zijn thermografische opnames (FLIR camera) en videofragmenten gebruikt.

RESULTATEN

De beide experimenten hebben een grote reeks aan meetdata opgeleverd. Hiervan worden enkele resultaten beknopt weergegeven. Tijdens beide brandproeven was er een duidelijk verschil tussen de temperatuur in de bovenste laag in de brandoven ten opzichte van de onderste laag. Als direct gevolg daarvan waren de temperaturen bij de kleine ramen hoger dan de temperaturen bij de grote ramen, zie figuur 6. De gemiddelde temperaturen aan de binnenzijde van het glas laten zien dat voor beide proefopstellingen wel nagenoeg dezelfde temperaturen zijn bereikt. Nadat er glasuitval van het binnen- of buitenblad is opgetreden, wordt de gemeten temperatuur als onnauwkeurig beschouwd. Vanaf dit moment wordt de gemeten waarde afgekapt in de grafieken.

Het verschil tussen de temperatuur van het glasvlak en de temperatuur in de sponning is weergegeven als het temperatuurverschil (ΔT). Het gemiddelde temperatuurverschil voor beide proefopstellingen wordt gepresenteerd in figuur 7. Evident zijn ook weer de hogere temperaturen van het temperatuurverschil ter plaatse van de kleine ramen ten opzichte van de lagere temperaturen bij de grote ramen. Het temperatuurverschil tussen glasvlak en sponning is voor beide proefopstellingen nagenoeg gelijk.

In figuur 8 wordt het gemiddelde percentage van glasuitval voor de grote ramen weergegeven in relatie tot de tijdsduur. Hieruit valt af te lezen dat er kleine percentages van glasuitval ontstaan na circa 10 minuten bij het proefstuk met dubbel glas tegenover circa 19 minuten voor het proefstuk met triple glas.

Voor beide proefstukken geldt dat er binnen de tijdsduur van 21 minuten geen hoge percentages van glasuitval optraden. De door de slow heating curve gedefinieerde snelle stijging van de temperatuur (vanaf 21 minuten) resulteert uiteindelijk wel in hoge percentages glasuitval.

De gemiddelde glasuitval voor de kleine ramen wordt weergegeven in figuur 9. Hieruit valt af te lezen dat er na circa 17 minuten glasuitval optreedt bij het proefstuk met dubbel glas. Voor triple glas is dit pas het geval na 23 minuten. Na circa 26 minuten vallen er grote percentages glas uit bij het proefstuk met triple glas.

Op basis van deze grafieken is het niet mogelijk om glasuitval van de grote ramen te vergelijken met de kleine ramen, aangezien de temperaturen voor de kleine ramen hoger zijn geweest. De tijden voor glasuitval zijn uitsluitend gekoppeld aan de brandproef en kunnen niet rechtstreeks worden geïmplementeerd voor de tijdsduur totdat glasuitval optreedt tijdens een woningbrand. Wel is in de resultaten een duidelijke verschuiving te zien in tijdsduur totdat glasuitval optreedt bij triple glas ten opzichte van dubbel glas.

DISCUSSIE

Tijdens de brandproef was er sprake van een grote spreiding in glasuitval van individuele ramen in relatie tot de glastemperatuur en het temperatuurverschil tussen glasvlak en sponning. Zo was er voor een enkele situatie sprake van een relatief hoog temperatuurverschil, terwijl het glas intact bleef. Bij een andere ruit in dezelfde meetopstelling was er sprake van glasuitval in een vroeg stadium, waarbij het temperatuurverschil nog relatief laag was. Deze spreiding benadrukt de invloed van factoren zoals onder andere het verloop van scheuren in het glas, het verschil in montage en het verschil van glaskwaliteit op het gedrag van glasuitval. Door de vele invloedsfactoren bij het breken van glas is het erg conservatief en onnauwkeurig om een piekwaarde te hanteren voor het temperatuurverschil of de glastemperatuur om glasuitval te voorspellen. Een criterium op basis van de cumulatieve energie van een brand in verhouding tot de tijdsduur biedt hiervoor een beter perspectief, omdat het zowel de blootstellingtijd als de intensiteit van een brand meeneemt. Tevens kan dit criterium beter worden afgestemd op de invloed van de grootte van het raam. Het is belangrijk om in acht te nemen dat de gepresenteerde resultaten gebaseerd zijn op een kleine steekproef, waardoor slechts een klein toepassingsgebied is getest. Bij de uitvoering met een kunststof kozijn kunnen de resultaten voor glasuitval bijvoorbeeld wezenlijk anders zijn.

CONCLUSIE

Het verschil in de grootte van de ramen (groot en klein) blijkt maatgevender te zijn voor glasuitval dan het type beglazing (dubbel of triple glas). Daarnaast laten de experimentele resultaten een detecteerbaar verschil zien tussen glasuitval van dubbel glas in vergelijking met dat van triple glas. Het verschil is echter minder evident aanwezig dan aanvankelijk werd verondersteld in voorgaande onderzoeken. Dit heeft als consequentie dat een gesmoord brandscenario niet uitsluitend een risico voor het passief huis concept is, maar dat het kan optreden in een breed scala aan woningen, dat voorzien is van dubbel glas. Aangezien het brandscenario ook wordt beïnvloed door het type brandstof, de vuurlast en de invloed van bewoners zijn er ook legio aan situaties denkbaar waarbij geen gesmoord brandscenario optreedt. Wel is het evident dat het risico op een gesmoord brandscenario groter wordt bij toepassing van meerlaags glas (zowel dubbel als triple), waarmee ook het risico op een gasexplosie (backdraft) en meer rookontwikkeling toeneemt. Vanuit het perspectief van brandveiligheid is het daarom belangrijk om te anticiperen op beide brandscenario's voor huidige en toekomstige woningen. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de uitbreiding van brandmelders in een woning in de verblijfsruimten in plaats van alleen in de verkeersruimten. Deze maatregel kan de bewoners cruciale extra vluchttijd opleveren in beide brandscenario's. ■

BRONNEN

▶ **[1]** Cornil, N., Desmet, S., Fourneau S., Brandveiligheid in passiefhuizen: brand in een passiefhuis = inferno?, Publicaties wetenschappelijk onderzoek nr. 9, 2010

▶ **[2]** Herpen, R.A.P, Passiefhuisconcept: brandveilig? De consequenties van de woningschil voor het brandverloop, 2011

▶ **[3]** Keski-Rahkonen, O., Breaking of Window Glass Close to Fire. Fire and Materials, 12: 61-69, 1988

▶ **[4]** Pagni, P.J. & Joshi, A.A., Glass Breaking in Fires. Fire Safety Science 3: 791-802, 1991

▶ **[5]** Dembele, S., Rosario, R.A.F., Wen, J.X., Thermal breakage of window glass in room fires conditions – Analysis of some important parameters. Building and Environment 54: 61-70, 2012

VRAAG REDACTIE:

De auteurs stellen dat het risico op slachtoffers die vallen bij branden in woningen afhankelijk is van de bouwkundige schil. Kunnen de auteurs statistische data of ander onderzoek weergeven waaruit dat blijkt?

ANTWOORD AUTEUR:

Voorafgaand aan mijn afstudeerperiode heb ik een literatuurstudie uitgevoerd om te inventariseren of er een correlatie valt te leggen tussen statistische gegevens bij woningbranden versus de bouwkundige schil. Hiervoor zijn voornamelijk de gegevens van het nationale rapport brandslachtoffers van het CBS (2010) gebruikt. Daarnaast zijn de statistische gegevens vanuit het Verenigd Koninkrijk gebruikt, gezien de soortgelijke demografische gegevens en een hogere betrouwbaarheid van de data. Hieruit blijkt onder meer dat het risico op slachtoffers door veel factoren wordt bepaald: bewustzijn van de bewoners voor brandgevaar, mentale en fysieke gesteldheid van de bewoners, samenstelling van het gezin, type inrichting (vuurlast), type rookmelders en de locatie van de brand. Door al deze variabelen is het onmogelijk om het effect van de verandering van triple glas ten opzichte van een situatie met enkel glas te correleren aan een verhoogd aantal slachtoffers op jaarbasis.

Een aanvullend probleem is de onbetrouwbaarheid van de Nederlandse statistieken. De brandweer krijgt in het algemeen te weinig tijd om de details tijdens een woningbrand te verzamelen. Zo wordt er bijvoorbeeld vrijwel nooit onderzocht welk type beglazing aanwezig was ten tijde van een woningbrand. Dit maakt het extra lastig om op basis van statistische gegevens het type glas als oorzaak aan te wijzen voor de toename in een verhoogd slachtofferaantal. Anderzijds worden er wel vermoedens vermeld door de brandweer van de invloed van isolerend glas op een verhoogd risico op letsel van bewoners en personeel. Het gebrek aan (statistische) kennis over het potentieel verhoogde risico op slachtoffers bij een andere bouwkundige schil is dan ook de aanleiding geweest voor het uitvoerige experimentele onderzoek. Het concrete antwoord op de vraag is dan ook dat het verhoogde risico (nog) niet uit de statistieken valt af te lezen.