

SMALLE BAKSTEENGEVELS BREED INZETBAAR



vereniging Koninklijke
Nederlandse Bouwkeramiek



INHOUD

Inleiding	2
Waarom smalle baksteengevels?	2
Nieuw en toch vertrouwd	2
Ontwerp en realisatie	3
Over deze publicatie	3
Milieuprestatie	4
Milieuprestatie product (MKI) en gebouw	4
MKI-baksteengevels	4
Bijkomend milieuvoordeel	4
Geen extra milieukosten	4
Keuze gebouwlevensduur	4
Impact MKI-spouwmuur	4
Esthetisch ontwerp	5
Smalle baksteen	5
Metselverband	5
Gewelreliëf	6
Negge	6
Bouwtechnisch ontwerp	7
Metsel- en lijm mortel	7
Spouwankers	7
Metselwerkwapening	8
Geveldragers en lateien	8
Dilatatievoegen	8
Constructieve dimensionering	10
Inleiding	10
Windbelasting	10
Binnenblad van metselwerk	10
Binnenblad van houtskeletbouw (hsb)	11
Binnenblad van (prefab) beton	11
Spouwankers	11
Uitvoering en verwerking	12
Bijlage Toelichting NPR 9096-1-1	13
Colofon	20

INLEIDING

Waarom smalle baksteengevels?

Uit diverse studies volgt dat de Nederlandse woningvoorraad eerder 120 jaar moet meegaan dan de vaak gehanteerde 75 jaar. Baksteengevels zijn bij uitstek geschikt voor gebouwen met een (zeer) lange levensduur en hebben dan ook een betere milieuscore dan veel andere gevelmaterialen. De toepassing van smalle baksteen verbetert deze score tot 35%.

Deze steen is namelijk 65 tot 75 mm breed ten opzichte van 100 mm bij een 'volle' baksteen (Waalformaat). Er is tot 35% minder grondstof en energie nodig bij productie en transport. Dat geldt ook voor het mortel- of lijmgebruik bij de verwerking.

Bovendien ontstaat bij toepassing van smalle baksteen extra ruimte voor isolatie bij nieuwbouw of renovatie, dan wel meer woon- of kantooroppervlak. Het lagere gewicht maakt een lichtere uitvoering mogelijk van geveldraggers, lateien en draagconstructie en vermindert de fysieke belasting van de metselaar.

Nieuw en toch vertrouwd

Smalle en 'volle' baksteengevels zijn vergelijkbaar in uiterlijk en functionaliteit. Ook bij ontwerp en realisatie zijn er veel overeenkomsten, al past daar nog beter de vergelijking met 65 mm klamp baksteengevels. Daarmee zijn al decennia goede ervaringen opgedaan. Bij klampverwerking worden 65 mm dikke 'volle' bakstenen op de kant verwerkt, voor het architectonische effect.

In België zijn smalle baksteengevels veelvoorkomend. In Nederland nog niet en dat zorgt voor koudwatervrees. Dat is onnodig gezien de ervaring met 'volle' en klamp baksteengevels en de praktische handvatten in deze publicatie.



Smal metselwerk is net zo fraai als 'regulier' metselwerk.

Ontwerp en realisatie

Spouwmuren met volle bakstenen hebben constructief vaak wat overcapaciteit, vooral bij laagbouw. Dit zorgt voor extra zekerheid, zelfs bij eventuele ontwerp- of bouwfouten. Bij smalle baksteengevels is deze marge kleiner en beschikken bouwpartijen over (nog) beperkte ervaring met dit geveltype. Ontwerp en realisatie verdienen daarom extra aandacht en zorgvuldigheid.

Over deze publicatie

Deze publicatie biedt een leidraad voor ontwerp en realisatie, waarmee bouwpartijen kunnen vertrouwen op een goed en duurzaam resultaat.

Aan bod komen de milieuprestatie, het esthetische en bouwtechnische ontwerp, de constructieve dimensionering, de uitvoering en realisatie van de smalle baksteengevel. Waaronder de samenhang met binnenbladen van kalkzandsteen, keramische binnenmuursteen, beton en houtskeletbouw. Naast metselwerk is er aandacht voor verlijmd smalle baksteen.



Er is een ruime en goede ervaring met 65 mm klamp baksteengevels, die constructief en uitvoeringstechnisch vrijwel gelijk zijn aan smalle baksteengevels.

MILIEUPRESTATIE

Milieuprestatie product (MKI) en gebouw

De Milieu Kosten Indicator (MKI) betreft de milieukosten van een bouwproduct in Euro/m². Dit zijn de (in)directe kosten van de milieu-impact op de economie. De MKI volgt uit een wetenschappelijk onderbouwde levenscyclusanalyse (LCA) van het bouwproduct. Waarna alle milieueffecten worden gewogen en samengevoegd tot één getal volgens de NMD Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken. CO₂ is daarbij een van de belangrijkste milieueffecten. Dankzij de MKI zijn de milieuprestaties van gebouwen te vergelijken en indicatief ook van samengestelde gevelconstructies en bouwproducten.

De Milieu Prestatie Gebouwen (MPG) is de MKI voor het gebouw in Euro/jaar/m² bruto vloeroppervlak (bvo). Daarvoor wordt de totale MKI berekend voor de hoeveelheid toegepaste bouwproducten en de eventuele vervangingen over de totale gebouwlevensduur. Dit MKI-gebouw wordt gedeeld door de gebouwlevensduur en het bruto vloeroppervlak. Het Besluit Bouwwerken Leefomgeving stelt MPG-eisen aan woningen en kantoren.

MKI-baksteengevels

Bij toepassing van smal metselwerk verbetert de milieuscore tot 35%. Omdat de milieukosten evenredig afnemen met de baksteenbreedte. De milieuscore van individuele fabrikanten (categorie 1 data) en het branchegemiddelde (categorie 2 data) staan in de Nationale Milieudatabase (NMD). De NMD stelt de productlevensduur op 1000 jaar voor smal en vol baksteen metselwerk. In de MPG worden dus geen milieukosten berekend voor vervangingen over de gebouwlevensduur.

Bijkomend milieuvoordeel

Het lagere gewicht van smal metselwerk maakt een lichtere uitvoering mogelijk van geveldragers, lateien en draagconstructie. Dit zorgt voor een verdere verbetering van de milieuprestatie van het gebouw. Al wordt dit niet altijd aan smal metselwerk toegerekend of zelfs niet meegenomen in de MPG-berekening wegens ontbrekende MKI-data. Verder ontstaat bij smalle baksteen extra ruimte voor isolatie bij nieuwbouw of renovatie bij een gelijkblijvend vloeroppervlak.

Geen extra milieukosten

Uit diverse studies en de huidige Nederlandse woningvoorraad volgt dat woningen eerder 120 jaar moeten meegaan dan de vaak gehanteerde 75 jaar. De praktijk bewijst dat baksteengevels probleemloos 120 jaar (en langer) meegaan, zonder vervanging en vrijwel onderhoudsvrij. Daardoor ontstaan geen extra milieukosten bij deze verlengde gebruiksperiode. Dit in tegenstelling tot veel andere gevelafwerkingen.

Keuze gebouwlevensduur

De gehanteerde gebouwlevensduur is een keuze. De NMD-bepalingsmethode schrijft geen gebouwlevensduur voor, maar noemt wel de vaak gehanteerde 75 jaar voor woningen en 50 jaar voor utiliteitsgebouwen. Een langere levensduur is dus mogelijk en kan worden gemotiveerd en onderbouwd met de Richtlijn Specifieke gebouwlevensduur. Baksteen is bij uitstek geschikt voor gebouwwontwerp met een (zeer) lange levensduur, met een lage footprint in vergelijking met andere gevelafwerkingen.

Impact MKI-spouwmuur

Bovengenoemde voordelen werken door in de MKI-reductie van de spouwmuur. Een smalle baksteengevel heeft in de regel geen gevolgen voor de opneembare windbelasting van de spouwmuur. Vooral in combinatie met een beton of houtskeletbouw binnenblad. Echter bij een gestapeld binnenblad kan in ongunstige situaties een verdikking nodig zijn, zoals bij hogere windbelasting in het kustgebied. Er resteert nog € 1,27 /m² MKI-reductie bij toepassing van 65 mm baksteenmetselwerk met 120 mm kalkzandsteen, in vergelijking met een reguliere spouwmuur van 100 mm baksteenmetselwerk en 100 mm kalkzandsteen.

ESTHETISCH ONTWERP

Smalle baksteen

Per fabrikant verschilt het assortiment en de leverbare standaardafmetingen. Bijvoorbeeld smalle bakstenen van 215 x 65 x 50 mm en 240 x 75 x 40 mm (l x b x h).

Metselverband

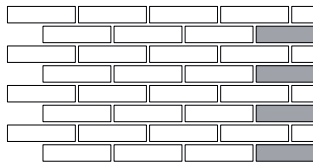
Houd bij het metselverband rekening met de kop/strek verhouding van de gekozen smalle baksteen. Wie smalle gevelstenen verwerkt zonder verzaagde passtukken, zal uitkomen op een 1/3-verband waarbij de strekken onderling verspringen over een afstand die ongeveer overeenkomt met een derde van een steen.

Andere metselverbanden zijn mogelijk door te starten met een gezaagde passteen. Bijvoorbeeld halfsteensverband, wildverband, staand klezorenverband of blokverband.

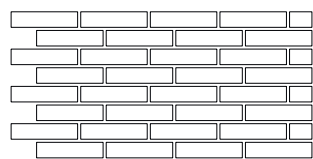
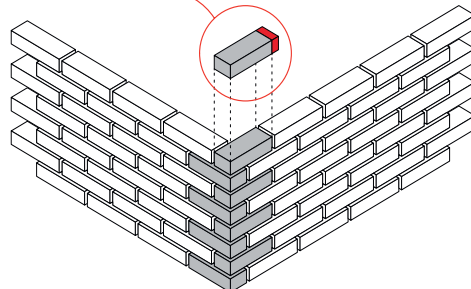


Metselverband aangepast aan de smalle kopmaat

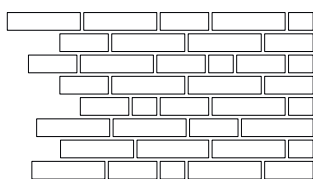
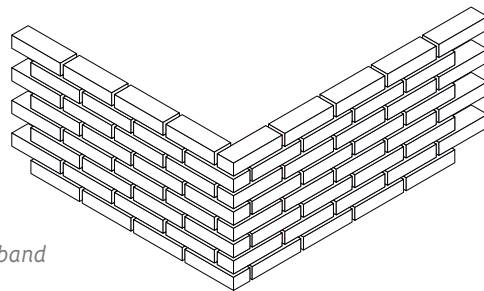
passtuk uit verzaagde steen



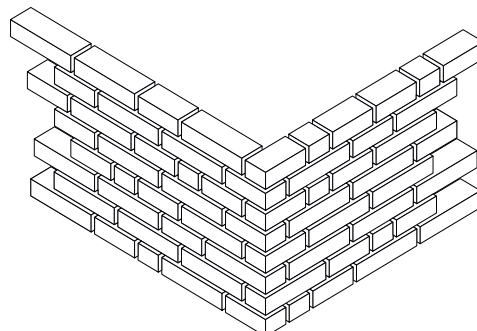
Halfsteensverband



Zonder passtenen ontstaat een 1/3-steensverband



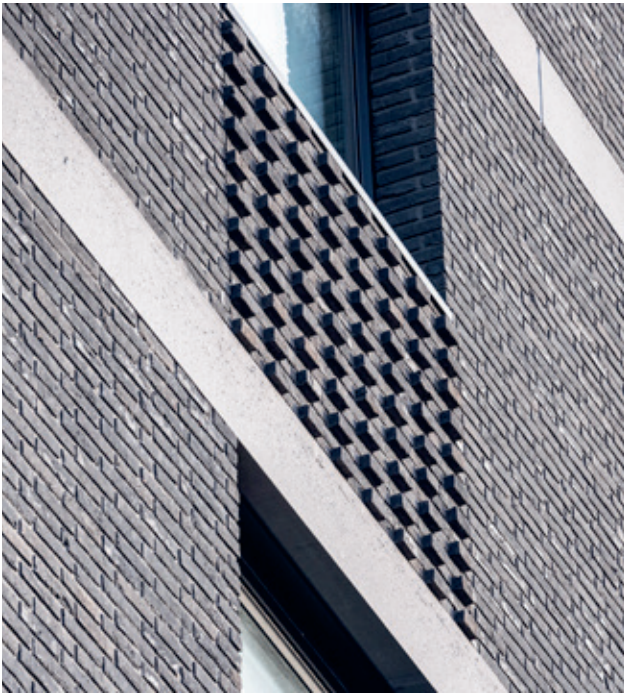
Vrij verband



Gevelreliëf

De architectonische mogelijkheden met gevelreliëf zijn vrijwel onbeperkt. Door de 'verspringende' bakstenen verkleint het contactoppervlak in de lintvoeg (de effectieve muurbreedte) voor de krachtoverdracht. De sterkte van de spouwmuur is ook afhankelijk van de achterconstructie (het binnenblad). Als deze de gehele windbelasting kan weerstaan, is de invloed van verspringende bakstenen zeer beperkt. Geadviseerd wordt een constructeur te raadplegen.

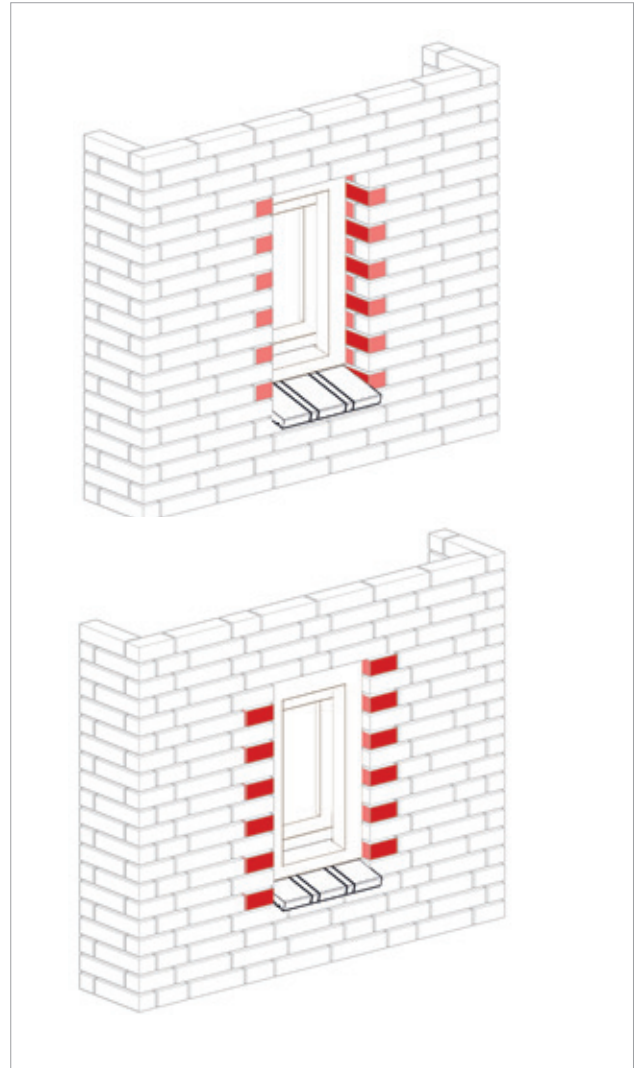
Door de gecombineerde toepassing van volle (Waalformaat) en smalle bakstenen kan eenvoudig meer reliëf worden gecreëerd bij 65 mm effectieve muurbreedte. De 'verspringende' volle baksteen wordt desgewenst op breedte gezaagd, waarbij de zaagzijde in de spouw komt.



Gevelreliëf biedt extra ontwerpmogelijkheden, naast de variatie in metselverbanden, bakstenen en voegwerk.

Negge

De smalle baksteen zorgt voor slanke neggen en muureinden. Desgewenst kan het metselwerk optisch worden verbreed, zoals getoond in de afbeelding. Deze 'uitkragende' bakstenen worden alleen gesteund tijdens de verwerking en uitharding.



De negge van de smalle baksteengevel kan desgewenst worden verbreed (bovenste afbeelding).

BOUWTECHNISCH ONTWERP

Metsel- en lijm mortel

Net als bij reguliere bakstenen is een mortel- of lijmadvies nodig, dat vooral wordt afgestemd op de initiële wateropname (IW-klasse) van de baksteen. Dit is met het oog op een goede verwerkbaarheid, voldoende stabiliteit tijdens en na het metselen en voldoende buigtreksterkte na verharding.

Bij een doorstrijkmortel deze maximaal 4 mm terugliggend doorstrijken, zodat het legvlak zoveel mogelijk wordt benut voor de stabiliteit. Met verlijming is desgewenst een hogere buigtreksterkte te realiseren en/of een meer monolithisch geveluiterlijk, door de beperkte voegbreedte van ongeveer 5 mm.

Vraag constructief advies als de mortel voor voegwerk wordt uitgekrabd, omdat dit van invloed kan zijn op de weerstand tegen windbelasting.



Verlijming geeft een meer monolithisch geveluiterlijk.

Spouwankers

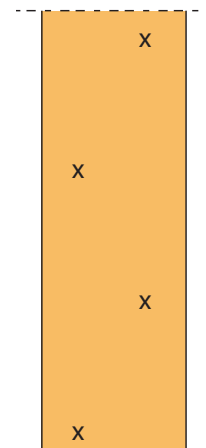
In de spouwmuur hebben spouwankers een constructieve functie. Ze koppelen de smalle baksteengevel met het binnenblad. Daarnaast worden ze gebruikt bij de bevestiging van isolatieplaten. Een constructeur bepaalt het aantal en type spouwankers en het montagepatroon, zie hoofdstuk 5.

De minimale staalkwaliteit is RVS AISI 316 (A4). Voor de benodigde krachtopname moet het spouwanker de door de fabrikant gespecificeerde verankeringslengte en morteldekking hebben.



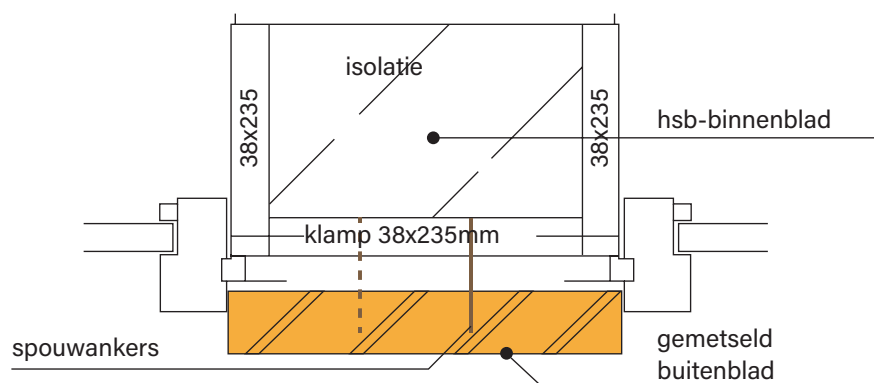
Per type spouwanker zijn verschillende lengtes beschikbaar voor een passende keuze bij de smalle baksteen, benodigde verankeringslengte en spouwbreedte.

Het aantal spouwankers per m² wordt gelijkmatig verspreid over het geveloppervlak. Bij een smal penant worden de ankers aangebracht in een verspringend patroon voor een gelijkmatige ondersteuning van het metselwerk.



Schematisch weergave van het verspringende spouwanker patroon bij een smal penant.

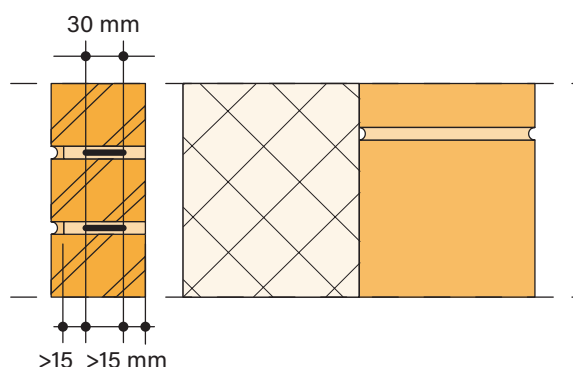
Bij een binnenblad van houtskeletbouw worden spouwankers aangebracht in de stijlen. Dus niet in spouwlaten of kozijnen. Let erop dat spouwankers geen waterkering doorboren rondom kozijnen en bij geveldraggers. Bij smalle penanten tot 600 mm breed worden zo nodig extra stijlen of klampen (regels) aangebracht voor de bevestiging van de spouwankers. Zie voor meer informatie Aanbeveling STA.050.2019 van Stichting Stapelbouw. De inhoud van deze Aanbeveling is ook gepubliceerd als SKH-Publicatie 19-04.



Bij dit smalle penant zijn klampen (regels) aangebracht in het hsb-binnenblad voor de bevestiging van spouwankers.

Metselwerkwapening

Met metselwerkwapening kan de sterkte van het metselwerk worden vergroot en scheurvorming worden beheerst. Bij de toepassing van tegelverband is het zelfs noodzakelijk. Een constructeur bepaalt de hoeveelheid en het type wapening. Gebruik materialen volgens de Nationale Bijlage bij NEN-EN 1996-2. Volg de aanwijzingen van de fabrikant voor voldoende inbedding in mortel of lijm.



Voorbeeld metselwerkwapening

Geveldragers en lateien

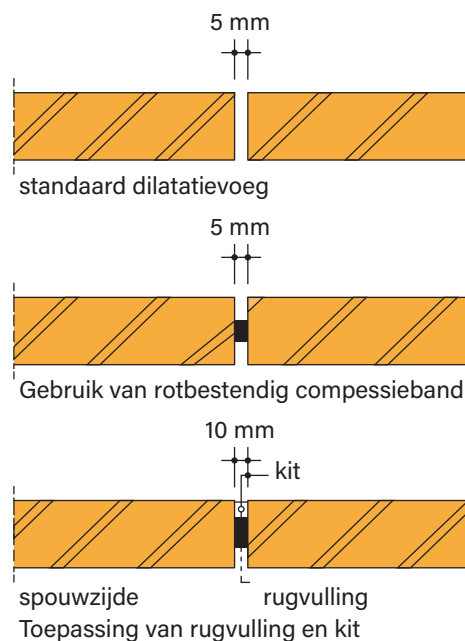
Een geveldrager moet de breedte van de baksteen voor minstens $\frac{2}{3}$ deel ondersteunen.

Producenten hebben geveldragers, beton- en staallateien ontwikkeld speciaal voor smalle baksteen. Raadpleeg de producent voor de minimale opleglengte en het gebruik van oplegfolie, DPC, extra hoek-wapening en open stootvoegen boven de latei. De minimale opleglengte kan ook worden berekend door een constructeur. Zie voor meer informatie de KNB-publicatie 'Draagconstructies boven gevelopeningen'.

Dilatatievoegen

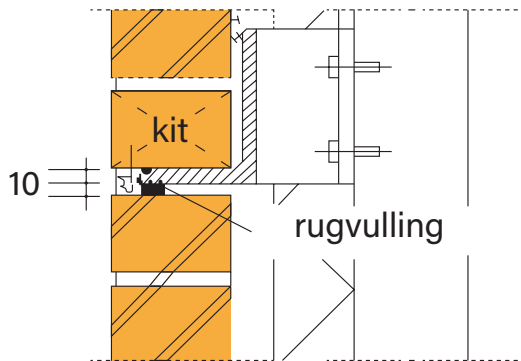
Smalle baksteengevels worden net zo gedilateerd als (Waalformaat) 'volle' baksteengevels. Geadviseerd wordt een dilatatieplan volgens de KNB-publicatie 'Ontwerpen met dilataties', opgesteld door een constructeur of de baksteenleverancier. Zo wordt scheurvorming voorkomen als gevolg van constructieve en thermische belastingen, krimp en/of kruip. Dilatatievoegen lopen altijd door over de volledige muurdikte.

Een verticale dilatatie in baksteen metselwerk is minimaal 5 mm breed. Let op: een koude-, knip- of stootvoeg is dus geen dilatatievoeg.



Verticale dilatatievoeg

Waar een horizontale dilatatie is benodigd, wordt een geveldrager geplaatst. De voeg tussen onderkant geveldrager en het onderstaande metselwerk is minimaal 10 mm en wordt afgedicht met kit op een rotvrije rugvulling. Geveldragers bevestigen aan vloerranden buigen op dezelfde wijze door als de vloer. Beperk waar mogelijk de vloerdoorbuiging. Bijvoorbeeld door de toepassing van een dragend binnenblad.



Horizontale dilatatievoeg

Vuistregels voor toepassing van verticale dilataties:

- Bij uitwendige gebouwhoeken (maximaal 3 koppen uit de hoek).
- Inwendige gebouwhoeken.
- Bij uitbouwen, garages, e.d.
- Bij grotere muurlengte.
- In lange doorgaande gevelwanden.
- Bij borstweringen (dilatatieafstand max. 5x borstweringshoogte).
- Bij muuropeningen met geveldragers.
- Metselwerk direct geplaatst op doorbuigende (galerij) vloeren.
- Bij overgangen van metselwerk geplaatst op balkon of dakvloer naar doorgaand metselwerk.

	ongewapend metselwerk
noordgevels	14 m
overige gevels	12 m
borstwering met hoogte h	< 5h

Maximale ongedilateerde wandlengte in gesloten gevelvlakken volgens de Nationale Bijlage van NEN-EN 1996-2

CONSTRUCTIEVE DIMENSIONERING

Het constructieve ontwerpproces van smalle en traditionele baksteengevels verloopt identiek. Spouwmuuren met volle bakstenen hebben constructief vaak wat overcapaciteit, vooral bij laagbouw die niet in de kuststrook staat. Hierdoor vermindert de constructieve impact van ontwerp- en/of bouwfouten. Bij smalle baksteengevels neemt deze 'constructieve marge' af en beschikken bouwpartijen over (nog) beperkte ervaring met dit geveltype. Bewustwording en constructieve basiskennis is daarom van belang en wordt in dit hoofdstuk aangereikt.

Inleiding

Een spouwmuur bestaat uit een binnen- en buitenblad verbonden door spouwankers. Het smalle baksteen buitenblad kan worden gecombineerd met verschillende soorten binnenbladen, die verschillen in stijfheid en weerstand tegen windbelasting. De meest voorkomende binnenbladen zijn:

- Metselwerk.
- Houtskeletbouw (hsb).
- Beton.

De spouwmuur wordt gedimensioneerd door een constructeur. De smalle baksteengevel wordt voornamelijk belast door wind en is in de regel niet dragend. De verticale belasting is het eigen gewicht. Deze belasting is zeer beperkt en constructief vrijwel nooit maatgevend. Deze publicatie gaat uit van niet-dragende binnenbladen, omdat die minder windbelastingen kunnen opnemen dan dragende binnenbladen.

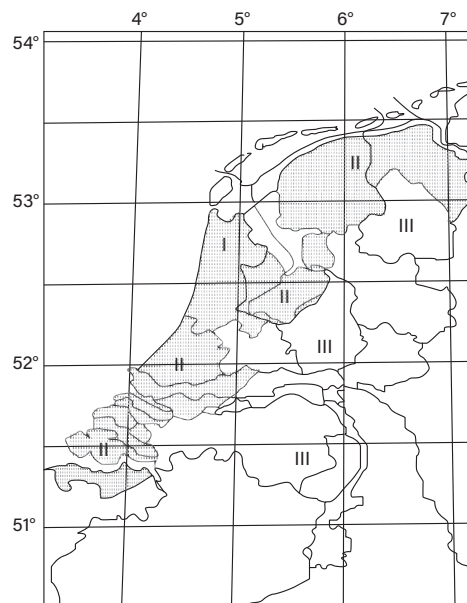
Windbelasting

De optredende windbelasting wordt bepaald met NEN-EN 1991-1-4. Nederland kent drie windgebieden, waarbinnen nog bebouwd en onbebouwd gebied wordt onderscheiden. De locatie van het gebouw en zijn (on)gebouwde omgeving bepalen dus de maximale stuwdruk op de gevel. Daarnaast neemt de stuwdruk toe met de hoogte van de gevel.

Binnenblad van metselwerk

Een spouwmuur met een metselwerk buiten- en binnenblad wordt constructief ontworpen met NEN-EN 1996-1-1 (Eurocode 6) of de daarvan afgeleide NPR 9096-1-1:2023 met vereenvoudigde ontwerpregels.

De berekening van de opneembare windbelasting op basis van NEN-EN 1996:11 is zeer specialistisch werk.



Nederlandse windgebieden volgens de Nationale Bijlage van NEN-EN 1991-1-4 (deze norm geeft alleen een beschrijving van de windgebieden)

In de meeste gevallen volstaat de NPR. De opneembare uiterste stuwdruk is daarin eenvoudig af te lezen in ontwerptabel 17 voor een maximale vrije verdiepingshoogte van 2,7 m. Er wordt onderscheid gemaakt naar:

- Bladen gemaakt met metsel- of lijm mortel.
- Bladen gesteund door achterliggende vloeren.
- Buitenblad van 65 of 100 mm breed.
- Binnenblad van 100, 120, 140 of 150 mm breed.

Zie de bijlage voor een nadere toelichting op NPR 9096-1-1. Deze bijlage biedt constructeurs een concreet handvat voor het constructieve ontwerp met voorbeelden.

De NPR-ontwerptabel geldt voor smal metselwerk van 65 mm breed. Toepassing van deze tabel bij smal metselwerk van 70 mm tot 75 mm breed leidt tot een veilige benadering.

Zo nodig kan de opneembare windbelasting worden vergroot door:

- Verbinden van binnen- en/of buitenblad met de vloeren.
- Verbreding van het binnenblad.
- Versterking van het binnenblad met een (gesteunde) kolom.
- Toepassing van een sterker binnenblad.

Binnenblad van houtskeletbouw (hsb)

Een spouwmuur met een baksteen buitenblad en een houtskeletbouw (hsb) binnenblad wordt ontworpen met Aanbeveling STA.050.2019 van Stichting Stapelbouw en de Nederlandse Branchevereniging voor de Timmerindustrie (NBvT). De inhoud van deze Aanbeveling is ook gepubliceerd als SKH-Publicatie 19-04. Deze Aanbeveling is zowel bruikbaar voor smalle als 'volle' baksteengevels.

Bij het constructieve ontwerp worden zoals gebruikelijk de uiterste grenstoestand en de bruikbaarheidsgrenstoestand getoetst.

Bij toetsing op de bruikbaarheidsgrenstoestand is de doorbuiging van het hsb-binnenblad maximaal 1/500 van de hoogte. Bij een verdiepingshoogte van 2700 mm is dat 5,4 mm. Deze beperking zorgt ervoor dat er geen scheurvorming in de gebruikstoestand optreedt.

Bij toetsing op de uiterste grenstoestand wordt meestal aangenomen dat het hsb-binnenblad alle windbelasting opneemt en overdraagt naar de vloeren. De baksteengevel draagt de windbelasting af via de spouwankers op het binnenblad.

In het algemeen heeft de toepassing van een smalle baksteengevel geen gevolgen voor de opneembare windbelasting van dit type spouwmuur, vergeleken met een traditionele 'volle' baksteengevel.

Binnenblad van (prefab) beton

Een spouwmuur met een baksteen buitenblad en een (prefab) beton binnenblad wordt ontworpen volgens dezelfde constructieve uitgangspunten als genoemd bij een houtskeletbouw (hsb) binnenblad. Beton is in het algemeen stijver dan een hsb-binnenblad, waardoor relatief eenvoudig aan de doorbuigingseis van 1/500 kan worden voldaan.

In het algemeen heeft de toepassing van een smalle baksteengevel geen gevolgen voor de opneembare windbelasting van dit type spouwmuur, vergeleken met een traditionele 'volle' baksteengevel.

Spouwankers

Het aantal toe te passen spouwankers in smalle en 'volle' baksteengevels verschilt niet. In de spouwmuur hebben spouwankers een constructieve functie. Ze koppelen de (smalle) baksteengevel met het binnenblad. Waardoor de totale spouwconstructie weerstand kan bieden tegen de windbelasting. Daarnaast worden ze gebruikt bij de bevestiging van isolatieplaten.

Een constructeur bepaalt het aantal en type spouwankers en het montagepatroon op basis van NEN-EN 1996-1-1 of de daarvan afgeleide NPR 9096-1-1 met eenvoudige ontwerpregels. Voor een houtskeletbouw (hsb) binnenblad geldt Aanbeveling STA.050.2019 van Stichting Stapelbouw en de Nederlandse Branchevereniging voor de Timmerindustrie (NBvT). De inhoud van deze Aanbeveling is ook gepubliceerd als SKH-Publicatie 19-04.

De eigenschappen van spouwankers worden gespecificeerd volgens NEN-EN 845-1 en moeten voldoen aan NEN-EN 19962 (o.a. de milieuklassen voor metselwerk). De minimaal vereiste staalkwaliteit is RVS AISI 316 (A4).

UITVOERING EN VERWERKING

De uitvoering en verwerking van smalle bakstenen is vrijwel gelijk aan die van 'volle' bakstenen. Het gebruikelijke mortel- of lijmadvies is ook hier nodig voor een goede verwerkbaarheid, voldoende stabiliteit tijdens en na het metselen en voldoende constructieve sterkte na verharding. De smalle baksteen is afhankelijk van het gekozen type ongeveer een derde lichter in gewicht. Dat werkt prettig voor de metselaar.

De uitvoerende partij is bij voorkeur gecertificeerd volgens BRL 2826-1 (metselwerk) en/of BRL 2826-4 (lijmwerk). Voor de eisen aan het metsel- en/of lijmwerk wordt geadviseerd dat bouwpartijen de relevante delen van BRL 2826 overeenkomen. Er wordt geadviseerd om met een proefmuurtje vooraf het uiterlijk te toetsen aan de gemaakte afspraken.



Algemeen uitvoeringsadvies:

- Vraag om een mortel- of lijmadvies bij de fabrikant en volg dat op.
- Volg bij alle producten het verwerkingsadvies van de fabrikant.
- De gevelstenen worden droog opgeslagen. Geopende pakken worden goed afgedekt. Zorg ook voor voldoende ventilatie in de pakken om vochtvorming tegen te gaan. Verwerk geen natte stenen.
- Bij sterk zuigende en/of droge stenen en/of warme omstandigheden wordt aangeraden de bakstenen 24 uur voor de verwerking licht te bevochtigen om verbranding van de mortel te vermijden.
- Meng de stenen gelijktijdig uit meerdere pakken. De stenen worden diagonaal geraapt uit de pakken. Ad random verwerking leidt tot de juiste kleurverhouding.
- Verifieer de gemiddelde maten. Neem hiervoor 10 stenen willekeurig uit verschillende lagen van de geleverde pakken, dus zowel bovenaan, in het midden en onderaan de pakken. Voor de gemiddelde hoogte stapelt u deze 10 stenen op elkaar. Meet de totale hoogte en deel vervolgens door 10. Bepaling van de gemiddelde lengte gaat op vergelijkbare wijze.
- Tijdens het metselen en het verhardingsproces van de mortel mag de temperatuur niet lager dan 5°C en niet hoger dan 30°C zijn.
- De ondergrond moet schoon, stof- en vorstvrij zijn. Er wordt niet gewerkt op bevroren, ontdooiende ondergrond of bij risico op vorst binnen de 48 uur.
- Voeg niet meer water toe aan de mortel of lijm dan voorgeschreven. Maak nooit meer specie aan dan dat er kan worden verwerkt en volg steeds de verwerkingsinstructies nauwgezet op.
- Bezanding van bakstenen kan de hechting verminderen. Borstel daarom bakstenen met veel bezanding af.
- Dek vers metselwerk af tegen regen.

Zie voor meer informatie [KNB-Infoblad 45](#).

BIJLAGE TOELICHTING NPR 9096-1-1

Een spouwmuur met een metselwerk buiten- en binnenblad wordt constructief ontworpen met NEN-EN 1996-1-1 (Eurocode 6) of de daarvan afgeleide NPR 9096-1-1:2023 met vereenvoudigde ontwerpregels. Deze bijlage biedt constructeurs een concreet handvat voor het constructieve ontwerp met voorbeelden op basis van deze NPR.

Uitvoeringsmethode (U)

NPR 9096-1-1 maakt onderscheid tussen drie uitvoeringsmethoden:

- U1 Buiten- en binnenblad gemaakt met metselmortel.
- U2 Buitenblad gemaakt met metselmortel, binnenblad met lijm mortel.
- U3 Buiten- en binnenblad gemaakt met lijm mortel.

De veronderstelde buigtreksterkte wordt genoemd in de volgende tabel. In de NPR wordt metselmortel aangeduid als 'mortel voor algemene toepassing'.

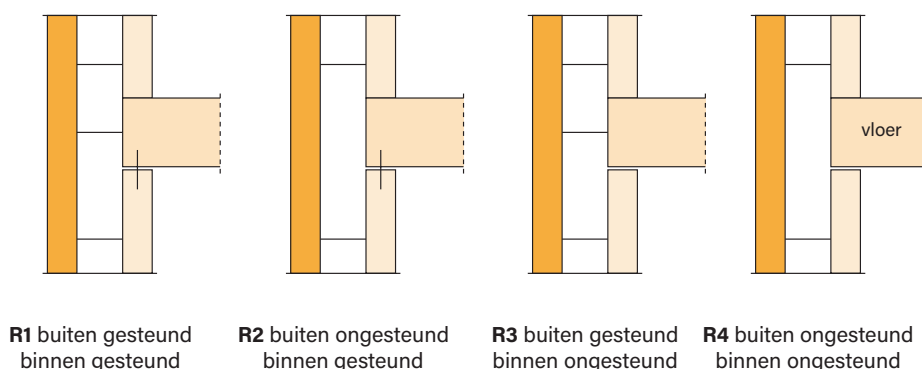
Uitvoeringsmethode	Karakteristieke buigtreksterkte f_{xk1} (N/mm ²)		
	Binnenblad 100, 120 of 150 mm dik	Binnenblad 140 mm dik	Buitenblad
U1	0,3	0,3	0,3
U2*	0,6	0,4	0,3
U3	0,6	0,4	0,6

Veronderstelde karakteristieke buigtreksterkte per uitvoeringsmethode en bij verschillende bladdikten volgens NPR 9096-1-1

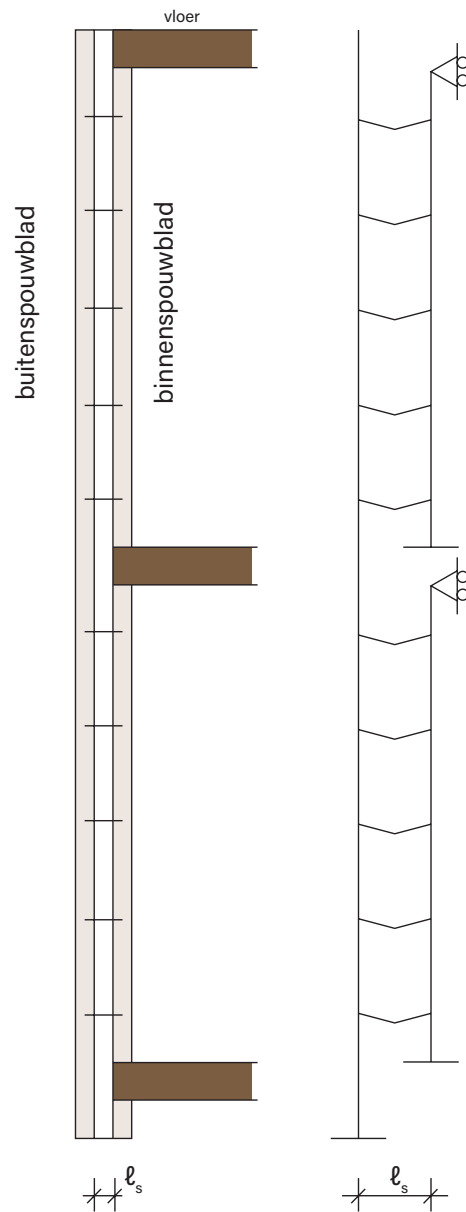
Opmerking: de buigtreksterkte van metselwerk gemaakt met metselmortel is 0,3 N/mm² en met lijm mortel is dat 0,4 of 0,6 N/mm². Een binnenblad 140 mm dik wordt gemaakt met geperforeerde keramische binnenmuursteen (groep 2, perforatie >25% en <55%).

Randvoorwaarden (R)

Voor de berekeningen is het van belang hoe de spouwbladen de opgenomen windbelasting overdragen naar de achterconstructie. NPR 9096-1-1 onderscheidt vier combinaties van een (on)gesteunde binnen- en/of buitenblad (randvoorwaarden R1 t/m R4). Bij een gesteunde rand wordt de windbelasting die op een spouwmuur aangrijpt direct naar de achterliggende constructie overgedragen. Zie onderstaande figuren voor een schematische weergave van de vier randvoorwaarden en een voorbeeld van een spouwconstructie met bijbehorend raamwerkmodel.



Schematische weergave van een (on)gesteund binnen- en/of buitenblad gebaseerd op NPR 9096-1-1



Spouwmuur met spouwbreedte ℓ_s

Raamwerkmodel

Voorbeeld van een spouwmuur met bijbehorend raamwerkmodel

De NPR gaat uit van belastingafdracht naar de vloeren via horizontale gesteunde randen. Echter belastingafdracht naar de binnenwanden (loodrecht op de gevel) kan ook via verticaal gesteunde randen. Dit komt aan bod in de paragraaf 'Opneembare windbelasting bij gevelopeningen en verticale randen'.

Een buitenblad is pas gesteund als de koppeling in de uiterste grenstoestand een horizontale belasting kan overbrengen naar de vloer van ten minste:

- 2,5 kN/m tot een hoogte van 10 m boven maaiveld en
- 3,0 kN/m daarboven.

Een binnenblad is pas gesteund (aan de bovenzijde) als de koppeling in de uiterste grenstoestand een horizontale belasting kan overbrengen naar de vloer van ten minste:

- 1,2 kN/m tot een hoogte van 10 m boven maaiveld en
- 1,5 kN/m daarboven.

Opneembare windbelasting voor gesloten gevelvlakken

Tabel 17 uit NPR 9096-1-1 geeft de uiterst opneembare extreme stuwdruk op de gevel.

Daarbij is rekening gehouden met de combinaties van druk op de gevel en onderdruk binnen en zuiging op de gevel en overdruk binnen. Uitgangspunt is de aanwezigheid van voldoende spouwankers om de windbelasting over te dragen.

Voor een smalle baksteengevels van 65 mm dik is de capaciteit af te lezen voor elk van de 4 randvoorwaarden en 3 uitvoeringsmethoden bij verschillende binnenbladdikten.

De gevelconstructie is in aanleg voldoende sterk als de waarde volgens tabel 17 ten minste gelijk is aan de extreme stuwdruk zoals beschreven in tabel NB-5 van NEN-EN 1991-1-4/NB. Verhoogde windbelasting op hoeken hoeft voor de beoordeling van de spouwmuur niet te worden beschouwd. Uitgangspunt is een vrije verdiepingshoogte van 2,7 m.

Randvoorwaarde R4 mag niet worden toegepast aan de bovenzijde van een spouwmuur op de bovenste verdieping. Omdat er dan geen enkele steun is voor binnen- en buitenblad.

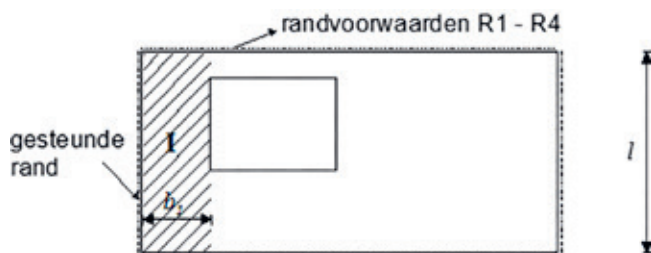
Binnenbladdikte mm	Randvoorwaarden	Buitenbladdikte mm					
		65			100		
		Uitvoeringsmethode			Uitvoeringsmethode		
		U1	U2	U3	U1	U2	U3
100	R1	0,70	0,84	0,93	0,85	1,19	1,28
	R2	0,70	0,84	0,93	0,94	1,19	1,28
	R3	a	a	a	0,68	0,77	0,85
	R4	a	a	a	0,60	0,68	0,77
120	R1	1,03	1,10	1,10	1,16	1,40	1,50
	R2	0,86	1,10	1,10	1,23	1,40	1,50
	R3	a	a	a	0,73	0,76	1,06
140	R1	1,13	1,40	b	1,38	1,43	b
	R2	1,13	1,40	b	1,38	1,43	b
	R3	a	a	b	0,70	0,76	b
150	R1	b	1,43	1,63	b	1,89	1,93
	R2	b	1,43	1,63	b	1,89	1,93
	R3	b	a	0,53	b	0,80	1,16
^a De weerstand in deze situatie is lager dan de minimaal benodigde weerstand. ^b Voor deze combinatie is geen waarde bepaald. Opmerking: q_p is de extreme stuwdruk volgens tabel NB.5 van NENEN 199114+A1+C2:2011/NB:2019+C2:2023.							

Tabel 17 NPR 9096-1-1 Uiterst opneembare extreme stuwdruk q_p op de gevel (tabel overgenomen met toestemming van NEN)

Opneembare windbelasting bij gevelopeningen en verticaal gesteunde randen

Deze paragraaf behandelt eerst de berekeningsprincipes en dan enkele rekenvoorbeelden. Aan bod komt de impact van verticaal gesteunde randen en gevelopeningen op de uiterst opneembare extreme stuwdruk van een gevel. Vanzelfsprekend zal de opneembare windbelasting afnemen door gevelopeningen en toenemen door het effect van gesteunde verticale randen.

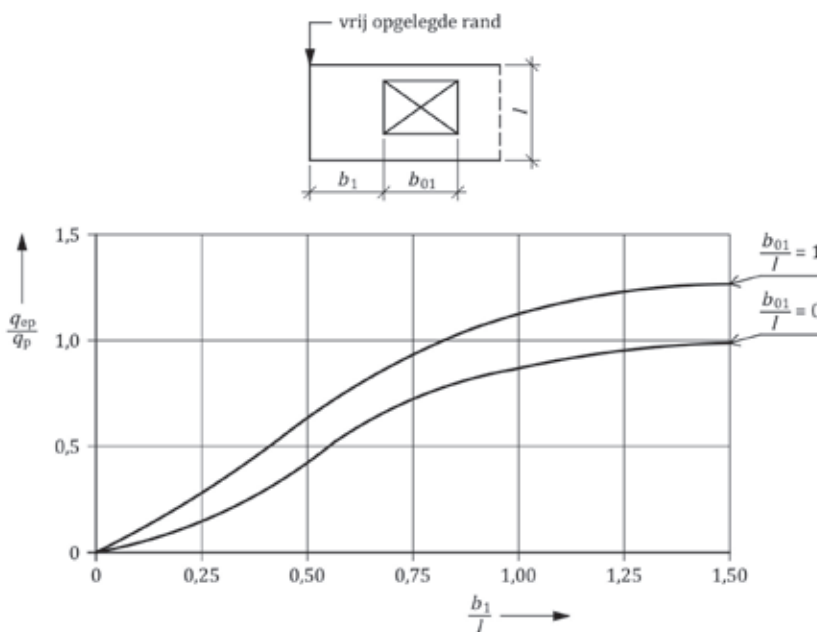
De berekeningsprincipes worden uitgelegd aan de hand van onderstaand voorbeeld, waarin penant I ook wordt gesteund door de linker verticale rand.



Voorbeeld van een langs 3 randen gesteunde penant l .

De draagkracht van het langs drie randen gesteunde penant l is groter dan bij de standardsituatie met een belasting-afracht naar alleen de vloeren. Deze extra sterkte mag in rekening worden gebracht voor een gevellengte tot maximaal 1,5 maal de gevelhoogte, dus $b_1 / l \leq 1,5$. Als b_1 groter wordt is de steunende werking van de verticale rand verwaarloosbaar en resteert alleen de steunende werking van de vloeren.

De gevelopening zal de gevel verzwakken, waardoor de positieve invloed van de gesteunde rand deels teniet wordt gedaan. De impact wordt bepaald met figuur 17 uit NPR 9096-1-1.



Figuur 17 NPR 9096-1-1 Equivalente stuwruk, q_{ep} , op driezijdig opgelegd geveldeel met breedte b_1 (figuur overgenomen met toestemming van NEN)

Figuur 17 wordt als volgt gebruikt:

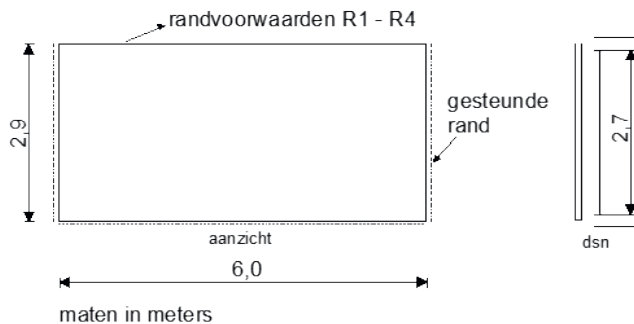
- Op de horizontale as is de waarde van de verhouding tussen de lengte b_1 van het penant en de hoogte l weergegeven.
- De bovenste curve toont het effect van de gevelopening op de opneembare stuwruk. Bij een gesloten gevel (zonder gevelopening) geldt de onderste curve.
- Op de verticale as is de verhouding gegeven tussen de stuwruk q_p volgens tabel 17 van de NPR en de actuele stuwruk q_{ep} .

Zie onderstaande voorbeelden voor de praktische toepassing van dit figuur.

Bij een gesloten gevel (zonder gevelopening) wordt afgelezen dat bij de verhouding $b_1 / l = 1,5$ de verhouding $q_{ep} / q_p = 1$. Zodat er geen versterkend effect meer is van de verticaal gesteunde rand.

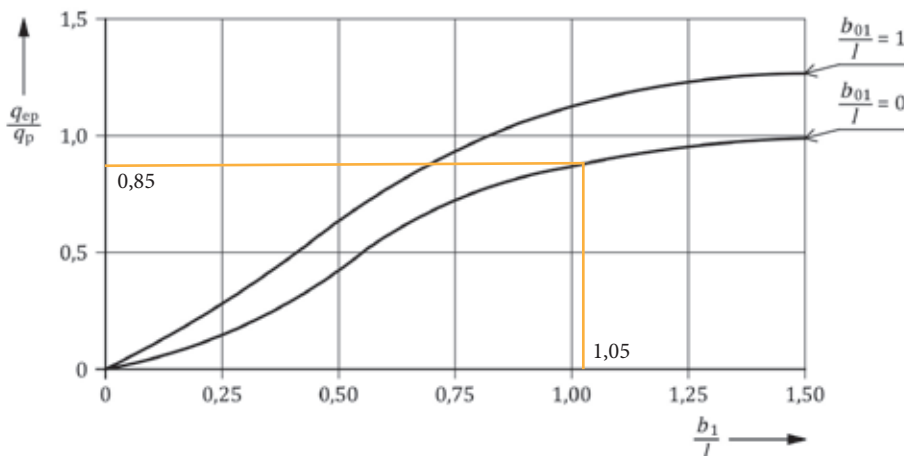
Voorbeeld 1: Gesloten gevel met verticaal gesteunde randen

De gevel heeft twee verticaal gesteunde randen, waardoor de opneembare stuwdruk toeneemt.



Gesloten gevel met verticaal gesteunde randen, 2,7 m vrije verdiepingshoogte en 0,2 m vloerdikte

De impact wordt berekend met figuur 17 uit NPR 9096-1-1. Per verticale rand wordt de helft van de gevel in rekening gebracht. Op de x-as geldt $b_1/l = 3/2,9 = 1,05$. Er is geen gevelopening, dus $b_{01}/l = 0$.



Aflezings van de stuwdrukverhouding voor de gesloten gevel in figuur 17 NPR 9096-1-1 (figuur overgenomen met toestemming van NEN)

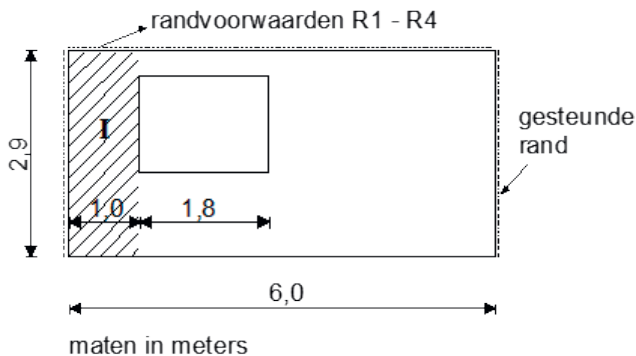
Op de y-as wordt afgelezen de stuwdrukverhouding $q_{ep}/q_p = 0,85$. Oftewel de in rekening te brengen windbelasting wordt met 0,85 vermenigvuldigd door de positieve bijdrage van de verticale randen.

Een spouwmuur met smal metselwerk kan volgens tabel 17 in de NPR 1,19 kN/m² opnemen. Als wordt uitgegaan van voldoende spouwankers, randvoorwaarden R2 (ongesteund buitenblad, gesteund binnenblad) en de uitvoeringsmethode U2 (buitenblad gemetseld, binnenblad gelijmd).

Gecontroleerd wordt of $0,85 \times \text{extreme stuwdruk} \leq 1,19 \text{ kN/m}^2$.

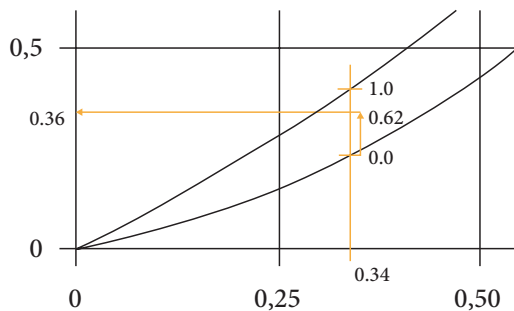
Voorbeeld 2 Dezelfde gevel met een gevelopening

De gevel uit voorbeeld 1 is voorzien van een raamopening, waardoor de opneembare stuwdruk van penant I afneemt.



Gevel met raamopening en verticaal gesteunde randen, 2,7 m vrije verdiepingshoogte en 0,2 m vloerdikte

De impact wordt berekend met figuur 17 uit NPR 9096-1-1. Op de x-as geldt $b_1/l = 1/2,9 = 0,34$. Voor de curve geldt $b_{o1}/l = 1,8/2,9 = 0,62$. Er zijn 2 curves voor $b_{o1}/l = 0$ en $= 1$. De waarde 0,62 wordt op schaal tussen de curves uitgezet.



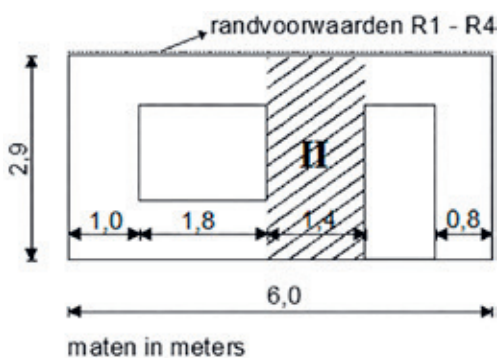
Aflezings van de stuwdrukverhouding voor de gevel met raam in figuur 17 NPR 9096-1-1 (figuur overgenomen met toestemming van NEN)

Op de y-as wordt dan afgelezen $\frac{q_{ep}}{q_p} = 0,36$

Oftewel de equivalente extreme stuwdruk waarmee penant I wordt getoetst is slechts 36% van de rekenwaarde volgens NEN-EN 1991-1-4.

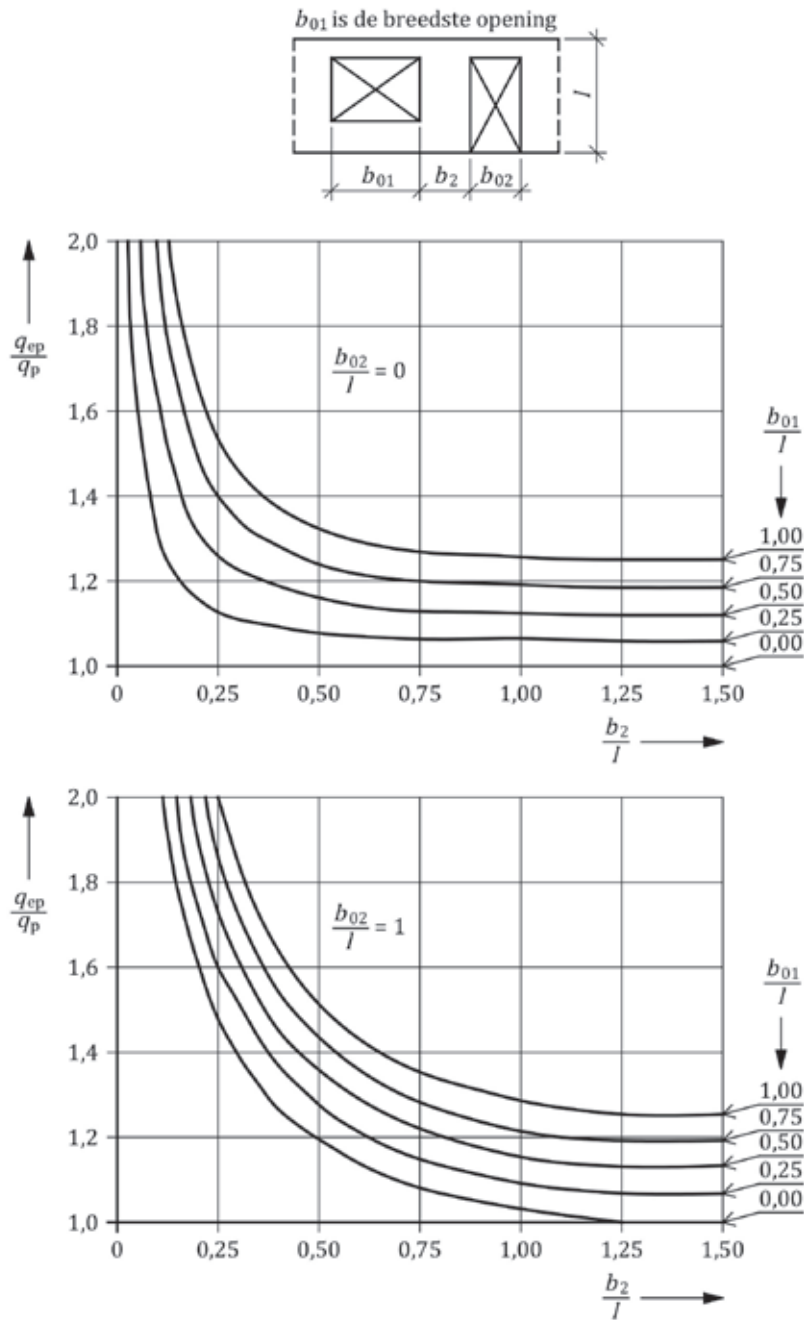
Voorbeeld 3 Dezelfde gevel met twee gevelopeningen

De gevel uit voorbeeld 1 is nu voorzien van een raam- en deuropening, waardoor de opneembare stuwdruk van penant II afneemt.



Gevel met een raam- en deuropening, verticaal gesteunde randen, 2,7 m vrije verdiepingshoogte en 0,2 m vloerdikte

De impact wordt berekend met figuur 18 uit NPR 9096-1-1. Deze figuur bestaat uit 2 delen, waartussen lineair geïnterpoleerd wordt om tot de juiste uitkomst te komen.



Figuur 18 NPR 9096-1-1 Equivalente stuwdruk, q_{ep} , op penanten met een breedte b_2 (figuur overgenomen met toestemming van NEN)

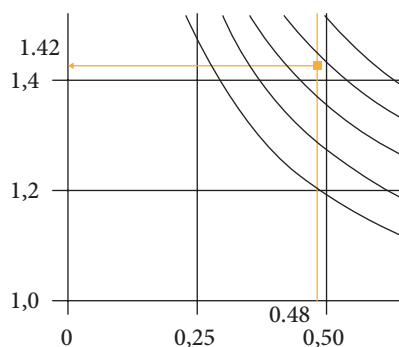
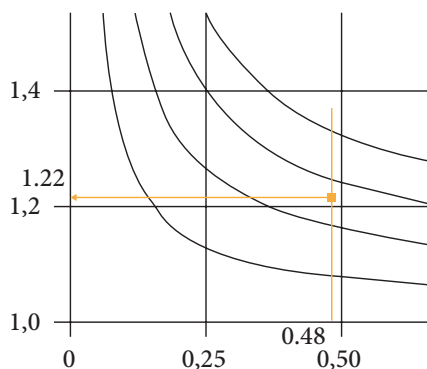
Berekend wordt de draagkracht verhoging van penant II. Daarvoor zijn de verticaal gesteunde randen van de muur niet relevant. Er geldt:

$$b_2 / l = 1,4 / 2,9 = 0,48$$

$$b_{01} / l = 1,8 / 2,9 = 0,62$$

$$b_{02} / l = 1,0 / 2,9 = 0,34$$

De waarde b_{01} / l wordt op schaal tussen de curves uitgezet in figuur 18 van de NPR. In respectievelijk de bovenste en onderste grafiek voor $b_{02} / l = 0$ en voor $b_{02} / l = 1$. Dan wordt de equivalente stuwdrukverhouding $\frac{q_{ep}}{q_p}$ afgelezen.



Aflezing van de stuwdrukverhouding voor penant II in figuur 18 NPR 9096-1-1
(figuur overgenomen met toestemming van NEN)

Afgelezen wordt dat $\frac{q_{ep}}{q_p}$ 1,22 voor $b_{o2}/l = 0$ en 1,42 voor $b_{o2}/l = 1$. De draagkracht verhoging voor penant II met $b_{o2}/l = 0,34$ wordt berekend door lineair te interpoleren tussen deze afgelezen waarden:

$$\frac{q_{ep}}{q_p} = 1,22 + 0,34 \times (1,42 - 1,22) = 1,23$$

De equivalente stuwdruk op Penant II neem dus met een factor 1,23 toe door de gevelopeningen, waardoor de opneembare belasting afneemt met een factor $1/1,23 = 0,81$. Met dezelfde voorwaarden als in voorbeeld 1 is dan de opneembare extreme stuwdruk: $q_p = 0,81 \times 1,19 = 0,97 \text{ kN/m}^2$.

COLOFON

Augustus 2025
© Alle rechten voorbehouden.

Afbeeldingen: KNB, John Lewis Marshall, Vandersanden en Wienerberger. Tenzij anders is vermeld.

KNB en de door KNB ingeschakelde derden hebben aan de inhoud en samenstelling van deze documentatie de grootst mogelijke zorg besteed. De betrokken organisaties en bedrijven aanvaarden echter geen enkele aansprakelijkheid voor het gebruik van de gegeven informatie in deze documentatie of gedane aanbevelingen.

Voor meer informatie
www.knb-keramiek.nl





Postbus 153, 6880 AD Velp (Gld)
Florijnweg 6, 6883 JP Velp (Gld)

T +31 (0)26 384 56 30

I www.knb-keramiek.nl

E info@knb-keramiek.nl