

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	2
<b>2</b>	<b>Wettelijke verplichtingen</b>	4
<b>3</b>	<b>Berekening</b>	6
3.1	Belastingen	6
3.2	Materialen	7
3.2.1	Karakteristieke druksterkte $f_k$ van het metselwerk uit proeven op baksteen en mortel	8
	Baksteen	8
	Mortel	10
	Bepaling van $f_k$	11
3.2.2	Karakteristieke druksterkte $f_k$ van het metselwerk uit proeven op wanden	13
3.2.3	Toepassen van een veiligheidsfactor $\gamma_M$ op het metselwerk $f_k \rightarrow f_d$	13
3.2.4	Toepassen van een verminderingsfactor $\phi$ op het metselwerk $f_d \rightarrow N_{Rd}$	14
3.3	Rekenvoorbeelden NBN B 24-301	17
<b>4</b>	<b>Uitvoering</b>	21
4.1	Algemeen	21
4.2	Gewapend metselwerk	21
4.2.1	Definitie	21
4.2.2	Wapening in de horizontale voegen	21
4.3	Zettingen, zettingsvoegen en dilatatievoegen	22
4.4	Gebruik van verschillende materialen	24
4.5	Opleg van balken	24
4.5.1	Balken loodrecht op de wand	24
4.5.2	Balken evenwijdig met de wand (lateien)	25
4.6	Overdreven doorbuiging	25
4.7	Spatkrachten dakspanten	26
<b>5</b>	<b>Tabellen</b>	27



Dragend metselwerk wordt vaak als een vanzelfsprekendheid aanvaard met als gevolg dat de metselwerkconstructie zelden in detail berekend wordt. Voor de meeste toepassingen tot 3 à 4 bouwlagen is dit ook niet nodig. Wanneer het gebouw hoger wordt of de belastingen afwijken van het normale, is het echter noodzakelijk om de structuur nader te analyseren.

Metselwerk wordt in hoofdzaak op druk belast. Berekening van de structuur is dan ook gericht op de druksterkte van het metselwerk. Belangrijke parameter hierbij is de slankheid van de wand en zijn zijdelingse steunen. Men kan intuïtief aanvoelen dat een hoge wand zonder dwarse muren minder stabiel is dan een lage wand die voldoende gesteund wordt. De rekennormen bevatten formules om dit onderscheid om te zetten in getallen die duidelijk maken wat wel en niet kan.

Een beknopt overzicht van deze formules wordt gegeven samen met een aantal rekenvoorbeelden.



Wij bevinden ons in een overgangsfase tussen een Belgische en een Europese normering, die beiden regels aangeven om de draagkracht van een wand in metselwerk te bepalen.

**Op dit ogenblik is de Belgische norm NBN B 24-301 *Ontwerpen en berekening van metselwerk van kracht.***

Men is echter reeds ettelijke jaren aan het werken aan een Europese berekeningsnorm voor metselwerk, de zogenaamde Eurocode 6 met normnummer EN 1996.

De opstelling van de Europese rekennorm, Eurocode 6, gebeurt in verschillende stappen:

**In een eerste fase** werd een voornorm opgesteld, de ENV 1996. Deze voornorm mag tegenwoordig, maar moet niet, door de verschillende landen gebruikt worden. Doel van een voornorm is om ervaring te verkrijgen met de ontwerpregels die hierin voorkomen. De ENV 1996 wordt bijgestaan door een NAD (National Application Document). Dit NAD wordt opgesteld door elk land en geeft aan welke regels van de ENV 1996 in het betreffende land van toepassing zijn, eventueel kunnen ook bijkomende regels ingevoerd worden. De ENV 1996 moet steeds samen met zijn NAD gelezen worden.

**In een tweede fase** werden de commentaren waartoe deze ENV aanleiding gaf gebundeld om verwerkt te worden in de definitieve EN 1996. Ook de EN 1996 wordt bijgestaan door een ander document, de NA (National Annex). In tegenstelling tot de NAD mogen in deze NA geen bijkomende of afwijkende regels voorkomen t.o.v. de Europese norm. In deze bijlage worden enkel een paar coëfficiënten ingevuld die vrij gelaten worden in de Europese norm.



De norm EN 1996, evenals de ENV 1996 uit het eerste stadium, is opgebouwd uit verschillende onderdelen. Het deel 1-1 is de hoofdbrok en geeft de algemene rekenregels voor metselwerkconstructies. Deel 1-2 geeft de rekenregels voor metselwerkconstructies onderhevig aan brand. Deel 2 handelt over de uitvoering en deel 3 tenslotte geeft een reeks vereenvoudigde rekenregels. Er wordt verwacht dat de volledige EN 1996 wordt afgewerkt in het jaar 2010.

Op dit ogenblik mag de norm ENV 1996 + NAD gebruikt worden naast de norm B 24-301.

Wij raden U aan om metselwerk nog steeds te ontwerpen volgens de gekende regels van de Belgische norm B 24-301, aangezien deze norm juridisch de grootste draagkracht heeft. Verderop wordt deze Belgische norm behandeld.

Een baksteen moet tevens beantwoorden aan de Europese productnorm EN 771-1 *Voorschriften voor metselstenen - Deel 1: Metselbaksteen*. Dit impliceert de invoering van een nieuw begrip, de gemiddelde druksterkte van de steen volgens EN 771-1. Zoals verder zal blijken wordt in de NBN B 24-301 echter gewerkt met de karakteristieke druksterkte van de steen...

Voor de bepaling van de belastingen op een gebouw tenslotte wordt gebruik gemaakt van de normenreeks NBN B 03 of van de reeds beschikbare Europese normen EN 1990 en EN 1991.

### 3.1 Belastingen

De werkingen  $F$  op het metselwerk zijn bepaald in de normen van de reeks B 03 en in de Eurocode 1, normnummer EN 1991.

Bij berekening volgens de uiterste grenstoestanden worden deze belastingen vermenigvuldigd met veiligheidsfactoren  $\gamma_F$  gegeven in de norm NBN B 03-001, in overeenstemming met de Eurocodes.

Type belasting	Vaste belasting (eigengewicht)	Mobiele belasting (meubilair, personen, wind...)
$\gamma_F$	1,35	1,5

Richtwaarden voor de vaste belasting (NBN B 03-102):

Type materiaal	Gewicht
Snelbouwmetselwerk (gemetseld)	9 - 14 kN/m <sup>3</sup>
Gevelmetselwerk	17 - 21 kN/m <sup>3</sup>
Gewapend beton	25 kN/m <sup>3</sup>
Hout	7 kN/m <sup>3</sup>
Isolatie	0,4 kN/m <sup>3</sup>
Pannendaken in gebakken aarde	0,7 kN/m <sup>2</sup>

Voor exacte waarden verwijzen wij naar de fabrikant.

Richtwaarden voor de mobiele gebruiksbelasting (NBN B 03-103):

Type vloer	Oppervlakte belasting
Hotel- en hospitaalkamers, woonlokale (living, keuken,...)	2 kN/m <sup>2</sup>
Gangen en trappen, klaslokalen en auditoria, restaurants, gemeenschappelijke lokalen in kantoorgebouwen of hospitalen, slaapzalen	3 kN/m <sup>2</sup>
Handelslokalen, leeszalen, stationshallen, openbare zalen met vaste zitplaatsen (theater, bioscoop,...), balkons, kunstgalerijen, kerken	4 kN/m <sup>2</sup>
Danszalen, openbare vergaderzalen met niet-vaste zitplaatsen, tribunes, turnzalen	5 kN/m <sup>2</sup>

Informatie over windbelasting kan gevonden worden in de normen NBN B 03-002.

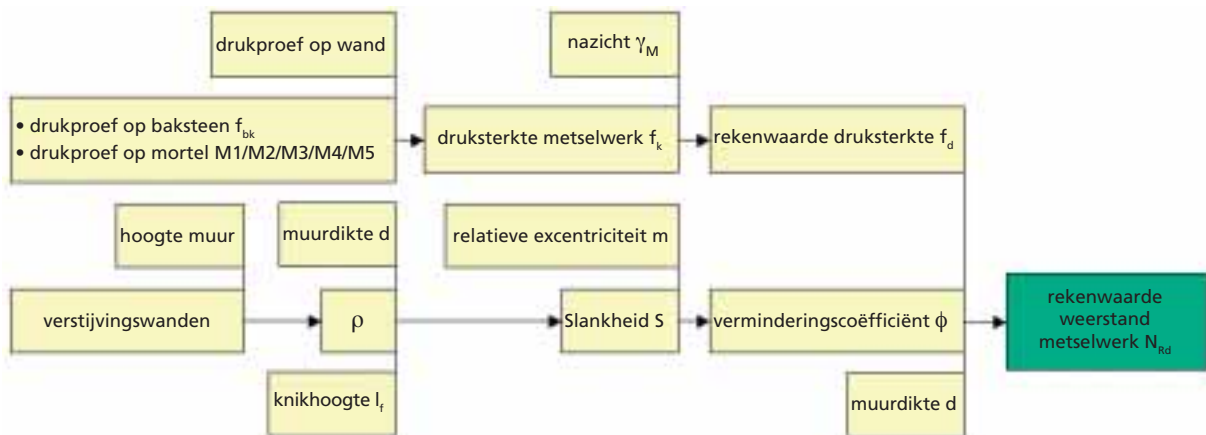
## 3.2 Materialen

Eens de belastingen bepaald, wordt de weerstand van het materiaal metselwerk berekend met de rekennorm NBN B 24-301.

In een eerste stap wordt de karakteristieke druksterkte  $f_k$  van het metselwerk bepaald. Dit kan enerzijds gebeuren met een berekening, aan de hand van de druksterktes van baksteen en mortel, en anderzijds door een beproeving van volledige baksteenmuren.

Op dit resultaat wordt een veiligheidsfactor  $\gamma_M$  toegepast om rekening te houden met toevallige onvolkomenheden van het materiaal of van de uitvoering van het metselwerk.

Tevens wordt de invloed van de slankheid van de wand en de excentriciteit van de belastingen becijferd. Deze randvoorwaarden geven aanleiding tot een reductie van de draagkracht van een wand, wat zich vertaalt in een vermenigvuldiging met een verminderingcoëfficiënt  $\phi$ .



### 3.2.1 Karakteristieke druksterkte $f_k$ van het metselwerk uit proeven op baksteen en mortel

#### **Baksteen**

Onder breukweerstand of druksterkte verstaat men de druk die per vierkante millimeter moet worden uitgeoefend om het materiaal te doen breken.

De druksterkte van baksteen wordt gemeten op de werkelijke (bruto-) oppervlakte (= L x B) ongeacht het percentage perforaties en wordt uitgedrukt in Newton per vierkante millimeter: N/mm<sup>2</sup>.

#### **Individuele druksterkte**

Volgens de EN 772-1 *Metselsteenproeven - Deel 1: Bepalen van de druksterkte* wordt de baksteen, na rechtslijpen van de oppervlakken, tussen twee platen aan een regelmatig toenemende druk onderworpen tot hij breekt.

#### **Gemiddelde druksterkte ( $f_{bm}$ volgens NBN B 24-301)**

= het gemiddelde van de gemeten individuele druksterkten van een monsternamen van meerdere bakstenen.

#### **Karakteristieke druksterkte ( $f_{bk}$ volgens NBN B 24-301)**

= de druksterkte die door minstens 95% van alle bakstenen uit een partij wordt bereikt of overschreden. Deze berekening gebeurt meestal met statistieken gebaseerd op de normale verdeling van Gauss.

Deze karakteristieke druksterkte  $f_{bk}$  kan voor snelbouwblokken in baksteen oplopen tot 30 N/mm<sup>2</sup> wat ruimschoots groter is dan bij meeste andere bouwblokken.

In de Europese productnorm EN 771-1 wordt een andere waarde voor de druksterkte gehanteerd. Eens de Eurocode 6 voor metselwerk afgewerkt is, zal met deze waarde gerekend worden.

Gemiddelde druksterkte volgens EN 771-1

= het gemiddelde van de gemeten individuele druksterkten van een monsternamen van meerdere bakstenen.

Bijkomende beperkingen worden echter gesteld:

- Geen enkele beproefde baksteen mag een druksterkte hebben die kleiner is dan 80% van dit gemiddelde.
- Voor categorie I stenen (d.w.z. stenen waarvan de fabriekscontrole op het productieproces nog eens bijkomend door een derde partij wordt nagekeken) geldt dat een lot stenen deze gemiddelde druksterkte met een waarschijnlijkheid van 95% moet behalen.

Beide beperkingen in de Europese norm hebben tot doel om de spreiding van de individuele waarden te beheersen. Deze gemiddelde waarde verschijnt binnenkort op het CE-merk.

*Correctie op de afmetingen van de baksteen  $f_{bk} \rightarrow (f_{bk})_{corr}$*

Bij hoge, smalle blokken wordt een lagere drukweerstand gemeten dan bij brede, lage bakstenen met dezelfde hardheid. Dit verschijnsel is te wijten aan de wrijving van de metalen drukplaten, waardoor de stenen zijdelings niet kunnen dilateren.

De karakteristieke druksterkte  $f_{bk}$  wordt gecorrigeerd met een vormfactor  $c$  om dit effect in rekening te brengen.

Lengte x Breedte x Hoogte	$c$
290 x 140 x 90	1,65
290 x 190 x 90	1,73
290 x 140 x 140	1,23
290 x 190 x 140	1,27
290 x 140 x 190	1,04
290 x 190 x 190	1,08
290 x 140 x 240	0,94
290 x 190 x 240	0,97

De gecorrigeerde waarde wordt:  $(f_{bk})_{corr} = f_{bk} / c$

## Mortel

De mortel wordt in de Belgische NBN B 24-301 onderverdeeld in vijf verschillende categoriën (M1, M2, M3, M4 en M5) afhankelijk van hun gemiddelde druksterkte na 28 dagen.

Metselmortels zijn daarenboven onderworpen aan de Europese productnorm EN 998-2 waarin eveneens categoriën worden voorgesteld. In deze norm geeft het cijfer na de letter "M" de gemiddelde druksterkte van de mortel aan. In deze productnorm komen volgende klassen voor:

Mortelklasse volgens EN 998-2	Gemiddelde sterkte [N/mm <sup>2</sup> ]
M1	1
M2,5	2,5
M5	5
M10	10
M15	15
M20	20
Md	d (> 25)

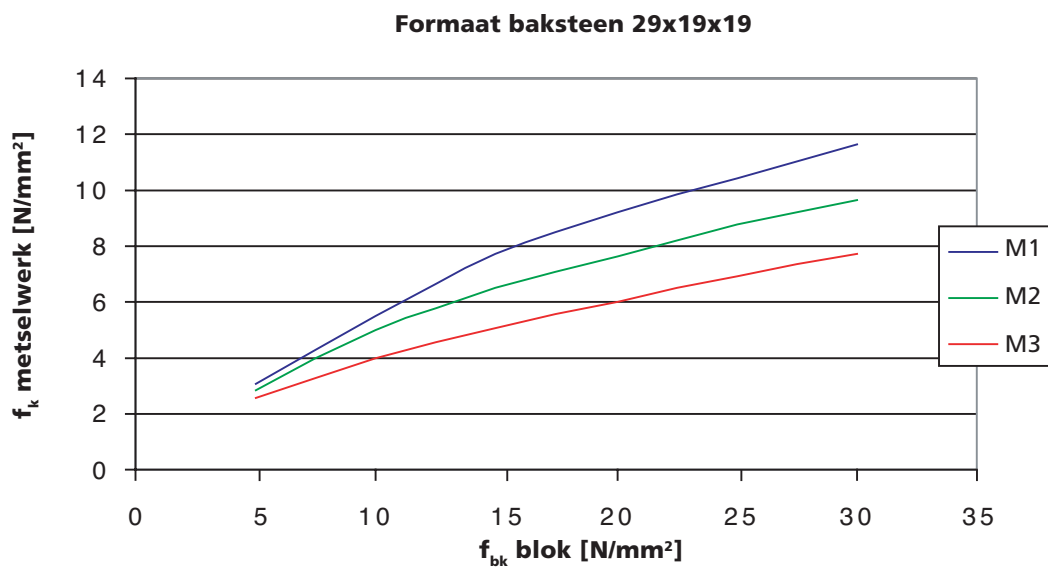
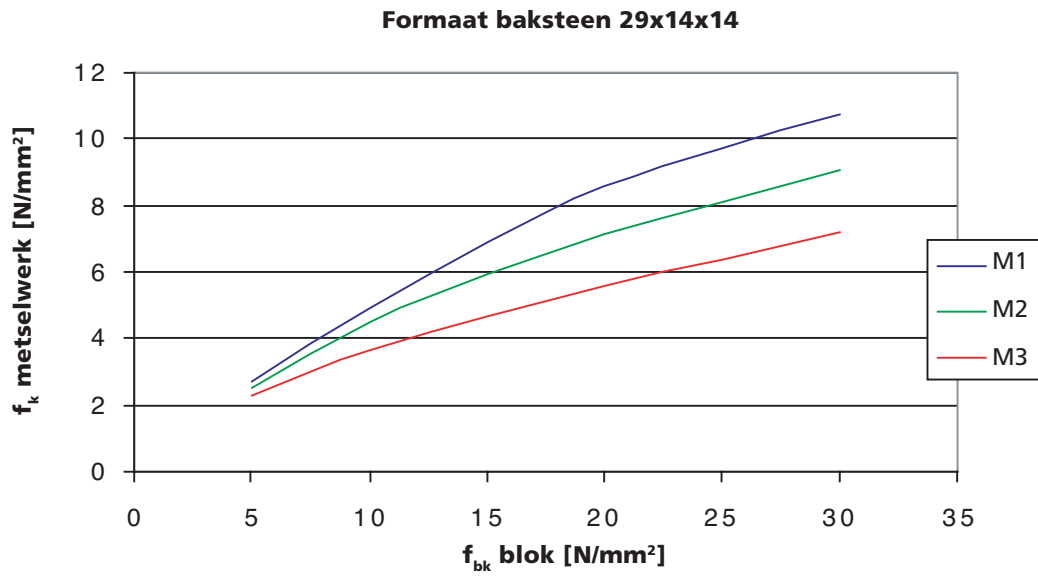
Deze mortelaanduiding is overgenomen in de ENV 1996:

Mortelklasse volgens NBN B 24-301	Mortelklasse volgens ENV 1996	Gemiddelde sterkte [N/mm <sup>2</sup> ]
M1	M20	20
M2	M12	12
M3	M8	8
M4	M5	5
M5	M2,5	2,5

**Bepaling van  $f_k$** 

De karakteristieke druksterkte  $f_k$  van het metselwerk kan worden afgelezen uit de tabel in functie van de mortelcategorie en van de gecorrigeerde karakteristieke druksterkte van de snelbouwbaksteen.

$(f_{bk})_{corr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Mortelcategorie [N/mm <sup>2</sup> ]				
	M1	M2	M3	M4	M5
	20	12	8	5	2,5
	Waarden van $f_k$ [N/mm <sup>2</sup> ]				
≥ 60	17,7	15,5	13,2	-	-
50	16,5	13,8	11,5	-	-
45	15,3	12,8	10,5	-	-
40	14,3	12	10	-	-
35	13,3	11	9	7,7	6,5
30	12,2	10	8	7	6
25	10,9	9,2	7,3	6,2	5,3
20	9,6	8	6,3	5,3	4,5
15	8,2	6,8	5,3	4,5	3,8
10	5,9	5,3	4,2	3,6	3
5	3,3	3,1	2,7	2,5	2,2
2,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6



### 3.2.2 Karakteristieke druksterkte $f_k$ van het metselwerk uit proeven op wanden

De norm voorziet als alternatieve mogelijkheid om rechtstreekse drukproeven uit te voeren op muren of muurtjes. Hierdoor kunnen hogere waarden bekomen worden.

#### 1. Drukproeven op muren op werkelijke schaal

De proef wordt uitgevoerd volgens de norm NBN B 24-212 *Proeven op metselwerk - druk op muur*. Vanwege de hoge kosten worden deze proeven uiterst zelden uitgevoerd.

#### 2. Drukproeven op muurtjes met geringe slankheid

De proef wordt uitgevoerd volgens de Belgische norm NBN B 24-211 *Proeven op metselwerk - druk op muurtje* of volgens de Europese norm EN 1052-1 *Proefwijzen voor metselwerk - Deel 1: Bepaling van de druksterkte*.

### 3.2.3 Toepassen van een veiligheidsfactor $\gamma_M$ op het metselwerk $f_k \rightarrow f_d$

Bij berekening volgens de uiterste grenstoestanden wordt zowel op de belastingen als op de weerstand van de materialen een veiligheidsfactor toegepast.

De waarde van deze factoren  $\gamma_M$  (uiterste grenstoestanden) is afhankelijk van de graad van controle door een derde partij.

		Categorie van het nazicht		
		In de fabriek en op de bouwplaats	In de fabriek of op de bouwplaats	In de fabriek noch op de bouwplaats
$\gamma_M$		2,5	3,0	3,5

De rekenwaarde van de druksterkte van het metselwerk wordt:  $f_d = f_k / \gamma_M$

### 3.2.4 Toepassen van een verminderingsfactor $\phi$ op het metselwerk $f_d \rightarrow N_{Rd}$

Een slanke muur zal sneller uitbuigen dan een dikke muur. Om hiermee rekening te houden werd een verminderingsfactor ingevoerd. De bepaling van deze factor  $\phi$  gebeurt in 3 stappen.

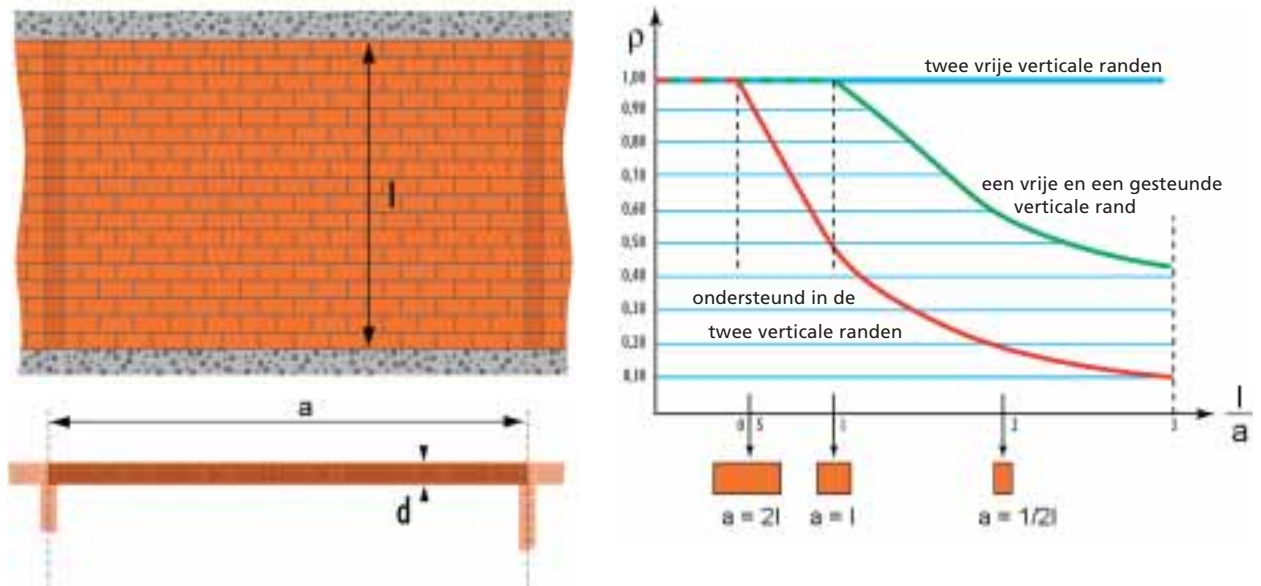
a) Bepalen van de geometrische slankheid  $S$

$$S = \rho \frac{l_f}{d}$$

$l_f$  = de vrije hoogte  $l$  tussen de vloeren bij scharnieroplegging,  
of  $3/4 l$  indien er voldoende inklemming is aan boven- en onderend van de muur.  
bvb. bij een doorlopende betonvloer boven en onder de wand.

$\rho$  = factor in functie van de voorwaarden van de verticale randen (geen, 1 of 2 verstijwingsmuren) en van de verhouding hoogte  $l$  / lengte  $a$  van de beschouwde muur

Voor dragende muren moet  $S \leq 25$  zijn.



b) Bepalen van de relatieve excentriciteit  $m$

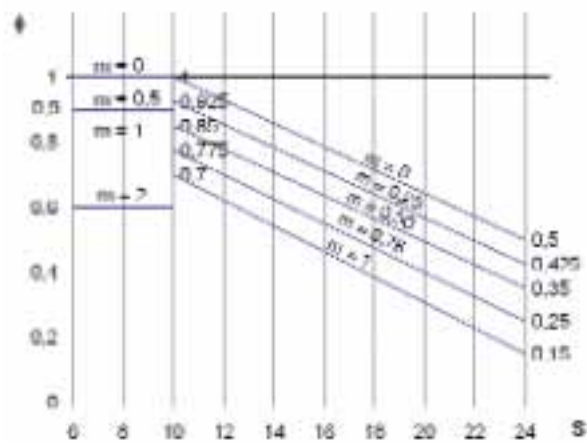
$$m = \frac{6e}{d}$$

$e$  = de excentriciteit van de belastingen die ongeveer op de halve hoogte van de wand optreedt berekend volgens NBN B 24-301.

$d$  = de muurdikte

c) Verminderingsfactor  $\phi$

De verminderingfactor  $\phi$  wordt afgelezen uit onderstaand diagramma in functie van de geometrische slankheid  $S$  en de relatieve excentriciteit  $m$  van de belastingen.



De weerstand van metselwerk per lopende meter wordt:  $N_{Rd} = \phi \times f_d \times \text{muurdikte}$

Op de website van de Belgische Baksteenfederatie vindt U een rekenmodule die deze berekening voor U uitvoert: [www.baksteen.be](http://www.baksteen.be)



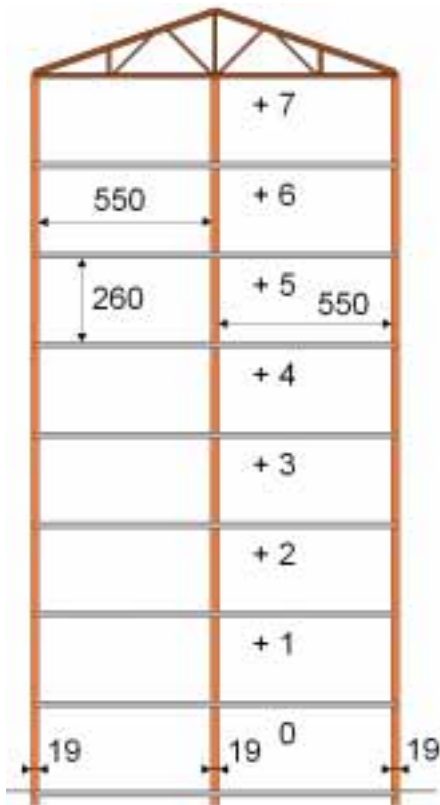
### 3.3 Rekenvoorbeelden NBN B 24-301

Berekening van verschillende wanden:

<p>Dikte 19 cm standaard snelbouwblokken</p> <p><b>Gegevens:</b>            L = 5,00 m, h = 2,80 m            Standaard blokken <math>f_{bk} = 15 \text{ N/mm}^2</math>            Dikte 19 cm,            (lengte = 29 x hoogte = 19)            Mortel M2 (12 N/mm<sup>2</sup>)            Excentriciteit            winddruk: 5 mm            belasting (vloerplaat): 20 mm            De muur is vierzijdig gesteund</p> <p><b>Berekening:</b>            a) Correctie op de afmetingen van de metselblok <math>f_{bk} \rightarrow (f_{bk})_{corr}</math>  <math>c = 1,08</math>  <math>(f_{bk})_{corr} = f_{bk} / c = 13,9 \text{ N/mm}^2</math></p> <p>b) Bepaling van de karakteristieke druksterkte van metselwerk  <math>(f_{bk})_{corr} \rightarrow f_k</math>            Uit de tabel (mortel M2):  <math>f_k = 6,5 \text{ N/mm}^2</math></p> <p>c) Toepassen van een veiligheidsfactor op het metselwerk <math>f_k \rightarrow f_d</math>            BENOR controle in de fabriek. Geen controle op de bouwwerf.  <math>\rightarrow \gamma_M = 3</math>  <math>f_d = f_k / \gamma_M = 2,2 \text{ N/mm}^2</math></p> <p>d) Toepassen van een vermindering <math>\phi</math> op het metselwerk omwille van de slankheid</p> $S = \rho \frac{l_f}{d} = 0,91 \frac{3/4 \times 2,8}{0,19} = 10,06$ <p><math>e_a = \text{toevallige excentriciteit}</math>  <math>= l_f / 300 = 7 \text{ mm}</math>  <math>e = 0,6 e_{last} + e_a + e_{wind} = 24 \text{ mm}</math></p> $m = \frac{6e}{d} = \frac{6 \times 24}{190} = 0,76$ <p>Uit de grafiek: <math>\phi = 0,77</math></p> <p>e) Resultaat  <math>N_{Rd} = \phi \times f_d \times d = 0,77 \times 2,2 \times 0,19</math>  <math>= 316 \text{ kN/m}</math></p>	<p>Dikte 19 cm hoge weerstand snelbouwblokken</p> <p><b>Gegevens:</b>            L = 5,00 m, h = 2,80 m            Hoge weerstand blokken <math>f_{bk} = 30 \text{ N/mm}^2</math>            Dikte 19 cm,            (lengte = 29 x hoogte = 19)            Mortel M1 (20 N/mm<sup>2</sup>)            Excentriciteit            winddruk: 5 mm            belasting (vloerplaat): 20 mm            De muur is vierzijdig gesteund</p> <p><b>Berekening:</b>            a) Correctie op de afmetingen van de metselblok <math>f_{bk} \rightarrow (f_{bk})_{corr}</math>  <math>c = 1,08</math>  <math>(f_{bk})_{corr} = f_{bk} / c = 27,9 \text{ N/mm}^2</math></p> <p>b) Bepaling van de karakteristieke druksterkte van metselwerk  <math>(f_{bk})_{corr} \rightarrow f_k</math>            Uit de tabel (mortel M1):  <math>f_k = 11,6 \text{ N/mm}^2</math></p> <p>c) Toepassen van een veiligheidsfactor op het metselwerk <math>f_k \rightarrow f_d</math>            BENOR controle in de fabriek. Geen controle op de bouwwerf.  <math>\rightarrow \gamma_M = 3</math>  <math>f_d = f_k / \gamma_M = 3,9 \text{ N/mm}^2</math></p> <p>d) Toepassen van een vermindering <math>\phi</math> op het metselwerk omwille van de slankheid</p> $S = \rho \frac{l_f}{d} = 0,91 \frac{3/4 \times 2,8}{0,19} = 10,06$ <p><math>e_a = \text{toevallige excentriciteit}</math>  <math>= l_f / 300 = 7 \text{ mm}</math>  <math>e = 0,6 e_{last} + e_a + e_{wind} = 24 \text{ mm}</math></p> $m = \frac{6e}{d} = \frac{6 \times 24}{190} = 0,76$ <p>Uit de grafiek: <math>\phi = 0,77</math></p> <p>e) Resultaat  <math>N_{Rd} = \phi \times f_d \times d = 0,77 \times 3,9 \times 0,19</math>  <math>= 568 \text{ kN/m}</math></p>	<p>Dikte 20 cm cellenbetonblokken</p> <p><b>Gegevens:</b>            L = 5,00 m, h = 2,80 m            Standaard blokken <math>f_{bk} = 4 \text{ N/mm}^2</math>            Dikte 20 cm,            (lengte = 60 x hoogte = 25)            Mortel M2 (12 N/mm<sup>2</sup>)            Excentriciteit            winddruk: 5 mm            belasting (vloerplaat): 20 mm            De muur is vierzijdig gesteund</p> <p><b>Berekening:</b>            a) Correctie op de afmetingen van de metselblok <math>f_{bk} \rightarrow (f_{bk})_{corr}</math>  <math>c = 1,07</math>  <math>(f_{bk})_{corr} = f_{bk} / c = 3,7 \text{ N/mm}^2</math></p> <p>b) Bepaling van de karakteristieke druksterkte van metselwerk  <math>(f_{bk})_{corr} \rightarrow f_k</math>            Uit de tabel (mortel M2):  <math>f_k = 2,3 \text{ N/mm}^2</math></p> <p>c) Toepassen van een veiligheidsfactor op het metselwerk <math>f_k \rightarrow f_d</math>            BENOR controle in de fabriek. Geen controle op de bouwwerf.  <math>\rightarrow \gamma_M = 3</math>  <math>f_d = f_k / \gamma_M = 0,8 \text{ N/mm}^2</math></p> <p>d) Toepassen van een vermindering <math>\phi</math> op het metselwerk omwille van de slankheid</p> $S = \rho \frac{l_f}{d} = 0,91 \frac{3/4 \times 2,8}{0,20} = 9,55$ <p><math>e_a = \text{toevallige excentriciteit}</math>  <math>= l_f / 300 = 7 \text{ mm}</math>  <math>e = 0,6 e_{last} + e_a + e_{wind} = 24 \text{ mm}</math></p> $m = \frac{6e}{d} = \frac{6 \times 24}{200} = 0,72$ <p>Uit de grafiek: <math>\phi = 0,86</math></p> <p>e) Resultaat  <math>N_{Rd} = \phi \times f_d \times d = 0,86 \times 0,8 \times 0,2</math>  <math>= 134 \text{ kN/m}</math></p>
--	---	---

Een wand in baksteenmetselwerk is een veelzijdig bouwelement waarmee zeer grote lasten worden opgenomen.

Appartementsgebouw met 8 bouwlagen (begane grond + 7)



### Gegevens

Buitenwanden in isolerende snelbouw van 19 cm dik + isolatie + gevelsteen

Dragende binnenmuren uit snelbouw van 19 cm dik

Vloerplaat in beton 15 cm dik + chape 10 cm dik

Hellend dak (houten spanten)

### Berekeningen

#### a) Belastingen

##### Vloeren

Vloerplaat + (chape en afwerking):

$$1,35 \times (3,5 + 2,0) = 7,4 \text{ kN/m}^2$$

Mobiele gebruikslast op vloer:

$$1,5 \times 2,0 = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

Totale rekenwaarde belasting vloer:

$$7,4 + 3,0 = 10,4 \text{ kN/m}^2$$

##### Dak

$$1,35 \times 1,5 + 1,5 \times 1,0 = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

##### Volle muren zonder openingen

$$\text{Centrale muur: } 1,35 \times 0,19 \times 12 = 3,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Gevel: } 1,35 \times (0,14 \times 12 + 0,09 \times 20) = 4,7 \text{ kN/m}^2$$

#### b) Sterkte van de muren

19 cm dikke muur met standaard snelbouwblokken ( $f_{bk} = 15 \text{ N/mm}^2$ , M1)

We krijgen voor  $L = 10 \text{ m}$ ,  $h = 2,6 \text{ m}$ ; vierzijdig gesteunde wand; excentriciteit 20 mm,  $\gamma_M = 3$ :

$$N_{Rd} = 398 \text{ kN/m}$$

19 cm dikke muur met hoge weerstand snelbouwblokken ( $f_{bk} = 25 \text{ N/mm}^2$ , M1)

We krijgen voor  $L = 10 \text{ m}$ ,  $h = 2,6 \text{ m}$ ; vierzijdig gesteunde wand; excentriciteit 20 mm,  $\gamma_M = 3$ :

$$N_{Rd} = 539 \text{ kN/m}$$

14 cm dikke muur met hoge weerstand snelbouwblokken ( $f_{bk} = 25 \text{ N/mm}^2$ , M1)

We krijgen voor  $L = 10 \text{ m}$ ,  $h = 2,6 \text{ m}$ ; vierzijdig gesteunde wand; excentriciteit 20 mm,  $\gamma_M = 3$ :

$$N_{Rd} = 278 \text{ kN/m}$$

14 cm dikke muur met standaard snelbouwblokken ( $f_{bk} = 15 \text{ N/mm}^2$ , M1)

We krijgen voor  $L = 4 \text{ m}$ ,  $h = 2,6 \text{ m}$ ; vierzijdig gesteunde wand; excentriciteit 20 mm,  $\gamma_M = 3$ :

$$N_{Rd} = 231 \text{ kN/m}$$

c) Lastendaling

Rekenwaarde optredende belasting op het gelijkvloers:

Centrale muur:

$$N_{Sd} = 7 \times 5,5 \times 10,4 + 5,5 \times 3,5 + 7 \times 2,85 \times 3,1 = 481,5 \text{ kN/m} < N_{Rd} = 539 \text{ kN/m}$$

Gevel:

$$N_{Sd} = 7 \times 5,5/2 \times 10,4 + 5,5/2 \times 3,5 + 7 \times 2,85 \times 4,7 = 303,59 \text{ kN/m} < N_{Rd} = 398 \text{ kN/m}$$

Rekenwaarde optredende belasting op de 2e verdieping:

Centrale muur:

$$N_{Sd} = 5 \times 5,5 \times 10,4 + 5,5 \times 3,5 + 5 \times 2,85 \times 3,1 = 349 \text{ kN/m} < N_{Rd} = 398 \text{ kN/m}$$

Gevel:

$$N_{Sd} = 5 \times 5,5/2 \times 10,4 + 5,5/2 \times 3,5 + 5 \times 2,85 \times 4,7 = 220 \text{ kN/m} < N_{Rd} = 231 \text{ kN/m} \\ < N_{Rd} = 278 \text{ kN/m}$$

d) Besluit:

Voor de centrale muur in de onderste twee bouwlagen worden hoge weerstand blokken gebruikt van 19 cm dikte. Voor de gevel wordt gekozen voor isolerende snelbouwblokken van 19 cm dikte met druksterkte  $f_{bk} > 15 \text{ N/mm}^2$ .

Vanaf de tweede verdieping mag voor de centrale wand gebruik gemaakt worden van standaard snelbouwblokken. In de gevel kan nog steeds gewerkt worden met isolerende snelbouwblokken, maar een afslanking naar een wand van 14 cm dikte is mogelijk. Afhankelijk van de afstand tussen dwarse muren wordt een standaard, dan wel een hoge weerstand blok gebruikt.

Baksteen vormt een economische en hoog kwalitatieve oplossing om dit appartementsgebouw met 8 bouwlagen op te richten.



## 4.1 Algemeen

Baksteenmetselwerk biedt heel wat constructieve mogelijkheden, mits het respecteren van een aantal eenvoudige regels.

Dragende wanden dienen minstens 14 cm dik te zijn. Deze dikte is noodzakelijk omwille van de begrenzingen aan de slankheid van de muur.

Baksteenmetselwerk heeft het voordeel dat elektrische leidingen gemakkelijk kunnen ingeslepen worden. Het spreekt voor zich dat enkel verticale geulen toegelaten zijn voor deze leidingen. Door een horizontale geul te slijpen wordt de wanddikte immers verminderd.

## 4.2 Gewapend metselwerk

### 4.2.1 Definitie

Gewapend metselwerk is een middel om de mechanische eigenschappen (trek en schuifspanning) van het metselwerk te verhogen.



### 4.2.2 Wapening in de horizontale voegen

In België gebruikt men:

- ronde wapeningen voor mortelvoegen
- platte wapeningen voor gelijmd metselwerk

De wapeningen zijn altijd gegalvaniseerd maar kunnen ook nog een epoxy-beschermingslaag krijgen of uit roestvrij staal zijn. Dit afhankelijk van het milieu waar de wapeningen worden toegepast.

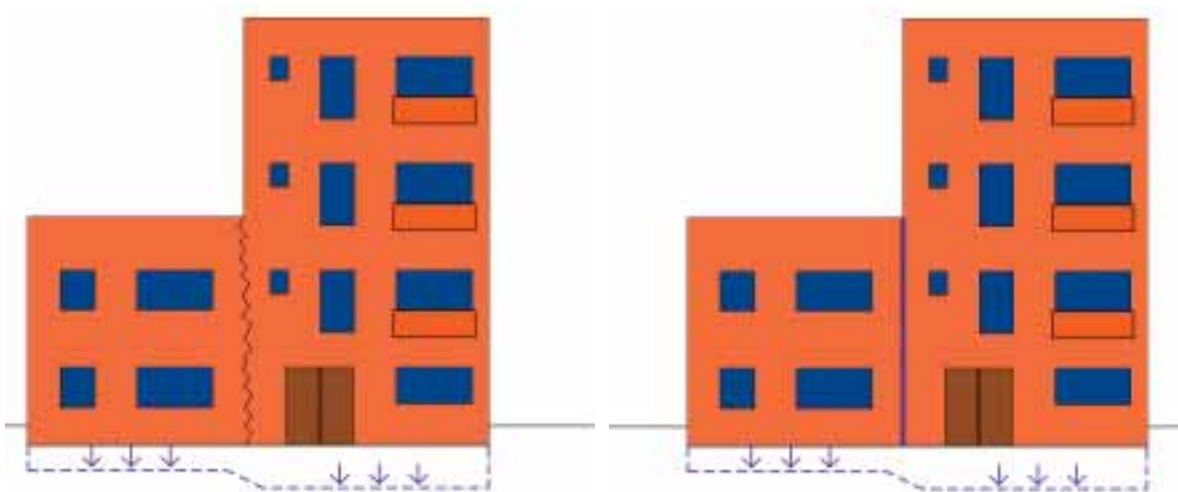
Deze wapeningen bestaan uit 2 langstaven en zijn voorzien van een diagonaal. De langstaven zijn voorzien van een profiel voor een betere hechting

Proeven hebben uitgewezen dat metselwerk met dergelijke, doorlopende wapening een druksterkte heeft die tot 20 % groter is dan wanneer het metselwerk niet gewapend is. Bij laterale belastingen heeft dit metselwerk ook een groter breukmoment.

### 4.3 Zettingen, zettingsvoegen en dilatatievoegen

Wanneer een nieuw gebouw opgericht wordt, betekent dit een extra belasting van de grond. Het is geheel normaal dat de grond dan wat samengedrukt wordt en dat het gebouw een weinig in de aarde zakt, een "zetting" ondergaat. Kleine scheurtjes kunnen daarom nooit vermeden worden.

Ernstige scheuren zijn steevast te wijten aan een zettingsverschil tussen verschillende delen van het gebouw. Dit zettingsverschil kan het gevolg zijn van een ongelijkmatige belasting van de grond (groot gebouw naast klein gebouw, combinatie van verschillende funderingssystemen) of van een ongelijkmatig draagvermogen van de grond.



Wanneer een dergelijk verschil in belasting zich voordoet verdient het aanbeveling om een zettingsvoeg te voorzien. Hierdoor wordt een ongekende scheurvorming vervangen door een gecontroleerde beweging van een opzettelijk aangebrachte voeg. Zettingsvoegen worden uitgevoerd als elastische voeg waardoor het metselwerk in onderling onafhankelijke vakken verdeeld wordt.



Gewapend metselwerk kan gebruikt worden om de gevolgen van differentiële zettingen te beperken.

Zettingsvoegen dienen niet verward met dilatatievoegen. Dilatatievoegen zijn ook, zoals zettingsvoegen, bedoeld om een ongekende scheurvorming te vervangen door een aangebrachte voeg. Echter dienen dilatatievoegen eerder om uitzetting en krimp van het materiaal op te vangen. Deze volumeveranderingen doen zich voor o.a. tengevolge van wisselende vochtigheid, temperatuurschommelingen, uitharding van cement,...

Onderstaande tabel (volgens NBN B 24-401 *Uitvoering van metselwerk*) geeft de maximaal toegestane afstand (in m) aan tussen twee opeenvolgende dilatatievoegen, in functie van de vochtexpansie en de dikte van de muur:

Metselsteen	Hygrometrische uitzetting mm/m	Dikte van het metselwerk	
		$d \leq 140$ mm	$d > 140$ mm
Baksteen	$\leq 0,1$	30	30
Beton	$\leq 0,4$	8	12*
Kalkzandsteen	$\leq 0,4$	8	12*
Cellenbeton	$0,4 < \varepsilon \leq 0,6$	6	8*

\*De muren hebben geen openingen en vertonen geen concentratie van spanningen; indien wel, dan worden de waarden respectievelijk 8 m en 6 m.

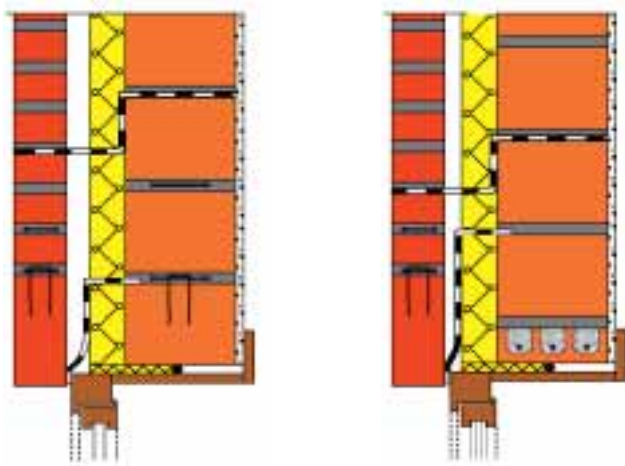
Aangezien gevelmetselwerk aan zwaardere weersomstandigheden is blootgesteld dan binnenmetselwerk, raden wij voor het buitenspouwblad in baksteenmetselwerk van sterk geïsoleerde wanden een lagere waarde aan: 15 à 20 m.

De afstand tussen de dilatatievoegen kan met 50 % verhoogd worden als de voegen van het metselwerk gewapend zijn.

## 4.4 Gebruik van verschillende materialen

Vormveranderingen die beton ondergaat zijn veel aanzienlijker dan deze bij baksteen. Indien beide materialen samen gebruikt worden, kunnen er scheuren optreden waar ze met elkaar in contact komen. Het opvangen van de spanningen op dit grensvlak is steeds een zeer delicate aangelegenheid.

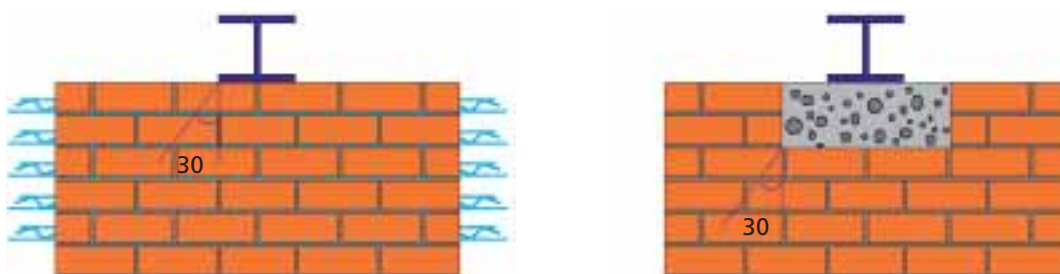
Het verdient bijgevolg aanbeveling om lintelen en balken waar mogelijk ook in baksteen uit te voeren, met een voorgespannen metselwerklatei ofwel in gewapend metselwerk.



## 4.5 Opleg van balken

### 4.5.1 Balken loodrecht op de wand

Balken die loodrecht op het metselwerk steunen geven geconcentreerde lasten waartegen het metselwerk niet noodzakelijk bestand is. Er wordt verondersteld dat de spanning diffundeert onder een hoek van 30 graden.



Voor beperkte belastingen wordt het onderliggende metselwerk over de 3 tot 5 onderliggende voegen gewapend. Voor grotere lasten wordt een betonslof voorzien al dan niet gewapend. Zonder deze voorzorgsmaatregelen kunnen scheuren onder 45 graden zich voordoen.

#### 4.5.2 Balken evenwijdig met de wand (lateien)

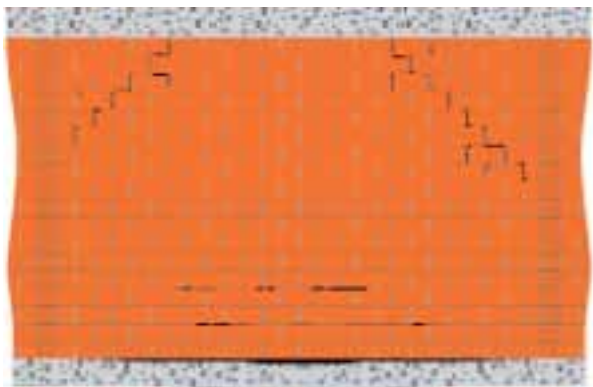


Ook voor lateien is een voldoende opleg noodzakelijk afhankelijk van de belasting. Een minimum van 15 cm dient aangehouden. Baksteenlateien hebben het voordeel dat hetzelfde materiaal gebruikt wordt als voor de wanden, waardoor scheuren vermeden worden. Een voorgespannen baksteenlatei laat toe om onmiddellijk verder te metsen.

#### 4.6 Overdreven doorbuiging

Metselwerk wordt vaak geplaatst op vervormbare elementen zoals vloeren of balken. Bij de dimensionering van deze elementen moet de vervorming binnen de perken blijven, zoniet ontstaat een horizontale scheur in de onderste horizontale voegen van de wand.

Een voldoende stijve draagconstructie dient voorzien.

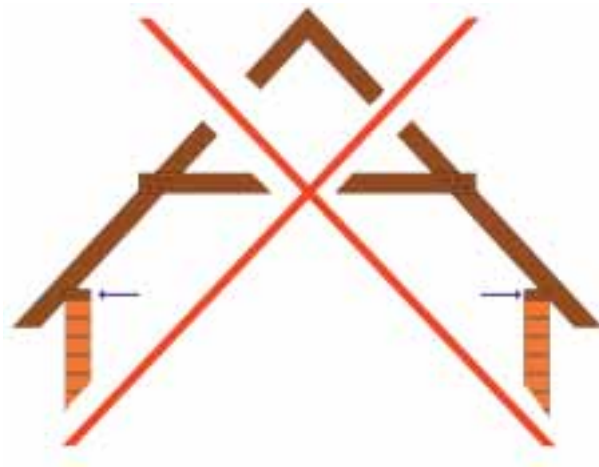


Ook moeten de steunvloeren waarop het metselwerk rust over een voldoende lange periode geschoord blijven. Beton dat nog niet voldoende is uitgehard zal immers makkelijker vervormen.

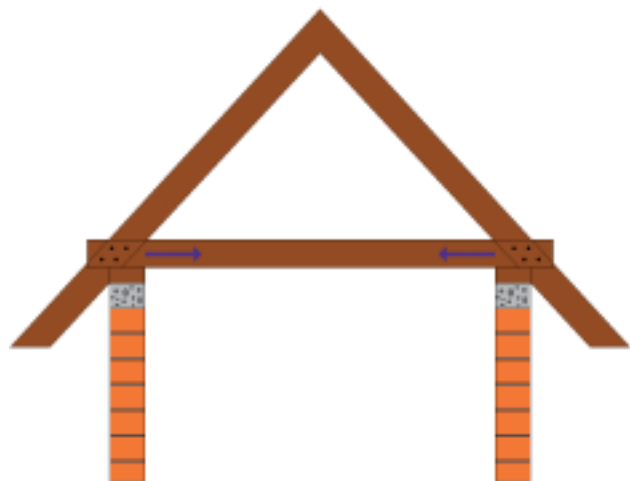
Bij een te zwakke steunconstructie wordt scheurvorming beheersd door gebruik van gewapend metselwerk.

## 4.7 Spatkrachten dakspanten

Dakspanten waar geen trekker voorzien wordt om de horizontale spatkracht op te vangen, oefenen grote krachten uit op de wand. Een vrijstaande wand in metselwerk kan geen weerstand bieden aan deze krachten.



Een houten trekker onderaan de spantbenen vormt een goede oplossing. Voor andere oplossingen verwijzen wij naar de stabiliteitsingenieur.



We berekenen een eenzijdig belaste wand (geen openingen in de wand) in uiterste grenstoestand met maximale constructieve excentriciteit. De uiteinden van de wand worden niet ingeklemd verondersteld, maar scharnierend. Excentriciteit door windbelasting is niet in rekening genomen.

Een veiligheidscoëfficiënt  $\gamma_M$  van 3 wordt genomen op de materialen. Op de belastingen dienen eveneens de gekende veiligheidscoëfficiënten toegepast.

Deze waarden vormen doorgaans een ondergrens. In de praktijk wordt de wand meestal ingeklemd door een betonplaat boven en onderaan.

Muurdikte	d	cm	14	
Karakteristieke druksterkte baksteen	$f_{bk}$	N/mm <sup>2</sup>	10	
Formaat baksteen	LxBxH	cm	29x14x14	
Vormfactor	c		1,23	
Gecorrigeerde druksterkte	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm <sup>2</sup>	8,2	= $f_{bk} / c$
Mortelcategorie			M2	
Karakteristieke druksterkte metselwerk	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	4,5	
Rekendruksterkte metselwerk	$f_d$	N/mm <sup>2</sup>	1,5	= $f_k / \gamma_M$
Muurhoogte	l	m	2,7	
Knikhoogte	$l_f$	m	2,7	
Constructieve excentriciteit aan top	$e_c$	cm	2,3	= d / 6
Relatieve excentriciteit	m		1	

2 dwarsmuren met tussenafstand	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Verhouding verstijving	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Verbindingsfactor	$\rho$	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Geometrische slankheid	S	2,5	6,7	11,3	15,1	18,0	19,3	19,3
Reductiefactor	$\phi$	0,80	0,80	0,66	0,51	0,39	0,34	0,34
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	1,20	1,20	0,98	0,76	0,59	0,51	0,51
	kN/m	168	168	137	106	82	72	72

1 dwarsmuur met lengte	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Verbindingsfactor	$\rho$	0,45	0,84	1,00	1,0
Geometrische slankheid	S	8,6	16,2	19,3	19,3
Reductiefactor	$\phi$	0,80	0,46	0,34	0,34
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	1,20	0,69	0,51	0,51
	kN/m	168	97	72	72

geen dwarsmuur		
Verbindingsfactor	$\rho$	1,0
Geometrische slankheid	S	19,3
Reductiefactor	$\phi$	0,34
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	0,51
	kN/m	72

Muurdikte	d	cm	14	
Karakteristieke druksterkte baksteen	$f_{bk}$	N/mm <sup>2</sup>	15	
Formaat baksteen	LxBxH	cm	29x14x14	
Vormfactor	c		1,23	
Gecorrigeerde druksterkte	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm <sup>2</sup>	12,2	$= f_{bk} / c$
Mortelcategorie			M2	
Karakteristieke druksterkte metselwerk	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	6,0	
Rekendruksterkte metselwerk	$f_d$	N/mm <sup>2</sup>	2,0	$= f_k / \gamma_M$
Muurhoogte	l	m	2,7	
Knikhoogte	$l_f$	m	2,7	
Constructieve excentriciteit aan top	$e_c$	cm	2,3	$= d / 6$
Relatieve excentriciteit	m		1	

2 dwarsmuren met tussenafstand	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Verhouding verstijving	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Verbindingsfactor	$\rho$	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Geometrische slankheid	S	2,5	6,7	11,3	15,1	18,0	19,3	19,3
Reductiefactor	$\phi$	0,80	0,80	0,66	0,51	0,39	0,34	0,34
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	1,60	1,60	1,30	1,01	0,78	0,68	0,68
	kN/m	224	224	183	141	110	96	96

1 dwarsmuur met lengte	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Verbindingsfactor	$\rho$	0,45	0,84	1,00	1,0
Geometrische slankheid	S	8,6	16,2	19,3	19,3
Reductiefactor	$\phi$	0,80	0,46	0,34	0,34
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	1,60	0,92	0,68	0,68
	kN/m	224	129	96	96

geen dwarsmuur		
Verbindingsfactor	$\rho$	1,0
Geometrische slankheid	S	19,3
Reductiefactor	$\phi$	0,34
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	0,68
	kN/m	96

Muurdikte	d	cm	<b>14</b>	
Karakteristieke druksterkte baksteen	$f_{bk}$	N/mm <sup>2</sup>	<b>25</b>	
Formaat baksteen	LxBxH	cm	29x14x14	
Vormfactor	c		1,23	
Gecorrigeerde druksterkte	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm <sup>2</sup>	20,4	= $f_{bk} / c$
Mortelcategorie			M2	
Karakteristieke druksterkte metselwerk	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	8,1	
Rekendruksterkte metselwerk	$f_d$	N/mm <sup>2</sup>	2,7	= $f_k / \gamma_M$
Muurhoogte	l	m	2,7	
Knikhoogte	$l_f$	m	2,7	
Constructieve excentriciteit aan top	$e_c$	cm	2,3	= $d / 6$
Relatieve excentriciteit	m		1	

2 dwarsmuren met tussenafstand	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Verhouding verstijving	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Verbindingsfactor	$\rho$	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Geometrische slankheid	S	2,5	6,7	11,3	15,1	18,0	19,3	19,3
Reductiefactor	$\phi$	0,80	0,80	0,66	0,51	0,39	0,34	0,34
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	2,17	2,17	1,77	1,37	1,06	0,93	0,93
	kN/m	304	304	248	191	149	130	130

1 dwarsmuur met lengte	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Verbindingsfactor	$\rho$	0,45	0,84	1,00	1,0
Geometrische slankheid	S	8,6	16,2	19,3	19,3
Reductiefactor	$\phi$	0,80	0,46	0,34	0,34
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	2,17	1,25	0,93	0,93
	kN/m	304	175	130	130

geen dwarsmuur		
Verbindingsfactor	$\rho$	1,0
Geometrische slankheid	S	19,3
Reductiefactor	$\phi$	0,34
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	0,93
	kN/m	130

Muurdikte	d	cm	14	
Karakteristieke druksterkte baksteen	$f_{bk}$	N/mm <sup>2</sup>	30	
Formaat baksteen	LxBxH	cm	29x14x14	
Vormfactor	c		1,23	
Gecorrigeerde druksterkte	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm <sup>2</sup>	24,5	= $f_{bk} / c$
Mortelcategorie			M2	
Karakteristieke druksterkte metselwerk	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	9,1	
Rekendruksterkte metselwerk	$f_d$	N/mm <sup>2</sup>	3,0	= $f_k / \gamma_M$
Muurhoogte	l	m	2,7	
Knikhoogte	$l_f$	m	2,7	
Constructieve excentriciteit aan top	$e_c$	cm	2,3	= $d / 6$
Relatieve excentriciteit	m		1	

2 dwarsmuren met tussenafstand	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Verhouding verstijving	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Verbindingsfactor	$\rho$	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Geometrische slankheid	S	2,5	6,7	11,3	15,1	18,0	19,3	19,3
Reductiefactor	$\phi$	0,80	0,80	0,66	0,51	0,39	0,34	0,34
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	2,43	2,43	1,98	1,53	1,19	1,04	1,04
	kN/m	341	341	277	214	167	145	145

1 dwarsmuur met lengte	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Verbindingsfactor	$\rho$	0,45	0,84	1,00	1,0
Geometrische slankheid	S	8,6	16,2	19,3	19,3
Reductiefactor	$\phi$	0,80	0,46	0,34	0,34
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	2,43	1,40	1,04	1,04
	kN/m	341	196	145	145

geen dwarsmuur		
Verbindingsfactor	$\rho$	1,0
Geometrische slankheid	S	19,3
Reductiefactor	$\phi$	0,34
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	1,04
	kN/m	145

Muurdikte	d	cm	19	
Karakteristieke druksterkte baksteen	$f_{bk}$	N/mm <sup>2</sup>	10	
Formaat baksteen	LxBxH	cm	29x19x19	
Vormfactor	c		1,08	
Gecorrigeerde druksterkte	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm <sup>2</sup>	9,3	= $f_{bk} / c$
Mortelcategorie			M2	
Karakteristieke druksterkte metselwerk	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	5,0	
Rekendruksterkte metselwerk	$f_d$	N/mm <sup>2</sup>	1,7	= $f_k / \gamma_M$
Muurhoogte	l	m	2,7	
Knikhoogte	$l_f$	m	2,7	
Constructieve excentriciteit aan top	$e_c$	cm	3,2	= d / 6
Relatieve excentriciteit	m		0,9	

2 dwarsmuren met tussenafstand	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Verhouding verstijving	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Verbindingsfactor	$\rho$	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Geometrische slankheid	S	1,8	4,9	8,3	11,1	13,3	14,2	14,2
Reductiefactor	$\phi$	0,82	0,82	0,82	0,69	0,61	0,57	0,57
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	1,37	1,37	1,37	1,15	1,01	0,95	0,95
	kN/m	260	260	260	218	192	181	181

1 dwarsmuur met lengte	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Verbindingsfactor	$\rho$	0,45	0,84	1,00	1,0
Geometrische slankheid	S	6,35	12,0	14,2	14,2
Reductiefactor	$\phi$	0,82	0,66	0,57	0,57
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	1,37	1,09	0,95	0,95
	kN/m	260	208	181	181

geen dwarsmuur		
Verbindingsfactor	$\rho$	1,0
Geometrische slankheid	S	14,2
Reductiefactor	$\phi$	0,57
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	0,95
	kN/m	181

Muurdikte	d	cm	19	
Karakteristieke druksterkte baksteen	$f_{bk}$	N/mm <sup>2</sup>	15	
Formaat baksteen	LxBxH	cm	29x19x19	
Vormfactor	c		1,08	
Gecorrigeerde druksterkte	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm <sup>2</sup>	13,9	= $f_{bk} / c$
Mortelcategorie			M2	
Karakteristieke druksterkte metselwerk	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	6,5	
Rekendruksterkte metselwerk	$f_d$	N/mm <sup>2</sup>	2,2	= $f_k / \gamma_M$
Muurhoogte	l	m	2,7	
Knikhoogte	$l_f$	m	2,7	
Constructieve excentriciteit aan top	$e_c$	cm	3,2	= $d / 6$
Relatieve excentriciteit	m		0,9	

2 dwarsmuren met tussenafstand	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Verhouding verstijving	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Verbindingsfactor	$\rho$	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Geometrische slankheid	S	1,8	4,9	8,3	11,1	13,3	14,2	14,2
Reductiefactor	$\phi$	0,82	0,82	0,82	0,69	0,61	0,57	0,57
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	1,78	1,78	1,78	1,49	1,32	1,24	1,24
	kN/m	338	338	338	284	250	235	235

1 dwarsmuur met lengte	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Verbindingsfactor	$\rho$	0,45	0,84	1,00	1,0
Geometrische slankheid	S	6,35	12,0	14,2	14,2
Reductiefactor	$\phi$	0,82	0,66	0,57	0,57
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	1,78	1,43	1,24	1,24
	kN/m	338	271	235	235

geen dwarsmuur		
Verbindingsfactor	$\rho$	1,0
Geometrische slankheid	S	14,2
Reductiefactor	$\phi$	0,57
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	1,24
	kN/m	235

Muurdikte	d	cm	<b>19</b>	
Karakteristieke druksterkte baksteen	$f_{bk}$	N/mm <sup>2</sup>	<b>25</b>	
Formaat baksteen	LxBxH	cm	29x19x19	
Vormfactor	c		1,08	
Gecorrigeerde druksterkte	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm <sup>2</sup>	23,2	= $f_{bk} / c$
Mortelcategorie			M2	
Karakteristieke druksterkte metselwerk	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	8,8	
Rekendruksterkte metselwerk	$f_d$	N/mm <sup>2</sup>	2,9	= $f_k / \gamma_M$
Muurhoogte	l	m	2,7	
Knikhoogte	$l_f$	m	2,7	
Constructieve excentriciteit aan top	$e_c$	cm	3,2	= $d / 6$
Relatieve excentriciteit	m		0,9	

2 dwarsmuren met tussenafstand	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Verhouding verstijving	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Verbindingsfactor	$\rho$	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Geometrische slankheid	S	1,8	4,9	8,3	11,1	13,3	14,2	14,2
Reductiefactor	$\phi$	0,82	0,82	0,82	0,69	0,61	0,57	0,57
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	2,41	2,41	2,41	2,02	1,78	1,68	1,68
	kN/m	458	458	458	384	339	319	319

1 dwarsmuur met lengte	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Verbindingsfactor	$\rho$	0,45	0,84	1,00	1,0
Geometrische slankheid	S	6,35	12,0	14,2	14,2
Reductiefactor	$\phi$	0,82	0,66	0,57	0,57
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	2,41	1,93	1,68	1,68
	kN/m	458	367	319	319

geen dwarsmuur		
Verbindingsfactor	$\rho$	1,0
Geometrische slankheid	S	14,2
Reductiefactor	$\phi$	0,57
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	1,68
	kN/m	319

Muurdikte	d	cm	19	
Karakteristieke druksterkte baksteen	$f_{bk}$	N/mm <sup>2</sup>	30	
Formaat baksteen	LxBxH	cm	29x19x19	
Vormfactor	c		1,08	
Gecorrigeerde druksterkte	$(f_{bk})_{corr}$	N/mm <sup>2</sup>	27,9	$= f_{bk} / c$
Mortelcategorie			M2	
Karakteristieke druksterkte metselwerk	$f_k$	N/mm <sup>2</sup>	9,7	
Rekendruksterkte metselwerk	$f_d$	N/mm <sup>2</sup>	3,2	$= f_k / \gamma_M$
Muurhoogte	l	m	2,7	
Knikhoogte	$l_f$	m	2,7	
Constructieve excentriciteit aan top	$e_c$	cm	3,2	$= d / 6$
Relatieve excentriciteit	m		0,9	

2 dwarsmuren met tussenafstand	a	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m
Verhouding verstijving	l/a	2,7	1,4	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4
Verbindingsfactor	$\rho$	0,13	0,35	0,59	0,78	0,93	1,00	1,00
Geometrische slankheid	S	1,8	4,9	8,3	11,1	13,3	14,2	14,2
Reductiefactor	$\phi$	0,82	0,82	0,82	0,69	0,61	0,57	0,57
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	2,65	2,65	2,65	2,22	1,96	1,84	1,84
	kN/m	503	503	503	422	372	350	350

1 dwarsmuur met lengte	a	1 m	2 m	3 m	4 m
Verbindingsfactor	$\rho$	0,45	0,84	1,00	1,0
Geometrische slankheid	S	6,35	12,0	14,2	14,2
Reductiefactor	$\phi$	0,82	0,66	0,57	0,57
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	2,65	2,12	1,84	1,84
	kN/m	503	402	350	350

geen dwarsmuur		
Verbindingsfactor	$\rho$	1,0
Geometrische slankheid	S	14,2
Reductiefactor	$\phi$	0,57
Toelaatbare druksterkte muur	N/mm <sup>2</sup>	1,84
	kN/m	350

