

Stalen kolommen profiteren van metal stud-wanden

Wanneer een staalconstructie is opgenomen in een MS-wand (metal stud) dan profiteert deze wat de opwarming bij brand betreft van de brandwerende eigenschappen van zo'n wand. Maar in welke mate en onder wat voor voorwaarden? Wat is de brandwerendheid van een staalconstructie, afhankelijk van de opbouw en eigenschappen van de MS-wand? Wanneer kan zonder extra bescherming van het staal aan de brandwerendheidseis worden voldaan? En wanneer is wel extra bescherming nodig en hoe moet er dan met de brandwerende bescherming worden omgegaan? Overzicht van de achtergronden, praktische tools en toepassingsmogelijkheden.

ing. M. Boot, dr.ir. A.F. Hamerlinck, ir. N.J. van Oerle, ing. B. Oostdam RC en ir. T.G. van der Waart van Gulik

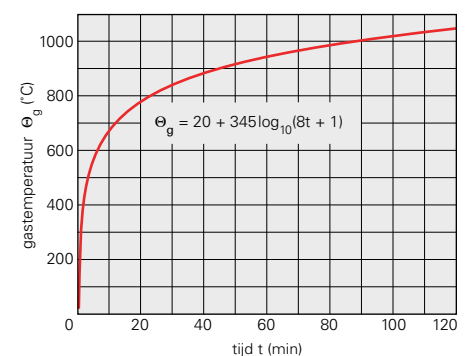
Martin Boot is Development & Application Engineer bij Etex Building Performance in Farmsum. Jur van Oerle is senior adviseur bij Adviesbureau Peutz in Mook. Bianca Oostdam is constructeur bij Imd Raadgevende Ingenieurs in Rotterdam en voorzitter van de Technische Commissie 3 - Brandveiligheid van Staalconstructies van Bouwen met Staal. Ralph Hamerlinck is senior adviseur bij Bouwen met Staal en directeur van Adviesbureau Hamerlinck in Roosendaal. Tim van der Waart van Gulik is Project Leader Fire Engineering bij Efectis Nederland in Bleiswijk.

Met name in de gestapelde woningbouw en utiliteitsbouw (zoals theaters en bioscopen) worden veel MS-wanden toegepast met (vanwege het comfort) hoge akoestische eigenschappen en daardoor ook hoge brandwerende eigenschappen, soms (aanzienlijk) hoger dan strikt genomen op basis van de brandeisen tussen brandcompartimenten vereist is. Een wand met soms wel driemaal gipsbeplating aan weerszijden voldoet ruimschoots in het kader van de geldende 60 minuten brandwerendheidseis (om te voldoen aan de wdbbo-eis (weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag)) tussen brandcompartimenten. Maar ook wanneer er geen 'overwaarde' is in de brandwerendheid van de wand, is het mogelijk de brandwerendheid van de staalconstructie in de wand geheel of gedeeltelijk aan de wand te ontleen. Dit hangt uiteraard af van de eis aan de staalconstructie (met betrekking tot bezwijken), de kritieke staaltemperatuur en aan de opbouw en prestatie van de wand (op scheidende functie). Beide uitgedrukt in minuten, maar op verschillende wijze beoordeeld (zie kader). Voor de prestatie van de wand wordt in een brandtest uitsluitend beoordeeld op criteria

aan de niet-verhitte zijde. Om voor zo'n wand een uitspraak over de staalconstructie in de wand te kunnen doen, moet echter meer informatie uit de test beschikbaar zijn dan standaard gemeten wordt, met name de temperaturen in de spouw, op de stalen studs of op de binnenzijde van de wanddelen, en de vervormingen. De gemeten temperaturen dienen (met enige marge) lager te zijn dan de aan de hand van NEN-EN 1993-1-2 berekende kritieke staaltemperatuur om de staalconstructie zonder aanvullende bescherming aan de brandwerendheidseis te laten voldoen.

Testresultaten MS-wanden

Op basis van onderzoeken is inzicht ontstaan in de optredende spouwtemperaturen in MS-wanden als functie van de opbouw. Uiteraard is een en ander afhankelijk van plaattypen (leverancier), opbouw, studs, isolatie en bevestigingswijze en gelden conclusies ook alleen voor een specifieke, als zodanig geteste opbouw. In overleg met de leverancier moet dan ook op basis van de specifieke situatie en keuze onderbouwing in de vorm van een onafhankelijk test- en/of beoordelingsrapport gevonden worden.



1. Standaardbrandkromme volgens NEN-EN 1991-1-2 en NEN 6069.

In afbeeldingen 3-6 zijn gestyleerde, gemiddelde opwarmingscurven van de studs gegeven in diverse opbouwen om een indruk te geven van de mogelijkheden. De ruwe data hiervan zijn in het bezit van Bouwen met Staal en het betreft onderzoek dat door de fabrikant in eigen beheer is uitgevoerd. De temperaturen vormen een veilige bovengrens voor de opwarming van een stalen kolom of ligger (met immers een grotere massa, dus tragere opwarming). Uit de afbeeldingen kan het volgende worden geconcludeerd in algemene zin.

- De staalconstructie in een 125 mm dikke MS-wand met aan beide zijden 2x12,5 mm gipskartonbeplating (zonder of mét isolatie) is 30 minuten brandwerend beschermd zonder aanvullende bekleding (waarbij de wand zelf EI 60 minuten brandwerend is op de scheidende functie). De gemiddelde opwarming van de stalen studs (of in geval van isolatie aan de binnenzijde van de beplating aan de verhitte zijde) bedraagt na 30 minuten (afb. 3 en 4) ± 100 °C.
- De staalconstructie in een 150/100 mm dikke MS-wand met aan weerszijden twee gipsplaten (1x12,5 mm gipskartonbeplating + 1x12,5 mm glasvezelversterkte gipsbeplating) (zonder of mét isolatie) is 60 minuten brandwerend beschermd zonder aanvullende be-

Brandwerendheid

Bouwbesluit, afdeling 2.2 (Sterkte bij brand) beschrijft in artikel 2.10 de eisen aan de brandwerendheid van de constructie. De officiële omschrijving is 'brandwerendheid met betrekking tot bezwijken' of 'de tijdsduur waarbinnen een constructie niet mag bezwijken'. Het Bouwbesluit verwijst hiervoor overigens in artikel 2.11 (Bepalingsmethode) in lid 1 naar NEN-EN 1990 en van daaruit naar NEN-EN 1991-1-2, waar in artikel 1.5.1.4 de 'brandwerendheid' is gedefinieerd als het 'vermogen van een constructie, een gedeelte of een element daarvan om de vereiste functies te kunnen vervullen (dragende en/of scheidende functie) bij een bepaald belastingniveau, een bepaalde blootstelling aan brand en gedurende een bepaalde tijdsduur'. Hiermee wordt de mogelijkheid geboden ook andere brandkrommen dan de standaardbrandkromme (afb. 1) te hanteren. Voor de bepalingmethode voor staalconstructies verwijst Bouwbesluit artikel 2.11 in lid 2 naar NEN-EN 1993-1-2 en NEN 6069.

NEN 6069 geeft nadere invulling van het begrip 'brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie': dit begrip is voor een staalconstructie meestal niet relevant, maar wel voor constructies die een brand-scheiding vormen (vloeren, brandwerende wanden, gevels en soms ook het dak). Hoewel ook hier andere brandkrommen zijn toegestaan, wordt in vrijwel alle gevallen getest volgens de standaardbrandkromme. De criteria die bij de scheidende functie een rol spelen worden aangeduid met een letter (afb. 2):

- R dragende functie (geen bezwijken);
- E vlamdichtheid betrokken op de afdichting (geen vlammen of hete gassen aan de niet-verhitte zijde);

- I thermische isolatie betrokken op de oppervlaktetemperatuur (aan de niet-verhitte zijde geen grotere temperatuurstijging dan lokaal 180 °C of gemiddeld 140 °C);
- W thermische isolatie betrokken op de warmtestraling (op 1 m van de niet-verhitte zijde geen grotere warmtestraling dan 15 kW/m²).

Het hangt van het type scheidingsconstructie af welke combinatie van criteria van toepassing is, bijvoorbeeld:

- E subbrandcompartimentering en in (extra) beschermde vluchtroutes;
- REI vloer of dragende wand (brandcompartimentering en beschermde subbrandcompartimentering);
- EI niet-dragende binnenwand;
- EI gevel beoordeeld van buiten naar binnen (brand buiten het gebouw, die uitbreidt naar binnen) bij een gereduceerde standaardbrandkromme met een maximale temperatuurstijging van 659 °C;
- EW gevel beoordeeld van binnen naar buiten (brand in het gebouw, die uitbreidt naar buiten);
- EW (beglaasde) binnenwanden en -deuren (beschermde subbrandcompartimentering of naar extra beschermde vluchtroute).

NEN 6069 (2019) bevat een uitgebreidere lijst aan typen constructies met geldende criteria, afhankelijk van de situatie, maar dat valt buiten het bestek van dit artikel.

kleding (waarbij de wand zelf EI 90 minuten brandwerend is op de scheidende functie). Na 60 minuten bedraagt de gemiddelde opwarming van de stalen studs zonder isolatie ± 300 °C (afb. 5) en de maximale studtemperatuur ongeveer 400 °C (niet weergegeven). Voor de studs met glaswol isolatievulling is dit gemiddeld ook zo'n 300 °C (afb. 6), maar er is een grotere gradiënt over de hoogte van het studprofiel, waardoor de maximale studtemperatuur (aan brandzijde) plusminus 480 °C bedraagt.

De gepresenteerde mogelijkheden en testresultaten hebben betrekking op MS-wanden met enkele studs (van één fabrikant). Door de

maximale studhoogte van 150 mm kunnen hier slechts stalen kolommen van beperkte omvang in opgenomen worden. Wanden met dubbele studs (twee rijen met eenzijdige beplating) bieden voor de praktijk mogelijkheden om grotere kolommen op te nemen. Om 90 of 120 minuten brandwerende staalconstructies zonder aanvullende bescherming op te kunnen nemen in een MS-wand, is het een overweging aan beide zijden van de stalen kolom een zogenaamde 'schachtwand' toe te passen met drievoudige (90 minuten) of viervoudige beplating (120 minuten). Hierbij wordt de staalconstructie gemiddeld niet meer dan 140 °C en maximaal niet meer



E: vlamdichtheid



EI: vlamdichtheid en oppervlaktetemperatuur



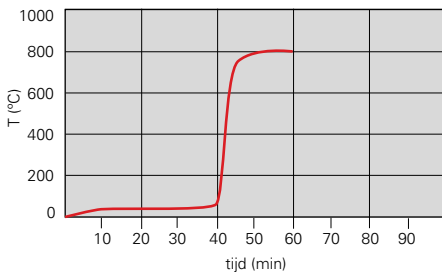
EW: vlamdichtheid en warmtestraling

2. Beoordelingscriteria brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie volgens NEN 6069.

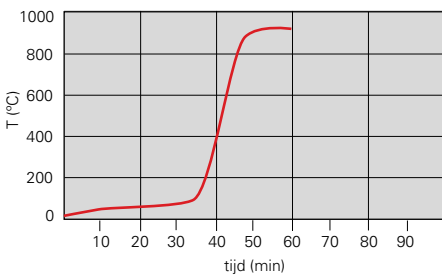
dan 180 °C opgewarmd (het I-criterium, zie kader, waar bij een schachtwand aan voldaan wordt). Een en ander zal uiteraard ook met onafhankelijk testrapporten onderbouwd moeten worden.

Aanvullende bescherming

Wanneer de staalconstructie onvoldoende beschermd wordt door de MS-wand is aanvullende bescherming nodig. Hierbij is het van belang op te merken dat 1-op-1 'optellen' niet toegestaan is. Met andere woorden: geldt er een brandwerendheidseis van 60 minuten voor de constructie en is de bijdrage van de MS-wand 30 minuten, dan is het niet

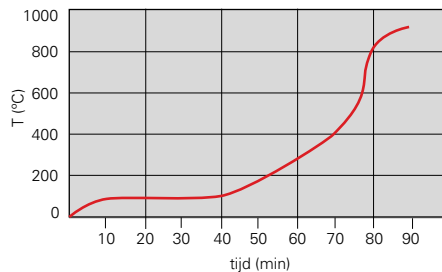


3. Voorbeeld gemiddelde opwarming van studs in een 125 mm dikke MS-wand met aan beide zijden 2x12,5 mm gipskartonbeplating (zonder isolatie), waarmee de staalconstructie in de wand 30 minuten brandwerend beschermd is zonder aanvullende bekleding (wand zelf EI 60 minuten brandwerend op de scheidende functie).

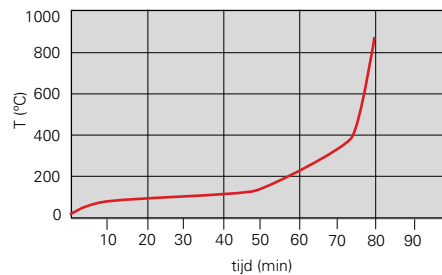


4. Zelfde als afbeelding 3 maar dan met glaswol isolatievulling.

voldoende om de staalconstructie 30 minuten brandwerend te bekleden. Dit komt omdat de staalconstructie tussen 30 en 60 minuten (wanneer de gipsplaten er af gevallen zijn) aan hogere temperaturen wordt blootgesteld dan in de periode tussen 0 en 30 minuten (zie de temperatuurcurve van de standaardbrandkromme, *afb. 1*) en reeds enigszins is 'voorverwarmd' gedurende de eerste 30 minuten. Een praktische vuistregel: neem 15 minuten marge in acht. In het geschetste voorbeeld is dan 45 minuten aanvullende bescherming nodig op de stalen kolom in de wand. Refererend naar een specifieke, geteste situatie is het mogelijk 45 minuten bescherming aan een specifieke MS-wand te ontlenuen, waardoor met 30 minuten brandwerende bekleding volstaan kan worden. De al dan niet benodigde marge in minuten kan ook bepaald worden met modelberekening van de staaltemperatuur op basis van een eindige-elementenmethode, waarbij het effect van de vervormingen



5. Voorbeeld gemiddelde opwarming van stalen studs in een 150 mm dikke MS-wand met aan beide zijden 1x12,5 mm gipskartonbeplating + 1x12,5 mm glasvezelversterkte gipsbeplating (zonder isolatie), waarmee de staalconstructie in de wand 60 minuten brandwerend beschermd is zonder aanvullende bekleding (wand zelf EI 90 minuten brandwerend op de scheidende functie).



6. Zelfde als afbeelding 5 maar dan met glaswol isolatievulling.

kan worden meegenomen op basis van een officiële test met de betreffende MS-constructie. Daarbij kan het temperatuurafhankelijke fysische gedrag van de materialen zodanig worden aangepast dat daarmee de temperatuurontwikkeling in de constructie wordt berekend zoals deze daadwerkelijk tijdens de test heeft plaatsgevonden. Voor de volledigheid wordt herhaald dat deze conclusies alleen getrokken kunnen worden mits bovengenoemde optredende staaltemperaturen lager zijn dan de met NEN-EN 1993-1-2 berekende kritieke staaltemperatuur. Daarnaast zijn ook de optredende staaltemperaturen niet algemeen geldig en zal per situatie/project de daadwerkelijk optredende staaltemperaturen van de studs moeten worden vergeleken met de daadwerkelijke kritieke staaltemperatuur van de in de MS-wand toe te passen staalprofielen. Bovenstaande conclusies zijn dus een voorbeeld van de mogelijkheid om een bepaalde bijdrage

aan de brandwerendheid op bezwijken te ontlenuen aan de eigenschappen van een MS-wand. Wanneer dit concept projectmatig wordt toegepast, is het voor de acceptatie ervan belangrijk bij de onderbouwing gebruik te maken van onafhankelijk verkregen testresultaten.

Test- en beoordelingsrapporten

Zoals aangegeven dient conform Bouwbesluit 2012, artikel 2.11 de brandwerendheid op bezwijken bepaald te worden conform NEN-EN 1993-1-2 of NEN 6069.

- NEN-EN 1993-1-2 geeft in hoofdstuk 4 rekenmethoden voor zowel de bepaling van de kritieke staaltemperatuur als de bepaling van de optredende staaltemperatuur. Indien het door MS-wanden (hitteschermen) afgeschermde staalconstructies betreft, dienen zowel de eigenschappen en het gedrag van de MS-wand als temperatuurontwikkeling in de MS-wand, welke als input dient voor de bepaling van de optredende staaltemperatuur, te zijn bepaald volgens EN 13381-2. Door de optredende staaltemperatuur te vergelijken met de kritieke staaltemperatuur kan voor de vereiste brandwerendheid op bezwijken getoetst worden of de betreffende MS-wand voldoende bescherming aan het betreffende staalprofiel biedt. Deze optie betreft dus een rekenkundige toetsing op basis van input uit een beproevingsmethode; een combinatie van testen en rekenen.

- NEN 6069 is de algemene Nederlandse norm voor de beproeving en klassering van de brandwerendheid van bouwdeelen en bouwproducten waarbij voor de bepalingsmethoden wordt verwezen naar de van toepassing zijnde Europese normen. Via deze norm wordt eveneens de hierboven in NEN-EN 1993-1-2 beschreven optie aangewezen. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om van een specifieke situatie de brandwerendheid van in dit geval een dragende wand proefondervindelijk te bepalen met NEN-EN 1365-1. Het toepassingsgebied van deze laatstgenoemde optie is beperkter dan die van de in NEN-EN 1993-1-2 gegeven optie. Aanvullend op de optie via NEN-EN 1993-1-2, geeft NEN 6069 dus ook een toetsingsmogelijkheid op basis van alleen een proefondervindelijk bepaling. Strikt genomen sluit de experimentele bepa-

Literatuur

1. *NEN-EN 1991-1-2* (Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 1-2: Algemene belastingen - Belasting bij brand), 2019 + C3, 2019 + NB, 2019.
2. *NEN 6069* (Beproeving en klassering van de brandwerendheid van bouwdeelen en bouwproducten), 2019 + A1, 2019 + C, 2019.
3. *NEN-EN 1993-1-2* (Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-2: Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand), 2015 + C2, 2011 + NB, 2015.
4. *NEN-EN 13501-2* (Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdeelen - Deel 2: Classificatie op grond van resultaten van brandwerendheidsproeven, behalve voor ventilatiesystemen), 2016.
5. *NEN-EN 13381-2* (Beproevingmethoden voor de bepaling van de bijdrage aan brandwerendheid van constructie-onderdelen - Deel 2: Verticale beschermende membranen), 2014.
6. *NEN-EN 1364-1* (Bepaling van de brandwerendheid van niet-dragende bouwdeelen - Deel 1: Wanden), 2015.

ling van de brandwerendheid van niet-dragende wanden (met betrekking tot de scheidende functie) volgens NEN-EN 1364-1 dus niet aan op de bepaling van de brandwerendheid van staalconstructies op bezwijken. Voor het beoordelen van situaties accepteren de testlaboratoria alleen test-, exap- ('extended applications') en classificierapporten opgesteld volgens de Europese normen door aantoonbaar geaccrediteerde en onafhankelijke laboratoria aangesloten bij EGOLF (European Group of Organisations for Fire Testing, Inspection and Certification). De specifieke data op basis waarvan dit artikel is geschreven vallen daarom niet onder een officiële erkenning of attestering. Ondanks deze formele beperking, bestaan er technische mogelijkheden om beide werelden (van dragende staalconstructies en niet-dragende binnenwanden) te combineren.

Vervormingscriteria

Er zijn eisen te stellen aan rapporten van MS-wanden (volgens NEN-EN 1364-1) om bruikbaar te zijn bij de bepaling van de brandwerendheid van staalconstructies. De belangrijkste: de vervormingscriteria. In de 1364-1-rapporten worden de doorbuigingen van de geteste wanden (naar de brand toe) gerapporteerd. Deze kunnen afhankelijk van wandopbouw en -hoogte in de orde van 5 à 10 cm bedragen. Voor de beoogde brandwerendheidsbijdrage van de wand aan de staalconstructie mag deze doorbuiging niet zodanig groot zijn dat de wand zou kunnen bezwijken (grote scheuren vertonen of eraf vallende platen of delen daarvan). De verhinderde uitbuiging van de wand leidt namelijk tot extra spanningen in de wand, wat tot voortijdig bezwijken kan leiden. In beperkte mate 'aanliggen' van de wand tegen de staalconstructie ('spanningloos') levert nog geen problemen op, maar wanneer de vervorming voor een groter deel verhinderd wordt, dan is dit wel het geval en kan de prestatie van de MS-wand nadelig beïnvloed worden.

Andersom kan de vervorming van de staalconstructie de wand eerder doen bezwijken. Bij kolommen is dit gevaar beperkt, omdat de vervormingen vóór de kolom uitknikt gering zijn (en zich hoofdzakelijk tot uitzetting in lengterichting beperken). Bij liggers kunnen de doorbuigingen in de orde van 1/30 van de

overspanning zijn (en in werkelijkheid en tijdens brandproeven soms nog wel meer). Deze moeten 'vrij' binnen de MS-wand kunnen plaatsvinden zonder de studs te belasten of de beplating kapot te drukken.

Vanwege het mogelijke effect van de vervormingen van de staalconstructie op de stabiliteit van de MS-wand, is het advies om voor de kolommen een marge van 50 °C ten opzichte van de berekende kritieke staaltemperatuur aan te houden en voor de liggers een kritieke staaltemperatuur van 400 °C. Dit is als een conservatief advies te beschouwen, vooruitlopend op meer fundamentele studies naar de relatie tussen het gedrag van staal in verticaal belaste wanden (EN 1365-1) en in niet-dragende wanden (EN 1364-1).

Conclusie is dat het dus niet per definitie nodig is dat de wand met staalconstructie erin getest is volgens NEN-EN 13381-2, zoals de formele weg voorschrijft, maar dat onder voorwaarden gebruik gemaakt kan worden van rapporten volgens NEN-EN 1364-1. Een belangrijke vereiste hierbij is dat in aanvulling op NEN-EN 1364-1 tenminste ook temperatuurmetingen in de spouw zijn verricht en de uitbuiging van de wand is gemeten. Omdat vervormingen een grote rol spelen is de hoogte van de wand belangrijk. De hoogte van de platen, de bevestigingsmiddelen, hart-op-hart afstanden in de toegepaste wand moeten overeenkomen met de geteste situatie. De beoordeling van de vervorming van de wand en/of het staalprofiel vraagt specialistische kennis waarbij testervaring onontbeerlijk is. Een andere voorwaarde betreft tot slot de toepassing van doorvoeringen en wandcontactdozen. Hiervoor bestaan details om deze zo uit te voeren dat aan de criteria (EI) van de brandwerende wand met betrekking tot de scheidende functie te voldoen, maar deze garanderen niet altijd dat de spouwtemperatuur beperkt blijft, zoals gemeten tijdens de test volgens NEN-EN 1364-1 (zonder wandcontactdoos). Ze moeten zodanig worden geplaatst/gedetailleerd dat ze een verwaarloosbare invloed hebben op de opwarming van de staalconstructie in de spouw.

Projectvoorbeeld

Een recent opgeleverd project, waarbij de brandwerende eigenschappen van de

MS-wanden zijn benut voor de brandwerendheid van de staalconstructie is het Platform in Utrecht. Dit gebouw bestaat uit een bus- en tramplatform op maaiveldniveau waarboven twee commerciële verdiepingen en tien verdiepingen met woningen zijn geplaatst. De hoofdconstructie bestaat uit een staalskelet. In de commerciële lagen vormen de stalen vakwerken samen met de eerste verdiepingvloer een geïntegreerde tafelconstructie waardoor het aantal kolommen op het bus- en tramplatform beperkt is. Op deze geïntegreerde tafelconstructie is een raamwerk van liggers en kolommen geplaatst dat de woningvloeren draagt. Deze liggers en kolommen zijn weggewerkt in de MS-wanden die een woningscheidende functie hebben. Doordat deze MS-wanden zijn gedimensioneerd op een brandwerendheidsduur van 60 minuten kon de brandwerende bekleding van de stalen hoofdconstructie met 30 minuten bespaard worden. Dit met als resultaat dat de totale dikte van de woningscheidende wanden beperkt konden blijven tot 400 mm. Projectvoorbeelden waarbij de volledige brandwerendheid van de staalconstructie wordt ontleend aan de opbouw van MS-wanden zijn bioscoopgebouwen. Bijvoorbeeld de bioscoop aan het schouwburgplein in Rotterdam. Doordat de akoestische eisen aan binnenwanden in dit gebouw zeer hoog zijn, zijn MS-wanden met een spouw toegepast. Ook hier is de stalen hoofdconstructie in deze spouw geplaatst met als resultaat dat er geen brandwerende voorzieningen aan de staalconstructie nodig zijn.

Conclusie

Hoewel er verschillen bestaan tussen de bepaling van de brandwerendheid van (MS-) wanden met betrekking tot de scheidende functie en de brandwerendheid van (staal-) constructies met betrekking tot de dragende functie, bestaan er mogelijkheden dit te combineren. De staalconstructie kan zijn brandwerendheid geheel of ten dele ontleenen aan de gipsbeplating van de MS-wand. In het praktische toepassingsgebied is dit 30 of 60 minuten brandwerendheid. Wanneer de eis voor het staal hoger is dan de MS-wand kan leveren, is aanvullende brandwerende bescherming van de staalconstructie nodig. •