

Bouwkundige maatregelen

Versie 1.0, januari 2011

Veiligheidsregio Zaanstreek-Waterland
Prins Bernhardplein 112
1508 XB ZAANDAM

BOUWKUNDIGE MAATREGELLEN

MANAGEMENT SAMENVATTING

Onderdeel van het beleid omtrent externe veiligheid is het beperken van de omvang van het groepsrisico door het afwegen van ruimtelijke en bouwkundige maatregelen. Ruimtelijke maatregelen zijn vaak het meest efficiënt, maar niet altijd mogelijk, zodat het raadzaam is altijd óók te kijken naar mogelijkheden om de bouwkundige opzet van een gebouw te optimaliseren. Het ligt daarbij voor de hand bouwkundige keuzes al in het begin van het ontwerpproces te integreren. Een aandachtspunt bij het implementeren van bouwkundige maatregelen is het ontbreken van een juridische basis voor de borging ervan. Goede afspraken tussen de deelnemende partijen zijn dus noodzakelijk.

In dit rapport worden gegevens verstrekt die helpen bij het kiezen van de juiste bouwkundige maatregelen in het kader van een ontwikkeling dichtbij een risicobron.

Bij deze keuze spelen twee factoren een belangrijke rol:

- Het relevante scenario bij een ongeval: plasbrand, BLEVE of toxisch;
- De afstand van de ontwikkelingen tot de mogelijke ongevallocatie.

De bevindingen die in het rapport worden gepresenteerd zijn per ongevalscenario hier kort samengevat:

Plasbrand scenario: De warmtestraling die vrijkomt bij een plasbrand levert risico op voor de omgeving. Met dubbel glas in een bouwwerk blijft dit risico beperkt.

Toxisch scenario: Hierbij is de luchtdichtheid van een gebouw van belang en de afsluitbaarheid van de ventilatie. Gezien de huidige bouwkundige eisen zijn vaak geen aanvullende bouwkundige maatregelen noodzakelijk, mits de ventilatie van buitenaf afgesloten kan worden.

BLEVE scenario: Warmtestraling en drukbelasting bij dit scenario vormen een risico voor de omgeving, waarbij met name de druk bepalend is voor de hoogte van het risico. Ter beperking van de gevolgen van een BLEVE zijn bouwkundige maatregelen mogelijk, waaronder het toepassen van een dikke, betonnen gevel en warmtebestendig dubbel glas. Dit leidt wel tot hoge kosten. Om binnen gangbare bouwmethoden te blijven is voor een BLEVE alleen het aspect afstand houden goed toepasbaar.

BOUWKUNDIGE MAATREGELLEN

INLEIDING

Doel

Maatregelen op gebouwniveau kunnen een bijdrage leveren aan de veiligheid van de gebruikers / bewoners van dat gebouw. Bouwkundige maatregelen staan nooit op zichzelf, zie hieronder de relatie met de ruimtelijke keuzes. Bouwkundige maatregelen moeten ook niet beschouwd worden als een sluitpost. Het ligt voor de hand dat slimme keuzes die vanaf het begin van het ontwerpproces geïntegreerd worden veel meer kostenefficiënt zijn dan maatregelen of aanpassingen die achteraf nog bij een ontwerp doorgevoerd moeten worden. In principe doet men er goed aan om bij elke situatie waar externe veiligheid beschouwd of verantwoord wordt óók te kijken naar mogelijkheden om de bouwkundige opzet van een gebouw te optimaliseren.

Uitgekiende maatregelen kunnen er toe bijdragen dat een gebouw beter afsluitbaar is en daardoor een goede schuilplaats kan vormen bij een calamiteit met toxische stoffen. Een gebouw waarbij gestreefd is naar een hoge mate van brandwerendheid van de 'buitenschil' (gevel, dak, ramen, deuren enz.) kan er voor zorgen dat de primaire effecten van een BLEVE of plasbrand uitblijven. Hierdoor ontstaat voor gebruikers/bewoners meer tijd om het gebouw te verlaten en zichzelf in veiligheid te brengen op afstand van de calamiteit.

De maatregelen zijn gericht op het optimaliseren van:

- voorkomen van brandoverslag;
- het creëren van een veilige vluchtweg;
- het creëren van een veilige gelegenheid tot schuilen.

Doelgroep

Deze beschrijving is geschikt voor iedereen die zich wil informeren over de mogelijkheden die bestaan om gebouwen te optimaliseren in het kader van externe veiligheidsrisico's. Technische kennis is een pré maar een bouwkundige of bouwtechnische achtergrond is niet vereist. Een eerste inzicht in de mogelijkheden om geoptimaliseerd te bouwen kan bijvoorbeeld ook een planoloog of milieuadviseur verder helpen in dit kader. Indien échte optimalisatie wordt nagestreefd zal inbreng van een bouwkundige of bouwfysicus onontbeerlijk zijn.

Maatregelen ten opzichte van ruimtelijke keuzes

Bouwkundige maatregelen kunnen een aanvulling zijn op het totaalpakket van veiligheidsmaatregelen, en zijn geen substituuut. Daarnaast zijn bouwkundige maatregelen niet in alle situaties geschikt of toepasbaar. Ook kunnen deze bouwkundige maatregelen kostbaar zijn.

Naast bronmaatregelen is 'afstand houden' een van de meest effectieve methoden om mensen te beschermen tegen de nadelige gevolgen van een incident met gevaarlijke stoffen. Bouwkundige voorzieningen kunnen echter in situaties waar geen optimale ruimtelijke situatie bestaat, een aanvullende bescherming bieden.

BOUWKUNDIGE MAATREGELLEN

De 'zwakste schakel' benadering

Maatregelen moeten (kosten)effectief zijn. Daarom is het belangrijk om steeds de zwakste schakel als eerste aan te pakken.

Bij een **plasbrand of BLEVE** is de meest effectieve volgorde om maatregelen te treffen aan:

1. Openingen in de gevel (ventilatieopeningen).
2. Glasoppervlakken (eventueel in combinatie met kozijn).
3. Deuren.
4. Dakvorm (voorkeur voor platte daken).
5. Gevel.
6. Constructie

Bij een incident met **toxische stoffen** beperkt de aanpak zich tot:

1. Plaatsen afsluitbare ventilatieopeningen.
2. Plaatsen afsluitbare mechanische ventilatie en een bedieningssysteem dat toegankelijk is voor hulpdiensten, mogelijk zelf op afstand (meldkamer).

Bij de beschouwing van de zwakste schakel moet ook aandacht besteed worden aan gedragsbeïnvloeding. Gunstige bouwkundige keuzes zijn zinloos als gebruikers/bewoners ramen open laten staan.

Borging bouwkundige maatregelen

Het is belangrijk dat een bevoegd gezag een beleid vaststelt onder welke omstandigheden aanvullende maatregelen worden verlangd om meer veiligheid te bieden. Dit kan bijvoorbeeld in een beleids- of structuurvisie. Een belangrijk punt hierbij is dat er op dit moment nog geen brede juridische basis is om dit soort maatregelen af te dwingen.

Het afdwingen van bouwkundige maatregelen welke het beschermingsniveau van het Bouwbesluit te boven gaan, stuit op juridische problemen. Het is dus zeer belangrijk dat eventuele aanvullende bouwkundige maatregelen in goede overeenstemming tussen alle partijen worden afgesproken. Eind 2009 is in de Tweede Kamer een motie aangenomen, op grond waarvan gezien gaat worden welke aanpassingen in het Bouwbesluit cq. de Woningwet noodzakelijk zijn om op externe veiligheid afgestemde bouwkundige maatregelen te nemen.

Veiligheidsmaatregelen, die vallen binnen het domein van het Bouwbesluit en de bouwverordening en die een hoger beschermingsniveau pretenderen, hebben conform jurisprudentie, geen solide juridische basis. Dit betekent dat maatregelen die op grond van de catalogus 'Bouwkundige maatregelen externe veiligheid' als effectief worden beoordeeld, op basis van overtuiging van de noodzaak van het beschermingsniveau, in wederzijdse afstemming overeengekomen moeten worden.

Voor een overzicht van uitspraken en jurisprudentie verwijzen wij u naar de (meest recente) versie van de complete catalogus 'Bouwkundige maatregelen externe veiligheid'. De jurisprudentie over ruimtelijke besluiten leert in ieder geval dat:

- het beschermingsniveau waarop het besluit is gebaseerd, niet afhankelijk mag zijn van de medewerking van derden. Er is een solide juridische verankering vereist. Een beschermingsniveau dat berust op een onderlinge overeenstemming, is in dit verband onvoldoende.

Uiteindelijk houdt het bovenstaande dus in dat het ruimtelijk besluit alleen genomen wordt op basis van harde juridische garanties. Aanvullende maatregelen die getroffen worden kunnen hierbij benoemd worden, maar niet als basis voor het ruimtelijk besluit.

BOUWKUNDIGE MAATREGELEN

OVERZICHT RISICOPARAMETERS

In deze paragraaf worden de risico scenario's geïntroduceerd en toegelicht. De aard van de scenario's plasbrand, BLEVE en toxisch gas worden beschreven. Per scenario wordt benoemd wat de maatgevende effecten zijn. Hierbij ontstaat een beeld van de impact en effect afstand van een dergelijke calamiteit.

Risicobronnen

In de externe veiligheidswetgeving is aangegeven bij welke activiteiten de externe veiligheidsaspecten beschouwd moeten worden. In deze memo zijn slechts deze bronnen benoemd.

Het gaat om:

- Bevi-bedrijven (o.a. LPG-tankstations, opslagen van gevaarlijke stoffen);
- routes voor vervoer van gevaarlijke stoffen (weg, spoor, water);
- leidingen voor vervoer van gevaarlijke stoffen (o.a. aardgas, benzine).

Een indicatie of een bouwplan geprojecteerd is nabij een risicobron, en de aard van deze bron, is in te zien op de website www.risicokaart.nl.

Risico scenario's

Deze catalogus gaat in op mogelijke maatregelen bij de volgende scenario's:

- effecten ten gevolge een **plasbrand**;
- effecten ten gevolge van een **BLEVE**;
- effecten ten gevolge van een **toxisch gas**.

In deze catalogus wordt niet ingegaan op:

- effecten ten gevolge van een **wolkbrand** (dit scenario staat hieronder beknopt uitgewerkt).

Plasbrand scenario: Het effect dat optreedt bij een ongeval met enkel brandbare vloeistoffen is vooral warmtestraling. Het invloedsgebied¹ is circa 55 meter, uitgaande van een calamiteit waarbij de gehele wagen- of tankinhoud vrijkomt. De omvang van het effect wordt beïnvloed door de oppervlakte van de plasbrand. De tijdsduur van deze plasbrand zal circa 15 minuten zijn. Bij een plasbrand op water kan deze tijdsduur afwijkend zijn.

BLEVE scenario: Het maatgevende effect bij een ongeval met een tank of wagon gevuld met brandbaar gas (bijv. LPG) is een zogenaamde BLEVE (boiling liquid expanding vapor explosion). Bij een BLEVE ontwikkelt zich een vuurbal met een zeer intense kortstondige (< 30 sec.) warmtestraling en is er tegelijkertijd sprake van een zware drukgolf die een fractie van een seconde duurt. De vuurbal kan een straal hebben van 150 - 180 meter. Bouwwerken die zich binnen de vuurbal bevinden worden verwoest.

Het scenario van een wolkbrand is enigszins vergelijkbaar, hetzij zonder noemenswaardige gevolgen van een drukgolf. Het voorval kan echter lang aanhouden. Bij een wolkbrand is vooral de tijdsduur² dat bouwkundige maatregelen bestand is tegen hittestraling van belang.

1 Het gebied zoals omschreven in de Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico: het gebied begrensd door de 1% letaliteitcontour, bij weersklasse F 1.5, tenzij de wetgever anders heeft bepaald.

2 Weerstand tegen Branddoorslag en Brandoverslag (WBDBO) van 30, 60, 90 of 120 minuten.

BOUWKUNDIGE MAATREGELEN

Toxisch scenario: Door het verdampen van een toxische vloeistof of door het vrijkomen van een toxisch gas, ontstaat een toxische wolk. Deze wolk zal zich met de wind verspreiden (de gemiddelde windsnelheid in Nederland bedraagt 5 m/s). De wijze van verspreiding is sterk afhankelijk van de verdere weersgesteldheid op dat moment. Mensen die in een gebouw verblijven, ondervinden hierdoor gedurende enige tijd bescherming. De beschermingstijd is afhankelijk van de tijd die de wolk nodig heeft om in het gebouw door te dringen. Bij stabiele weersomstandigheden kan het lang duren voordat een toxische wolk verwaait en verdunt. Hierdoor wordt voor sommige toxische stoffen een effectafstand opgegeven tot wel 5 kilometer groot.

Wolkbrand: Een wolkbrand kan ontstaan ten gevolge van een calamiteit bij een gasleiding. In de **Catalogus bouwkundige maatregelen externe veiligheid** is het scenario wolkbrand niet opgenomen. Voor het aspect fakkelbrand zijn daardoor geen berekeningen doorgevoerd. Hierdoor zijn geen tabellen met rekenresultaten beschikbaar en is het niet mogelijk gegevens te presenteren die aangeven vanaf welke afstand maatregelen effectief zijn.

In dit kerndocument wordt niet separaat stil gestaan bij dit scenario.

BOUWKUNDIGE MAATREGELEN

OVERZICHT BOUWKUNDIGE MAATREGELEN

In dit onderdeel --A-- wordt ingegaan op de effecten van een plasbrand. Specifiek wordt hierbij benoemd wat de berekende hittestraling op één vierkante meter gevel is (bijvoorbeeld 15 kW). In bouwkundig opzicht wordt aandacht besteed aan materialen die bestand zijn tegen een dergelijke straling.

A. Brandbare vloeistoffen - Plasbrand

Het gevaar van een plasbrand is dat door warmtestraling onbeschermde personen overlijden dan wel verwond kunnen worden. De schade kan beperkt worden door het verminderen van het oppervlak van de plas, het treffen van maatregelen waardoor de brandende plas zich niet kan verplaatsen richting kwetsbare objecten, dan wel door het treffen van hittebestendige voorzieningen zoals hittebestendige gevels. De nadelige effecten van plasbranden hebben in vergelijking met andere incidenten een kort bereik, en maatregelen zijn naar verhouding het meest kosteneffectief.

Bescherming tegen de nadelige invloeden van plasbranden moeten beschouwd worden bij bouwplannen die binnen plasbrandaandachtsgebieden (PAG's) zijn gelegen. PAG's zijn aangewezen in het Besluit transportroutes externe veiligheid (Btev, concept najaar 2009).

Warmtebelasting bij een plasbrand

Op basis van Tabel A.1 kan ingeschat worden wat de warmtestraling is:

Tabel A.1 Warmtestraling en de afstand tot de plasbrand.

Spoor		Weg	
Afstand vanaf plasrand [m]	Warmtestraling [kW/m ²]	Afstand vanaf plasrand [m]	Warmtestraling [kW/m ²]
2,5	15	1	15
5	13	12	10
13	10	25	7,5
36	5	45	5
Voorbeeldstof heptaan; straal 14 meter, oppervlakte 600 m ² Berekening bij weersklasse D5.		Voorbeeldstof heptaan; straal 23 meter, oppervlakte 1650 m ² Weersklasse D5.	
De tijdsduur van de brand wordt gelimiteerd door de tankinhoud. Ter indicatie kan worden uitgegaan van een brandduur van circa 15 minuten.			

De essentie van bouwkundige maatregelen als bescherming is onderstaand samengevat:

Als ruiten snel springen:

- is er binnenshuis blootstelling aan grotere warmte;
- wordt vluchten naar een veilige plaats bemoeilijkt;
- ontstaat kans op secundaire branden binnenshuis.

Bouwkundige maatregelen geven extra tijd, en daarmee extra veiligheid.

Op basis van de schadecriteria van glas, combinerend met de warmtestralingbelasting als gevolg van een plasbrand, kunnen gebieden worden aangeduid waarin het voorschrijven van een specifieke glassoort te overwegen is.

BOUWKUNDIGE MAATREGELEN

Tabel A.2a Spoorvervoer stofcategorie C3

Afstand tot plasrand (m)	Warmteflux (kW/m ²)	Maatregel
> 13	< 9	Enkel glas binnen 13 meter vervangen
> 0	< 25	Dubbel glas blijft onbeschadigd
> 0	< 43	Thermisch gehard glas blijft onbeschadigd

Tabel A.2b Wegvervoer stofcategorie LF1 en LF2

Afstand tot plasrand (m)	Warmteflux (kW/m ²)	Maatregel
> 12 ³	< 9	Enkel glas binnen 25 meter te vervangen
> 0	< 25	Dubbel glas blijft onbeschadigd
> 0	< 43	Thermisch gehard glas blijft onbeschadigd

Deelconclusie

Omdat het gangbaar is om dubbel glas bij nieuwbouw toe te passen, kan op grond van de tabellen A.2 a en .b geconstateerd worden dat conventionele bouwmethoden voldoende effectief zijn en aanvullende maatregelen niet nodig zijn.

B. Brandbare gassen – BLEVE

In dit onderdeel over bescherming tegen een BLEVE komen twee grootheden in beeld: warmte- en drukbelasting. De schade die ontstaat door de drukbelasting is de meest bepalende van de twee. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de constructies voor glas en gevel. In de tabellen is ook een afstand weergegeven. Dit is de afstand die minimaal aangehouden moet worden vanaf het gebouw tot aan de calamiteit.

Warmte- en drukbelasting bij een BLEVE

Indien bij een incident de inhoud (circa 50 ton) van een tank met tot vloeistof verdicht brandbaar gas (bijv. LPG) in zeer korte tijd vrijkomt, ontstaat een grote vuurbal met een grote overdruk en warmtebelasting voor de omgeving. De 100% lethaal afstand (35 kW/m² contour) bij een BLEVE⁴ ligt dan op circa 180 meter. Door piekoverdruk zal schade aan gebouwen optreden (instorten, beschadiging constructies, ruitbreuk). Zware schade aan gebouwen door piekoverdruk zal optreden tot circa 140 m (0,1 bar piekoverdruk). Uit de tabellen B.2a en .2b blijkt dat bij open gevels (glas) de drukgolf maatgevend is. Die afstanden moeten daarom worden aangehouden.

-
- 3 Content van tabel A.2b 'Wegvervoer stofcategorie LF1 en LF2' is direct afgeleid van tabel 6.2b van de Catalogus bouwkundige maatregelen externe veiligheid 2009 revisie 5.2. In de tabel uit de catalogus lijkt een fout te staan die in onderhavig kerndocument #3 niet is overgenomen. In onderhavige tabel A.1 wordt voor schade door warmtestraling de relatie gelegd tussen afstand en warmtestraling. Hierbij blijkt er een kritieke drempel te liggen bij Warmteflux van 10 kW/m². In de catalogus (tabel 6.2b) lijkt echter hier echter per abuis 25 meter aan gekoppeld te zijn terwijl dezelfde catalogus in tabel 6.1a hiervoor een afstand van 12 meter aangeeft. Deze 12 meter sluit ook aan bij de gegevens die voor spoorvervoer gelden (namelijk 13 m). In onderhavig kerndocument #3 is er voor gekozen om in tabel A.2b de afstand van 12 aan te houden (voor een warmteflux van < 9 kW/m²). Beschreven opmerkingen zijn doorgegeven aan de opstellers van de Catalogus.
- 4 Explosie ten gevolge van opwarming van tankwagens van buitenaf. Een warme BLEVE kent een hogere faalkans dan een koude BLEVE.

BOUWKUNDIGE MAATREGELLEN

Bouwkundige maatregelen

Bij een voldoende grote incidentafstand⁵ kunnen bouwkundige maatregelen bestaan uit:

- voorzieningen die de overdruk kunnen weerstaan;
- voorzieningen die de warmtestraling kunnen weerstaan

Ten behoeve van de 'Catalogus bouwkundige maatregelen externe veiligheid' zijn berekeningen gemaakt van fictieve geveldelen, waarin het opname vermogen van warmte en druk wordt gepresenteerd. De aannames waarop deze berekeningen zijn gebaseerd, zijn opgenomen in bijlage 1⁶ en 3 bij de genoemde catalogus. Het is belangrijk om bij het gebruik van de tabellen te controleren of de uitgangspunten uit die bijlagen van toepassing zijn.

In tabel B.2a wordt voor verschillende uitvoeringen van glas weergegeven welke druk deze kunnen weerstaan. Hieraan is een afstand gekoppeld waarop ze effectief zijn tegen een BLEVE.

Tabel B.2a Drukweerstand glastypen

	Oppervlak [m ²]	Glasdikte 1 [mm]	Glasdikte 2 [mm]	Opneembare explosiebelasting [kN/m ²]	effectief vanaf: (afstand tot incident)
Enkelglas	3,0	4	0	2,5	240 meter
	1,5	4	0	5,0	120 meter
	0,5	4	0	14,5	40 meter
	0,5	6	0	22,0	30 meter

	Oppervlak [m ²]	Glasdikte 1 [mm]	Glasdikte 2 [mm]	Opneembare explosiebelasting [kN/m ²]	effectief vanaf: (afstand tot incident)
Dubbelglas	3,0	4	4	4,4	130 meter
	3,0	4	6	7,7	70 meter
	3,0	6	6	8,7	60 meter
	1,5	4	6	15,5	30 meter
	1,5	6	6	17,6	25 meter
	0,5	4	6	35,3	20 meter
	0,5	6	6	40,7	15 meter

Bij een BLEVE is zowel warmtebestendigheid als de opneembare explosiebelasting relevant.

In tabel B.2b wordt voor verschillende uitvoeringen van gevels weergegeven welke druk deze kunnen weerstaan. Hieraan is een afstand gekoppeld waarop ze effectief zijn tegen een BLEVE.

5 Voor een indicatie van afstand zie tabel B.2b.

6 In de 'Catalogus bouwkundige maatregelen externe veiligheid' zijn de berekeningen opgenomen van de belasting op een gevel, die ontstaat ten gevolge van een incident met gevaarlijke stoffen. Bij de berekeningen is uitgegaan van een vrije veld situatie, dus zonder dat er sprake is van enige vorm van afscherming. Eventuele druktoename of een herhaald drukeffect ten gevolge van reflecties zijn ook buiten beschouwing gelaten. Om deze reden is het belangrijk om bij een specifiek project altijd te bepalen of de uitgangspunten uit de catalogus overeenkomen met de praktijksituatie.

BOUWKUNDIGE MAATREGELEN

Tabel B.2b Opneembare krachten op betonnen binnenbladen met sparingen

Bouwlaaghoogte [m]	Materiaal	Dikte binnenblad [mm]	Opneembare druk [kN/m ²]	effectief vanaf: (afstand tot incident)
2,8	metselwerk	100	0,50	700
	metselwerk (gelijmd)	100	0,65	700
	kalkzandsteen	300	3,0	200
4,2	Beton	100	9,0	70
	Beton	200	21,0	40
	Beton	300	30,0	25
	kalkzandsteen	300	1,3	420
	beton	100	4,0	100
	beton	200	9 - 17	70
	beton	300	15 - 40	40

Uit bovenstaande tabel kan herleid worden dat gevelconstructies van metselwerk of kalkzandsteen duidelijk minder constructieve veiligheid bieden dan gevels opgetrokken uit beton.

De oplossing voor een geveluitvoeringen met voldoende drukweerstand is een optelsom van zowel de gevel als de raampartijen. Daarbij dienen bovendien ook de constructieve verbindingen tussen glas, kozijn en geveldelen meegenomen te worden.

Brandwerend glas: bijzondere technische uitvoeringen

Bij onderdeel A 'Brandbare Vloeistoffen' is ten aanzien van de plasbrand een overzicht gegeven van de bescherming die glas kan bieden. In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van bouwproducten die een grotere bescherming bieden.

Als de stralingsflux de relevante grenswaarde 9, 25 of 43 kW/m² overschrijdt dan biedt brandwerend, ten opzichte van 'standaard' of dubbel glas soelaas. Brandwerend glas bijvoorbeeld van 30 minuten is in staat om een warmteflux van circa 100 kW/m² te weerstaan. Bovendien houdt dergelijk glas de warmtestraling tegen (in tegenstelling tot 66% transmissie bij conventionele dubbele beglazingen). In principe bestaan er **diverse typen brandwerend glas** met een verschillende inwerking op de doorgelaten straling:

- Brandwerend glas dat alleen vlamdicht blijft, bijvoorbeeld aangeduid met de Europese klassering: E30. Dit houdt de straling niet tegen. Een klassiek voorbeeld is spiegelraad glas. De '30' staat voor de tijdsduur in minuten dat het glas een standaardbrand kan weerstaan.
- Brandwerend glas dat opschuimt na verhitting (gelaagd glas met een interlayer die opschuimt) en daardoor de straling tegenhoudt, bijvoorbeeld aangeduid met EW30. In relatie tot externe veiligheid is de relatief lange opschuimtijd relevant. Deze tijd is te lang bij een BLEVE (waarbij de warmteflux immers in minder dan een seconde plaatsvindt) en ook vaak te lang bij een plasbrand, waarvan de duur circa 15 minuten bedraagt.
- Brandwerend glas dat voorzien is van een speciale coating (gehard glas met coating) en daardoor de straling direct tegenhoudt, voorzien van dezelfde aanduiding bijvoorbeeld EW30.

BOUWKUNDIGE MAATREGELEN

- Brandwerend glas dat niet alleen de straling tegenhoudt maar ook aan de niet-verhitte zijde laag in temperatuur blijft, bijvoorbeeld EI30 beglazing. Hiervoor mag verondersteld worden dat het veiliger is dan EW30 beglazing.

Afhankelijk van het doel kan dus een brandwerende glassoort gekozen worden die intact blijft, of een soort die ook nog de straling tegenhoudt. Als dit laatste ook van belang is, en bij de scenario's sprake is van een instantane brandontwikkeling, waarbij ineens een hoge straling op het (eerst nog koude) brandwerend glas valt, dan moet worden geadviseerd geen opschuimende maar een gecoatete brandwerende beglazing (ruit inclusief kozijnaansluiting) toe te passen.

Kostenfactor brandwerend glas.

Ter indicatie kan worden gesteld dat uitgaande van 'standaard' HR⁺⁺ glas (richtprijs € 80,- m²) sprake kan zijn van een toename van circa € 200,- m², ofwel een kostenfactor van 3,5.

Opmerking

Vanuit de brandweer bestaat er soms bezwaar tegen het gebruik van gelamineerd glas omdat dit de mogelijkheden tot binnenaanval (bij standaard brandsituaties) beperkt. De mate waarin dit beperkend werkt is echter afhankelijk van locatie (gebouw)specifieke kenmerken, en kan niet als een algemeen geldende belemmering worden gezien. Het argument dient echter altijd zorgvuldig afgewogen te worden.

Deelconclusie

Voor weerstand tegen druk op gevel en glas zijn constructies denkbaar. Deze vergen enerzijds veel aanpassingen in het (architectonisch) ontwerp en anderzijds stevige dimensionering van elementen. Voorbeelden zijn een gevel met binnenspouwblad uitgevoerd in beton (200 mm.) en kleine raampartijen van dubbel glas (2x6 mm). Weerstand tegen extreme warmtebelasting door een BLEVE wordt alleen geboden door specifiek brandwerend glas. Hierdoor kan een kostentoeename ontstaan van 350%.

Om binnen gangbare bouwmethoden te blijven is voor een BLEVE alleen het aspect 'afstand houden' effectief.

C. Toxisch gas – toxische belasting

In dit derde onderdeel wordt aandacht besteed aan bescherming tegen een toxisch gas. Hierbij gaat de tekst enerzijds in op de afsluitbaarheid van een gebouw en anderzijds op de wijze van ventilatie.

De effectgebieden bij incidenten met giftige stoffen kunnen (zeer) groot zijn. Zoals eerder vermeld kunnen effecten tot meer dan 5 kilometer ver reiken. Het is raadzaam om binnen een beleidsplan vast te leggen tot welke afstand het treffen van deze maatregelen overwogen moet worden.

Luchtdichtheidsklasse

NEN 2687 kent 2 luchtdichtheidsklassen: klasse 1 en klasse 2. Klasse 1 geldt voor natuurlijke toevoer, klasse 2 is geldig voor gebalanceerde ventilatie, die een hogere luchtdichtheid nodig heeft. In de publicatie "Luchtdicht bouwen" (SBR 2009) wordt een klasse 3 geïntroduceerd onder andere bedoeld voor passiehuis (woningen met een zeer laag energieverbruik).

Klasse 1: < 1,0 dm³/(s.m²)

Klasse 2: < 0,4 dm³/(s.m²)

Klasse 3: < 0,15 dm³/(s.m²)

BOUWKUNDIGE MAATREGELEN

Tabel C.1: Verschillende ventilatiesystemen:

	Afvoer	Natuurlijke ventilatie	Mechanisch ventilatie
Toevoer			
Natuurlijk		A*	C
Mechanisch		B*	D (Balansventilatie)
* weinig toegepast			

Luchtlekken

Door luchtlekken te herkennen, vallen hierop afgestemde maatregelen te treffen. Dit kan als aandachtspunt aan de initiatiefnemer (of nog concreter: de constructeur) meegegeven worden. Hierbij geldt het eerder aangehaalde criterium van de *zwakste schakel* benadering. Onderstaande opsomming geeft een goede indicatie van steeds verdergaande maatregelen:

Relatief grote luchtlekken in de praktijk zijn:

- kierdichting ramen en deuren;
- aansluiting kozijnen/gevels;
- aansluitingen van daken op gevels en bouwmuren;
- aansluitingen met de begane grondvloer;
- daknokken;
- dakdoorvoeren;
- brievenbussen;
- hoekaansluitingen, onderlinge aansluitingen.

BOUWKUNDIGE MAATREGELEN

Aandachtspunten (klasse 2):

- goed knevelende 2- en 3-puntssluitingen;
- manchetten ter plaatse van dak- en geveldoorvoeren;
- nastelbaar hang- en sluitwerk;
- waar mogelijk luchtdichtingen prefabriceren.

Aandachtspunten (klasse 3), In aanvulling op klasse 2:

- eenzijdig afgeschuinde haakschoten hang- en sluitwerk;
- waar mogelijk naden/kieren afplakken;
- dubbele luchtdichtingen in draaiende delen van kozijnen;
- natte beglazing bij houten kozijnen en kwaliteitseisen bij kunststof en aluminium kozijnen;
- kabeldoorvoeren, leidingdoorvoeren, prefab manchetten gebruiken, afplakken en bij elektriciteitsbuizen ook in de buis afkitten;
- overlappen en aansluitingen van dampremmende folie afplakken;
- geen doorbrekingen dampremmende folie;
- gerichte controle van luchtdichtingen en controlemetingen (opblaasproef, infrarood).

Afsluitbaarheid

In de meeste nieuwe situaties wordt momenteel mechanische ventilatie toegepast al dan niet met warmterugwinning. Veel van deze systemen zijn niet uit te schakelen en of niet afsluitbaar. Daarmee wordt voorkomen dat de luchtkwaliteit binnen, door te weinig ventilatie, onaanvaardbaar verslechtert.

In het geval van een giftige gaswolk is afsluitbaarheid echter wel wenselijk. In de brief aan de Tweede Kamer van 19 december 2008 (kenmerk DGM/RB 2008118215) geeft Minister Cramer van VROM aan dat systemen om die reden afschakelbaar moeten zijn. Omdat dan nog wel een open verbinding blijft bestaan tussen binnen en buiten moet in aanvulling daarop ook worden geëist dat de kanalen afsluitbaar zijn.

Indien een vorm van mechanische ventilatie wordt toegepast, is de actieve werking hiervan te onderbreken via een elektrische schakeling. Hierbij gelden voorwaarden:

- goede toegankelijkheid in geval van calamiteit;
- goede herkenbaarheid in geval van calamiteit;
- instructies dat schakeling alleen bij calamiteiten gebruikt mag worden.

In de periode 2008-2009 is een initiatief ondernomen om deze schakelingen centraal via een draadloos systeem aan te sturen (systeem C2000/P 2000). De ontwikkeling van deze extra mogelijkheden binnen het C2000 communicatiesysteem zijn echter gestopt.

Situering luchtinnamepunten

Een belangrijk kenmerk van een gaswolk is dat deze zich als wolk verplaatst met de wind. Dat impliceert dat een gebouw niet altijd geheel door de wolk omhuld zal zijn. In het algemeen zal een wolk afhankelijk van de windsterkte binnen één tot enkele uren zodanig zijn verplaatst of verdund dat het gevaar is afgenomen en ventilatie weer mogelijk is.

De plaats van de ventilatieopening is van belang voor de geboden bescherming. Er is altijd enige vertraging tussen het constateren van een dreigende giftige gaswolk en het afschakelen en afsluiten van een ventilatiesysteem. Het slim plaatsen van de inlaat kan die vertraging opvangen. De keuze van de plaats zal altijd van de incidentlocatie af gericht moeten zijn. Dat wil zeggen aan de 'luwe zijde' van het gebouw, waar blootstelling aan de gaswolk het laatst zal plaatsvinden. In de regel is een hoge plaatsing te verkiezen boven een lage. Een verder gaande maatregel is in overweging te nemen twee inlaatopeningen te realiseren bijvoorbeeld een aan

BOUWKUNDIGE MAATREGELEN

de oostzijde en een aan de westzijde van het gebouw die afzonderlijk afsluitbaar zijn.

In sommige literatuur wordt gewezen op de positieve invloed van het ontbreken van voegen in de gevel. Ten opzichte van de invloed van ventilatie is dit echter een ondergeschikte factor. Hierbij geldt ook de benadering van de zwakste schakel. Bij de opsomming van luchtlekken in bovenstaande paragraaf staan voegen (bij metselwerk) niet in de aandachtspuntenlijstjes.

Kostenfactor

Of er sprake is van meerkosten hangt sterk samen met de uitgangspunten van het oorspronkelijk ontwerp. Bij een pand met een goede geluidafdichting en balansventilatie zullen er nagenoeg geen meerkosten zijn. Bij een pand met een slechte thermische isolatie kunnen de meerkosten relatief hoog zijn. Hierbij speelt echter eerst de vraag of een dergelijk bouwwerk toelaatbaar is op grond van de eisen op het gebied van thermische isolatie. Bij een tijdige integratie van het aspect luchtdichtheid, uitgaande van de ventilatie-eisen van het Bouwbesluit, worden de meerkosten als relatief gering ingeschat.

Deelconclusie

Moderne woning- en utiliteitsbouw is vanuit energieoogpunt al in grote mate luchtdicht. Gebouwen die uitgevoerd zijn met een balanssysteem (tussen aanvoer en afvoer van lucht) zijn toegerust om effecten van een toxische calamiteit eenvoudig te weerstaan.

Indien mechanische ventilatie aanwezig is dient deze door, of op last van, de hulpdiensten tijdelijk uitgeschakeld te kunnen worden.

BOUWKUNDIGE MAATREGELEN

CONCLUSIE

In dit kerndocument zijn voor de verschillende scenario's gegevens verstrekt die helpen bij het kiezen van de juiste bouwkundige maatregelen in het kader van een ontwikkeling dichtbij een risicobron. Duidelijk is dat hierbij twee factoren een belangrijke rol spelen:

- het relevante scenario bij een ongeval: plasbrand, BLEVE of toxisch;
- de afstand van de ontwikkelingen tot de mogelijke ongevallocatie.

De belangrijkste bevindingen per ongevalscenario zijn hier kort samengevat:

Plasbrand scenario: De warmtestraling die vrijkomt bij een plasbrand levert risico op voor de omgeving. Met dubbel glas in een bouwwerk blijft dit risico beperkt.

Toxisch scenario: Hierbij is de luchtdichtheid van een gebouw van belang en de afsluitbaarheid van de ventilatie. Gezien de huidige bouwkundige eisen zijn vaak geen aanvullende bouwkundige maatregelen noodzakelijk, mits de ventilatie van buitenaf afgesloten kan worden.

BLEVE scenario: Warmtestraling en drukbelasting bij dit scenario vormen een risico voor de omgeving, waarbij met name de druk bepalend is voor de hoogte van het risico. Ter beperking van de gevolgen van een BLEVE zijn bouwkundige maatregelen mogelijk, waaronder het toepassen van een dikke, betonnen gevel en warmtebestendig dubbel glas. Dit leidt wel tot hoge kosten. Om binnen gangbare bouwmethoden te blijven is voor een BLEVE alleen het aspect afstand houden goed toepasbaar; Uit berekeningen blijkt dat relatief veilig bouwen een afstand van 70 meter wél haalbaar is (bouwwerk uitgevoerd met een betonnen binnenblad van 100 mm dik).

BIJLAGE

KEUZE WIJZER BOUWKUNDIGE MAATREGELEN IN RELATIE TOT HET VERMINDEREN VAN DE NADELIGE GEVOLGEN VAN EEN BLEVE

Originele bijlage uit : Catalogus bouwkundige maatregelen externe veiligheid concept 5.1. SBR en Oranjewoud in opdracht van 'IPO10 project'.

Bleve	afstand tot incident >	50	100	150	200	250	300	350	400	Berekende afstand	
√ maatregel											
Glas											
Enkel glas > 3,0 m2		[Red bar from 0 to 310m]								310 m	
Enkel glas < 3,0 m2 dik 4 mm		[Red bar from 0 to 240m]								240 m	
enkel glas < 1,5 m2 dik 4 mm		[Red bar from 0 to 120m]								120 m	
enkel glas < 0,5 m2 dik 4 mm		[Red bar 0-10m]	[Yellow bar 10-40m]	[Green bar from 40m]							40 m
enkel glas < 0,5 m2 dik 6 mm		[Red bar 0-5m]	[Yellow bar 5-30m]	[Green bar from 30m]							30 m
dubbel glas < 3,0 m2 4-4 mm		[Red bar 0-130m]	[Yellow bar 130-150m]	[Green bar from 150m]							130 m
dubbel glas < 3,0 m2 4-6 mm		[Red bar 0-70m]	[Yellow bar 70-100m]	[Green bar from 100m]							70 m
dubbel glas < 3,0 m2 6-6 mm		[Red bar 0-60m]	[Yellow bar 60-80m]	[Green bar from 80m]							60 m
dubbel glas < 1,5 m2 4-6 mm		[Red bar 0-30m]	[Yellow bar 30-40m]	[Green bar from 40m]							30 m
dubbel glas < 1,5 m2 6-6 mm		[Red bar 0-25m]	[Yellow bar 25-30m]	[Green bar from 30m]							25 m
dubbel glas < 0,5 m2 4-6 mm		[Yellow bar 0-20m]	[Green bar from 20m]								20 m
dubbel glas < 0,5 m2 6-6 mm		[Yellow bar 0-15m]	[Green bar from 15m]								15 m
Gelamineerd glas < 1,0 m2 3-0,75-3		[Yellow bar 0-5m]	[Green bar from 5m]								5 m
Gelamineerd glas < 3,0 m2 3-0,75-3		[Red bar 0-25m]	[Yellow bar 25-30m]	[Green bar from 30m]							25 m
ER1 gelamineerd dubbel glas < 1,0 m2		[Yellow bar 0-10m]	[Green bar from 10m]								10 m
ER2 gelamineerd dubbel glas < 1,0 m2		[Yellow bar 0-5m]	[Green bar from 5m]								5 m
ER3 gelamineerd dubbel glas < 1,0 m2		[Yellow bar 0-5m]	[Green bar from 5m]								5 m
ER4 gelamineerd dubbel glas < 1,0 m2		[Yellow bar 0-5m]	[Green bar from 5m]								5 m
Bouwlaaghoogte 2,8m spouwmuur											
binnenspouwblad metselwerk 100 mm		[Red bar from 0 to >700m]								> 700 m	
binnenspouwblad metselwerk 100 mm gelijmd		[Red bar from 0 to >700m]								> 700 m	
binnenspouwblad kalkzandsteen 300 mm		[Red bar 0-200m]	[Yellow bar 200-250m]	[Green bar from 250m]							200 m
binnenspouwblad beton 100 mm		[Red bar 0-70m]	[Yellow bar 70-100m]	[Green bar from 100m]							70 m
binnenspouwblad beton 200 mm		[Red bar 0-40m]	[Yellow bar 40-50m]	[Green bar from 50m]							40 m
binnenspouwbladbetonwand 300 mm		[Red bar 0-25m]	[Yellow bar 25-30m]	[Green bar from 30m]							25 m
Bouwlaaghoogte 4,2m											
binnenspouwblad kalkzandsteen 300 mm		[Red bar from 0 to 420m]								420 m	
binnenspouwblad beton 100 mm		[Red bar 0-130m]	[Yellow bar 130-150m]	[Green bar from 150m]							130 m
binnenspouwblad beton 200 mm		[Red bar 0-70m]	[Yellow bar 70-100m]	[Green bar from 100m]							70 m (ondergrens)
binnenspouwblad beton 300 mm		[Red bar 0-40m]	[Yellow bar 40-50m]	[Green bar from 50m]							40 m (ondergrens)

Toelichting bij de keuzewijzer BLEVE:

- Rood** = maatregel onvoldoende
- Geel** = veiligheidsmarge, van 40 meter.
- Groen** = maatregel effectief

Het gele gebied representeert een onnauwkeurigheid van waarden, welke (arbitrair) bepaald is op + en - 20 meter. De berekende waarde is met een streep midden in gele balk aangegeven.

Het is belangrijk dat de keuzewijzer altijd wordt beschouwd in relatie tot de in de 'Catalogus bouwkundige maatregelen externe veiligheid' beschreven aannames (bijv. omtrent de lengte en breedtes van het glas). De keuzewijzer kan ook gebruikt worden om als eerste selectie combinaties van bouwproducten te bepalen. Deze selectie zal echter altijd gevolgd moeten worden door een constructieberekening, gebaseerd op een locatie-specifieke beschouwing van de mogelijk optredende belastingen. Voor de juiste toepassing is ook een beleidsmatige keuze over het bepalen van de afstand van toepassing (zie paragraaf 3.1.4 van de catalogus). De incidentafstand is immers meestal niet de kortste afstand.

Waarom geen keuzewijzer voor plasbrand en toxische stoffen?

- Voor een plasbrand wordt verwezen naar onderdeel A.
- Voor toxische stoffen is het niet mogelijk een afstandgerelateerde keuzewijzer te maken.

Disclaimer:
De in deze rapportage vermelde informatie geldt als indicatie. Locatiespecifieke omstandigheden zijn van invloed zijn op het daadwerkelijke blootstellings- en het beschermingsniveau. (KOMO-)certificaten van bouwproducten zijn niet toegespitst op incidenten met gevaarlijke stoffen.