

Constructieve veiligheid gevels en glazen overkappingen

Analyse van achttien incidenten



inhoudsopgave



Samenvatting

De afgelopen jaren zijn er diverse calamiteiten geweest met gevels en glasconstructies in Nederland. Voorbeelden hiervan zijn het afvallen van zware gevelelementen van het Hilton hotel in Rotterdam en het bezwijken van delen van het glazen dak van een winkelcentrum in Leidschendam. Bij deze calamiteiten zijn tot nu toe geen (dodelijke) slachtoffers gevallen. De kans dat dit bij een volgende calamiteit gebeurt is echter aanwezig.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) heeft in 2006 een onderzoek uitgevoerd naar de veiligheidsproblemen met gevelbekleding. Het OVV-rapport "Veiligheidsproblemen met gevelbekleding" d.d. 9 november 2006 geeft een goede analyse van de problematiek. Ook zijn in het rapport algemene aanbevelingen gedaan.

De VROM-Inspectie (VI) bevordert de correcte uitvoering en naleving van de VROM-regelgeving. Een van de prioritaire thema's van de VI is "Veilige Gebouwen" (brand- en constructieve veiligheid). Gemeenten zijn hierbij verantwoordelijk voor de vergunningverlening en het primaire toezicht. Teneinde meer inzicht te krijgen in de gevelproblematiek en te komen tot concrete verbeteracties, heeft de VI achttien incidenten nader geanalyseerd. Hierbij is gebruik gemaakt van de onderzoeksgegevens die bij de gemeenten beschikbaar waren van de incidenten. De Inspectie heeft niet zelf aanvullend onderzoek gedaan. Het betreft incidenten met metselwerk gevels, glazen gevels- en overkappingen, natuurstenen gevels, metalen gevels en gelijmde gevels. De bevindingen hiervan zijn vastgelegd in dit rapport. Uit de analyses komt naar voren dat de oorzaak van de incidenten divers is. Bij nieuwe gebouwen is vaak sprake van een onzorgvuldig ontwerp en/of een gebrekkige uitvoering. Ook worden materialen toegepast die onvoldoende duurzaam zijn qua constructieve veiligheid. Bij oudere gebouwen worden de problemen vooral veroorzaakt doordat de gevelconstructie aan het eind is gekomen van haar technische levensduur.

Per type constructie zijn concrete verbeteracties mogelijk voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw. In het rapport worden aanbevelingen gedaan richting de diverse partijen die betrokken zijn bij de veiligheid van gevels vooral richting bouwverenigingen, bouwers en gemeenten.



1	Inleiding	6
2	Onderzoeksopzet	7
3	Resultaten	8
3.1	Metselwerk gevels	8
3.1.1	Korte beschrijving incidenten	8
3.1.2	Beschouwing	10
3.1.3	Aanbevelingen	10
3.2	Glazen gevels	12
3.2.1	Korte beschrijving incidenten	12
3.2.2	Beschouwing	14
3.2.3	Aanbevelingen	15
3.3	Glazen overkappingen	16
3.3.1	Korte beschrijving incidenten	16
3.3.2	Beschouwing	16
3.3.3	Aanbevelingen	17
3.4	Natuursteen gevels bij bestaande gebouwen	18
3.4.1	Korte beschrijving incidenten	18
3.4.2	Beschouwing	19
3.4.3	Aanbevelingen	21
3.5	Natuurstenen gevels nieuwbouw	22
3.5.1	Korte beschrijving incidenten	22
3.5.2	Beschouwing	23
3.5.3	Aanbevelingen	24
3.6	Metalen gevels	25
3.6.1	Korte beschrijving incidenten	25
3.6.2	Beschouwing	26
3.6.3	Aanbevelingen	27
3.7	Gelijmde gevels	28
3.7.1	Korte beschrijving incidenten	28
3.7.2	Beschouwing	28
3.7.3	Aanbevelingen	29
4	Conclusies en aanbevelingen	30
5	bijlage 1: bouwregelgeving	33
5.1	Algemeen	33
5.2	Woningwet	33
5.3	Bouwbesluit en Regeling Bouwbesluit	33
5.3.1	Nieuwbouw	33
5.3.2	Bestaande bouw	34



5.4	NEN 6700 TGB 1990 Algemene basiseisen	35
5.4.1	Algemeen	35
5.4.2	Veiligheidsfilosofie	35
5.4.3	Duurzaamheid	37
5.5	NEN 6702 TGB 1990 Belastingen en vervormingen	38
5.5.1	Algemeen	38
5.5.2	Veiligheidsklasse	38
5.6	Normen voor glas	39
5.5.3	NEN 2608 Vlakglas voor gebouwen –Weerstand tegen windbelasting – Eisen en bepalingsmethode	39
5.5.4	NEN 3569 Veiligheidsbeglazing in gebouwen	39
5.6	Normen voor metselwerk	39
5.6.1	NEN 6790 TGB 1990 Steenconstructie. Basiseisen en bepalingsmethoden	39
5.6.2	NPR 6791 Steenconstructie. Eenvoudige ontwerpregels, gebaseerd op NEN 6790	40
5.6.3	CUR-Aanbeveling 71 Constructieve aspecten bij ontwerp, berekening en detaillering van gevels in metselwerk	40
6	Bijlage 2 Bevindingen	42
6.1	Incident A Metelswerk gevel	42
6.2	Incident B Metselwerk gevel	44
6.3	Incident C Metselwerk gevel	45
6.4	Incident D Metselwerk gevel	47
6.5	Incident E Glazen gevel	49
6.6	Incident F Glazen gevel	50
6.7	Incident G Glazen gevel	51
6.8	Incident H Glazen gevel	52
6.9	Incident I Glazen overkapping	54
6.10	Incident J Glazen overkapping	55
6.11	Incident K Natuursteen gevel bestaande bouw	57
6.12	Incident L Natuursteen gevel bestaande bouw	59
6.13	Incident M Natuursteen gevel nieuwbouw	61
6.14	Incident N Natuursteen gevel nieuwbouw	63
6.15	Incident O Metalen gevel	65
6.16	Incident P Metalen gevel	67
6.17	Incident Q Gelijmde gevel	69
6.18	Incident R Gelijmde gevel	70
7	Meer informatie	71



1 Inleiding

De afgelopen jaren zijn er diverse calamiteiten geweest met gevels en glasconstructies in Nederland. Voorbeelden hiervan zijn het afvallen van zware gevelelementen van het Hilton hotel in Rotterdam en het bezwijken van delen van het glazen dak van een winkelcentrum in Leidschendam. Bij deze calamiteiten zijn tot nu toe geen (dodelijke) slachtoffers gevallen. De kans dat dit bij een volgende calamiteit gebeurt is echter aanwezig.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) heeft in 2006 een onderzoek uitgevoerd naar de veiligheidsproblemen met gevelbekleding. Het OVV-rapport “Veiligheidsproblemen met gevelbekleding” d.d. 9 november 2006 geeft een goede analyse van de problematiek. Ook zijn in het rapport algemene aanbevelingen gedaan.

Teneinde meer inzicht te krijgen in de problematiek en te komen tot concrete verbeteracties, was volgens de VROM-Inspectie nader onderzoek nodig. De VROM-Inspectie heeft daartoe in 2007 achttien incidenten nader geanalyseerd.



2 Onderzoeksopzet

De incidenten die bekend zijn bij de VROM-Inspectie zijn geïnventariseerd. Hierbij zijn de volgende constructies/bouwwerken onderscheiden:

- metselwerk gevels;
- glazen gevels en overkappingen;
- natuursteen gevels bestaande bouw;
- natuurstenen gevels nieuwbouw;
- metalen gevels;
- gelijmde gevels.

Een selectie van deze incidenten is nader geanalyseerd aan de hand van de volgende onderzoeksvragen.

- Waarom zijn de constructies bezweken bij de betreffende incidenten?
- Voldeden de constructies aan het Bouwbesluit?
- Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?
- Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze incidenten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwers/gebouweigenaren (best practices)?

Uitgangspunt was dat met de analyse van minimaal twee incidenten per type constructie/bouwwerk een goed beeld kan worden verkregen van de problematiek. Van elk incident is informatie ingewonnen bij de betreffende gemeente. Dit is zoveel mogelijk telefonisch gedaan en via opgestuurde/gemailde stukken. Uitgegaan is van de beschikbare gegevens en onderzoeksrapporten. Er is door de VROM-Inspectie geen eigen onderzoek uitgevoerd naar de oorzaak van de incidenten. Per incident zijn de resultaten vastgelegd in een bevindingenrapport, dat ter verificatie van de feiten is voorgelegd aan de betreffende gemeenten.



3 Resultaten

3.1 Metselwerk gevels

3.1.1 Korte beschrijving incidenten

Er zijn vier incidenten beschouwd, waarbij gevels van metselwerk zijn bezweken. Hieronder wordt een korte beschrijving gegeven van de incidenten. In bijlage 2 zijn de incidenten uitgebreider beschreven. Voor een toelichting op de genoemde NEN-normen en regelgeving wordt verwezen naar bijlage 1.

Incident A

Een deel van de kopgevel van een flat uit 1968 is weggeblazen tijdens een storm in 2002. Het betrof de bovenste drie lagen, van de zes verdiepingen tellende flat. Uit onderzoek is gebleken dat de verzinkte spouwankers voor het grootste deel waren doorgeroest. De spouw was in het verleden volledig gevuld met isolatiemateriaal. Vocht in de spouw kon hierdoor niet (makkelijk) worden afgevoerd. Hierdoor kunnen de spouwankers langer vochtig blijven en sneller corroderen. Ook is geconstateerd dat de hechtsterkte tussen stenen en metselmortel gering was. Dit heeft echter geen invloed gehad op het bezwijken van de gevel. De flat maakte deel uit van een complex van vijf identieke flats. In 2002 zijn bij deze flats direct alle kopgevels vervangen door nieuw metselwerk met roestvaststalen spouwankers. Bij het weghalen van de oude kopgevels bleek circa 80% van alle spouwankers te zijn doorgeroest! De woningbouwvereniging heeft vervolgens, in overleg met de gemeente, besloten al haar twintig flatgebouwen te renoveren.

Incident B

Tijdens een storm in 2007 is een deel van de kopgevel weggeslagen van een twaalf verdiepingen tellend flatgebouw uit 1966. Het betrof de volledige vijf bovenste bouwlagen. De spouwankers waren in redelijke staat, maar qua aantal onvoldoende aangebracht. De gevel stond per bouwlaag op een achter het metselwerk verborgen betonnen neusconstructies. Deze neusconstructie vertoonde ernstige betonrot, hierdoor was van de oorspronkelijk neus weinig meer over. In het onderzoeksrapport wordt geconcludeerd dat ook thermische belastingen mede de oorzaak van het bezwijken kunnen zijn. De over twaalf verdiepingen doorgemetselde kopgevel staat aan de zonzijde. Doordat er geen dilataties zijn aangebracht, kunnen grote spanningen ontstaan als gevolg van krimpen en uitzetten. Van de betreffende flat worden alle kopgevels vervangen. De betreffende gemeente heeft vergelijkbare flatgebouwen in kaart gebracht. Alle corporaties/vastgoedondernemers krijgen van de gemeente een brief waarin gevraagd wordt om informatie aan te leveren over de staat van de gevels.



Incident C

In 2006 is bij een storm het metselwerk van de kopgevel van een flat deels naar beneden gestort. Het flatgebouw uit 1972 is acht verdiepingen hoog. Het bezweken vlak was circa vijf meter breed en liep van de derde naar de achtste verdieping. De schade is veroorzaakt doordat de spouwankers waren gebroken. De meeste spouwankers zijn niet op de schadedatum gebroken, maar eerder als gevolg van spanningscorrosie en ontzinking. De spouwankers waren namelijk van messing (koperzinklegering). Koperlegeringen zijn onder bepaalde omstandigheden gevoelig voor spanningscorrosie. Verder kan messing ontzinken, hierbij verdwijnt selectief het zink uit de legering en wordt het poreus. In de spouw is sprake geweest van een corrosief milieu door vocht en chloriden. De spouw was volledig gevuld met isolatiemateriaal. Vocht in de spouw kon hierdoor niet (makkelijk) worden afgevoerd. Het metselwerk werd verticaal gedragen door betonnen nokken ter plaatse van de verdiepingsvloeren. Hoewel deze nokken schade vertoonden (o.a. betonrot) is dit volgens het rapport niet aan te merken als een oorzaak van het bezwijken van het metselwerk. De betreffende gevel is voorzien van nieuw metselwerk met RVS-spouwankers en ondersteuning per twee bouwlagen. De gemeente brengt de soortgelijke flatgebouwen in kaart en informeert de eigenaren over de problematiek. De eigenaren worden gewezen op hun eigen verantwoordelijkheid en worden verzocht de gevels van hun flats te laten onderzoeken. Daarnaast zal de gemeente zelf een nader onderzoek in stellen naar de kwaliteit van de spouwankers.

Incident D

In 2007 werd tijdens een storm geconstateerd dat het metselwerk van een kopgevel van een flatgebouw bewoog. De flat uit 1965 is 8 bouwlagen hoog. Uit onderzoek is gebleken dat veel van de spouwankers waren gebroken. Net als bij incident C waren messing spouwankers toegepast, die zijn bezweken door spanningscorrosie en ontzinking. De betreffende gevel is inmiddels voorzien van nieuw metselwerk met RVS-spouwankers. Incident D heeft plaatsgevonden in dezelfde gemeente als incident C.





3.1.2 Beschouwing

De vier beschreven incidenten hebben plaatsgevonden bij een soort flatgebouw dat veel is gebouwd in Nederland, vooral in de jaren zestig en zeventig. De vier flats kunnen als representatief worden beschouwd. De beschreven problematiek is daarom zeer waarschijnlijk van structurele aard en zal een groot aantal gebouwen betreffen. Vooral de duurzaamheid van de gebruikte spouwankers is hieraan debet. In het verleden zijn vaak verzinkte spouwankers gebruikt, waarvan de levensduur in veel gevallen minder is dan 50 jaar. Ook spouwankers van koperzinklegeringen (messing), die werden gebruikt als duurzaam alternatief van stalen ankers, blijken niet voldoende duurzaam te zijn. Hierbij speelt spanningscorrosie en ontzinking een rol. In Nederland staan duizenden flats uit deze periode. De kans dat kopgevels van deze flats bezwijken bij storm wordt ieder jaar groter. Zoals de foto laat zien, kunnen hierbij een grote hoeveelheid stenen naar beneden komen. Gevaarlijk is bovendien dat van de buitenzijde niet te zien is dat een gevel op het punt staat te bezwijken. De kans dat mensen getroffen worden door een regen van stenen is daarom niet denkbeeldig.

Naast de spouwankers kunnen ook andere zaken een rol spelen bij het bezwijken.

- De spouw van de kopgevels is veelal in de latere jaren geheel gevuld met isolatiemateriaal, dit leidt tot hogere vochtigheid in de spouw en hierdoor tot meer corrosie van de spouwankers.
- De kopgevels zijn vaak zonder horizontale dilataties uitgevoerd, hierdoor kunnen grote spanningen ontstaan als gevolg van temperatuurverschillen.
- De hechtsterkte tussen de stenen en de voeg is veelal gering. In het verleden werd vaak gewerkt met een metselmortel die wel makkelijk verwerkbaar was, maar na uitharden onvoldoende sterkte opleverde.
- De verborgen betonnen neusconstructies die het metselwerk ondersteunen zijn aangetast door betonrot.

Uitgaande van de beschouwde incidenten blijft de problematiek waarschijnlijk beperkt tot flatgebouwen uit de genoemde periode. Sinds de jaren zeventig zijn steeds vaker corrosievast stalen spouwankers gebruikt. Ook worden gevels beter gedilateerd. Speciale stalen metselwerkopvangconstructies hebben het gebruik van betonnen neusconstructies verdrongen. Als betonnen opvangconstructies zijn gebruikt, zijn deze niet weggewerkt achter de gevel, maar juist zichtbaar als architectonisch detail. Volledige spouwisolatie wordt niet meer toegepast.

In de vigerende regelgeving is de duurzaamheid van spouwankers niet klip en klaar geregeld vanuit de normen die het Bouwbesluit aanstuurt. De NEN 6790 voor steenconstructies schrijft in artikel 7.4.2 voor dat *“de duurzaamheid van spouwankers moet zijn afgestemd op de voor de gevel geldige referentieperiode”*. Het gebruik van corrosievast stalen spouwankers wordt bij dit artikel in NEN 6790 wel aanbevolen maar niet voorgeschreven. Dit past binnen de systematiek van het Bouwbesluit dat er prestatie-eisen worden gesteld en geen expliciete eisen aan producten. In de praktijk heeft dit er toe geleid dat veel gemeenten het gebruik van corrosievast stalen spouwankers voorschrijven in de verleende bouwvergunningen. Bij gemeenten die dit niet doen, bestaat de kans dat er nog steeds verzinkte spouwankers worden toegepast, die niet aantoonbaar een levensduur hebben van 50 jaar.

3.1.3 Aanbevelingen

Gezien het toenemende risico dat kopgevels van oude flats bezwijken, moet er snel actie worden ondernomen. Vanuit de Woningwet is de eigenaar van deze flats primair verantwoordelijk. De Woningwet verbiedt het om een bestaand bouwwerk *“in een staat te brengen, te laten komen of te houden”* die niet voldoet aan de eisen die het Bouwbesluit stelt voor bestaande bouw. In de meeste gevallen zullen woningbouwcorporaties of vastgoedondernemingen eigenaar zijn van deze flats. Een klein aantal van deze flats zal particulier eigendom zijn met een Vereniging van Eigenaren. De gemeente heeft vanuit de Woningwet de taak toe te zien op de naleving van dit verbod.



De volgende aanpak ligt daarom voor de hand. Gemeenten inventariseren de betreffende flatgebouwen en brengen vervolgens de eigenaren van de flats op de hoogte van de problematiek en verzoeken hun om de veiligheid van de kopgevels te laten onderzoeken door een deskundige. Met behulp van o.a. endoscopie kunnen de gevels worden onderzocht. Op basis van deze onderzoeksrapportages kunnen verder acties worden ondernomen, in het uiterste geval moet de betreffende gevel volledig worden vervangen.

Uitgaande van de beschouwde incidenten zijn de volgende flatgebouwen volgens de VROM-Inspectie *vooral* risicovol:

- flatgebouwen die in de periode 1945-1980¹ zijn gebouwd, én
- die kopgevels hebben met doorgaand metselwerk, zonder zichtbare betonnen opvangconstructies.

Voor nieuwbouw wordt aanbevolen spouwankers toe te passen die voldoen aan de aanbevelingen uit NEN 6790 artikel 7.4.2. Indien andere spouwankers worden toegepast, moet met een duurzaamheidsonderzoek worden aangetoond dat wordt voldaan aan de referentieperiode.

Richting de NEN-normcommissie wordt voorgesteld om in NEN 6790 de aanbeveling voor het gebruik van roestvast stalen spouwankers op te nemen als formele normtekst.

¹ Hoewel het soort flats vooral gebouwd is in de jaren zestig en zeventig, zijn deze mogelijk ook al eerder gebouwd. Gekozen is daarom voor een periode vanaf 1945. Ook bij flatgebouwen na 1980 kan sprake zijn van een risico als verzinkte spouwankers zijn toegepast. Dit blijkt echter niet uit de beschouwde incidenten.



3.2 Glazen gevels

3.2.1 Korte beschrijving incidenten

Er zijn vier incidenten beschouwd, waarbij glazen gevels zijn bezweken. Hieronder wordt een korte beschrijving gegeven van de incidenten. In bijlage 2 zijn de incidenten uitgebreider beschreven. Voor een toelichting op de genoemde NEN-normen en regelgeving wordt verwezen naar bijlage 1.

Incident E

Van een zestien verdiepingen tellende kantoorgebouw zijn in 2005, 2006 en 2007 glazen gevelpanelen gebroken. Een deel van deze panelen is naar beneden gevallen, waardoor er een veiligheidsrisico ontstond voor passanten aan de voet van het gebouw. Uit onderzoek is gebleken dat de glazen gevelpanelen, nagenoeg zeker, zijn bezweken als gevolg van nikkelsulfide insluitingen (zie toelichting in grijze vlak). Het toegepaste glas heeft geen heat soak test ondergaan. De eigenaar van het gebouw heeft besloten om al het glas te vervangen door gelaagd glas (=veiligheidsglas). De kosten voor het vervangen zijn een veelvoud van de kosten die bij de bouw zijn bespaard door te kiezen voor glas zonder heat soak test.

Nikkelsulfide insluiting

Bij de fabricage van glas kunnen nikkelsulfide-insluitingen in het materiaal ontstaan. Bij thermische gehard (voorgespannen) glas kunnen deze insluitingen tot spontane breuk leiden. Nikkelsulfide-deeltjes komen voor in een stabiel en in instabiel stadium. Bij thermisch gehard glas kunnen instabiele Nikkelsulfide deeltjes zijn ingesloten. Onder invloed van onder andere zonne-energie kan een instabiel deeltje overgaan in stabiel deeltje. Deze overgang gaat gepaard met een volumevergroting van 2 tot 4% wat tot breuk kan leiden door de daarbij optredende spanningen. Veelal wordt hierbij een knalgeluid waargenomen. De breukoorzong zal vaak uit twee zeshoekige delen (de vorm van een vlinder) bestaan. Op de foto is dit duidelijk te zien. De insluiting van het instabiele deeltje zit precies tussen deze twee delen.



Een vuistregel is dat per 240 ton glas er een 20-tal breuken door nikkelsulfide insluiting kan voorkomen. In een kantoorgebouw kan makkelijk 60 ton glas worden toegepast in de gevel, wat dan betekent dat hierbij vijf spontane breuken kunnen optreden.

Om het risico van het spontane breken door nikkelsulfide deeltjes zo laag mogelijk te houden is de Heat Soak Test ontwikkeld. Na de productie wordt hierbij het glas gedurende één of meer uren in een oven verwarmd. Kritisch glas breekt zo veel mogelijk tijdens deze test en niet meer na plaatsing in gebouwen. Tijdsduur en temperatuur kunnen per fabrikant verschillen. Een periode van 8 uur en een temperatuur van 290 °C is bijvoorbeeld een mogelijkheid. Het uitvoeren van de heat soak test moet zorgvuldig gebeuren. In de oven moeten alle glaspanelen de juiste temperatuur ondergaan. Bij een goed uitgevoerde test is er een zekerheid van meer dan 95% dat de glaspanelen met nikkelsulfide insluitingen breken. Het breukrisico is dan een factor 20 kleiner geworden, maar nog niet helemaal uitgesloten. Het uitvoeren van de heat soak test is relatief duur en wordt daarom niet standaard uitgevoerd door producenten.



Incident F

In de glazen gevel van een twaalf verdiepingen tellend kantoorgebouw heeft in 2007 op de zevende verdieping een spontane glasbreuk plaatsgevonden. De gevel is in 1997 aangebracht. Hierbij is glas deels op de straat terecht gekomen. In 2006 heeft een soortgelijk incident plaatsgevonden op de achtste verdieping. Hierna is uit veiligheidsoverwegingen de gevel van het gebouw met daarin de hoofdingang afgezet met een hekwerk.

Uit het onderzoek is gebleken dat beide glasbreuken veroorzaakt zijn door de aanwezigheid van nikkelsulfide-deeltjes in het glas. Volgens de leverancier van het glas heeft het glas een heat soak test ondergaan. Dat in korte tijd twee glaspanelen zijn bezweken, doet vermoeden dat de heat soak test niet goed is uitgevoerd. Of glas daadwerkelijk een heat soak test heeft ondergaan, is niet zichtbaar anders dan via de afleverbonnen. Er is nog niet besloten welke maatregelen er worden genomen bij het betreffende gebouw.

Incident G

In 1997 zijn vijf glazen gevelpanelen bezweken van een kantoorgebouw (bouwjaar 1996). Hierbij zijn stukken glas naar beneden gevallen vanaf de veertiende verdieping. De oorzaak is nikkelsulfide-insluiting. Er is voorgespannen glas toegepast zonder heat soak test. In 1998 zijn drie gevelzijden van het kantoor aan de buitenzijde beplakt met een zelfklevende veiligheidsfolie. Deze voorziening is getroffen, om te voorkomen dat bij het bezwijken van de beglazing brokstukken uit de sponning kunnen vallen. Door middel van beproeving is de veiligheid van deze voorziening aangetoond. Sinds 1998 heeft deze folie zijn nut bewezen. Regelmatig zijn ruiten bezweken en vervangen, zonder dat delen naar beneden zijn gevallen. Bezweken platen dienen tijdig te worden vervangen. Hiertoe wordt de gevel periodiek gecontroleerd. Voorkomen moet worden dat een bezweken paneel in zijn geheel, gebroken, als een schol naar beneden komt. Dit is gevaarlijker dan een onbeplakt glaspaneel dat in kleine stukjes naar beneden komt. De noordgevel is niet beplakt omdat deze gevel grenst aan een plat dak, terwijl de andere gevels grenzen aan voetgangersgebieden. In 2006 is echter een glaspaneel bezweken van de noordgevel op de twaalfde verdieping waarbij toch glas terecht is gekomen op een naastgelegen voetgangersgebied. Hierop is besloten dat alle panelen aan deze gebouwzijde worden vervangen door nieuw glas dat de heat soak test heeft ondergaan. Het vervangen van het glas is voor de aannemer voordeliger dan het beplakken met folie. De betreffende gemeente schrijft het gebruik van glas met heat soak test tegenwoordig voor in bouwvergunningen.

Incident H

In een winkelcentrum is eind 2006 een buitenruit van 9 m² bezweken. Deels is hierbij glas op de grond terecht gekomen. De ruit zat circa tien meter boven het straatniveau. De bezwijkoorzaak is niet definitief vastgesteld, maar waarschijnlijk is dit het gevolg geweest van de storm (windkracht 8). De ruit bestond uit dubbel enkel floatglas van 8 mm dikte. Alleen de buitenruit was bezweken. De binnenruit was blijven zitten. Deze was afgeschermd met een net. Bij een storm begin 2007 is ook deze ruit bezweken en, ondanks het net, tussen het winkelend publiek naar beneden gekomen. De scherven van de binnenruit werden tot 30 meter aan weerszijden van het betreffende pand terug gevonden.

De sterkte van de ruiten zelf voldoet aan NEN 2608, uitgaande van de windbelastingen volgens NEN 6702 op een hoogte van 11 meter. Bij het uitgangspunt om uit te gaan van de stuwdrukwaarde op 11 meter hoogte in bebouwd gebied (=conform NEN 6702 en Bouwbesluit) kunnen vraagtekens worden gezet. Alhoewel deze waarde volgt uit NEN 6702 en de gemeente geen zwaardere waarde kan eisen, is het zeer aannemelijk dat ter plaatse sprake zal zijn van een grotere stuwdrukwaarde. Direct boven de betreffende winkelpassage is namelijk een hoge woontoren van 80 meter hoogte. Verder is boven de passage tussen de gesloten winkelgevels aan weerszijden een schotelvormige gebouw gesitueerd. Ook is de toegang van de passage gelegen op het westen en is voor deze toegang geen bebouwing aanwezig. Voor de



bouwvergunningverlening is een windtunnelonderzoek gedaan om te bepalen of er voor de voetgangers sprake is van windhinder. Hierbij zijn wel de windsnelheden gemeten, maar niet de winddrukken. Omdat de winddruk niet eenduidig kan worden afgeleid uit de gemeten windsnelheden is in opdracht van de gemeente een nieuw windtunnelonderzoek gedaan om ook de winddruk ter plaatse te bepalen. Hieruit is gebleken dat de windbelasting op de gevel lokaal ongeveer twee keer groter is dan de windbelasting die volgt uit NEN 6702.

Naast de hogere windbelasting is verder sprake van een onzorgvuldige uitvoering van de gevel die mogelijk mede debet is aan de ontstane schade. Bij de montage zijn randbeschadigingen ontstaan die onder invloed van zware windbelasting leiden tot volledige breuken en desintegratie van de ruiten. Ook is de constructieve veiligheid van de geveldelen die het glas dragen, nog onvoldoende aangetoond. De gemeente is een handhavingstraject gestart richting de eigenaar.

3.2.2 Beschouwing

Drie van de vier incidenten hebben betrekking op het bezwijken van glas door nikkel-sulfide insluitingen. Hieronder is beredeneerd dat glaspanelen van thermisch gehard (voorgespannen) glas zonder heat soak test niet aantoonbaar voldoet aan het Bouwbesluit voor wat betreft constructieve veiligheid.

De kans dat een individueel glaspaneel, zonder heat soak test bezwijkt is afhankelijk van de afmetingen van het paneel. Uitgaande van de vuistregel dat per 240 ton glas er een 20-tal breuken door nikkelsulfide insluiting kan voorkomen, heeft een glaspaneel van 30 kg² een faalkans van 0,25%. Voor de laagste veiligheidsklasse geldt volgens NEN 6700 een betrouwbaarheidsindex van 3,2 voor belastingen anders dan wind. Het paneel bezwijkt feitelijk door interne fysische belastingen, dus niet door wind. De maximale faalkans hierbij is $6,87 \times 10^{-4}$, dit is 0,07% en is dus veel kleiner dan 0,25%. Hieruit kan worden geconcludeerd dat glas zonder heat soak test niet aantoonbaar voldoet aan NEN 6700 en het gebruik hiervan strijdig is met het Bouwbesluit. Glas met heatsoaktest heeft een 20 x kleinere kans op bezwijken. Voor een glaspaneel van 30 kg betekent dit een faalkans van 0,0125% wat dan wel lager is dan de 0,07% die volgt uit NEN 6700.

Gehard glas met heat soak test kan wel voldoen aan het Bouwbesluit. Probleem hierbij is om aan te tonen dat de heat soak test daadwerkelijk is uitgevoerd bij een bepaalde partij glas en dat dit voldoende nauwkeurig is gedaan. Dit aspect leent zich voor certificering (door een onafhankelijke certificatie-instelling).

Aannemelijk is dat bij andere bestaande gevels waarin gehard glas is toegepast zonder heat soak test ook problemen kunnen optreden. Het probleem is namelijk inherent aan het productieproces van gehard glas. De beschreven drie gevels kunnen daarom als representatief worden beschouwd. Uitgaande van de beschouwde incidenten, blijkt dat nikkelsulfide-problemen zich veelal snel na oplevering van een gebouw openbaren. Aannemelijk is daarom dat gevels die ouder zijn dan 10 jaar en waarbij nooit problemen zijn geweest, ook in de toekomst geen problemen zullen opleveren. De drie beschreven incidenten waren steeds bij kantoorgebouwen. Dit past binnen het beeld dat gehard glas vooral als gevelbekleding is toegepast in kantoren en andere utiliteitsgebouwen.

² Glaspaneel van 1,2 m² en 10 mm dik. Dit is een relatief klein paneel. Bij grotere panelen is de faalkans groter.
VROM-Inspectie Constructieve veiligheid gevels en glazen overkappingen Pagina 14/71



Bij incident H is de problematiek van de windbelasting naar voren gekomen. De wettelijk voorgeschreven windbelasting volgens NEN 6702 kan in bepaalde gevallen te laag zijn. Bij de metalen gevels zijn ook discussiepunten naar voren gekomen met betrekking tot de windbelasting volgens NEN 6720. In paragraaf 3.6.2 en 3.6.3 is dit onderwerp nader behandeld.

Bij incident H bleek ook dat de engineering en uitvoering van de gevel verbetering behoeft.

3.2.3 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om bij nieuwbouw geen gehard glas zonder heat soak test toe te passen. Dit glas voldoet namelijk niet aantoonbaar aan de betrouwbaarheidseisen uit NEN 6700 qua constructieve veiligheid.

Met betrekking tot bestaande gevels waarin gehard glas is toegepast, wordt aanbevolen dat gemeenten deze gevels inventariseren. Uitgaande van beschouwde incidenten kan deze inventarisatie waarschijnlijk beperkt blijven tot gevels die jonger zijn dan 10 jaar. Glazen gevels zijn vooral toegepast in kantoren en andere utiliteitsgebouwen. Gemeenten kunnen vervolgens de eigenaren op de hoogte brengen van de problematiek en hun verzoeken de veiligheid van de gevels te laten onderzoeken door een deskundige. Indien niet kan worden aangetoond dat er gehard glas met heat soak test is toegepast, moeten er mogelijk preventieve voorzieningen worden getroffen voor de veiligheid van passanten onderaan het gebouw. Dit betreft maatwerk.

Aan de producenten van gehard glas wordt voorgesteld een certificeringsregeling op te stellen met betrekking tot de heat soak test. Op basis waarvan certificaten kunnen worden afgegeven waaruit blijkt dat het geharde glas daadwerkelijk een goede heat soak test heeft ondergaan.

Richting de NEN-normcommissie wordt voorgesteld om in NEN 2608 het gebruik van gehard glas met heat soak test voor te schrijven.



3.3 Glazen overkappingen

3.3.1 Korte beschrijving incidenten

Er zijn twee incidenten beschouwd, waarbij glazen overkappingen zijn bezweken. Hieronder wordt een korte beschrijving gegeven van de incidenten. In bijlage 2 zijn de incidenten uitgebreider beschreven. Voor een toelichting op de genoemde NEN-normen en regelgeving wordt verwezen naar bijlage 1.

Incident I

In 1998 is uit een glazen overkapping (bouwjaar 1996) een ruit van 70 kg gevallen. Hierbij is een winkelende mevrouw geraakt die vervolgens in het ziekenhuis moest worden opgenomen. Op de betreffende dag was het warm voorjaarsweer met temperaturen tot 30 °C. De ruiten bestaan uit gelamineerd glas samengesteld uit ongehard glas boven en gehard glas onder met daartussen kunststoffolie. De ruiten waren tweezijdig ondersteund door een staalconstructie. De oorzaak van de glasbreuk was een nikkelsulfide-insluiting in de onderlaag van gehard glas. Of gebruik is gemaakt van glas dat een heat soak test heeft ondergaan, is niet gerapporteerd in het beschikbare onderzoeksrapport. Normaal gesproken had bij breuk van de onderlaag de gehele ruit in de opleggingen moeten blijven hangen via de folie en de bovenruit. Geconstateerd is echter dat door de warmte op die dag de folie was verweekt en hierdoor onvoldoende draagkracht had, waardoor de ruit uiteindelijk uit de sponningen is gevallen. Ook bleek de opleglengte van het glas in de sponningen te variëren van 4 tot 24 mm, terwijl 12 mm was vereist. Hierdoor was het glas onvoldoende ingeklemd om bij breuk in de sponningen te blijven hangen.

Alle ruiten zijn thans voorzien van extra ondersteuning. De ruiten dragen nu vierzijdig. Deze oplossing is in het werk getest. De ruiten blijven ook na breuk in de sponningen hangen.

Incident J

Uit een overkapping van een winkelcentrum zijn in 2006 diverse ruiten bezweken en naar beneden gevallen. Na het eerste incident is onder de overkapping een net opgehangen ter bescherming van het winkelende publiek. De luifelconstructie is deels in 1999 opgeleverd en deels in 2001. Er is gehard glas toegepast. De ruiten hebben geen heat soak test ondergaan. Uit onderzoek is gebleken dat de breuken zeer waarschijnlijk zijn veroorzaakt door nikkelsulfide-insluitingen, maar een glasrandbeschadiging ten gevolge van glas/metaalcontact is evenmin uit te sluiten als gevolg van de montagewijze.

In NEN 3569 zijn eisen vastgelegd voor het toepassen van veiligheidsglas in verschillende situaties. Deze NEN 3569 is echter niet door het Bouwbesluit aangewezen en heeft daarmee alleen een privaatrechtelijke status. De huidige NEN 3569:2001 schrijft voor glazen daken en luifels het gebruik van gelaagd glas veiligheidsklasse B1 voor. Bij de bouw van de luifel is uitgegaan van de oude NEN 3569 waarin nog veiligheidsklasse C (voorgespannen glas) was toegestaan voor deze luifeltoepassing. De eigenaar heeft besloten al het glas te vervangen door gelaagd veiligheidsglas.

3.3.2 Beschouwing

Beide incidenten zijn primair te wijten aan nikkel-sulfide insluitingen. Dit sluit aan bij de beschreven incidenten bij glazen gevels in paragraaf 3.2. In beide gevallen was echter ook de oplegging van het glas in de sponningen voor verbetering vatbaar.

Aannemelijk is dat bij andere bestaande overkappingen waarin gehard glas zonder heat soak test is toegepast ook problemen kunnen optreden. Het probleem is namelijk inherent aan het productieproces van gehard glas. De beschreven twee overkappingen kunnen daarom als representatief worden beschouwd. Uitgaande van de beschouwde incidenten, blijkt dat nikkelsulfide-problemen zich veelal snel



na oplevering van een gebouw openbaren. Het is daarom aannemelijk dat bij overkappingen ouder dan 10 jaar en waarbij nooit problemen zijn geweest, ook in de toekomst geen problemen zullen ontstaan. Opvallend is dat het gebruik van veiligheidsglas in overkappingen niet is voorgeschreven vanuit het Bouwbesluit. Ook is er geen prestatie-eis in het Bouwbesluit opgenomen die de gebruiksveiligheid van glazen overkappingen regelt conform NEN 3569. Het Bouwbesluit regelt alleen de constructieve veiligheid van glas, uitgaande van de voorgeschreven belastingen uit NEN 6702. Hierbij worden incidentele belastingen door bijvoorbeeld vandalisme of ongelukken niet beschouwd.

3.3.3 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om bij nieuwbouw geen gehard glas zonder heat soak test toe te passen. Dit glas voldoet namelijk niet aantoonbaar aan de betrouwbaarheidseisen uit NEN 6700 qua constructieve veiligheid.

Hoewel NEN 3569 niet is voorgeschreven in het Bouwbesluit wordt aanbevolen om in glazen overkappingen bij nieuwbouw alleen nog gelaagd veiligheidsglas toe te passen conform deze norm. Aan het ministerie van VROM wordt voorgesteld na te gaan of via het Bouwbesluit alsnog het gebruik van veiligheidsglas conform NEN 3569 verplicht kan worden gesteld.

Met betrekking tot bestaande overkappingen waarin gehard glas is toegepast, wordt aanbevolen dat gemeenten deze overkappingen inventariseren. Deze inventarisatie kan beperkt blijven tot overkappingen die jonger zijn dan 10 jaar. Gemeenten kunnen vervolgens de eigenaren op de hoogte brengen van de problematiek en hun verzoeken om de veiligheid van de overkapping te laten onderzoeken door een deskundige. Indien niet kan worden aangetoond dat er gehard glas met heat soak test is toegepast, moeten er mogelijk preventieve voorzieningen worden getroffen voor de veiligheid van passanten onder de overkapping. Dit betreft maatwerk.

Aan de producenten van gehard glas wordt voorgesteld een certificeringsregeling op te stellen met betrekking tot de heat soak test. Op basis waarvan certificaten kunnen worden afgegeven waaruit blijkt dat het geharde glas daadwerkelijk een goede heat soak test heeft ondergaan.



3.4 Natuursteen gevels bij bestaande gebouwen

3.4.1 Korte beschrijving incidenten

Er zijn twee incidenten beschouwd, waarbij natuurstenen gevelpanelen zijn bezweken. Hieronder wordt een korte beschrijving gegeven van de incidenten. In bijlage 2 zijn de incidenten uitgebreider beschreven.

Incident K

Van een hotel (1963) zijn in 2005 vier boven elkaar geplaatste zware natuurstenen gevelplaten gevallen op het trottoir. Uit onderzoek is naar voren gekomen dat het doorstapeleffect (dat is ontstaan doordat de voegen dichtgezet zijn met mortel) van de platen de belangrijkste oorzaak is van het bezwijken. De vier bezweken gevelplaten werden oorspronkelijk verticaal gedragen door 7 ankers. Vijf van deze ankers bleken ruim voor het incident al te zijn bezweken. De vier platen hingen feitelijk nog aan 2 ankers. De horizontale voegen tussen de platen waren gevuld met cementmortel. Door de voegvulling hingen de platen niet vrij op hun eigen ankers, maar steunden deels op de daaronder gelegen platen. Hierdoor werden de zeven ankers van de onderste vier platen veel zwaarder belast dan waarvoor zij waren ontworpen. De zeven ankers konden deze extra belasting niet aan en braken. De laatste twee ankers bezweken tijdens het incident. Behalve door het stapeleffect is de belasting op de ankers ook verhoogd door montagefouten. Een aantal ankers ontbraken en bij sommige ankers waren de moeren onvoldoende aangedraaid. In het beschikbare onderzoeksrapport wordt ook de mogelijkheid genoemd dat de sterkte van de ankers in de loop der jaren minder is geworden. Omdat het bezwijken van de ankers volledig kon worden verklaard door de overbelasting van de ankers is dit echter niet verder onderzocht. Het rapport geeft de volgende relevante informatie hierover.

- De ankers zijn gemaakt van een koperlegering. Deze ankers zijn in het algemeen goed bestand tegen gangbare corrosie. Echter onder invloed van ammoniak-oplossingen kan spanningscorrosie optreden. Dit kan leiden tot spontane breuk onder trekspanningen. In de spouw achter de panelen zijn veel vogelnesten en –uitwerpselen gevonden. Aannemelijk is dat hierdoor in de spouw ammoniak-oplossingen aanwezig zijn geweest.
- Door de voegvullingen konden de platen niet los van elkaar bewegen. Vervormingen door temperatuurschommelingen veroorzaakten cyclische krachten op de ankers. Mogelijk heeft dit geleid tot vermoeiing, waardoor de sterkte van de ankers is afgenomen.

Incident L

In 2006 is een grote natuurstenen gevelplaat gevallen uit de gevel (1996) van een winkelwarenhuis. Direct hierna zijn nog zes platen verwijderd, die beschadigingen vertoonden. De oorzaak van het uitvallen van de gevelplaat is niet meer eenduidig vast te stellen. Het betreffende bouwtoezicht gaat er vanuit dat de plaat beschadigd is door glazenwassers en mogelijk ook als gevolg van een evenement waarbij van de gevel is “geabseilt”. De verbindingen waarmee de plaat aan de achterliggende gevel is verankerd, zijn namelijk gevoelig voor stootbelastingen. De verbindingen bestaan uit vier ankerpennen die in de randen van platen zijn aangebracht (pen-gatverbindingen). Er is verder vastgesteld dat een aantal gevelplaten (blauw/grijs kalksteen) verouderingsverschijnselen vertonen. Op deze platen is duidelijk erosie waarneembaar. Om vast te stellen welke invloed de veroudering heeft op de sterkte van de gevelplaten is een gedeelte van de platen die het meest aan weer/wind zijn blootgesteld beproefd. De uiteindelijke resultaten hiervan zijn nog niet bekend. Verder is geconstateerd dat een aantal gevelbevestigingen afwijkt van de tekeningen en berekeningen die zijn aangeleverd aan het betreffende bouwtoezicht. Deze bevestigingen zijn “in het werk opgelost”. De gekozen bevestigingsmanier (platen zijn “gestapeld”) beperkt verder de bewegingsvrijheid van de platen. De veroudering in combinatie met opgebouwde spanningen kan het uitbreken van de verankering veroorzaken. Verder is gebleken dat de ankerpennen waarmee de natuursteenplaten zijn



bevestigd, bij het uitgevallen element minder diep in de natuursteen zijn verankerd dan is aangegeven op tekening.

3.4.2 Beschouwing

De twee beschouwde incidenten zijn beide geheel anders van aard. Het gebouw van incident K is een “ouderwets” gebouw in de zin dat de gevelplaten zijn bevestigd op een manier die nu niet meer wordt toegepast. Terwijl bij het incident L een bevestigingsconstructie is toegepast die nog steeds wordt gebruikt. De beschouwing is daarom opgesplitst in twee beschouwingen.

Beschouwing Incident K

De oorzaak van incident K is volgens het betreffende onderzoeksrapport het zogenaamde doorstapeleffect. De mogelijk spanningscorrosie van de koperlegering ankers is niet nader onderzocht. Interessant is echter om een vergelijking te maken met de incidenten C en D, waarbij koperzinklegering (messing) ankers zijn toegepast. Uit materiaalonderzoek dat hierbij is uitgevoerd volgt wel dat de oorzaak van het bezwijken spanningscorrosie is, naast het ontzinken van de legering. Verondersteld kan daarom worden dat ook bij incident K sprake is geweest van spanningscorrosie.

Incident K kan niet worden beschouwd als losstaand incident. In de jaren vijftig en zestig zijn veel gebouwen (met name kantoren) uitgevoerd met vergelijkbare gevels. De gevel bij incident K kan als representatief worden beschouwd. In de gemeente waar incident K heeft plaatsgevonden gaat het alleen al om tientallen gebouwen. Bij één van deze gebouwen is ook reeds geconstateerd dat de gevelelementen zijn doorgestapeld en zijn maatregelen genomen. Het doorstapelen van de gevelelementen is waarschijnlijk tot in de jaren 80 doorgegaan. Hetzelfde geldt voor het toepassen van ankers van koperlegering. Hierna zijn de gevelelementen veelal afzonderlijk verankerd met toepassing van ankers van roestvast staal.

Door het doorstapelen en/of de aantasting van messing ankers kunnen de betreffende gevels onvoldoende duurzaam bestand zijn tegen de daarop werkende belastingen zoals wind en eigengewicht. Veel van deze gevels voldoen waarschijnlijk thans niet aan het Bouwbesluit. De komende jaren zal de kans dat deze gevels bezwijken alleen maar toenemen.

Beschouwing incident L

Dit incident kent vooral de volgende twee aspecten:

- de duurzaamheid van het natuursteen;
- de verankering van de platen met ankerpennen, die gevoelig is voor stootbelastingen.

De duurzaamheid van natuursteen staat eigenlijk nooit ter discussie. Gemeenten en eigenaren gaan er vanuit dat natuursteen per definitie duurzaam is. Feitelijk geldt dit alleen voor de harde natuursteensoorten zoals graniet. Andere soorten zoals kalksteen en marmer kunnen echter gevoelig zijn voor weersinvloeden. Het kalksteen bij incident L vertoonde na 10 jaar verouderingsverschijnselen en was hierdoor waarschijnlijk niet voldoende duurzaam voor een referentieperiode van 50 jaar volgens NEN 6702.

De verankering met ankerpennen in de randvlakken van de plaat is sinds de jaren tachtig in zwang geraakt. De gevel bij incident L kan wat betreft deze verankering als representatief worden beschouwd voor soortgelijke gevels die vanaf circa 1980 zijn toegepast. Deze verankering is en wordt veelvuldig toegepast en is niet inherent onveilig mits goed gemonteerd. De verankering wordt ontworpen voor het opnemen van statische belastingen. De uitbreekwaarde van een ankerpen uit het natuursteen kan worden bepaald en statisch verwerkt tot een karakteristieke veilige rekenwaarde zoals bedoeld in NEN 6700. Bij de berekening van de gevelplaten hoeft volgens NEN 6702 geen rekening te worden gehouden met stootbelastingen (dynamische belasting), terwijl deze in de praktijk wel incidenteel kunnen voorkomen met name als gevolg van de reiniging van de gevel, maar ook als de gevel wordt gebruikt voor abseilen zoals bij incident K. De penverbindingen blijken juist erg gevoelig te zijn voor (onvoorziene) stootbelastingen. Op



onderstaande foto is dit zichtbaar bij een plaat die op circa 10 meter hoogte zit en die waarschijnlijk is belast door een glazenwasser. De betreffende plaat is zowel aan de boven als onderzijde voorzien van twee ankerpennen. De rechterpennen zijn uit de plaat gestoten naar binnen toe. Mogelijk dat de linkerpennen vervolgens aan de binnenzijde ook uit de plaat zijn gebroken, maar dit is niet zichtbaar. Het vervangen van dit soort platen is een lastig karwei. De kans bestaat dat de bezweken platen niet worden vervangen en uiteindelijk naar beneden komen. Wat ook gebeurt is dat de penverbindingen worden gerepareerd met een kunsthars, in de kleur van het natuursteen. Esthetisch is dit wellicht een aanvaardbare oplossing, maar de vraag is of deze gerepareerde verbinding voldoende sterk is. Vooral bij grotere, relatief dunne natuursteen platen is de kans op schades bij de ankerpennen groot.





3.4.3 Aanbevelingen

Incident K

Gezien het toenemende risico dat natuursteengevels van oude gebouwen bezwijken, moet er snel actie worden ondernomen. Vanuit de Woningwet is de eigenaar van deze gebouwen primair verantwoordelijk. De Woningwet verbiedt het om een bestaand bouwwerk “in een staat te brengen, te laten komen of te houden” die niet voldoet aan de eisen die het Bouwbesluit stelt voor bestaande bouw. De gemeente heeft vanuit de Woningwet de taak toe te zien op de naleving van dit verbod.

De volgende aanpak ligt daarom voor de hand. Gemeenten inventariseren de betreffende gebouwen en brengen de eigenaren van de gebouwen op de hoogte van de problematiek en verzoeken hun om de veiligheid van de gevel te laten onderzoeken door een deskundige. Met behulp van o.a. endoscopie kunnen de gevels goed worden onderzocht. Op basis van deze onderzoeksrapportages kunnen verder acties worden ondernomen, in het uiterste geval moet de betreffende gevel volledig worden vervangen.

Volgens de VROM-Inspectie zijn vooral risicovol:

- gebouwen waarbij de gevelelementen niet afzonderlijk zijn bevestigd, maar onderling gestapeld,
- gebouwen waarbij ankers van koperlegeringen (vooral messing) zijn toegepast.

Aannemelijk is dat deze gebouwen na 1990 niet meer zijn gebouwd. Deze gevels zullen vooral voorkomen bij utiliteitsgebouwen uit de jaren 50 en 60 (wederopbouwperiode).

Incident L

Gevelplaten van natuursteen die zijn gemonteerd met pennen in de zijkanten zijn gevoelig voor beschadigingen als gevolg van incidentele stootbelastingen, zoals door glazenwassers. Aanbevolen wordt dat gemeenten deze gevels inventariseren en vervolgens de eigenaren op de hoogte brengen van de problematiek en hun te verzoeken om de gevels periodiek te controleren op de aanwezigheid van beschadigde penverbindingen (zie foto). De frequentie waarmee dit kan worden gedaan, is afhankelijk van het gebouw en de gevoeligheid van het toegepaste natuursteen.

Indien beschadigingen worden geconstateerd zouden deze snel moeten worden gerepareerd. Hierbij is het reparatie-advies van een deskundige nodig. De reparatie moet duurzaam en constructief veilig worden uitgevoerd. Indien dit niet mogelijk is moeten de platen worden vervangen.

Bij nieuwe gebouwen zou bij het ontwerp van de gevelplaten ook rekening moeten worden gehouden met het optreden van stootbelastingen. Hoewel deze stootbelastingen niet expliciet zijn voorgeschreven in NEN 6702 (Bouwbesluit), voorkomt dit veiligheidsproblemen en reparatiekosten in de toekomst. Dit zal echter wel leiden tot dikkere en dus duurdere platen. Wellicht kan echter ook een dieper ingebrachte pen voldoende zijn.

Gevelplaten van natuursteen anders dan graniet kunnen mogelijk onvoldoende duurzaam zijn voor een referentieperiode van 50 jaar volgens NEN 6702. Een periodieke beoordeling van de gevel op dit aspect ligt daarom ook in de rede. Bij gevels voor nieuwe gebouwen, zou de duurzaamheid van het natuursteen explicieter in beschouwing moeten worden genomen. Dit geldt voor zowel de bouwonderneming als voor de gemeente.



3.5 Natuurstenen gevels nieuwbouw

3.5.1 Korte beschrijving incidenten

Er zijn twee incidenten beschouwd, waarbij natuurstenen gevelpanelen zijn gevallen. Hieronder wordt een korte beschrijving gegeven van de incidenten. In bijlage 2 zijn de incidenten uitgebreider beschreven.

Incident M

Bij een 114 meter hoge kantoortoren zijn tijdens stormen in 2001, 2002 en 2004 diverse grote natuurstenen gevelplaten naar beneden gevallen of los komen te zitten. Het gebouw staat in een druk stadscentrum. Bij de incidenten is niemand gewond geraakt. Het gebouw verkeerde in 2001 en 2002 nog in de afbouwfase. Uit onderzoek is gebleken dat alle schades zijn veroorzaakt door uitvoeringsfouten. Met name ging om de volgende twee uitvoeringsfouten.

1. De platen die naar beneden zijn gevallen waren zogenaamde invulplaten. Deze waren onzorgvuldig gemonteerd.

Montagewijze invulplaten

Na het monteren van de standaard platen blijven in een gevelvlak lege plaatsen over. Bijvoorbeeld op de plaatsen waar de bouwkraan was verankerd. Hier moet dan achteraf nog een invulplaat worden aangebracht. Rondom deze invulplaat zijn de andere gevelplaten dan al aangebracht, wat de montage van de invulplaat bemoeilijkt. Iedere plaat wordt standaard vastgezet met vier ankerpennen. Deze pennen verdwijnen in de randen van de plaat waarin vooraf gaten zijn aangebracht (pen/gatverbinding). Aan de achterconstructie zijn daartoe roestvast stalen ankers aangebracht met daarop de ankerpennen. Het monteren van de platen gaat eenvoudig als boven de te monteren plaat nog geen plaat aanwezig is. Bij de invulplaten is echter aan de bovenzijde wel al een plaat aanwezig. De ankerpennen aan de bovenzijde worden eerst omhoog geschoven in de plaat erboven waarna ze, na plaatsing van de invulplaat, met een stuk gereedschap in de gaten van de invulplaat worden geschoven. Het is hierbij moeilijk te zien of een pen voldoende diep in het gat zit. Alleen ervaren gevelmonteurs kunnen deze invulplaten goed monteren. Bij onzorgvuldige montage kan de pen dus geheel of gedeeltelijk niet in de invulplaat komen. Dit bleek bij een aantal invulplaten het geval te zijn, die vervolgens naar beneden zijn gevallen.

2. De ankers waarmee de platen zijn verbonden met de achtergelegen gevel bestaan uit twee delen, die verbonden zijn met inbusbouten. Bij de montage moeten deze bouten voldoende worden aangedraaid. Bij een aantal platen was dit echter niet gebeurd. Deze platen zijn vervolgens losgeraakt.

Na de incidenten uit 2001 en 2002 is door een deskundige een betrouwbaarheidsanalyse (probabilistische methode) uitgevoerd op basis van de uitgangspunten van NEN 6700. Hierbij zijn alle factoren die invloed hebben op de betrouwbaarheid van de bevestiging van de gevelplaten gekwantificeerd. Naast de gebruikelijke factoren als belastingen en sterkte van de materialen, is ook de betrouwbaarheid van de montage gekwantificeerd. Aan de hand van deze gedetailleerde analyse zijn "risicovolle" platen geïdentificeerd die vervolgens zijn vastgezet met extra ankers. Nadat in 2004 weer een (invul)plaat naar beneden is gekomen, is besloten om alle platen nauwgezet te controleren en niet alleen af te gaan op de (theoretische) betrouwbaarheidsanalyse. Naar aanleiding hiervan zijn nog een aantal platen gevonden die aanvullende verankering behoeften.

Bij het opstellen van de genoemde betrouwbaarheidsanalyse zijn twee punten benoemd die niet goed of niet logisch zijn in NEN 6702. Deze twee punten hebben echter geen relatie met de oorzaak van het falen van de gevelelementen (montagefouten).

- Volgens artikel 5.1.3 van NEN 6702 mag men voor lichte gevelelementen (< 200 kg) uitgaan van de laagste veiligheidsklasse 1. Uit de achterliggende norm NEN 6700 kan echter worden opgemaakt dat de betreffende gevels moeten voldoen aan veiligheidsklasse 3 omdat bij bezwijken van de gevelplaten de kans op levensgevaar groot is. De granieten platen van het betreffende gebouw wegen maximaal 136 kg.



- Voor de bepaling van de windbelasting op de gevelplaten, geeft NEN 6702 voor de overdruk in de spouw geen expliciete waarden. Dit speelt vooral bij de gevelplaten dicht bij de randen van een gebouw. Hier kan tegelijk onderdruk aan de buitenzijde en overdruk in de spouw optreden. In het betreffende gebouw is uiteindelijk de spouw ter plaatse van de hoeken dichtgezet met een zogenaamde cavity breaker, die voorkomt dat er in de spouw overdruk ontstaat.

Incident N

Bij een net opgeleverde woontoren is in 2007 geconstateerd dat twee boven elkaar gelegen natuurstenen gevelplaten verplaatst zijn uit het gevelvlak. Het betreft platen die zijn bevestigd op 30 meter hoge buitenkolommen ter plaatse van de entree. Rondom de kolommen is direct het gebied afgesloten. De grote loszittende platen zijn verwijderd.

Iedere gevelplaat is op vier punten vastgemaakt aan de achterconstructie, De verbindingen bestaan uit ankerbouten, die vastzitten in het beton, waarop een ankerschoen is gemonteerd door middel van een moer, geribde volplaat en bijbehorend ring. Op de ankerschoen zit een voetje waar doorheen een pen steekt, zowel naar boven als beneden. Bij het monteren worden de platen op dit voetje gezet. De pen verdwijnt in de natuursteenplaat. Hiertoe zijn in de plaat aan de kopse kanten ronde gatten geboord. Bij deze pen-gat verbinding wordt lijm toegepast. De bovenste twee verbindingen zijn uitgevoerd met een verticale glijverstijfing, die het mogelijk maken dat iedere gevelplaat in verticale richting 1 mm vrij kan bewegen ten opzichte van de bovengelegen plaat. De platen worden successievelijk boven elkaar geplaatst. Probleem bij het monteren zijn de zogenaamde invulplaten, zie kader bij incident M. De bovenste plaat van de twee platen die bij deze case uit het vlak van de gevel zijn verplaatst, was een invulplaat. De moeren van de ankers bleken hierbij niet vastgezet. Het monteren van de pasplaat gaat hierdoor makkelijker. Door wisselende windbelasting is de moer waarschijnlijk verder los komen te zitten en afgedraaid van het draadeind. Vervolgens is de ankerschoen naar voren geschoven, waarna de plaat is gekanteld.

Uit het beschikbare onderzoeksrapport volgt verder dat bewegingsvrijheid van circa zeventig platen minder bleek te zijn dan 1 mm, die nodig was volgens het ontwerp. Deze platen zijn gedemonteerd en afgeslepen.

3.5.2 Beschouwing

Uit beide incidenten volgt dat het monteren van de zware natuurstenen gevelelementen (circa 100 kg per stuk) een lastig karwei is. Met name het aanbrengen van de invulplaten is gevoelig voor montagefouten. Montageploegen zijn op grote hoogte bezig, waardoor extern toezicht slechts incidenteel mogelijk is. Een goede interne kwaliteitsbewaking van de gevelbouwer is daarom noodzakelijk.

Verder blijkt uit incident N dat door ontwerpers uitgegaan wordt van niet realistische maten. Het ontwerp bij deze gevel was zo dat iedere gevel nog 1 mm (nominale maat) had om vrij te kunnen bewegen. Omdat in de bouw een maattolerantie van +/- 1mm al moeilijk realiseerbaar is, is een nominale ontwerpmaat van 1 mm vragen om problemen.

Voor wat betreft de opmerkingen over NEN 6702 bij incident M is er door de betreffende NEN-normcommissie al actie genomen.

- In de NEN 6702:2007 die binnenkort wordt gepubliceerd is het gewichtscriterium verlaagd van 200 naar 100 kg. Verder is de NEN-normcommissie bezig met het beantwoorden van de vraag van de Onderzoeksraad voor Veiligheid (zie OVV-rapport) over het plaatsgebonden risico van vallende gevelplaten.
- In de huidige NEN 6702:2005 is de mogelijke overdruk in de spouw geregeld met een drukvereffeningscoëfficiënt (1,3) in paragraaf 8.6.5.2.



3.5.3 Aanbevelingen

Richting de gevelbouwers wordt aanbevolen meer te doen aan interne kwaliteitsbewaking teneinde te voorkomen dat gevelplaten niet goed worden gemonteerd. Het monteren van gevelelementen kan mogelijk worden gecertificeerd. Hiertoe dient dan eerst een beoordelingsrichtlijn (BRL) te worden opgesteld op initiatief van de branche. Op basis van deze BRL kunnen dan door een erkende certificatie-instelling KOMO-procescertificaten worden afgegeven.

Richting de ontwerpers/constructeurs van gevels wordt voorgesteld om bij het ontwerp meer aandacht te besteden aan de detaillering van de voegen en ankers. De gevelplaten moeten voldoende bewegingsvrijheid hebben ten opzichte van elkaar. Verder wordt verwezen naar de voorstellen bij 3.4.3 (rekeninghouden met incidentele stootbelastingen en met de duurzaamheid van het gebruikte soort natuursteen).



3.6 Metalen gevels

3.6.1 Korte beschrijving incidenten

Er zijn twee incidenten beschouwd, waarbij metalen gevelpanelen zijn bezweken. Hieronder wordt een korte beschrijving gegeven van de incidenten. In bijlage 2 zijn de incidenten uitgebreider beschreven.

Incident O

In 2007 zijn tijdens een storm verschillende delen van de metalengevel van een kantoorgebouw (2005) losgeraakt dan wel ontzet. Delen hiervan zijn naar beneden gevallen. Uit veiligheidsoverwegingen is direct de directe omgeving van het pand afgezet. Uit het beschikbare onderzoeksrapport volgt dat de schade in hoofdzaak is ontstaan door uitvoeringsfouten. Deels ontbraken de bevestigingen van de gevelelementen aan de achterliggende constructie. Op de bouwplaats zijn aansluitingen door de uitvoering zelf nader uitgewerkt op basis van eigen inzicht zonder inbreng van een constructeur. Niet alle aansluitingsdetails waren vooraf ontworpen en berekend.

In het beschikbare onderzoeksrapport wordt verder geconcludeerd dat het gebruikte soort verbindingen deels ook onvoldoende sterk is. De oorspronkelijke berekening van de producent zijn pas beschikbaar gekomen na het incident. Uit deze berekeningen volgt dat de gevelbouwer de voorgeschreven eisen uit NEN 6702 minimaal heeft geïnterpreteerd terwijl het onderzoeksrapport is uitgegaan van een conservatieve uitleg. Hierdoor is de windbelasting waarmee in het onderzoeksrapport wordt gerekend circa twee keer hoger dan waarmee de gevelbouwer heeft gerekend. Dit wordt veroorzaakt door de volgende verschillen:

- de gevelbouwer gaat niet uit van een mogelijke overdruk achter de gevelbeplating;
- De gevelbouwer reduceert ten onrechte de windbelasting voor de referentieperiode van 15 jaar;
- De gevelbouwer gaat uit van veiligheidsklasse 1 en het onderzoeksrapport van klasse 2;
- De gevelbouwer gaat uit van bebouwd gebied en het onderzoeksrapport onbebouwd gebied.

Incident P

Bij een tachtig meter hoog kantoorgebouw in aanbouw zijn in 2002 bij een storm meerdere gevelelementen afgewaaid. Een deel van schade kwam doordat de gevel nog deels open was, waardoor een grotere windbelasting op de gevelelementen kon werken dan in de gereede toestand. Naast de gebruikelijke windzuiging aan de buitenkant kon nu namelijk ook winddruk aan de binnenkant ontstaan. Nadat alle gevelelementen waren aangebracht, was er geen risico meer voor deze overbelasting. De technische ruimtes op de bovenste bouwlagen blijven ook in de definitieve eindfase aan de bovenzijde open (ontbreken dakvlak). De gevelelementen hiervan waren in het oorspronkelijk ontwerp feitelijk niet goed gedimensioneerd en zijn daarom verzwagd.

Verder is ook schade ontstaan aan de geveldelen die wel volledig waren gemonteerd. Door windzuiging zijn de platen bol gaan staan en vervolgens uit de opvangprofielen gewaaid. De insteek in de opvangprofielen bleek achteraf te klein. De gevelplaten zijn vervolgens met schroeven extra geborgd in de opvangprofielen. Uit het onderzoeksrapport (van de gevelleverancier) wordt ook een andere mogelijke oorzaak genoemd. Mogelijk zijn er hogere windbelastingen opgetreden dan die volgen uit NEN 6702 en waarmee is gerekend. Het gebouw heeft een ellipsvorm. Aannemelijk is dat bij deze vorm hogere lokale windzuigingen optreden dan die volgen uit NEN 6702. Ook de naastgelegen hoge bebouwing kan leiden tot hogere windbelastingen. Dit is in het beschikbare dossier niet verder beschouwd. Bij het oorspronkelijk ontwerp is uitgegaan van veiligheidsklasse 1 volgens NEN 6702. Dit is toegestaan omdat het gewicht van de gevelbeplating gering is. Bij dimensionering van de extra borgingen, na het incident, is voor de zekerheid echter uitgegaan van de (hoogste) veiligheidsklasse 3.



3.6.2 Beschouwing

Beide incidenten hebben plaatsgevonden bij kantoorgebouwen. Metalen gevelbekleding wordt voornamelijk toegepast bij kantoorgebouwen en andere utiliteitsgebouwen. De twee beschouwde gebouwen kunnen als representatief worden beschouwd voor de wijze waarop metalen gevels in Nederland worden toegepast.

Bij de twee incidenten zijn de volgens aspecten te onderscheiden.

Uitvoeringsfouten

Op de bouwplaats worden door gevelmonteurs oplossingen gemaakt voor aansluit- en bevestigingsdetails die vooraf niet zijn berekend. Het ontwerp van de gevel geeft meestal de algemene bevestigingen en laat de detailoplossingen soms blijkbaar over aan de mensen op de bouwplaats.

Ontwerp

De gevelleveranciers gaan bij hun ontwerp uit van standaardberekeningen die zijn gebaseerd op de minimale eisen volgens NEN 6702. Als het gebouw afwijkend is van vorm (ellipsvormig) of deels open blijft aan de bovenzijde, worden deze berekeningen blijkbaar niet specifiek gemaakt. Het aanleveren van gevelberekeningen bij gemeenten wordt niet altijd gedaan. Bij het toezicht door gemeenten wordt dit blijkbaar niet alsnog gevraagd.

Belastingen in de bouwfases

De windbelasting die tijdens de bouwphase kan optreden op gevelelementen, kan groter zijn dan die in de gereede toestand van het gebouw. De belastingen die tijdens de bouwphase kunnen optreden, worden wel genoemd in NEN 6702 (paragraaf 11), maar dit deel van NEN 6702 is niet aangewezen in het Bouwbesluit. Wel geldt artikel 4.8 lid 1 van de bouwverordening, dat regelt dat het bouwen op een veilige wijze moet geschieden.

Windbelastingen volgens NEN 6702

De locale windfactoren die staan in NEN 6702 zijn niet van toepassing op gebouwen met een ellipsvorm. Dit volgt expliciet uit de toelichting bij artikel 8.6.4 van NEN 6702. De randzones waarbij hogere lokale windzuigingen kunnen optreden zijn bij ellipsvormige gebouwen groter dan bij rechthoekige gebouwen. Mogelijk moet zelfs voor het gehele gebouw worden uitgegaan van een hogere windzuiging.

Ook de negatieve invloed van de omringende gebouwen is niet meegenomen in NEN 6702. Opgemerkt wordt dat dit bij incident P waarschijnlijk geen rol heeft gespeeld omdat dit een hoog gebouw was. Dit speelt vooral bij lage gebouwen naast hogere gebouwen zoals bij incident H, waarbij uit windtunnelonderzoek is gebleken dat de optredende windbelasting lokaal ongeveer twee hoger is dan de windbelasting die volgt uit NEN 6702. .

Uit incident O blijkt dat NEN 6702 voor de bepaling van de windbelasting zowel minimalistisch kan worden beschouwd als conservatief. Zolang de minimalistische methode voldoet is dit natuurlijk akkoord vanuit het Bouwbesluit. De vraag is echter of dit altijd zo helder ligt bij gevelelementen. De grenzen waarbinnen gerekend mag worden met NEN 6702 moeten voldoende duidelijk zijn. Deskundige onafhankelijke adviseurs zullen in het algemeen hier goed mee omgaan en een conservatieve uitleg geven van NEN 6702 of anders overgaan op het uitvoeren van een windtunnelonderzoek. Leveranciers zullen echter geneigd zijn om de NEN 6702 zodanig te interpreteren dat er een goedkope en dus concurrerende gevel kan worden geleverd.



Verduidelijking van de NEN 6702 lijkt op zijn plaats. Door diverse deskundigen is eerder gewezen op de tekortkomingen van NEN 6702 met betrekking tot de berekening van gevels op windbelastingen³. Hierbij wordt gepleit voor het opstellen van aparte regelgeving voor gevels, waarbij de vergelijking wordt gemaakt met de norm NEN 6707 en NPR 6707 voor de bevestiging van dakbedekkingen.

3.6.3 Aanbevelingen

Richting bouwers/gevelleveranciers wordt aanbevolen om de engineering van de gevels te verbeteren. Per project moeten berekeningen worden gemaakt waarbij rekening wordt gehouden met de specifieke kenmerken van het gebouw. Niet alleen de meest voorkomende aansluit- en bevestigingsdetails moeten worden berekend, maar ook de uitzonderingen.

Richting de NEN-normcommissie wordt voorgesteld om na te gaan of NEN 6702 voldoende duidelijk is met betrekking tot de berekening van gevels. Indien dit niet het geval is, moet worden overwogen om NEN 6702 te verduidelijken. Indien daar vanuit de bouwwereld voldoende draagvlak voor is kan ook een aparte norm voor gevelbekleding in de rede liggen.

Uitgaande van de twee beschouwde gevels is het aannemelijk dat nog meer metalen gevels van vooral kantoorgebouwen niet volledig goed zijn ontworpen en/of zijn uitgevoerd. De vraag is echter of er voldoende grond is voor een grootschalig onderzoek naar de bestaande gevels. Hierbij komt dat het achteraf nagaan of een bestaande gevel volledig veilig is, kostbaar en tijdrovend is. Bij de twee beschouwde gevels hebben de problemen zich al zeer snel geopenbaard (tijdens de bouw en direct na de oplevering). De kans dat een bestaande metalen gevel, die in de praktijk al menige harde wind/storm, heeft doorstaan alsnog bezwijkt als gevolg van ontwerp- of uitvoeringsfouten is natuurlijk altijd aanwezig. Het systematisch op zoek gaan naar dit soort gevels lijkt de VROM-Inspectie op dit moment echter disproportioneel.

.

³ Bouwen met staal 195 (2007) door dr.ir. C.P.W. Geurts en ir. C.A. van Bentum
Cobouw 185 (2006) door ir. R.J. Holthuijsen.
Bouwwereld nr. 4 (2004) door dr.ir. N.P.M. Scholten



3.7 Gelijmde gevels

3.7.1 Korte beschrijving incidenten

Er zijn twee incidenten beschouwd, waarbij gelijmde geveldelen zijn bezweken. Hieronder wordt een korte beschrijving gegeven van de incidenten. In bijlage 2 zijn de incidenten uitgebreider beschreven.

Incident Q

In 2006 zijn diverse geveltegels gevallen van een recent opgeleverd woongebouw. De natuursteentegels zijn verlijmd op een steenachtige onderconstructie met twee-componentenlijm. Deze lijm is volgens de leverancier speciaal ontwikkeld en geschikt voor deze toepassingen. Aanvullend op de lijmverbinding is in het ontwerp uitgegaan van een extra borging in de vorm van een stalen verankering, die om de laag vanaf 2,5 meter boven maaiveld moet zijn aangebracht. De betreffende gemeente eist bij gelijmde gevelbeplating altijd een extra borging (tweede draagweg) omdat volgens haar van lijmverbindingen niet kan worden aangetoond dat de duurzaamheid ten minste 50 jaar is. Er zijn alleen tegels losgekomen die gelijmd zijn op prefab betonelementen (het grootste deel van de tegels is verlijmd op metselwerk). Gebleken is dat ter plaatse van dit prefab beton, niet de genoemde extra borging was aangebracht. Ook bleek de lijm niet volledig dekkend te zijn aangebracht. Verder heeft een rol gespeeld dat de tegels zeer warm kunnen worden. De tegels zijn zwart en zitten op de zuid-westgevel. Bij het losraken van de tegels was het warm zomerweer. De lijm is hierdoor los gekomen van de ondergrond. Tijdens de bouw is besloten om de extra borging niet aan te brengen ter plaatse van het prefab beton. De angst bestond namelijk dat door het boren de aanwezige voorspanningwapening in het beton zou worden beschadigd. De wijziging van het ontwerp is door de aannemer niet voorgelegd aan de gemeente ter goedkeuring. Achteraf bleek dat er wel degelijk in het prefab beton kon worden geboord op door de leveranciers aangegeven locaties. De oorzaak van het incident is geen overbelasting geweest. De lijm bleek al niet voldoende om het eigengewicht van de tegels te dragen. De lijm was niet volledig aangebracht en bleek bij hoge temperaturen onvoldoende te hechten. Er was geen sprake van veroudering van de lijm, het incident vond namelijk vrijwel direct na oplevering plaats.

Incident R

Tijdens een storm begin 2007 zijn van een kantoorgebouw (1997) tegels losgekomen en naar beneden gevallen. Daarna zijn beveiligingsmaatregelen getroffen ter voorkoming van persoonlijk letsel door vallende tegels. Hierna zijn in 2007 opnieuw tegels naar beneden gevallen zonder aanwijsbare oorzaak. De gevels van het gebouw hebben een buitenschil van mechanisch bevestigde PGVC-elementen (Polymeergemodificeerd Glasvezel Versterkt Cement). Op deze elementen zijn tegels gelijmd in de fabriek. Al bij de bouw zijn er problemen geweest met de verlijming. De in tweede instantie gekozen verlijmmethode vroeg om een nauwgezette montage. Bij de oplevering is geconstateerd dat de hechtsterkte van de tegels niet voldeed aan de gestelde eisen. Hierna zijn de tegels op locatie beproefd en alsnog akkoord bevonden. Naar aanleiding van de twee schadegevallen in 2007 wordt gesteld dat de verlijming van tegels mogelijk onbetrouwbaar is. Er vindt nog nader onderzoek plaats naar de oorzaak van de schade en naar de herstelmogelijkheden.

3.7.2 Beschouwing

De beschouwde incidenten geven aan dat met name de verwerking van de lijm gevoelig is voor fouten.. Verder blijkt dat de betrouwbaarheid van de sterkte van lijmverbindingen conform NEN 6700 nog onvoldoende vooraf kan worden aangetoond, mede als gevolg van de kwaliteit van de verwerking in de bouwpraktijk. Uit gespreken met medewerkers van gemeentelijke bouwtoezichten, is naar voren gekomen dat geen enkele lijmleverancier rapporten kan overleggen waaruit klip en klaar blijkt dat de lijm ten minste 50 jaar duurzaam is. Gemeenten vragen daarom vaak naast de lijmverbinding ook een mechanische



bevestiging als tweede draagweg. Samen met de mechanische verbindingen is een gelijmd gevelelementen wel duurzaam bevestigd voor 50 jaar⁴. De duurzaamheid van lijmverbindingen kan worden bepaald met verouderingsproeven. In beoordelingsrichtlijn BRL 4101/7 “lijm voor de bevestiging van gevelbeplating”, worden verouderingsproeven gegeven. De vertaling van deze verouderingsproeven naar een referentieperiode van 50 jaar zoals bedoeld in NEN 6700 is echter lastig te maken. De betreffende BRL 4101/7 wordt op dit moment herzien met name voor wat betreft dit aspect⁵.

3.7.3 Aanbevelingen

Richting de gevelbranche wordt aanbevolen om de duurzaamheid conform NEN 6700 van lijmverbindingen beter inzichtelijk te maken. Verder moeten er voor verwerking van de lijm heldere verwerkingsinstructies komen. Indien de verwerking gevoelig is voor fouten, moet er sprake zijn van een goede interne kwaliteitsbewaking.

Richting gemeenten wordt voorgesteld om de duurzaamheid van gelijmde verbindingen in het kader van bouwvergunningaanvragen goed te beoordelen. Indien hiervoor geen afdoende bewijs kan worden overlegd door de bouwer, moet een tweede draagweg worden geëist.

Met betrekking tot bestaande gelijmde gevels wordt aanbevolen dat gemeenten deze gevels inventariseren. Eigenaren kunnen vervolgens op de hoogte worden gebracht van de problematiek door de gemeente. De maatregelen die vervolgens moeten worden genomen, zijn maatwerk. Gedacht kan worden aan een periodieke inspectie van de gevel door een deskundige.

⁴ Een andere mogelijkheid wordt gegeven in de toelichting van artikel 5.1.1 van NEN 6700. Dit betreft de mogelijkheid dat tijdens de referentieperiode de gevel regelmatig kan worden geïnspecteerd en zonodig hersteld, zodat gedurende de gehele referentieperiode steeds de faalkans van de gevel onder de geëiste grenswaarde blijft (zie paragraaf 5.4.3 van dit rapport). Het lastige hierbij is dat er afspraken gemaakt/vastgelegd moeten worden over deze periodieke inspecties en onderhoud. Omdat gebouwen vaak van eigenaar wisselen, is dit moeilijk. Ook het gemeentelijke bouwtoezicht moet alert blijven op de naleving van deze afspraken. De VROM-Inspectie heeft geen voorbeelden boven water gekregen waarbij deze aanpak is gehanteerd en raad deze aanpak af. Onduidelijk is hoe gemeenten deze afspraken publiekrechtelijk kunnen vastleggen, binnen de huidige bouwregelgeving.

⁵ Bij deze herziening van BRL 4101/7 wil men gebruik gemaakt van bij de vorige voetnoot genoemde mogelijkheid van periodieke inspecties. Binnen de betreffende BRL-commissie is hierover echter nog geen consensus.



4 Conclusies en aanbevelingen

Uit het onderzoek komt naar voren dat de oorzaak van de incidenten divers is. Ieder van de onderzochte type constructies kent zijn specifieke problemen. Per type constructie zijn echter concrete verbeteracties mogelijk voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw.

Bestaande bouw

De conclusies met betrekking tot de bestaande gebouwen staan in de onderstaande tabel. De aanbevelingen richten zich primair tot de eigenaren van de betreffende gebouwen. De verantwoordelijkheid voor de constructieve veiligheid van bestaande gebouwen ligt namelijk bij de eigenaar van het betreffende gebouw. Dit volgt uit de Woningwet, die voorschrijft dat het verboden is om een bestaand bouwwerk in een staat te brengen, te laten komen of te houden die niet voldoet aan de eisen die het Bouwbesluit stelt voor bestaande bouw. De gemeente heeft vanuit de Woningwet de taak toe te zien op de naleving van dit verbod. Zoals in de tabel staat, wordt gemeenten steeds aanbevolen om de betreffende gevels/overkappingen te inventariseren en vervolgens de eigenaren te verzoeken een onderzoek in te stellen.

	Conclusie	Aanbeveling
1	Kopgevels van metselwerk kunnen bezwijken bij windbelasting als gevolg van aantasting spouwankers. De volgende flatgebouwen zijn vooral risicovol: <ul style="list-style-type: none">• gebouwd in de periode 1945-1980, <i>én</i>• die kopgevels hebben met doorgaand metselwerk, zonder zichtbare betonnen opvangconstructies	Eigenaar: Onderzoek van de kopgevels door een deskundige en renovatie van de gevels indien noodzakelijk. Gemeente: Inventarisatie van de betreffende flats en eigenaren verzoeken een onderzoek uit te laten voeren
2	Gevels en overkappingen van gehard glas (zonder heat soak test) kunnen spontaan bezwijken als gevolg van nikkelsulfide insluitingen. Dit kan vooral optreden bij relatief jonge gebouwen (< 10 jaar). Voor wat betreft de gevels gaat het vooral om kantoorgebouwen en andere utiliteitsgebouwen.	Eigenaar: Onderzoek van de gevel/overkapping door een deskundige en treffen voorzieningen indien noodzakelijk Gemeente: Inventarisatie van de betreffende gevels/overkappingen en eigenaren verzoeken een onderzoek uit te laten voeren.
3	Natuursteen gevels van relatief oude gebouwen (1945-1990) kunnen spontaan bezwijken als gevolg van het doorstapelen van de gevelementen en/of door het aantasten van de koperlegering ankers. Het betreft vooral kantoor- en andere utiliteitsgebouwen.	Eigenaar: Onderzoek van de gevels door een deskundige en renovatie van de gevels indien noodzakelijk. Gemeente: Inventarisatie van de betreffende gevels en eigenaren verzoeken een onderzoek uit te laten voeren.
4	Natuursteen gevels van relatief jonge gebouwen (>1980) kunnen bezwijken als gevolg van stootbelastingen op de gevel, zoals door gevelreiniging. Het betreft vooral kantoor- en andere utiliteitsgebouwen	Eigenaar: Periodieke inspectie van de gevels en treffen voorzieningen indien noodzakelijk Gemeente: Inventarisatie van de betreffende gevels en eigenaren verzoeken een periodiek onderzoek uit te laten voeren.
5	Gelijmde gevels kunnen spontaan bezwijken als gevolg van slecht aangebrachte of verouderde lijmverbindingen.	Eigenaar: Periodieke inspectie van de gevels en treffen voorzieningen indien noodzakelijk Gemeente: Inventarisatie van de betreffende gevels en eigenaren verzoeken een periodiek onderzoek uit te laten voeren.



Hoewel alle conclusies en aanbevelingen dringend aandacht behoeven van de betrokken partijen, is volgens de VROM-Inspectie de problematiek genoemd onder punt 1 het meest urgent. Het opnieuw bezwijken van een kopgevel van een oud flatgebouw is namelijk, zeer waarschijnlijk bij de eerste volgende zware stormen eind 2007/begin 2008. Zoals gezien kan worden op de foto op pagina 9 kan hierbij een groot oppervlak aan metselwerk naar beneden komen en is de kans op slachtoffers groot. De VROM-Inspectie roept daarom vooral voor dit punt de eigenaren en gemeenten op om nog in 2007 in actie te komen.

Nieuwbouw

De conclusies met betrekking tot nieuwbouw staan in de onderstaande tabel. De aanbevelingen richten zich primair tot de bouwondernemers, leveranciers/producenten en ontwerpers van de gevels/overkappingen van de betreffende gebouwen. De verantwoordelijkheid voor de constructieve veiligheid van nieuw te bouwen bouwwerken en ligt namelijk primair bij deze partijen. Dit volgt uit de Woningwet, die stelt dat het verboden is om een bouwwerk te bouwen dat niet voldoet aan de eisen uit het Bouwbesluit die gelden voor nieuwbouw. De gemeente heeft vanuit de Woningwet de taak toe te zien op de naleving van dit verbod. Daarnaast zijn een aantal aanbevelingen gedaan richting VROM en NEN voor wat betreft regelgeving respectievelijk normen.

	Conclusie	Aanbeveling
6	Verzinkte spouwankers voor metselwerkgevels zijn onvoldoende duurzaam qua constructieve veiligheid.	Bouwers: Spouwankers toepassen die voldoen aan de aanbevelingen uit NEN 6790 artikel 7.4.2 Gemeente: Erop toezien dat duurzame spouwankers worden toegepast. NEN: eisen opnemen in NEN 6790 voor wat betreft duurzaamheid van spouwankers.
7	Gehard glas zonder heat soak test is onvoldoende duurzaam qua constructieve veiligheid in gevels en overkappingen .	Bouwers: Alleen gehard glas met heat soak test toepassen. Leveranciers/producenten: Certificeringsregeling opstellen op basis waarvan certificaten kunnen worden afgegeven waaruit blijkt dat het geleverde glas daadwerkelijk een goede heat soak test heeft ondergaan. Gemeente: Erop toezien dat alleen gehard glas met heat soak test wordt toegepast. NEN: eisen opnemen in NEN 2608 voor wat betreft de duurzaamheid van gehard glas.
8	Het toepassen van veiligheidsglas in glazen overkappingen is niet wettelijk geregeld in het Bouwbesluit.	VROM: Nagaan of het gebruik van veiligheidsglas conform NEN 3569 alsnog in het Bouwbesluit kan worden verplicht voor glazen overkappingen.
9	<ul style="list-style-type: none"> • Bij het ontwerp van natuurstenen gevels wordt geen rekening gehouden met incidentele stootbelastingen door bijvoorbeeld gevelreiniging. De pengatverbindingen die bij deze gevels worden toegepast zijn juist erg gevoelig voor stootbelastingen. • Bij ontwerp van natuurstenen gevels wordt onvoldoende rekening gehouden met de noodzakelijke bewegingsvrijheid van de afzonderlijke gevelplaten. De detaillering van voegen en ankers moet hierop af zijn gestemd. 	Ontwerpers of leveranciers: bij het ontwerp rekening houden met incidentele stootbelastingen en noodzakelijke bewegingsvrijheid van de afzonderlijke gevelplaten. Gemeente: Het ontwerp van de gevel toetsen
10	Er wordt in de bouwpraktijk vanuit gegaan dat alle soorten natuursteen inherent duurzaam zijn. Dit blijkt voor bepaalde soorten kalksteen/marmer waarschijnlijk niet zo te zijn.	Bouwers: alleen natuursteen toepassen dat minimaal voldoet qua duurzaamheid voor een referentieperiode van 50 jaar conform NEN 6700. Gemeente: Erop toezien dat alleen duurzaam natuursteen wordt toegepast.
11	Het monteren van de (zware) natuursteengevelplaten wordt niet goed/zorgvuldig gedaan. Vooral het aanbrengen van de zogenaamde invulplaten is gevoelig voor montagefouten.	Bouwers: het verbeteren van de interne kwaliteitsbewaking teneinde te voorkomen dat platen niet goed worden gemonteerd en uiteindelijk naar beneden kunnen vallen. Mogelijk kan op initiatief van de branche hiervoor een KOMO-



		procescertificeringsregeling worden opgesteld. Gemeente: Bij het bouwplaatstoezicht ook aandacht besteden aan de montage van de gevelplaten.
12	Het ontwerp van metalengevels wordt onvoldoende gedetailleerd uitgevoerd. Alleen de meest voorkomende bevestigingsdetails worden berekend/ontworpen. Veel details worden overgelaten aan de gevelmonteurs. Bij de bepaling van de ontwerpwindbelasting wordt geen rekening gehouden met specifieke kenmerken van het gebouw.	Ontwerpers en leveranciers: Verbeteren van de engineering van de gevels. Gemeente: Het ontwerp van de gevel toetsen
13	Gelijmde gevels zijn niet (aantoonbaar) duurzaam qua constructieve veiligheid	Bouwers en leveranciers: Aantonen dat lijmverbindingen duurzaam zijn conform NEN 6700. Indien dit niet kan worden aangetoond: toepassen tweede draagweg Gemeente: Toezien op de duurzaamheid van gelijmde gevels.
14	Het aanbrengen van lijmverbindingen op de bouwplaats is gevoelig voor uitvoeringsfouten.	Bouwers en leveranciers: Uitvoeren van een goede interne kwaliteitsbewaking teneinde zeker te stellen dat de lijmverbindingen goed worden uitgevoerd.
15	Het bepalen van de ontwerpwindbelasting voor gevels volgens NEN 6702 is niet volledig eenduidig	NEN: Nagaan of NEN 6702 voldoende duidelijk/veilig is m.b.t. de berekening van gevels op windbelastingen.



5 bijlage 1: bouwregelgeving

5.1 Algemeen

In deze bijlage is de relevante wet- en regelgeving beschreven voor de beschouwde gevels en glazen overkappingen. Dit betreft een zeer beknopte en vrije weergave van de wettelijke bepalingen⁶. De NEN-normen zijn alleen behandeld, voor zover deze in het rapport zijn aangehaald. Er zijn voor de betreffende constructies en materialen wel meer normen relevant, verwezen wordt hierbij naar www.nen.nl.

5.2 Woningwet

De woningwet stelt eisen aan het bouwen van bouwwerken en aan de staat van bestaande bouwwerken. Gevels en glazen overkappingen vallen hieronder.

- De Woningwet stelt dat het verboden is om een bouwwerk te bouwen dat niet voldoet aan de eisen uit het Bouwbesluit die gelden voor nieuwbouw, tenzij een bouwvergunning uitdrukkelijk toestaat hiervan af te wijken.
- Voor bestaande bouwwerken verbiedt de Woningwet om een bestaand bouwwerk “*in een staat te brengen, te laten komen of te houden*” die niet voldoet aan de eisen die het Bouwbesluit stelt voor bestaande bouw.
- De bouwer respectievelijk eigenaar zijn primair verantwoordelijk dat voldaan wordt aan de twee genoemde verbodsbepalingen uit de Woningwet.
- Burgemeester en wethouders dragen zorg voor de bestuursrechtelijke handhaving van deze verbodsbepalingen.

5.3 Bouwbesluit en Regeling Bouwbesluit

5.3.1 Nieuwbouw

Voor de constructieve veiligheid van bouwconstructies (waaronder gevels en overkappingen) worden in afdeling 2/1 *Algemene sterkte van de bouwconstructies* eisen gesteld voor nieuwbouw. Met name gaat het hierbij om de artikelen 2/1 en 2/2.

Artikel 2/1 lid 1

Een te bouwen bouwwerk heeft een bouwconstructie die gedurende de in NEN 6700 bedoelde referentieperiode voldoende bestand is tegen de daarop werkende krachten.

Artikel 2/1 Lid 2.

Voorzover voor een gebruiksfunctie in tabel 2.1 voorschriften zijn aangewezen, wordt voor die gebruiksfunctie aan de in het eerste lid gestelde eis voldaan door toepassing van die voorschriften.

⁶ Bij een geschil kunt u zich niet op deze publicatie beroepen. Raadpleeg in zo'n geval altijd de wetten en regelingen zelf.

**Nota van toelichting bij 2/1**

Het eerste lid geeft de functionele eis voor sterkte van de bouwconstructie van nieuwbouw. In deze functionele eis is ten dele een prestatie-eis vevat. Met de aanduiding 'gedurende de in NEN 6700 bedoelde referentieperiode voldoende' is met betrekking tot constructieve veiligheid concreet gemaakt dat gedurende de in het normblad genoemde periode de constructie voor wat betreft sterkte en stabiliteit bestand zijn tegen de daarop werkende krachten. Het maakt concreet dat voor elke bouwconstructie, ongeacht het materiaal waaruit deze is samengesteld, een bepaalde referentieperiode geldt.

De verwijzing naar de in NEN 6700 bedoelde referentieperiode is mede van belang bij een beroep op gelijkwaardigheid als bedoeld in artikel 1.5, bijvoorbeeld bij innovatieve bouwconstructies uit materialen als kunststof of glas, waarin de door het Bouwbesluit 2003 aangestuurde materiaalgebonden constructienormen (TGB's) niet voorzien.

Een constructie is volgens NEN 6700 voldoende betrouwbaar indien wordt aangetoond dat deze gedurende de referentieperiode voldoende weerstand kan bieden aan alle belastingen die redelijkerwijs kunnen optreden, zonder dat de bruikbaarheid van die constructie wordt aangetast (de uiterste grenstoestand mag niet worden overschreden). Aan de hand van de in NEN 6700 opgenomen betrouwbaarheidsindex kan de kans worden bepaald dat een uiterste grenstoestand binnen de referentieperiode wordt overschreden. Deze bepaling is ook van belang voor de meer gangbare bouwconstructies vervaardigd van materialen waarvoor in artikel 2.4 naar een normblad is verwezen, terwijl in die normbladen evenmin een uitspraak wordt gedaan over de duurzame veiligheid. De tabel van het tweede lid wijst per gebruiksfunctie een voorschrift aan dat van toepassing is op die gebruiksfunctie. Door aan dat voorschrift te voldoen, wordt aan de functionele eis van het eerste lid voldaan.

De hiervoor bedoelde voorschriften, die prestatie-eisen inhouden, zijn als volgt over de artikelen verdeeld:

artikel 2.2 bepaalt welke combinaties van belastingen een bouwconstructie moet kunnen weerstaan zonder te bezwijken (belastingscombinaties bouwconstructie);

artikel 2.3 regelt welke belastingscombinaties een hoofd draagconstructie bovendien moet kunnen weerstaan zonder te bezwijken (belastingscombinaties hoofd draagconstructie), en

artikel 2.4 geeft aan welke normen moeten worden toegepast bij de toetsing of een bouwconstructie voldoet aan de eisen van het eerste en tweede artikel (uiterste grenstoestand).

Artikel 2/2 Lid 1.

Een uiterste grenstoestand van een bouwconstructie wordt niet overschreden bij de fundamentele belastingscombinaties, bepaald volgens NEN 6702. Voorzover NEN 6702 niet voorziet in de kwantificering van de belastingscombinaties, wordt uitgegaan van NEN 6700.

Nota van toelichting bij 2/2

Het doel van dit artikel is te waarborgen dat een bouwconstructie duurzaam bestand is tegen de krachten die daarop werken. Hierbij wordt voor gebouwen in het algemeen uitgegaan van een levensduur van 50 jaar.

Het eerste lid stelt voorschriften om te voorkomen dat een bouwwerk bezwijkt als gevolg van een combinatie van bepaalde gelijktijdig optredende permanente en veranderlijke belastingen. Permanente belastingen zijn bijvoorbeeld het eigen gewicht van de constructie. Veranderlijke belastingen zijn bijvoorbeeld belastingen door meubilair, machines en personen. Bij het berekenen van deze op de bouwconstructie werkzame krachten moet worden uitgegaan van NEN 6702. Niet alle belastingsgevallen van NEN 6702 kunnen op basis van dit normblad objectief worden vastgesteld. Voor deze overige gevallen moet NEN 6700 worden toegepast. De voorschriften van laatstgenoemde norm berusten op de waarschijnlijkheidsleer en hebben betrekking op alle bouwconstructies, ongeacht het materiaal waarvan zij zijn gemaakt.

5.3.2 Bestaande bouw

De eisen voor bestaande bouw zijn in het Bouwbesluit feitelijk hetzelfde geformuleerd als voor nieuwbouw. Voor bestaande bouw zijn echter in de Regeling Bouwbesluit nadere voorschriften genoemd omtrent de toepassing van normen.

Omdat de in NEN 6700 opgenomen termijnen, als bedoeld in artikel 2.5, eerste lid, voor bestaande bouw niet passend zijn, is in de Regeling Bouwbesluit 2003 voor de toepassing van NEN 6700 voor bestaande bouw een nader voorschrift gegeven, waarmee voor een bestaand bouwwerk in principe een referentieperiode van 1 jaar geldt, doch voor de belastingen voor een bouwwerk van veiligheidsklasse 2 en 3 moet zijn uitgegaan van een referentieperiode van 15 jaar.

De Regeling Bouwbesluit geeft verder onder andere voorschriften voor het toepassen van NEN 6702. Onder andere is hierin geregeld dat met lagere belastings(veiligheids)factoren mag worden gerekend.



5.4 NEN 6700 TGB 1990 Algemene basiseisen

5.4.1 Algemeen

Het normblad NEN 6700 geeft eisen en de beoordelingsmethodiek voor de betrouwbaarheid van bouwconstructies of delen van bouwconstructies tijdens gebruik.

De eisen en beoordelingmethodiek die betrekking heeft op de periode tijdens het bouwen, blijft voor toepassing van het normblad in het kader van het Bouwbesluit 2003 buiten toepassing. Dit geldt evenzo voor de eisen inzake de bruikbaarheid. Het normblad moet gebruikt worden voor het vaststellen van de representatieve waarde van een belasting indien NEN 6702 daarin niet voorziet. Het normblad kan daarenboven worden gebruikt indien een materiaal of een bepalingmethode voor de sterkte wordt toegepast die niet in een van de door het Bouwbesluit 2003 aangewezen normen voorkomt.

5.4.2 Veiligheidsfilosofie

De vigerende bouwregelgeving (NEN 6702) heeft als uitgangspunt de waarschijnlijkheidsrekening. Dit is in overeenstemming met de ook internationaal geaccepteerde inzichten bij de beoordeling van de betrouwbaarheid van constructies. In NEN 6700 zijn op een fundamenteel niveau de betrouwbaarheidseisen gegeven die op alle bouwconstructies van toepassing zijn, ongeacht het materiaal waarvan zij zijn gemaakt. In NEN 6702 is de bepaling van de belastingen gegeven. In de reeks materiaalgebonden TGB-normen zijn, voor , beton, hout, staal, metselwerk, aluminium en glas, de methoden voor de bepaling van de weerstand gegeven.

Teneinde een veilige bouwconstructie te kunnen ontwerpen zal de weerstand van de constructiematerialen groter moeten zijn dan de op de constructie werkende krachten (belasting). Hierbij is er uiteraard van uitgegaan dat de constructie correct is ontworpen en uitgevoerd. Omdat beide aspecten (krachten en weerstand) die de veiligheid beïnvloeden een statistische verdeling hebben, is er theoretisch altijd sprake van een overlap van beide. Dit betekent dat als bij extreme belastingen er tevens sprake is van een zeer slechte weerstand van de constructiematerialen, er niet meer voldaan zal worden aan het fundamentele veiligheidsbeginsel dat de weerstand groter moet zijn dan de krachten. Het gevolg is dat een constructie in die situatie bezwijkt.

Een probabilistische benadering van een in rekening te brengen belasting betekent dat de grootte van die belasting wordt bepaald aan de hand van de waarschijnlijkheid van het voorkomen daarvan. Dit houdt in dat een keuze wordt gemaakt in welk deel van voorkomende gevallen een bepaalde waarde mag worden overschreden. Zo is bij de bepaling van de karakteristieke (overige) belastingen van de NEN 6702 uitgegaan van een overschrijdingskans van 5% en voor (sneeuw- en) windbelasting van 63%. De rekenwaarde van de belasting is het product van de karakteristieke waarde en de belastingfactor γ (veiligheidscoëfficiënt). Voor sterkte van materialen geldt een overeenkomstige beschouwing. Zowel tijdens de fabricage in de werkplaats als tijdens de montage zal de gerealiseerde sterkte variaties vertonen. Daarom wordt gerekend met een sterkte die met een gekozen mate van waarschijnlijkheid niet zal worden overschreden.

Er zijn vier elementen die de genoemde overlap bepalen. Dat zijn de gemiddelde waarde en de standaardafwijking van het voorkomen van de belasting en de gemiddelde waarde en de standaardafwijking van de sterkte van het gebruikte constructiemateriaal. Hoe groter de overlap hoe groter de kans op falen van de constructie wordt. Tussen de faalkans en de vier genoemde aspecten bestaat een relatie. In NEN 6700 wordt voor deze relatie de betrouwbaarheidsindex β gebruikt.



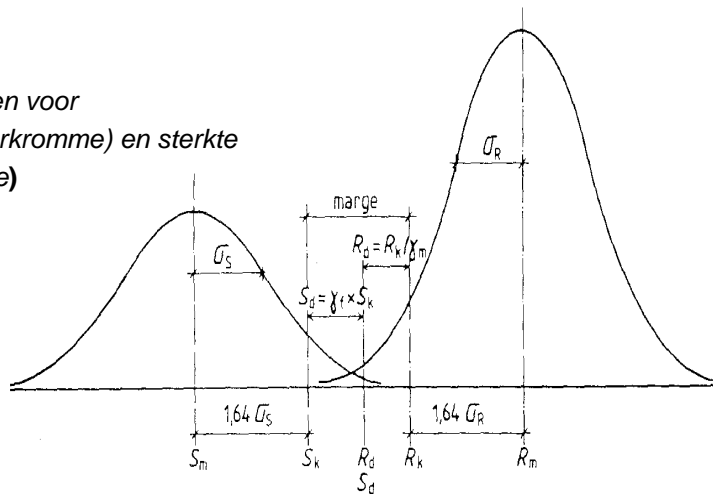
De relatie is:

$$\beta = \frac{R_m - S_m}{\sqrt{(\sigma_R^2 + \sigma_S^2)}}$$

waarin:

- R_m = gemiddelde waarde sterkte (Resistance)
- S_m = gemiddelde waarde van de belasting (Sollicitation)
- σ_R = standaardafwijking sterkte
- σ_S = standaardafwijking voorkomende belasting
- S_k = karakteristieke waarde belasting

figuur 7:
Gauss-krommen voor
belasting (linkerkromme) en sterkte
(rechterkromme)



- γ_f = belastingfactor
- S_k = karakteristieke waarde van de belasting
- S_d = rekenwaarde van de belasting

Voor nieuwe constructies in veiligheidsklasse 3 moet een β van 3,6 worden gerealiseerd. Dit komt overeen met een faalkans van circa 1 op 6.000 gedurende de referentieperiode. Voor veiligheidsklasse 2 is β gelijk aan 3,4 en dit betekent een faalkans van circa 1 op 3000 gedurende de referentieperiode⁷. Voor de laagste veiligheidsklasse 1 geldt een β van 3,2 met een bijbehorende faalkans van .circa 1 op 1450.

⁷ Voor verdere toelichting zie het rapport van TNO, 2004-CI-R0159. In dit rapport is ook uiteengezet hoe voor de verschillende veiligheidsklassen de relatie ligt met de referentieperiode. Hiervoor geldt dat bij een kleinere referentieperiode dan de ontwerp referentieperiode een lagere betrouwbaarheidsindex kan worden gehanteerd. Een theoretische benadering zowel als een praktische invulling is opgenomen.



5.4.3 Duurzaamheid

Artikel 5.1.1 van NEN 6700 eist: Bouwconstructies moeten aan de gestelde eisen ten aanzien van veiligheid en bruikbaarheid voldoen gedurende een vooraf vastgestelde referentieperiode en met een vooraf vastgestelde mate van betrouwbaarheid. Artikel 5.1.2 eist vervolgens: *Voorwaarde om aan de eis van 5.1.1 te kunnen voldoen is dat bouwconstructies voldoende duurzaam zijn.*

NEN 6700 geeft de volgende toelichting bij de artikelen 5.1.1 en 5.1.2.⁸

Onder duurzaam wordt verstaan dat gedurende de referentieperiode steeds aan alle eisen van betrouwbaarheid wordt voldaan. Onderdelen van bouwconstructies kunnen zo worden ontworpen dat:

- 1 ze gedurende deze periode, in principe zonder herstel of vervanging aan de eis zullen voldoen; hiertoe is de faalkans aan het begin van de referentieperiode zo laag dat rekening houdend met de normale toename door veroudering van de constructie toch aan het eind van de referentieperiode de faalkans nog onder de grenswaarde ligt;
- 2 ze tijdens de referentieperiode, van het bouwwerk of de complete constructie waarvan ze deel uitmaken, één of meer malen kunnen worden geïnspecteerd en zonodig hersteld, zodat gedurende de gehele referentieperiode steeds de faalkans van dat onderdeel onder de geëiste grenswaarde blijft.

ad 1 In deze situatie zullen alleen materialen waarvan bekend is dat ze gedurende de referentieperiode op een bepaald niveau presteren, aan de eis van duurzame betrouwbaarheid kunnen voldoen. Ook kan effectief onderhoud nodig zijn om de duurzaamheid te waarborgen. Hierbij wordt gewezen op het bestand zijn van onderdelen van bouwconstructies tegen biologische, chemische en weersinvloeden en tegen veroudering.

ad 2 Bij het voorgenomen gebruik van materialen waarvan men niet vooraf kan aantonen dat ze gedurende de gehele referentieperiode de verlangde prestatie zullen leveren, kan dit volgens de methode b worden gedaan. Dit kan zijn omdat met deze constructies nog onvoldoende ervaring bestaat, of omdat bekend is dat de prestatie slechts gedurende een kortere tijd kan worden geleverd. Om te waarborgen dat ook tussentijds (toekomstig) herstel van het onderdeel van de bouwconstructie zal kunnen plaatsvinden, afhankelijk van het voorziene gedrag van het onderdeel van de bouwconstructie, behoren afspraken te worden gemaakt over periodieke inspecties of het onderdeel van de bouwconstructie kan zo zijn ontworpen dat bezwijkgedrag zich voortijdig zal aankondigen zodat tijdig maatregelen kunnen worden getroffen. Een noodzakelijke voorwaarde in deze situatie is dat de desbetreffende onderdelen van de bouwconstructie bereikbaar zijn voor inspectie en herstel. Men moet daarbij denken aan de mogelijkheden om bijvoorbeeld een lateiconstructie in metselwerk of verlijmd gevelpanelen op grote hoogte te kunnen inspecteren en zo nodig herstellen.

Ook is een zorgvuldige afweging op zijn plaats over hoe om te gaan met systemen waarbij een garantie op de levensduur is gegeven, maar waarbij het onderdeel van de bouwconstructie wel zonder waarschuwing vooraf kan bezwijken.

Het is gewenst om kwaliteitsborgingsprocedures vast te stellen en daarnaar te handelen bij het ontwerp en de uitvoering om te bereiken dat de gewenste betrouwbaarheid wordt verkregen. Onder duurzaam wordt verstaan dat gedurende de referentieperiode aan alle eisen van betrouwbaarheid blijvend wordt voldaan, dit kan bijvoorbeeld worden gewaarborgd door effectief onderhoud. Hierbij wordt gewezen op het bestand zijn van bouwconstructies tegen biologische, chemische en weersinvloeden en tegen veroudering.

Met het duurzaamheidsaspect van bouwconstructies wordt gewoonlijk rekening gehouden door voldoende aandacht te besteden aan de detaillering, door het voorschrijven en het controleren van materialen en van de kwaliteit van de uitvoering, en waar nodig door voorzieningen te treffen voor oppervlaktebescherming en periodiek onderhoud; de eisen die worden gesteld, zullen verschillen al naar gelang de omgevingscondities waarin de bouwconstructie behoort te functioneren. Zo kan bijvoorbeeld voor bepaalde grondsoorten zijn voorgeschreven dat sulfaatvast beton behoort te zijn gebruikt.

In het geval van staal kan het al of niet aanbrengen van een beschermlaag van bepaalde dikte zijn voorgeschreven. Ook kan het conserveren van hout zijn voorgeschreven om aantasting door insecten te voorkomen.

⁸ De Onderzoeksraad voor Veiligheid heeft in haar rapport “Veiligheidsproblemen met gevelbekleding” richting de normcommissie NEN 6700 voorgesteld om deze toelichting van artikel 5.1.2 op te nemen in de normtekst zelf. Vooral voor wat betreft mogelijkheid 2. De normcommissie heeft hierop voor zover bekend bij de VI nog niet gereageerd.



5.5 NEN 6702 TGB 1990 Belastingen en vervormingen

5.5.1 Algemeen

Het normblad NEN 6702 geeft regels voor het combineren van belastingen en de toe te passen belastingsfactoren die in rekening moeten zijn gebracht bij het toetsen of uiterste grenstoestanden niet zijn overschreden. Voor de toepassing van deze combinatieregels zijn bouwwerken ingedeeld in veiligheidsklassen, met daaraan gekoppeld de toe te passen belastingsfactoren.

In het normblad zijn de volgende belastingen aan de orde gesteld:

- Permanente belastingen (zoals eigen gewicht van bouwwerken);
- Veranderlijke belastingen (zoals wind)
- Bijzondere belastingen (zoals brand)

De in het normblad opgenomen eisen inzake bruikbaarheidsgrenstoestanden blijven bij toepassing van het Bouwbesluit 2003 buiten toepassing. Dit geldt evenzo voor voorschriften met betrekking tot belastingen tijdens de bouwfase. Deze eisen kunnen echter wel privaatrechtelijk overeen worden gekomen.

5.5.2 Veiligheidsklasse

In het algemeen geldt voor gebouwen de (hoogste) veiligheidsklasse 3 met een bijbehorende referentieperiode van 50 jaar. Dit geldt ook voor de onderdelen van een gebouw. Een uitzondering is gemaakt voor lichte onderdelen die geen onderdeel zijn van de hoofddragconstructie zoals gevelpanelen.

Dit is als volgt geregeld in artikel 5.1.3:

Alle onderdelen en samengestelde onderdelen van bouwwerken ingedeeld in klasse 3 waarvan het bezwijken geen aanleiding geeft tot bezwijken van de hoofddragconstructie en waarbij bovendien aan de volgende voorwaarden is voldaan:

- het gewicht is minder dan 2 kN of het gewicht per oppervlakte is minder dan $0,3 \text{ kN/m}^2$;
- de fundamentele belastingscombinatie met als extreme belasting de belasting door personen, meubilair en aankleding volgens 8.2, is niet maatgevend;

mogen voor de in rekening te brengen belastingsfactoren worden ingedeeld bij klasse 1 met behoud van referentieperiode. Indien alleen aan de tweede voorwaarde is voldaan, mag voor de in rekening te brengen belastingsfactoren worden ingedeeld bij klasse 2 met behoud van referentieperiode.



5.6 Normen voor glas

5.5.3 NEN 2608 Vlakglas voor gebouwen –Weerstand tegen windbelasting – Eisen en bepalingsmethode
Het normblad NEN 2608 is direct aangewezen in het Bouwbesluit. Deze NEN geeft de berekeningsmethode voor de bepaling van de weerstand tegen windbelasting van verticaal geplaatste ruiten in buitengevels van gebouwen, bestaande uit enkelvoudige glasplaten of isolerend dubbelglas. Bij dit normblad heeft het NEN de NPR 3599 "Vlakglas voor gebouwen. Bepaling van de minimum-glasdikte voor windbelasting afgestemd op NEN 2608" gepubliceerd⁹.

5.5.4 NEN 3569 Veiligheidsbeglazing in gebouwen
NEN 3569 geeft eisen voor het toepassen van veiligheidsbeglazing in gebouwen, zowel binnen als buiten, ter voorkoming van lichamelijk letsel bij ongevallen. Deze norm is niet aangewezen in het Bouwbesluit en heeft daarmee geen publiekrechtelijk status, maar alleen een privaatrechtelijke¹⁰. Voor een groot aantal combinaties van gebouwcategorie en toepassing, worden glastypen voorgeschreven met een bepaald type breukpatroon dat optreedt bij een bepaalde minimale valhoogte van een gedefinieerd impactobject. In de huidige versie van de norm wordt voor dakbeglazing gelaagd glas voorgeschreven. De gedachte hierachter is dat voorgespannen glas bij breuk weliswaar in kleine fragmenten uiteenvalt, maar dat de samenhang tussen de fragmenten deels behouden blijft, waardoor schollen glas op personen terecht kunnen komen. Bij gelaagd glas bestaat dit risico niet doordat het glas in de sponningen blijft hangen.

5.6 Normen voor metselwerk

5.6.1 NEN 6790 TGB 1990 Steenconstructie. Basiseisen en bepalingsmethoden
NEN 6790 geeft de rekenmethode voor de toetsing of uiterste grenstoestanden van een bouwconstructie gedurende de gebruiksfase bij de in het Bouwbesluit 2003 gegeven belastingscombinaties niet zijn overschreden. Het normblad is bedoeld voor overwegend statisch belaste bouwconstructies voor zover zij zijn vervaardigd van in het normblad bedoelde steenconstructies.
De in het normblad gegeven eisen inzake de uiterste grenstoestanden en de eisen en bepalingsmethode inzake de bruikbaarheidsgrenstoestanden vinden bij gebruik in het kader van het Bouwbesluit 2003 geen toepassing. Evenmin moet toepassing worden gegeven aan de in het normblad aangeduide belastingscombinaties. Naast het normblad is NPR 6791 beschikbaar die voor bepaalde bouwconstructies aangeeft dat, mits voldaan is aan de in de praktijkrichtlijn verwoordde voorwaarden, mag worden afgezien van een berekening omdat dergelijke constructies aan de eisen in het normblad voldoen.

⁹ Voor de overige glasnormen en –richtlijnen wordt verwezen naar het CUR-rapport Constructief Glas.

¹⁰ Op NEN-website staat de volgende informatie. *NEN 3569 wordt niet aangewezen in het Bouwbesluit, dus u bent niet wettelijk verplicht NEN 3569 toe te passen. Partijen moeten met elkaar overeenkomen of NEN 3569 moet worden toegepast. Recent is wel voor een deel van de norm een rol in het kader van het Bouwbesluit benoemd, maar toepassing is daarmee niet verplicht. Geregeld is slechts dat bij toepassing van veiligheidsglas type B, klasse 1 volgens de norm en aangebracht volgens hoofdstuk 6 van de norm, tijdelijk de toetsing van Frep volgens NEN 6702 (duurbelastingen) op vlakvullingen in vloerafscheidingen zoals balkonafscheidings met glas achterwege mag blijven. Veelvuldig wordt melding gemaakt van de aansprakelijkheid voor letselschade indien niet volgens NEN 3569 wordt beglaasd. De glasplaatser/schilder en/of leverancier zal een overweging moeten maken welke risico's hij wil nemen om bij letselschade wel/niet aansprakelijk gesteld te worden. Ook de eigenaar/beheerder zal deze afweging moeten maken. In hoeverre een rechter aanspraken op letselschade zal toewijzen zal in de praktijk moeten blijken. Enerzijds kan worden aangevoerd dat de wenselijkheid van beglazing volgens NEN 3569 een breed draagvlak heeft, anderzijds kan worden aangevoerd dat de **overheid het nog niet nodig heeft geacht NEN 3569 voor te schrijven vanuit haar positie als hoedster van de gebruiksveiligheid van bouwwerken.***



Het belangrijkste artikel in NEN 6790 voor wat betreft dit onderzoek is artikel 7.4.2 dat luidt:

De duurzaamheid van spouwankers moet zijn afgestemd op de voor de gevel geldige referentieperiode.

En waarbij de volgende **opmerking** wordt gemaakt in de norm:

Aanbevolen wordt het volgende:

- *indien de veiligheidsklasse van de constructie niet hoger is dan 2 en de referentieperiode van de constructie niet langer is dan 15 jaar, wordt aanbevolen de spouwankers uit te voeren in verzinkt staal volgens NEN-EN-ISO 10684 of in corrosievast staal AISI 316 volgens NEN-EN 10088-1. Indien bovendien de locatie binnen 10 km vanaf de kust is gelegen, wordt aanbevolen de spouwankers uit te voeren in corrosievast staal AISI 316L volgens NEN-EN 10088-1*
- *bij constructies met een referentieperiode tot 50 jaar wordt aanbevolen de spouwankers uit te voeren in corrosievast staal AISI 316 volgens NEN-EN 10088-1. Indien bovendien de locatie binnen 10 km vanaf de kust is gelegen, wordt aanbevolen de spouwankers uit te voeren in corrosievast staal AISI 316L volgens NEN-EN 10088-1.*

Gewezen wordt op 5.6 van NEN-EN 845-1, waarin het onderwerp duurzaamheid van spouwankers wordt behandeld.

5.6.2 NPR 6791 Steenconstructie. Eenvoudige ontwerpregels, gebaseerd op NEN 6790

Deze Nederlandse praktijkrichtlijn is bedoeld om te worden toegepast op steenconstructies en geeft tabellen voor de bepaling van de minimaal vereiste dikte van dragende wanden in woongebouwen en niet in een woongebouw gelegen woningen, en voorwaarden waaronder voor gevels en voor de stabiliteit van bouwconstructies geen berekeningen behoeven te worden uitgevoerd. Bovendien wordt de bepaling van de representatieve waarde van de buigtreksterkte op basis van de hechtsterkte aangegeven. Indien is voldaan aan NPR 6791:1991, is tevens voldaan aan de desbetreffende aspecten van NEN 6790:1991.

Het belangrijkste artikel in NPR 6791 voor wat betreft dit onderzoek is artikel 3.1 lid h dat luidt:

de verankering van spouwmuren met een spouwbreedte tot 150 mm en een hoogte tot 11 m boven het aansluitende terrein bestaat uit ten minste vier stalen ankers per m² wandoppervlakte, elk met een middellijn van ten minste 4 mm en de verankering van spouwmuren met een spouwbreedte tot 150 mm en gelegen op een hoogte van 11 t.m. 20 m boven het aansluitende terrein, bestaat uit ten minste zes stalen ankers per m² wandoppervlakte, elk met een middellijn van ten minste 4 mm.

En waarbij de volgende toelichting wordt gegeven:

De ankers moeten tegen corrosie bestand zijn. Dit kan worden bereikt door uitvoering in roestvast staal of door het aanbrengen van een corrosiebestendige laag (bijv. epoxy coating).

5.6.3 CUR-Aanbeveling 71 Constructieve aspecten bij ontwerp, berekening en detaillering van gevels in metselwerk

CUR-aanbeveling 71 (uitgave 2000) geeft aanvullend op de NEN 6790 en de NPR 6791 voorschriften voor gevels van metselwerk. Met name worden voorschriften gegeven voor het bepalen van het aantal spouwankers. Er wordt een uitgebreide tabel van toepassingen (aantal ankers in relatie tot o.a. de bouwhoogte) gegeven. Deze CUR-Aanbeveling heeft geen publiekrechtelijk status. Wel is zij goedgekeurd door de NEN-voorschriftencommissie Metselwerk.

Het belangrijkste artikel in deze CUR-aanbeveling voor wat betreft dit onderzoek is artikel 4.3.4, dat luidt:

De duurzaamheid van spouwankers moet zijn afgestemd op de levensduur van de gevel. Indien de betreffende gevel wordt toegepast in een gebouw waarvan de referentieperiode volgens tabel 1 van NEN 6702:1991 (TGB 1990 Belastingen en vervormingen) 50 jaar bedraagt, wordt aanbevolen ankers toe te passen van roestvaststaal AISI 316 (A4).

En waarbij de volgende toelichting wordt gegeven:

De aanbeveling komt overeen met het advies volgens SBR-rapport 353 "Duurzaamheid spouwankers". Bij toepassing van het genoemde materiaal mag ervan worden uitgegaan dat een levensduur van 50 jaar wordt bereikt. Toepassing



van minder duurzame materialen wordt slechts toelaatbaar geacht als kan worden aangetoond dat de levensduur ten minste gelijk is aan de referentieperiode van het betreffende gebouw.



6 Bijlage 2 Bevindingen

De gebouwen zijn geanonimiseerd ter bescherming van de belangen van de eigenaars.

6.1 Incident A Metelswerk gevel

Omschrijving

Tijdens een storm op 26 februari 2002 werd een deel van de kopgevel (bovenste drie lagen) weggeblazen van een flat uit 1968. De flat is onderdeel van een complex van vijf identieke flats, met 6 bouwlagen. De gevels bestaan uit een betonnen binnenblad met een baksteen-metselwerk buitenblad. Het buitenblad staat op de fundering en heeft over de zes bouwlagen geen verdere verticale ondersteuning. Het buitenblad is met spouwankers (2 per m²) gekoppeld aan binnenblad. De spouwankers zijn van een "bijzonder type". Op het betonnen binnenblad is een dop aanwezig met een diameter van 11 mm. Deze dop is met een schietnagel aan het beton bevestigd. In deze dop is een spouwanker van staaldraad gehaakt, het andere einde van dit spouwanker is in de lintvoegen van het buitenspouwblad opgenomen. Zowel de spouwankers als de dopjes zijn door corrosie aangetast. Diverse ankers zijn doorgeroest. Ook zijn diverse dopjes volledig weggeroest en de spouwankers hangen los. In de spouw is isolatie aanwezig. Tijdens de bouw zijn 20 mm PS- platen gelijmd op het betonnen binnenblad. De resterend spouw is later gevuld met vlokken glaswol. Tussen de stenen en mortel was nog weinig hechting. Niet bezweken gevels van de andere flats vertonen uitbuigingen.

In het beschikbare onderzoeksrapport wordt de volgende conclusies getrokken. De aanleiding voor het naar beneden storten van het metselwerk is de windzuiging op de gevel tijdens de storm. De oorzaak van het bezwijken is het ontbreken van een voldoende verankering van het buitenblad, als gevolg van corrosie. De spouwankers zijn ter plaatse voor het grootste deel doorgeroest. Uit de waargenomen vervormingen in het metselwerk van de overige kopgevels blijkt dat ook daar de verankering niet meer functioneert. Het aantal ankers (2 per m²) voldeed aan artikel 172 van de Modelbouwverordening 1965-1989 (minimaal 1,67 ankers per m²). Het aantal ankers dat sinds 1991 in de NPR 6791 is voorgeschreven, is veel hoger namelijk 4 per m² tot 11 meter hoogte en 6 per m² tot 20 meter. Het aantal ankers heeft geen direct relatie met de aanwezige schade. Door een groter aantal ankers neemt uitsluitend de kans op aanwezigheid van nog niet (volledig) doorgeroeste ankers in de gevel toe. De geringe hechtsterkte tussen stenen en mortel heeft geen relatie met de aanwezige schade. Het buitenblad is namelijk als geheel naar beneden gevallen. Er zijn verzinkte spouwankers toegepast. In het algemeen geldt dat de weerstand tegen corrosie evenredig is met de dikte van de aangebrachte zinklaag. De afname van de zinklaag is afhankelijk van het omgevingsmilieu. In de spouw speelt met name de zuurgraad een belangrijke rol. Ook beschadiging van de zinklaag beïnvloedt de duurzaamheid van de ankers nadelig. Over het algemeen is de binnenzijde van het binnenspouwblad de meest gevoelige plaats voor corrosie van de ankers. Dit is verklaarbaar omdat voor corrosie zuurstof en water nodig is en dit de plaats is waar het anker nat wordt en niet door mortel wordt beschermd. De volledige spouwvulling heeft waarschijnlijk tot gevolg gehad dat het gehele spouwanker gedurende langere tijd vochtig is gebleven. Daarmee wordt verklaard dat de corrosie zich niet



concentreert aan de binnenzijde van het buitenblad maar het gehele anker heeft aangetast. Bij een niet volledig gevulde spouw kan de regen die door de het buitenblad heenslaat langs de binnenzijde van het buitenblad naar beneden lopen. Dit is bij een volledig gevulde spouw in mindere mate het geval. Het vocht kan zich via de vezels naar binnen verplaatsen. De glasvezels absorberen geen vocht maar er blijft wel vocht tussen de vezels hangen. Doordat vanwege de volledige spouwvulling ventilatie ontbreekt, zullen de spouw en dus de ankers langer vochtig blijven. Ook de oriëntatie van de gevel is van invloed. De regenbelasting op de westgevel is veel groter. De schade is opgetreden aan een westgevel. Uit de vervorming van de overige gunstiger georiënteerde gevels blijkt echter dat ook deze ankers zullen zijn doorgeroest.

De meest waarschijnlijke oorzaak van de corrosie is een onvoldoende dikke zinklaag in combinatie met de verhoogde vochtigheid door de spouwvulling. Van het type anker zijn geen gegevens bekend. Ook de dikte van de oorspronkelijke zinklaag is onbekend.

Voldeden de gevels aan het Bouwbesluit?

De gevel (met name de spouwankers) voldeed wat betreft duurzaamheid niet aan het Bouwbesluit.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?
n.v.t.

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

Van de betreffende vijf flats zijn de kopgevels in 2002 voorzien van nieuw metselwerk met RVS spouwankers (6 per m²). Het toepassen van alleen renovatieankers was niet mogelijk omdat de hechtsterkte tussen stenen en mortel onvoldoende was. Bij de vijf flats bleek achteraf dat 80% van alle ankers was doorgeroest!!! In overleg met de gemeente heeft de betreffende woningbouwvereniging besloten bij al haar twintig flatgebouwen in de gemeente nieuwe kopgevels aan te brengen. Deze actie is bijna uitgevoerd, bij twee van de twintig flats moet dit nog worden gedaan. De gemeente schrijft tegenwoordig in bouwvergunningen het gebruik van RVS-spouwankers voor bij gestapelde bouw.



6.2 Incident B Metselwerk gevel

Korte omschrijving

Tijdens een storm op 18 januari 2007 is het metselwerk weggeslagen van de kopgevel van een 12-verdiepingen tellend flatgebouw uit 1966. Het betrof de volledige vijf bovenste bouwlagen. Het ging om 300 m² gevel en 60.000 kg baksteen.

De spouwankers waren in redelijke staat, maar volgens het beschikbare onderzoeksrapport qua aantal onvoldoende (minder dan 4 per m²) aangebracht. Opvallend is dat er drie verschillende soorten spouwankers zijn toegepast. Het onderzoeksrapport zegt niet van welk materiaal de spouwankers zijn gemaakt. Aannemelijk is dat er verzinkte ankers zijn toegepast, gezien de locatie in Nederland. De verankering van spouwankers in het metselwerk liet echter te wensen over. De kwaliteit van de gebruikte metselspecie wordt in twijfel getrokken. In de bovenste drie bouwlagen zijn naast spouwankers ook bouten als verankering toegepast, deze waren wel ernstig gecorrodeerd. De gevel stond per bouwlaag op betonnen neusconstructies. Deze zijn 40 cm hoog en zijn weggewerkt achter het metselwerk. Voor de neus zit 5 cm metselwerk (halve steen). Deze neusconstructies vertoonden ernstige betonrot, hierdoor was van de oorspronkelijk neus weinig meer over.

In het onderzoeksrapport wordt geconcludeerd dat de oorzaak te wijten is aan de genoemde gebreken in combinatie met wind- en temperatuurbelastingen. De over 12 verdiepingen doorgemetselde kopgevel staat aan de zonzijde. In theorie is de kans op spanningen door krimpen en uitzetten bij extreme weeromstandigheden hierdoor hoger.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

De gevel voldeed wat betreft duurzaamheid niet aan het Bouwbesluit. Het betrof met name de betonrot in de neusconstructie. De betonnorm NEN 6720 (= Bouwbesluit) schrijft een bepaalde dekking voor en via NEN 6722 duurzame betonmengsels. Mogelijk voldeed deze oude gevel hier niet aan. Ook is waarschijnlijk onvoldoende rekening gehouden met temperatuurspanningen.

De conclusie in het onderzoeksrapport dat er te weinig spouwankers zijn toegepast, is volgens de VROM-Inspectie gebaseerd op de minimale hoeveelheid spouwankers die geldt voor nieuwbouw (NPR 6791), Dat daadwerkelijk niet voldaan werd aan het Bouwbesluit bestaande bouw qua sterkte is, de vraag. De oude Modelbouwverordening schreef veel minder ankers voor.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?
NVT

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

Van de betreffende flat worden alle kopgevels vervangen. De betreffende gemeente heeft vergelijkbare flatgebouwen in kaart gebracht. Aan de corporaties/vastgoedondernemers wordt een brief gestuurd om informatie aan te leveren over de staat van de kopgevels. Aan de hand hiervan neemt de gemeente verdere actie



6.3 Incident C Metselwerk gevel

Korte omschrijving

Op 30 december 2006 is bij een stormachtig wind het metselwerk van de noordelijke kopgevel van een galerijflat deels naar beneden gestort. Het flatgebouw is acht verdiepingen hoog. Het bezweken vlak is circa vijf meter breed en loopt van de derde naar de achtste verdieping. De flat is onderdeel van een complex van vier gelijkvormige flatgebouwen die in 1970-1972 zijn gebouwd.

De kopgevel is een spouwmuur met een ter plaatse gestort betonnen binnenblad en een baksteenmetselwerk-buitenblad. Het buitenblad wordt verticaal gedragen door betonnen nokken t.p.v. de verdiepingvloeren. Het buitenblad is met messing spouwankers gekoppeld aan het binnenblad. In de spouw is isolatiemateriaal aanwezig. Tegen het beton zijn tijdens de bouw 20 mm eps-platen gelijmd en de resterende spouw is later gevuld met vlokken minerale wol.

In het beschikbare onderzoeksrapport wordt geconcludeerd dat de aanleiding voor het bezwijken van de gevel de windzuiging is geweest die op de gevel werkte. De schade aan de gevel is ontstaan, doordat de spouwankers zijn gebroken. De meeste spouwankers zijn niet op de schadedatum gebroken, maar eerder. Uit materiaalonderzoek van de spouwankers is het gebleken dat de messing (koperzinklegering) spouwankers door spanningscorrosie en in mindere mate door ontzinking zijn verzwakt en bezweken. Koperlegeringen zijn onder bepaalde omstandigheden gevoelig voor spanningscorrosie. Met name gebeurt dit in ammoniak houdende omgevingen. Bij ontzinking verdwijnt selectief het zink (Zn) uit de legering en krijgt deze door een hoger gehalte aan koper (Cu) een rode kleur. Het resterende materiaal is poreus en heeft vrijwel geen sterkte meer.

Het corrosieve milieu waaraan de ankers hebben blootgestaan, heeft waarschijnlijk bestaan uit een vochtige en chloriden bevattende omgeving. Deze omgeving in combinatie met de in de ankers aanwezige trekspanningen heeft geleid tot spanningscorrosie.

Het aantal toegepaste spouwankers van 4 stuks/m² voldoet ruim aan de destijds geldende eis uit de Modelbouwverordening. Sinds 1991 is in de NPR 6791 een groter aantal spouwankers voorgeschreven, namelijk 4 stuks tot een hoogte van 11 meter en 6 stuks tussen 11 en 20 meter. In het gedeelte tussen de vierde en achtste zijn dus minder ankers aanwezig dan volgens de NPR 6791. Het aantal aanwezige spouwankers heeft echter geen directe relatie met de aanwezige schade. Niet het aantal ankers maar de staat van de ankers was bepalend voor de schade.

De schade aan de betonnen noken is niet aan te merken als de oorzaak van het bezwijken van het metselwerk. Dit geldt voor zowel de mechanische schade als de corrosieschade aan de nokken. In een aantal betonnen nokken is schade aanwezig door corrosie van de wapening.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

De gevel (met name de spouwankers) voldeed wat betreft duurzaamheid niet aan het Bouwbesluit.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?

n.v.t.

Toepassing van messing spouwankers is thans niet meer gebruikelijk.

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

De stormschade bij de betreffende flat is hersteld. De gevel is opnieuw aangebracht met rvs-spouwankers en met ondersteuning per twee bouwlagen. De gevels van de andere flats van het complex worden nog onderzocht.



De betreffende gemeente zal de volgende stappen nemen mbt tot vergelijkbare flatgebouwen:

- Onderzoek naar de locaties van de gebouwen
- Onderzoek naar de eigendomsverhoudingen van het betreffende gebouw.
- Brief naar corporaties, eigenaren/VVE-'s mbt de problematiek met daarin de verwijzing naar de eigen verantwoordelijkheid voor de veiligheid van het gebouw zelf en naar de omgeving.
- Onderzoek naar de inspectiemogelijkheden van de kwaliteit van de spouwankers.
- Het nemen van steekproeven (destructief onderzoek) indien er aanwijzingen zijn dat het buitenblad niet meer goed verankerd is en er geen mogelijkheden is voor visuele inspectie in de spouw.

Indien de resultaten van de steekproeven uitwijzen dat er structureel gevels door gebroken of ernstige gecorrodeerde ankers onvoldoende zijn verankerd waardoor de veiligheid onvoldoende kan worden verondersteld zal de betreffende gemeente overwegen de aanpak aan te passen.



6.4 Incident D Metselwerk gevel

Korte omschrijving

Op 18 januari 2007 werd tijdens storm geconstateerd dat het metselwerk van de zuidelijke kopgevel van een flatgebouw bewoog. Met name van de schoorsteen in de gevel was zichtbaar dat de bovenzijde ervan verplaatste t.o.v. de rest van het gebouw. De flat is onderdeel van een complex van vijf gelijkvormige flatgebouwen, die in 1964-1965 zijn gebouwd. De flats zijn 8 bouwlagen hoog, dat is ongeveer 22 meter. De constructie bestaat uit metselwerk en ter plaatse gestort beton. De kopgevel is een spouwmuur met binnenblad, dat bestaat uit een frame van ter plaatse gestort beton een vulling met bouwblokken en een buitenblad van baksteenmetselwerk. Het metselwerk wordt verticaal gedragen door betonnen nokken t.p.v. de verdiepingsvloeren. Het buitenblad is met messing spouwankers gekoppeld aan het binnenblad. In de spouw is geen isolatie aanwezig.

Aan de kopgevel bevindt zich een 2 meter brede schoorsteen, die 0,75 meter uit de gevel steekt. De schoorsteen loopt circa 4 meter boven het dak door. De schoorsteen bestaat uit een metselwerkbuitenblad en kalkzandsteen binnenwerk. Hiertussen zitten weer messing spouwankers. Het kalkzandsteen binnenwerk is eveneens verankerd met de spouwankers aan de constructie van het gebouw. De vervormingen van de gevel tijdens de storm (windkracht 9) konden ontstaan, doordat er zoveel spouwankers zijn gebroken. De aanleiding voor het bewegen van het metselwerk is de windzuiging op de gevel en de totale windbelasting op het boven het dak uitstekende deel van de schoorsteen tijdens de storm (windkracht 9, max uurgemiddeld 23 m/s, max windstoot 35 m/s). De oorzaak van het bewegen van het metselwerk is het ontbreken van een voldoende verankering van het buitenblad aan de binnenconstructie en van de schoorsteen aan het gebouw. Ook de koppeling tussen het kalkzandsteen binnenwerk van de schoorsteen en de constructie van het gebouw, eveneens bestaande uit messing spouwankers, was verbroken. Tijdens de storm op 18 januari 2007 zijn er spouwankers gebroken, waardoor er een kritische toestand ontstond. De meeste spouwankers zijn niet op de schadedatum gebroken, maar eerder.

Uit materiaalonderzoek van de spouwankers is gebleken dat de messing (koperzinklegering) spouwankers door spanningscorrosie en in mindere mate door ontzinking zijn verzwakt en bezweken. Koperlegeringen zijn onder bepaalde omstandigheden gevoelig voor spanningscorrosie. Met name gebeurt dit in ammoniakhoudende omgevingen. Bij ontzinking verdwijnt selectief het zink (Zn) uit de legering en krijgt deze door een hoger gehalte aan koper (Cu) een rode kleur. Het resterende materiaal is poreus en heeft vrijwel geen sterkte meer. Het corrosieve milieu waaraan de ankers hebben blootgestaan, heeft waarschijnlijk bestaan uit een vochtige en chloriden bevattende omgeving. Deze omgeving in combinatie met de in de ankers aanwezige trekspanningen heeft geleid tot spanningscorrosie.

Het aantal toegepaste spouwankers van 4 stuks/m² voldoet ruim aan de destijds geldende eis uit de Modelbouwverordening. Sinds 1991 is in de NPR 6791 een groter aantal spouwankers voorgeschreven, namelijk 4 stuks tot een hoogte van 11 meter en 6 stuks tussen 11 en 20 meter. In het gedeelte tussen de vierde en achtste zijn dus minder ankers aanwezig dan volgens de NPR 6791. Het aantal aanwezige spouwankers heeft echter geen directe relatie met de aanwezige schade. Niet het aantal ankers maar de staat van de ankers was bepalend voor de schade.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

De gevel (met name de spouwankers) voldeed wat betreft duurzaamheid niet aan het Bouwbesluit.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?
n.v.t.



Toepassing van messing spouwankers is thans niet meer gebruikelijk.

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

Van de vijf soortgelijke flats bleken er uiteindelijk drie stormschade te hebben. De schoorstenen zijn opnieuw verankerd aan het hoofdgebouw en de buitenbladen zijn opnieuw verankerd aan de achterliggende constructie. Er is nog onderzoek gaande naar het metselwerk van de andere twee flats.

Voor algemene aanpak soortgelijke flats zie bij incident C, het betreft dezelfde gemeente.



6.5 Incident E Glazen gevel

Korte omschrijving

Het kantoorgebouw (16 verdiepingen) bevindt zich direct naast een druk NS-station en is in 2005 opgeleverd. Hierna zijn in augustus 2005, juni 2006 en januari 2007 glaspanelen gebroken. Een deel van deze glaspanelen heeft vervolgens de gevel verlaten, waardoor er een veiligheidsrisico ontstond voor passanten aan de voet van het gebouw.

Er is thermisch voorgespannen glas toegepast, dat geen heat soak test heeft ondergaan. In het beschikbare onderzoeksrapport wordt geconcludeerd dat de breuk, met een aan zekerheid grenzend waarschijnlijkheid, veroorzaakt is door een nikkelsulfide insluiting (NiS-insluiting) in het glaspaneel.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

De vraag is of glaspanelen van gehard glas zonder heat-soak test voldoen aan het Bouwbesluit voor wat betreft constructieve veiligheid. De faalkans van dit glas is groot.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?
pm

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

De eigenaar heeft besloten alle glazen gevelpanelen te vervangen door gelaagd (veiligheids) glas..

De optie om het bestaande glas te beplakken met een veiligheidsfolie, is overwogen. Hieraan moeten echter goede voorwaarden worden verbonden qua functionaliteit en duurzaamheid. Uiteindelijk is gekozen voor de dure oplossing van gelaagd glas.

De kosten voor het vervangen zijn een veelvoud geweest van de kosten die bij de bouw zijn bespaard door te kiezen voor glas zonder heat soak test.



6.6 Incident F Glazen gevel

Korte omschrijving

Op 13 maart 2007 heeft in de gevelbekleding van een kantoorgebouw op de 7e verdieping (zuid/zuid-oost gevel) een spontane glasbreuk plaatsgevonden. Hierbij is glas deels op de straat terecht gekomen. In juli 2006 heeft zich een soortgelijk incident plaatsgevonden op de 8e verdieping. Hierna is uit veiligheidsoverwegingen de gevel van het gebouw met daarin de hoofdingang afgezet met een hekwerk en luifel. Het kantoorgebouw (jaren zestig) is twaalf verdiepingen hoog en is in 97 gerenoveerd en voorzien van een nieuwe gevel.

Het toegepast glas is 12 mm thermisch gehard natronkalk veiligheidsglas met een witte geëmailleerde laag. Volgens de leverancier heeft het glas een heat-soak behandeling gekregen.

Uit onderzoek is gebleken dat beide glasbreuken veroorzaakt zijn door de aanwezigheid van nikkelsulfide-deeltjes in het glas. Het heat soak proces dat bij de betreffende glaspanelen is toegepast, moet falen als gevolg van de aanwezigheid van nikkelsulfide deeltjes voorkomen. Echter, ondanks een heat-soak test op de thermisch geharde panelen, is breuk door nikkelsulfide deeltjes niet met 100% zekerheid te voorkomen. Dat er in korte tijd twee glaspanelen bezwijken, doet vermoeden dat het heat-soak proces niet goed is uitgevoerd.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

Nog onduidelijk is of het glas daadwerkelijk het heat-soakproces heeft ondergaan. Zie hierna.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?

pm

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

De eigenaar en de gemeente zijn er nog niet uit voor wat betreft de aanpak van de gevel. In het beschikbare onderzoeksrapport staan twee aanbevelingen:

- Het bestaande glas voorzien van beschermende folie teneinde bij breuk te voorkomen dat brokstukken naar beneden vallen. De eisen waaraan dit folie moet voldoen, moeten nog nader worden bepaald.
- Nauwkeurig onderzoek uitvoeren naar het heat soak proces dat de betreffende partij glas heeft ondergaan. Indien hieruit onduidelijkheden naar voren komen, kan de consequentie zijn dat het glas moet worden vervangen.

Waarschijnlijk wordt pas na de zomer 2007 een beslissing genomen, Tot die tijd is de veiligheid gewaarborgd voor de omgeving. Er is rondom het gebouw een opvangluifel neergezet met opvangdoek. Naast het gebouw loopt een drukke straat. Een oplossing waaraan gedacht wordt is om een permanente opvangluifel rondom het gebouw aan te brengen.



6.7 Incident G Glazen gevel

Korte omschrijving

In 1997 zijn 5 glazen gevelpanelen bezweken van een kantoorgebouw (bouwjaar 1996). Hierbij zijn stukken glas naar beneden gevallen vanaf de veertiende verdieping. De oorzaak is nikkelsulfide-insluiting. Er is voorgespannen glas toegepast, zonder heat soak test. In 1998 zijn drie gevelzijden van het kantoor aan de buitenzijde beplakt met een zelfklevende veiligheidsfolie. Deze voorziening is getroffen, om te voorkomen dat bij het bezwijken van de beglazing brokstukken uit de sponning kunnen vallen. Door middel van beproeving is de veiligheid van deze voorziening aangetoond. Sinds 1998 heeft deze folie zijn nut bewezen. Regelmatig zijn ruiten bezweken en vervangen, zonder dat delen naar beneden zijn gevallen. Bezweken platen dienen tijdig te worden vervangen. Hiertoe wordt de gevel periodiek gecontroleerd. Voorkomen moet worden dat een bezweken paneel in zijn geheel, gebroken, als een schol naar beneden komt. Dit is gevaarlijker dan een onbeplakt glaspaneel dat in kleine stukjes naar beneden komt. De noordgevel is niet beplakt omdat deze gevel grenst aan een plat dak, terwijl de andere gevels grenzen aan voetgangersgebieden. In de zomer 2006 is echter een glaspaneel bezweken van de noordgevel op de 12e verdieping waarbij toch glas terecht is gekomen op een naastgelegen voetgangersgebied. Hierop is besloten dat alle panelen aan deze gebouwzijde worden vervangen door nieuw glas dat de heat soak test heeft ondergaan. Het vervangen van het glas is voor de aannemer voordeliger dan het beplakken met folie.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

De vraag is of glaspanelen van gehard glas zonder het heat-soak test voldoen aan het Bouwbesluit voor wat betreft constructieve veiligheid. De faalkans van dit glas is groot.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?

pm

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

Na 1998 stelt de gemeente in de bouwvergunningen de standaardvoorwaarde dat voor glazen gevelpanelen alleen gehard glas mag worden toegepast dat de heat-soak test heeft ondergaan.



6.8 Incident H Glazen gevel

Korte omschrijving

In een winkelcentrum is in de nacht van 30/31 december 2006 een grote buitenruit van 9 m² bezweken. Deels is hierbij glas op de grond terecht gekomen. De ruit zat circa 10 meter boven het straatniveau. De oorzaak van dit bezwijken is niet definitief vastgesteld, maar waarschijnlijk is dit het gevolg geweest van de storm (windkracht 8) die in de betreffende nacht woedde.

De ruit bestond uit dubbel enkel floatglas van 8 mm dikte en woog totaal 500 kg. Alleen de buitenruit was bezweken op 31 december. De binnenruit was blijven zitten. Deze is hierna afgeschermd met een net. Bij de storm van 18 januari 2007 is ook de binnenruit bezweken en, ondanks het net, tussen het winkelend publiek naar beneden gekomen. De scherven van de binnenruit werden tot 30 meter aan weerszijden van het betreffende pand terug gevonden.

Uit onderzoek is gebleken dat de opvangconstructie van de ruiten gebrekkig is uitgevoerd. Hierdoor kunnen en zijn er randbeschadigingen bij de ruiten ontstaan. Deze randbeschadigingen kunnen onder invloed van zware windbelasting leiden tot volledige breuken en desintegratie van de ruiten. Ondanks dat dit een bouwvergunningsvoorwaarde was, zijn de constructieve gegevens niet opgestuurd aan het gemeentelijk bouwtoezicht ter goedkeuring. Ook uit achteraf aangeleverde gegevens, is niet gebleken dat voldaan wordt aan de eisen voor constructieve veiligheid. Het minimale ontwerp van de opvangconstructie (met geringe toleranties) vereiste verder een nauwkeurige montage die in de bouwpraktijk moeilijk realiseerbaar is.

De sterkte van de ruiten zelf voldoet aan NEN 2608 uitgaande van de windbelastingen volgens NEN 6702 op een hoogte van 11 meter in bebouwd gebied. Het is echter zeer aannemelijk dat ter plaatse sprake is van een hogere windbelasting dan volgt uit NEN 6702 als gevolg van de volgende omgevingsfactoren:

- direct boven de betreffende winkelpassage is een woontoren van 80 meter hoog;
- boven de passage is tussen de gesloten winkelgevels een schotelvormige gebouw gesitueerd.
- de toegang van de passage is gelegen op het westen en voor deze toegang is geen bebouwing aanwezig, die de wind significant kan afremmen.

Voor de bouwvergunningverlening is wel een windtunnelonderzoek gedaan om te bepalen of er voor de voetgangers sprake is van windhinder. Hierbij zijn wel de windsnelheden gemeten, maar niet de winddrukken. Omdat de winddruk niet eenduidig kan worden afgeleid uit de gemeten windsnelheden is opnieuw een windtunnelonderzoek gedaan om ook de winddruk ter plaatse te bepalen. Uit de resultaten hiervan volgt dat de lokaal de windbelasting twee keer hoger is dan volgt uit NEN 6702 bij een hoogte van 11 meter.

De windbelasting die volgt uit NEN 6702 is echter maatgevend in het kader van de Woningwet/Bouwbesluit.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

Of de gevel voldoet aan het Bouwbesluit qua sterkte is nog niet aangetoond. Verder is sprake van zwaardere lokale windbelastingen dan volgen uit NEN 6702.

De leverancier van de gevel beschikt over diverse KOMO-attesten-met-productcertificaat en heeft deze opgestuurd aan de gemeente. De gemeente is van oordeel dat geen van deze certificaten één op één van toepassing zijn op de betreffende gevel.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?

De winddrukken vgl's NEN 6702 kunnen blijkbaar soms te licht te zijn voor specifieke situaties. De negatieve invloed van hoge gebouwen op naastgelegen lage gebouwen is niet geregeld in NEN 6702. In



deze gevallen kan een gemeenten geen aanvullende eisen stellen op basis van het Bouwbesluit, die NEN 6702 aanwijst

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

- Nadat de binnenruit is bezwaken heeft de gemeente van de eigenaar de volgende eisen gesteld:
 - Alle ruiten op de tweede en derde laag moeten worden gecontroleerd op breuken. De ruiten waarbij sprake is van breuk moeten worden afgeplakt met veiligheidsfolie, dat er voor moet zorgen dat de ruit bij volledige breuk in de sponning blijft hangen en niet naar beneden valt.
 - Regelmatig moeten de ruiten worden beoordeeld op nieuwe breuken. Vooral na een periode van windkrachten boven de 6 en 7 bft.
 - Uitgaande van het voorgaande bestaat op korte termijn slechts risico op het ontstaan van nieuwe breuken bij windkracht 9 en hoger. Bij dreiging van deze windkracht moet de passage worden afgesloten.
- De gemeente is een handhavingstraject gestart richting de eigenaar. Dit traject is nog niet afgerond.



6.9 Incident I Glazen overkapping

Korte omschrijving

Op dinsdag 12 mei 1998 omstreeks 13.30 is in een winkelstraat een ruit van 70 kg uit een luifelconstructie gevallen. Hierbij is een mevrouw gewond geraakt die vervolgens in het ziekenhuis moest worden opgenomen. Op de betreffende dag was het warm voorjaarsweer met temperaturen tot 30 °C.

De ruit bestond uit gelamineerd glas, samengesteld uit, van boven naar onder, 4 mm ongehard glas, vier lagen PVB-folie (4x 0,38 mm) en 12 mm gehard glas. De ruiten waren tweezijdig lijnvormig ondersteund door een staalconstructie.

De oorzaak van de glasbreuk was een NiS-insluiting in de onderlaag van gehard glas. Er is niet gerapporteerd of de ruiten de heatsoak test hadden ondergaan. Normaal gesproken had bij breuk van de onderlaag de gehele ruit in de opleggingen moeten blijven hangen. De PVB-folie gaat als trekband fungeren en de bovenruit als drukzone. Door de warmte op die dag was de PVB-folie echter verweekt en kon niet meer als trekband fungeren. Hierdoor is de ruit uiteindelijk uit de sponningen gevallen. Ook bleek de opleglengte van het glas in de sponningen te variëren van 4 tot 24 mm, terwijl 12 mm was vereist. Hierdoor was het glas onvoldoende ingeklemd om bij breuk in de sponningen te blijven hangen.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

Er zijn geen afwijkingen geconstateerd/gerapporteerd voor wat betreft berekeningen.

De schade is duidelijk veroorzaakt door een duurzaamheidskwestie: Nikkelsulfide insluitingen. De vraag is of gehard glas zonder heat-soak test voldoet aan het Bouwbesluit voor wat betreft constructieve veiligheid. De faalkans van dit glas is groot.

In onderhavige toepassing was door het gelamineerde glas sprake van een "tweede draagweg". Deze heeft echter niet gefunctioneerd o.a. door het warme weer.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?

Alhoewel het Bouwbesluit zelf toereikend is, kan worden overwogen om op normniveau iets meer handvatten te geven voor de bepaling van de duurzaamheid/betrouwbaarheid van gehard glas.

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

Alle ruiten zijn voorzien van extra ondersteuning. De ruiten dragen nu vierzijdig. Verder zijn ter voorkoming van het opwerpen van de hoeken, ter plaatse klemplaatjes aangebracht. Deze oplossing is in het werk getest. De ruiten blijven ook na breuk in de sponningen hangen.



6.10 Incident J Glazen overkapping

Korte omschrijving

Op 18 juli 2006 is een ruit in de luifel van winkelcentrum spontaan gebroken en uit de luifel gevallen. Dit gebeurde om 16.30 uur na een warme zomerdag. Op 24 augustus 2006 is een tweede ruit in dezelfde luifel spontaan gebroken. Dit gebeurde rond 14.30 en de temperatuur was circa 20 °C en de windkracht was 3Bft. De geharde ruit is daarbij gefragmenteerd, waarvan het grootste deel van de korrels is opgevangen in de netten, die na het eerste incident onder de luifel zijn bevestigd. Op 26 augustus 2006 is nogmaals een ruit gebroken. De breuk was om circa 14.30 uur opgetreden bij een buitentemperatuur van 18 °C en een windkracht van 2 Bft.

De luifelconstructie is deels in 1999 opgeleverd en deels in 2001. Er is 6 mm dik voorgespannen floatglas toegepast. De ruiten hebben geen heat soak test ondergaan. De luifels bestaan uit stalen licht- gebogen spanten, waarop een aluminium roedesysteem is bevestigd, waarin de ruiten zijn geplaatst. De ruiten zijn opgelegd in EPDM beglazings-profielen in de sponning van de regels en op celband ter plaatse van de roeden. Bij de regels is tevens een rubber strip in de sponningbodemp aangebracht. De ruiten zijn aan de bovenzijde gefixeerd door klemlijsten waarin EPDM beglazingsprofielen zijn opgenomen. De klemlijsten van de roeden zijn voorzien van een sierlijst.

Uit onderzoek is gebleken dat de breuken zeer waarschijnlijk zijn veroorzaakt door nikkelsulfide-insluitingen. Een glasrandbeschadiging ten gevolge van glas/metaalcontact is echter evenmin uit te sluiten. De ruiten zijn gepositioneerd door stelblokjes. Door windbelastingen en temperatuurverschillen kan de ruit gaan “wandelen” en in de sponning gaan opschuiven. Hierdoor is glas/metaalcontact mogelijk. Indien dit veelvuldig gebeurt, kunnen beschadigingen van de glasrand ontstaan, die de sterkte van de ruit negatief beïnvloeden en op den duur aanleiding kunnen zijn voor spontane breuk. Ook is in de zijrand celband aangebracht in plaats van een rubber profiel, hierdoor kan de ruit eveneens meer bewegen dan gebruikelijk en verder doorbuigen. Ook hierdoor is glas/metaalcontact mogelijk.

De toegepaste ruiten voldoen qua sterkte aan de eisen voor wind- en sneeuwbelasting en de belasting door eigen gewicht. De ruiten zijn echter niet bezweken als gevolg van overbelasting. Er was geen sprake van harde wind of sneeuw. De berekeningswijze voor de aan te houden sterkte voor voorgespannen glas was ten tijde van de oplevering nog niet vastgelegd in een norm. In het onderzoeksrapport is de toegepaste beglazing getoetst met de ontwerpnorm NEN 2608-2 van maart 2003, waarin de berekeningswijze voor het bepalen van de sterkte van niet-verticaal geplaatst glas wordt aangegeven. Uit de berekening volgt dat de vierzijdig opgelegde ruit voldoet aan de huidige en toenmalige sterkte eisen. .

In NEN 3569 zijn eisen vastgelegd voor het toepassen van veiligheidsglas in verschillende situaties. De NEN 3569 is echter niet door het Bouwbesluit aangewezen is en heeft daarmee alleen een privaatrechtelijke status. De huidige NEN 3569:2001 schrijft voor glazen daken en luifels het gebruik van gelaagd glas veiligheidsklasse B1 voor. Bij de bouw is uitgegaan van de oudere NEN 3569 waarin nog veiligheidsklasse C (voorgespannen glas) was toegestaan voor deze luifeltoepassing.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

Er zijn geen afwijkingen geconstateerd/gerapporteerd voor wat betreft berekeningen.

1. De schade is zeer waarschijnlijk veroorzaakt door een duurzaamheidskwestie: NiS-insluitingen. De vraag is of gehard glas zonder heat soak test voldoen aan het Bouwbesluit voor wat betreft constructieve veiligheid. De faalkans van dit glas is groot.
2. Omdat geen gelamineerd glas was toegepast, was er ook geen sprake van een “tweede draagweg” die er voor zorgde dat het glas in de sponningen bleef hangen. Het Bouwbesluit



schrijft deze tweede draagweg ook niet voor voor luifelconstructies. De huidige NEN 3569, die voor deze toepassing wel veiligheidsglas eist, is niet aangewezen in het Bouwbesluit.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?

1. PM, afhankelijk van bovengenoemde nadere beschouwing.
2. Verder kan worden overwogen het gebruik van veiligheidsglas conform NEN 3569 op te nemen in het Bouwbesluit. Bij ongelukken of vandalisme, kunnen belastingen optreden die hoger zijn dan die volgen uit NEN 6702. Bij bezwijken van het glas ontstaan dan gevaarlijke situaties voor gebruikers/passanten.

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

De eigenaar heeft besloten al het glas te vervangen door gelamineerd glas. De huidige ruiten worden vervangen door gelaagd, thermisch versterkte ruiten waardoor de ruit bij breuk in de sponning blijft.

De optie om de huidige ruiten te handhaven en te beplakken met een veiligheidsfolie, waardoor bij breuk de ruit in de sponning blijft hangen, is ook overwogen. Toepassing van veiligheidsfolie is theoretisch mogelijk, indien door middel van een proef wordt aangetoond dat bij breuk voldoende klemkracht aanwezig is om het naar beneden vallen van de ruit te voorkomen en de ruit vervolgens op korte termijn wordt verwijderd. In de praktijk blijkt dat een breuk in dergelijke situatie niet altijd onmiddellijk wordt opgemerkt door de verantwoordelijke partij, waardoor de gebroken ruit langere tijd in de luifel aanwezig blijft. Bij sterke wind kan de ruit dan plotseling zijn positie verlaten en in zijn geheel naar beneden komen en ernstige verwondingen veroorzaken. Er dient daarom een protocol te worden opgesteld, waardoor de ruit op korte termijn na breuk wordt gedetecteerd en verwijderd. Uiteindelijk heeft eigenaar besloten te kiezen voor de bovenstaande oplossing die meer zekerheid geeft.



6.11 Incident K Natuursteen gevel bestaande bouw

Korte omschrijving

Van een hotelgebouw zijn op 22 mei 2005 vier boven elkaar geplaatste zware natuurstenen gevelplaten gevallen op een drukke wandelroute. Het betrof de onderste platen in een verticale baan. Niemand werd geraakt. Het hotel is gebouwd in 1963 en bestaat uit een betonconstructie die bekleed is met natuurstenen (travertin) gevelplaten. Uit onderzoek is naar voren gekomen dat het doorstapeleffect (dat is ontstaan doordat de voegen dichtgezet zijn met mortel) van de platen de belangrijkste oorzaak voor het afbreken van de bevestigingen en het loskomen van platen is geweest.

De vier bezweken gevelplaten werden oorspronkelijk (verticaal) gedragen door 7 ankers. Vijf van deze ankers bleken ruim voor het incident al te zijn bezweken. De vier platen hingen feitelijk nog aan 2 ankers. De horizontale voegen tussen de platen waren gevuld met cementmortel. Door de voegvulling hingen de platen niet vrij op hun eigen ankers, maar steunden deels op de daaronder gelegen platen. Hierdoor werden de zeven ankers van de onderste vier platen veel zwaarder belast dan waarvoor zij waren ontworpen. De zeven ankers konden deze extra belasting niet aan en braken. De laatste twee ankers bezweken op 25 mei. Behalve door het stapeleffect is de belasting op de ankers ook verhoogd door montagefouten. Een aantal ankers ontbrak en bij sommige ankers waren de moeren onvoldoende aangedraaid.

De mogelijkheid dat de sterkte van de ankers in de loop der jaren minder is geworden, door bijvoorbeeld spanningscorrosie of vermoeiing, wordt in het beschikbare onderzoeksrapport wel genoemd, maar is niet verder onderzocht omdat het bezwijken van de ankers volledig kon worden verklaard door de overbelasting van de ankers.

- De ankers zijn gemaakt van een koperlegering. Deze ankers zijn in het algemeen goed bestand tegen gangbare corrosie. Echter onder invloed van ammoniak-oplossingen kan spanningscorrosie optreden. Dit kan leiden tot spontane breuk onder trekspanningen. In de spouw achter de panelen zijn veel vogelnesten en –uitwerpselen gevonden. Aannemelijk is dat hierdoor in de spouw ammoniak-oplossingen aanwezig zijn geweest.
- Door de voegvullingen konden de platen niet los van elkaar bewegen. Vervormingen door temperatuurschommelingen veroorzaakten cyclische krachten op de ankers. Mogelijk heeft dit geleid tot vermoeiing, waardoor de sterkte van de ankers is afgenomen.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

Het bezwijken van de gevel is het gevolg van uitvoeringsfouten. Met name het aanbrengen van de voegvulling, maar ook door onzorgvuldigheden in het aanbrengen van de ankers .

Als de platen goed waren opgehangen, werd ruimschoots voldaan aan het Bouwbesluit.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?

NVT

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

Direct na het voorval is de omgeving afgezet. Ook is er een gevelplaat gestut en zijn er enkele verticale banen gevelplaten verwijderd met behulp van hijskranen. Uiteindelijk zijn alle platen die een risico vormden verwijderd. Er worden nieuwe platen aangebracht.



De gemeente heeft de gebouwen op haar grondgebied met soortgelijke gevelplaten geïnventariseerd. Omdat in de gemeente ook incidenten met andere gevels hebben plaatsgevonden, heeft zij een externe deskundige opdracht gegeven het risico van vallende gevelplaten te onderzoeken. Uiteindelijk zal de gemeente de eigenaren van gebouwen met risicovolle gevels vragen maatregelen te nemen. In het uiterste geval wordt tot aanschrijving overgegaan.



6.12 Incident L Natuursteen gevel bestaande bouw

Korte omschrijving

Op 6 juli 2006 is een natuurstenen gevelplaat (0,9 x 1,80 meter) gevallen uit de gevel van een winkelwarenhuis. De platen waren aangebracht bij een verbouwing die in 1996 is opgeleverd. Direct hierna zijn nog zes platen verwijderd die beschadigingen vertoonden.

De oorzaak van het uitvallen van de gevelplaat is niet meer eenduidig vast te stellen. Het betreffende bouwtoezicht gaat er echter vanuit dat de plaat is beschadigd door glazenwassers en mogelijk ook als gevolg van een evenement waarbij van de gevel is “geabseilt”. De verbindingen waarmee de plaat aan de achterliggende gevel is verankerd zijn namelijk gevoelig voor stootbelastingen. De verbindingen bestaan uit vier ankerpennen die in gaten in de randen van platen zijn aangebracht (pen-gatverbindingen).

Ter voorkoming van nieuwe schadegevallen en het vinden van een hersteloplossing is nader onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke oorzaken.

- Er is vastgesteld dat een aantal gevelplaten (blauw/grijs kalksteen) verouderingsverschijnselen vertonen. Op deze platen is duidelijk erosie waarneembaar. Juist bij de twee gevels die het meest last hebben van weer en wind is deze erosie aanwezig. Om vast te stellen welke invloed de veroudering heeft op de sterkte van de gevelplaten is een gedeelte van de platen die het meest aan weer/wind zijn blootgesteld beproefd. De resultaten hiervan zijn nog niet beschikbaar. Bepaald zijn de buigtreksterkte en de sterkte met betrekking tot het uitbreken van de RVS-ankerpennen. Hieruit is gebleken dat de uitbreekwaarde goed is, maar de buigtreksterkte niet.
- Een aantal bevestigingen wijkt af van de berekeningen. Deze bevestigingen zijn “in het werk opgelost”. De gekozen bevestigingsmanier (platen zijn “gestapeld”) beperkt de bewegingsvrijheid van de platen. Er zijn geen gegevens voorhanden van de uitzettingscoëfficiënt van het materiaal. De veroudering in combinatie met opgebouwde spanningen kan uitbreken van de verankering veroorzaken.
- De natuursteenplaten zijn bevestigd met RVS-pennen. Deze pennen dienen volgens de berekeningen 3 cm in de natuursteen te zijn verankerd. Bij de uitgevallen plaat is dit substantieel minder.
- De RVS –pennen zijn in het midden van randen van de platen (28 mm dik) geplaatst. Bij een pen van 6 mm en een boorgat van 8 mm blijft aan voor- en achterzijde van de plaat 10 mm over. Bij de plaat met canalure blijft aan de achterzijde 10 mm over en aan de voorzijde 5 mm
- Er zijn rondom de ramen en deuren (de zogenaamde neggen) ook geveldelen onderling verlijmd. Hiervoor is nooit goedkeuring gegeven door de gemeente die in principe bij verlijming altijd vraagt om ook mechanische verankering (tweede draagweg).

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

De beschikbare rapporten wijzen niet op rekenkundige afwijkingen ten aanzien van het Bouwbesluit. Aannemelijk is dat de oorspronkelijk gevel constructief goed was ontworpen. De oorzaak ligt in onvoldoende duurzaamheid (problemen reeds na 10 jaar!) en uitvoeringsfouten.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?
NVT

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?



Op basis van nader onderzoek wordt nog besloten hoe de gevel wordt vernieuwd/gerepareerd.

Leerpunten uit dit incident voor de betreffende gemeente zijn:

- De montage- en ankerplannen die worden aangeleverd door de aannemer geven meestal de hoofdprincipes aan. In het werk worden vervolgens allerlei detail-oplossingen toegepast, die niet zijn voorgelegd aan de gemeente. De buiteninspecteur moet hier alerter op zijn.
- Natuursteen is niet per definitie duurzaam.
- De pen-gatverbindingen zijn erg gevoelig voor stootbelastingen.



6.13 Incident M Natuursteen gevel nieuwbouw

Korte omschrijving

Bij een 114 meter hoge kantoortoren zijn tijdens stormen in 2001 en 2002 diverse natuursteen gevelplaten naar beneden gevallen of los komen te zitten. Het gebouw is bekleed met circa 7.000 panelen waarvan de grootste afmetingen hebben van 1.20 m x 1.20 m. Het gebouw staat in een druk stadscentrum. Bij de incidenten is niemand gewond geraakt. Het gebouw verkeerde in 2001 en 2002 nog in de afbouwfase. Er zijn de volgende drie soorten schades te onderscheiden.

1. Een plaat die losraakte uit de gevel omdat één van de ankers was verwijderd voor de montage van een lichtrand onder de daklijst. Dit was een incident en gaf geen aanleiding tot zorg over de bevestiging van de andere platen.
2. Het losraken van één van de invulplaten ter plaatse van de bevestiging van de montagesteigers. Aansluitend zijn alle 214 invulplaten aanvullend geborgd. Invulplaten worden afwijkend gemonteerd. Alle platen worden standaard vastgezet met vier ankerpennen. Deze pennen verdwijnen in de randen van de plaat, waarin vooraf gaten zijn aangebracht (pen/gatverbinding). Aan de achterconstructie zijn daartoe RVS-penankers aangebracht met daarop de pennen. Het monteren van de platen gaat eenvoudig als boven de te monteren plaat nog geen plaat aanwezig is. Bij de invulplaten is echter aan de bovenzijde wel al een plaat aanwezig. De ankerpennen aan de bovenzijde worden eerst omhoog geschoven in de plaat erboven waarna ze, na plaatsing van de invulplaat, met een stuk gereedschap in de gaten van de invulplaat worden geschoven. Het is moeilijk te zien of een pen voldoende diep in het gat zit. Alleen ervaren gevelmonteurs kunnen deze invulplaten goed monteren. Bij onzorgvuldige montage kan de pen dus geheel of gedeeltelijk niet in de invulplaat komen.
3. Het losraken (als een boek) van enkele van de gevelplaten, doordat de inbusbouten waarmee beide delen van het RVS-anker worden verbonden, los zitten. Ook dit was een onzorgvuldigheid bij de montage. Met deze inbusbout kan het anker wordt gesteld in de richting loodrecht op de gevel. Alle gevelplaten zijn vervolgens extra beveiligd tegen losraken (tijdelijke voorziening).

Na deze incidenten is door een deskundige een betrouwbaarheidsanalyse (probabilistische methode) uitgevoerd op basis van de uitgangspunten van NEN 6700. Hierbij zijn alle factoren die invloed hebben op de betrouwbaarheid van de bevestiging van de gevelplaten gekwantificeerd. Naast de gebruikelijk factoren als belastingen en sterkte van de materialen, is ook de betrouwbaarheid van de montage gekwantificeerd. Hierbij is de kans dat een monteur een inbusbout niet heeft ingedraaid bepaald. Aan de hand van deze gedetailleerde analyse zijn "risicovolle" platen geïdentificeerd die vervolgens zijn vastgezet met extra ankers.

In 2004 is er echter nogmaals een gevelplaat naar beneden gekomen. Dit bleek een invulplaat die in 2002 over het hoofd was gezien als invulplaat en daardoor geen extra verankering had gekregen. De pennen aan de bovenzijde zaten niet in de invulplaat. De invulplaat zat aan de bovenzijde feitelijk alleen vast aan een klodder lijm. Er bleken nog meer invulplaten over het hoofd te zijn gezien. De eigenaar van het kantoorgebouw wilde hierna geen enkele risico meer lopen dat er nogmaals een gevelplaat naar beneden zou komen. Besloten is om alle platen nauwgezet te controleren en niet alleen af te gaan op de (theoretische) betrouwbaarheidsanalyse. Naar aanleiding hiervan zijn nog een aantal platen gevonden die aanvullende verankering behoeften.



Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

Alle schadegevallen zijn primair veroorzaakt door montagefouten. Er bleken echter ook rekenfouten in het ontwerp, maar deze zijn niet de oorzaak van het bezwijken van de gevelplaten.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?

Bij het opstellen van de genoemde betrouwbaarheidsanalyse zijn twee punten naar voren gekomen die niet goed of niet logisch zijn in NEN 6702.

- Volgens artikel 5.1.3 van NEN 6702 mag men voor lichte gevelelementen (<200 kg) uitgaan van de laagste veiligheidsklasse 1. Uit de achterliggende norm NEN 6700 kan echter worden opgemaakt dat de betreffende gevels moeten voldoen aan veiligheidsklasse 3 omdat bij bezwijken van de gevelplaten de kans op levensgevaar groot is. De granieten gevelplaten van het betreffende gebouw wegen maximaal 136 kg.
- Voor de bepaling van de windbelasting op de gevelplaten, geeft NEN 6702 voor de overdruk in de spouw geen expliciete waarden. Dit speelt vooral bij de gevelplaten dicht bij de randen van een gebouw. Hier kan tegelijk onderdruk aan de buitenzijde en overdruk in de spouw optreden. In het betreffende gebouw zijn uiteindelijk de spouw ter plaatse van de hoeken dichtgezet met een zogenaamde cavity breaker, die voorkomt dat er in de spouw overdruk ontstaat.

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

Zie de voorgaande teksten.



6.14 Incident N Natuursteen gevel nieuwbouw

Korte omschrijving

Op 2 januari 2007 is geconstateerd dat twee boven elkaar gelegen natuursteen gevelplaten verplaatst zijn uit het gevelvlak. Het betreft platen die zijn bevestigd op 30 meter hoge buitenkolommen ter plaatse van de entree. Rondom de kolommen is direct het gebied afgesloten. De loszittende platen (1,46 m x circa 0,9 m) zijn verwijderd.

Iedere gevelplaat is met vier bevestigingen vastgemaakt aan de in het werk gestorte betonkolom. Twee bevestigingen aan de onderzijde van iedere plaat en twee aan de bovenzijde. Alleen de bevestigingen aan de onderzijde nemen de verticale krachten van het eigen gewicht op. De windbelasting wordt door alle bevestigingen opgenomen. De bovenste twee verbindingen zijn uitgevoerd met een verticale glijverstijfing, die het mogelijk maken dat iedere plaat van 1,46 meter in verticale richting 1 mm vrij kan bewegen ten opzichte van de bovengelegen plaat. Geconstateerd is dat de voeg bij enkele platen vervuild is met lijmresten, waardoor de platen niet vrij kunnen bewegen.

De verbindingen (RVS-staal) bestaan uit ankerbouten die vastzitten in de betonnen achterconstructies. Hierop is een ankerschoen gemonteerd door middel van een moer, geribde volgplaat en moer. Op de ankerschoen zit een voetje (6 mm) waar doorheen een pin steekt. Bij het monteren worden de platen op dit voetje gezet. De pin verdwijnt in de natuursteenplaat. Hiertoe zijn in de plaat aan de kopse kanten ronde gaten geboord. Bij deze pen-gat verbinding wordt lijm toegepast. Het voetje is hierna zichtbaar in de voeg tussen de platen, die 7 mm breed is. De platen worden successievelijk boven elkaar geplaatst. Probleem bij het monteren zijn de zogenaamde sluitplaten. Deze platen moeten tussen twee reeds gemonteerde platen worden gemonteerd. Het inbrengen van de vier pinnen (twee boven en twee onder) is hierbij lastig. De bovenste plaat van de twee platen die uit het vlak van de gevel zijn verplaatst, was een pasplaat. De moeren van de ankers tussen de twee platen zijn waarschijnlijk hierbij niet vastgezet. Het monteren van de pasplaat gaat hierdoor makkelijker. Door wisselende windbelasting is de moer waarschijnlijk los komen te zitten en afgedraaid van het draadeind. Vervolgens is de ankerschoen naar voren geschoven, waarna de plaat is gekanteld. Bij alle overige platen is vervolgens nagegaan of de moer wel was vastgezet. Dit bleek het geval.

Bij het onderzoek is verder naar voren gekomen dat de voegbreedte tussen de platen varieerde van 0 tot 3 mm, terwijl het ontwerp uitging van 1 mm. Ook is geconstateerd dat de voeg bij enkele platen vervuild is met lijmresten, waardoor platen niet vrij kunnen bewegen.

Een groot deel van de verwachte kruip/krimp was al opgetreden.

Rekenkundig is vervolgens vastgesteld dat de voeg nog minimaal 0,2 mm breed moet zijn om de vervormingen als gevolg van temperatuurwisselingen en bijkomende kruip/krimp op te kunnen vangen. Bij 70 platen bleek de voegbreedte onvoldoende te zijn. Deze zijn gedemonteerd en afgeslepen.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

Het betreft uitvoeringsfouten. De ontworpen gevel is, voor zover beoordeeld, conform Bouwbesluit.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?

NVT



Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

Bij deze case zijn door de gemeente twee punten naar voren gebracht die aandacht behoeven bij andere projecten:

- De wijze van monteren van de sluitplaat. Hierover dient vooraf goed te zijn nagedacht.
- De vereiste voegbreedte tussen de platen. Bij de betreffende case was er van uitgegaan dat er per plaat nog 1 mm (nominaal) overbleef om vrij te kunnen bewegen. Dit is door bouwers nagenoeg niet te realiseren. In de bouw is een maattolerantie van 1 mm al bijna niet te realiseren.



6.15 Incident O Metalen gevel

Korte omschrijving

Op 18 januari 2007 zijn tijdens een hevig storm verschillende delen van de metalengevel van een kantoorgebouw (zes verdiepingen) losgeraakt dan wel ontzet. Delen hiervan zijn naar beneden gevallen. Uit veiligheidsoverwegingen is direct de directe omgeving van het pand afgezet. Het kantoorgebouw is in juli 2005 opgeleverd.

Er zijn drie soorten schades opgetreden.

- Over het gebouw heen is een architectonische brugvormige schijf aanwezig. Aan de bovenzijde van deze schijf is de grootste schade ontstaan. De gevelbeplating en de horizontale afdekconstructie zijn bevestigd aan de hoofddragconstructie via een houten hulpconstructie. Gebleken is dat deze houten constructie onvoldoende was verankerd. Bevestigingen hebben geheel of gedeeltelijk ontbroken.
- Op het dak staat een technische ruimte. De betreffende gevel bleek gedeeltelijk niet voldoende te zijn bevestigd. De hoekprofielen waaraan de metalen gevelpanelen zijn bevestigd ontbreken over de bovenste 1,3 m. De verbindingen (blindklinknagel) tussen de hoekprofielen en de achterliggende stalen binnendozen bleken verder rekenkundige onvoldoende sterk te zijn. Dus ook als het hoekprofiel wel volledig was aangebracht, was het geheel onvoldoende sterk geweest.
- De gevelpanelen van de genoemde architectonische brugvormige schijf zijn op meerdere plaatsen uit het gevelvlak gekomen. Dit betreft een echter alleen een esthetische kwestie, het gevelvlak is alleen vervormd. De panelen zijn voldoende sterk verbonden met de achterliggende gevelconstructie door middel van zogenaamde bedhaken, die halverwege de hoogte van ieder paneel zitten, en met schroeven aan de bovenzijde. Aan de onderzijde zijn de panelen met stalen veren gekoppeld aan de onderliggende panelen. Met deze veerverbinding wordt vooral bewerkstelligd dat de platen onderling "strak" in het gevelvlak komen te liggen.

In het beschikbare onderzoeksrapport wordt verder gesteld dat de opgetreden maximale uurgemiddelde windbelasting op 18 januari lager was dan waarvan NEN 6702 uitgaat.

In het rapport is de windbelasting bepaald conform NEN 6702. Hierbij zijn de berekeningen die de gevelbouwer had gemaakt niet beschouwd. Deze berekeningen zijn pas later beschikbaar gekomen na het incident. Uit deze berekeningen volgt dat de gevelbouwer de voorgeschreven eisen uit NEN 6702 minimaal heeft geïnterpreteerd. De gevelbouwer rekent met een windbelasting van 1,34 kN/m² terwijl in het onderzoeksrapport, met een conservatievere uitleg van NEN 6702, gerekend wordt 2,5 kN/m². Dit is bijna 2 keer zoveel! Dit wordt veroorzaakt door de volgende verschillen:

- De gevelbouwer gaat niet uit van een mogelijke overdruk achter de gevelbeplating. Volgens de gemeente had dit wel moeten gezien de opbouw van de betreffende gevel.
- De gevelbouwer reduceert de windbelasting voor de referentieperiode van 15 jaar. Dit is niet conform artikel 5.1.3 van NEN 6702. Voor lichte gevelelementen mag je wel uitgegaan van veiligheidsklasse 1 maar met behoud van de referentieperiode van 50 jaar.
- De gevelbouwer gaat terecht uit van veiligheidsklasse 1 terwijl in het onderzoeksrapport wordt uitgegaan van klasse 2.
- De gevelbouwer gaat uit van de windbelasting in bebouwd gebied, terwijl in het onderzoeksrapport wordt uitgegaan van onbebouwd gebied.

Aannemelijk is dat de gevel vooraf niet goed uitgedetailleerd is en dat niet alle mogelijke verbindingen constructief zijn ontworpen. Veel aansluitingen zijn vervolgens op de bouwplaats door de uitvoering zelf verder uitgewerkt op basis van eigen inzicht zonder inbreng van een constructeur.



Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit

Nee. De bevestiging van de gevelpanelen was onvoldoende sterk. Vooral als gevolg van uitvoeringsfouten.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?

NVT

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

De gemeente heeft geconcludeerd dat haar buiteninspecteurs met name oog hebben voor bouwfysische aspecten van de gevels en minder controleren op de constructieve veiligheid (verankering, toegepaste schroeven/bouten etc). Dit is als leerpunt meegenomen bij de verdere professionalisering van het toezicht.



6.16 Incident P Metalen gevel

Korte omschrijving

Bij een 80 meter hoog kantoorgebouw in aanbouw zijn in 2002 bij een storm meerdere gevelelementen afgewaaid. Niemand raakte gewond. De volgende drie soorten schades zijn opgetreden.

1. Een deel van schade kwam doordat de gevel nog deels open was en er hierdoor een grotere windbelasting op de gevelelementen kon werken dan in de gerede toestand. Naast de gebruikelijk windzuiging aan de buitenkant kon nu namelijk ook windruk aan de binnenkant ontstaan. Hierdoor zijn gevelelementen losgekomen. Nadat alle gevelelementen zijn aangebracht, was er geen risico meer op deze overbelasting.
2. De bovenste twee bouwlagen blijven ook in de definitieve eindfase aan de bovenzijde open (ontbreken dakvlak). Hier staan de technische ruimtes, die door de gevel aan het zicht zijn onttrokken. Ook hier zijn gevelelementen bezweken als gevolg van de hoge windbelasting door zuiging aan de buitenzijde en druk aan de binnenzijde. Omdat dit ook in de uiteindelijk gebruiksfase kan plaatsvinden zijn zowel de gevelelementen zelf als de verbindingen verzaamd. Feitelijk waren deze gevelelementen in het oorspronkelijk ontwerp niet goed gedimensioneerd.
3. Verder is ook schade ontstaan aan de geveldelen die wel volledig waren gemonteerd. Door windzuiging zijn de platen bol gaan staan en vervolgens uit de opvangprofielen gewaaid. De insteek van de platen in de opvangprofielen bleek achteraf te klein. De gevelplaten zijn vervolgens met schroeven extra geborgd in de opvangprofielen. Uit het onderzoeksrapport van de gevelleverancier wordt ook een andere mogelijke oorzaak genoemd. Mogelijk zijn volgens de leverancier hogere windbelastingen opgetreden dan die volgen uit NEN 6702 en waarmee is gerekend. Het gebouw heeft een ellips vorm. Aannemelijk is dat bij deze vorm hogere lokale windzuigingen optreden dan die volgen uit NEN 6702. Ook de naastgelegen hoge bebouwing kan leiden tot hogere windbelastingen. Dit is in het beschikbare rapport niet verder beschouwd. Bij het oorspronkelijke ontwerp is uitgegaan van veiligheidsklasse 1 volgens NEN 6702. Dit is toegestaan omdat het gewicht van de gevelbeplating gering is. Bij dimensionering van de extra borging door middel van schroeven, na het incident, is voor de zekerheid echter uitgegaan van de (hoogste) veiligheidsklasse 3.

De gevelberekeningen zijn door of namens de bouwvergunningaanvrager niet voorgelegd ter beoordeling aan het gemeentelijke bouwtoezicht. Voor en tijdens de bouw zijn deze gegevens ook niet door de gemeente alsnog opgevraagd. Pas na het incident zijn door de gevelleverancier gegevens overlegd.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

Schade 1

De windbelasting die tijdens de bouwfase kan optreden op gevelelementen, kan groter zijn dan die in de gerede toestand van het gebouw. De belastingen die tijdens de bouwfase kunnen optreden, worden wel genoemd in NEN 6702 (paragraaf 11), maar dit deel van NEN 6702 is niet aangewezen in het Bouwbesluit. Wel geldt artikel 4.8 lid 1 van de bouwverordening, die regelt dat het bouwen op een veilige wijze moet geschieden.

Schade 2

Hierbij is duidelijk sprake van een ontwerpfout omdat niet gerekend is met de juiste windbelastingsfactoren volgens NEN 6702, waardoor niet voldaan werd aan het Bouwbesluit.



Schade 3

De lokale windfactoren in NEN 6702 zijn niet van toepassing op gebouwen met een ellipsvorm (zie de toelichting NEN 6702 8.6.4). De randzone waarbij hogere lokale windzuigingen kunnen optreden zijn groter dan bij rechthoekige gebouwen. Mogelijk moet zelfs voor het gehele gebouw worden uitgegaan van een hogere windzuiging.

De gevelleverancier heeft ten onrechte de windvormfactoren uit NEN 6702 die gelden voor rechthoekige gebouwen gebruikt voor dit ellipsvormige gebouw. Feitelijk is dus ook hier sprake van een ontwerpfout. De mogelijke negatieve invloed van de omringende gebouwen, zoals gesuggereerd in het beschikbare rapport van de leverancier, lijkt volgens de VROM-Inspectie bij dit incident geen rol te hebben gespeeld. Dit effect speelt namelijk vooral bij lage gebouwen naast hogere gebouwen.

Op grond van de schade 2 en 3 lijkt het aannemelijk dat de betreffende gevelleverancier bij het ontwerp uit gegaan is van standaardberekeningen die zijn gebaseerd op gesloten en rechthoekige gebouwen. Omdat het onderhavige gebouw afwijkend is van vorm (ellipsvormig) en deels open blijft aan de bovenzijde, hadden er specifieke berekeningen gemaakt moeten worden.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?

Het Bouwbesluit is toereikend. De vraag is echter of NEN 6702 voldoende toereikend is voor het bepalen van windbelastingen. Voor gebouwen met een andere vorm dan rechthoekig, moet feitelijk windtunnelonderzoek worden uitgevoerd om de windbelasting op de gevelpanelen te bepalen. Verduidelijking van NEN 6702 lijkt op zijn plaats en mogelijk is een aparte NEN voor gevels een oplossing, zoals er ook een aparte NEN 6707 is voor dakbedekkingen.

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

De betreffende gemeente ziet in vervolg beter toe op de constructieve veiligheid van gevelpanelen. Gevelberekeningen worden opgevraagd en beoordeeld.



6.17 Incident Q Gelijmde gevel

Korte omschrijving

In Augustus 2006 zijn diverse geveltegels gevallen van een recent opgeleverd woongebouw. Alleen de eerste 8 meter van het gebouw zijn bekleed met tegels (circa 600 m²), hierboven is metselwerk toegepast. Het betrof natuursteen geveltegels (0,57 m x 0,27 m (bxh), 13 kg) die waren verlijmd op een steenachtige onderconstructie met 2 componentenlijm type HPA. Deze lijm is volgens de leverancier speciaal ontwikkeld en geschikt voor deze toepassingen. Aanvullend op de lijmverbinding is in het ontwerp uitgegaan van een extra borging in de vorm van een stalen verankering, die om de laag vanaf 2,5 meter boven maaiveld moet zijn aangebracht. De betreffende gemeente eist bij gelijmde gevelbeplating altijd een extra borging (tweede draagweg) omdat van lijmverbindingen niet kan worden aangetoond dat de duurzaamheid ten minste 50 jaar is.

Er zijn alleen tegels losgekomen die gelijmd zijn op een prefab betonconstructie (het grootste deel van tegels is verlijmd op metselwerk). Gebleken is dat ter plaatse van deze prefab betonconstructie niet de genoemde extra borging is aangebracht. Ook bleek de lijm niet volledig dekkend te zijn aangebracht. Verder heeft een rol gespeeld dat de tegels zeer warm kunnen worden. De tegels zijn zwart en zitten op de zuid-westgevel. Bij het losraken van de tegels was het warm zomerweer. De lijm is hierdoor los gekomen van de ondergrond.

Tijdens de bouw is besloten om de extra borging niet aan te brengen ter plaatse van de prefab betonconstructies. De angst bestond namelijk dat door het boren de aanwezige voorspanningwapening in de betonconstructie zou worden beschadigd. De wijziging van het ontwerp is door de aannemer niet voorgelegd aan de gemeente ter goedkeuring. Achteraf bleek dat er wel degelijk in de prefab beton kon worden geboord op door de leveranciers aangegeven locaties.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

De oorzaak van het incident is geen overbelasting geweest. De lijm bleek al niet voldoende om het eigengewicht van de tegels te dragen. De lijm was niet volledig aangebracht en bleek bij hoge temperaturen onvoldoende te hechten. Er was geen sprake van veroudering van de lijm, het incident vond vrijwel direct na oplevering plaats.

De sterkte van betreffende lijmverbindingen voldeed niet aan de betrouwbaarheid conform NEN 6700.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?

Alhoewel het Bouwbesluit zelf toereikend is, kan worden overwogen om op normniveau iets meer handvatten te geven voor de bepaling van de duurzaamheid van lijmverbindingen.

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

Door de aannemer is een plan van aanpak opgesteld om de gevel te verbeteren/repareren. Tegels worden alsnog voorzien van extra verankering.



6.18 Incident R Gelijmde gevel

Korte omschrijving

Tijdens een storm in januari 2007 zijn van een kantoorgebouw (1997) keramische tegels losgekomen en naar beneden gevallen. Daarna zijn beveiligingsmaatregelen getroffen ter voorkoming van persoonlijk letsel door vallend tegels. In maart 2007 zijn opnieuw tegels naar beneden gevallen zonder aanwijsbare oorzaak. De gevels van het gebouw hebben een buitenschil van mechanisch bevestigde PGVC-elementen (Polymeergemodificeerd Glasvezel Versterkt Cement). Op deze elementen zijn tegels gelijmd in de fabriek.

Reeds tijdens de bouw heeft de verlijming van de tegels op de elementen tot problemen geleid. Er zijn nieuwe elementen vervaardigd, waarbij onderzoek is gedaan naar de meest geschikte materialen en de wijze waarop deze dienden te worden aangebracht. Op basis van dit onderzoek (o.a. een duurzaamheidsonderzoek) is gekozen voor een verlijming door middel van elastisch blijvende kittrillen. Uit dit onderzoek volgde dat de verlijming zorgvuldig moest gebeuren. Hiertoe is een uitgebreide werkinstructie opgesteld. Bij de opleveringscontrole in 1998 zijn diverse gebreken geconstateerd, waaronder onvoldoende hechting van diverse tegels. In 1999 zijn vervolgens hechtsterktebeproevingen uitgevoerd waarbij bleek dat de hechtsterkte van ten minste 10% van tegels niet voldeed aan de vooraf gestelde eis. Na dit onderzoek was de vraag of er daadwerkelijk risico's waren voor het loslaten en omlaagvallen van de tegels. Daarom is in 2000 een uitgebreider onderzoek uitgevoerd, waarbij 3000 tegels (10% van het totaal aantal tegels) in situ met een trekkracht van 25 kg zijn belast. Hierbij kwamen geen tegels los. Daarop is geconcludeerd dat er voldoende vertrouwen was in de hechting van de tegels en de veiligheid voor personen.

Naar aanleiding van de twee schadegevallen in 2007, is men nu tot de conclusie gekomen dat de verlijming van tegels toch onbetrouwbaar is. Bij de betreffende tegels was er geen enkel spoor van hechting van de lijm aan het PGVC-element.

Afgezien van het loslaten van de tegels zijn er nog andere vormen van schade:

- De voegen tussen de tegels vertonen scheuren. De voegen zijn gevuld met harde voegmortel terwijl elastische kit was geadviseerd.
- De PGVC-elementen waarop de tegels zijn gelijmd, trekken krom.
- De tegels zelf vertonen in toenemende mate ook schade in de vorm van afgesprongen schilfers en schollen.

Momenteel wordt onderzoek uitgevoerd naar de oorzaak van de schade. Op basis van het daaruit te verkrijgen inzicht in het mechanisme dat de schade veroorzaakt, zal gericht onderzoek naar de omvang van het probleem en/of herstelmogelijkheden worden verricht. Gehele of gedeeltelijke vervanging van de opgelijmde tegels danwel gehele gevelementen zijn daarna te overwegen opties.

Voldeden de gevels en glasconstructies aan het Bouwbesluit?

Er vind nog nader onderzoek plaats, zoals hierboven is vermeld.

Indien deze wel voldeden aan het Bouwbesluit, is de volgende vraag of het Bouwbesluit wel toereikend is?
PM

Welke acties zijn door de betreffende gemeenten/gebouweigenaren uitgevoerd naar aanleiding van deze calamiteiten en kunnen deze acties als voorbeeld dienen voor andere gemeenten/bouwpartijen/gebouweigenaren (best practices)?

Er zijn beveiligingsmaatregelen getroffen ter voorkoming van persoonlijk letsel door vallende tegels. Definitieve oplossing na genoemde nadere onderzoek.



7 Meer informatie

Dit is een publicatie van het Ministerie van VROM

VROM-Inspectie

Bezoekadres : Rijnstraat 8

Postadres : Postbus 16191, 2500 BD DEN HAAG

www.vrom.nl

Publicatiedatum: oktober 2007

*Dit rapport bevat een zeer beknopte en vrije weergave van de wettelijke bepalingen.
Bij een geschil kunt u zich niet op deze publicatie beroepen.
Raadpleeg in zo'n geval altijd de wetten en regelingen zelf.*