



BAKSTEEN EN METSELWERK: TECHNISCHE EIGENSCHAPPEN



Belgische Baksteenfederatie

www.baksteen.be





BELGISCHE BAKSTEENFEDERATIE

Kartuizersstraat, 19 bus 19 – 1000 Brussel
tel. +32 (0)2 511 25 81 – fax +32 (0)2 513 26 40
e-mail: info@baksteen.be
<http://www.baksteen.be>

DECEMBER 2006

BELGISCHE DAKPAN- EN BAKSTEENFABRIKANTEN

Bakstenen voor gewoon metselwerk:
V : volle baksteen voor gewoon
metselwerk
P : geperforeerde baksteen voor
gewoon metselwerk
L : geperforeerde baksteen met lichte
scherf

Bakstenen voor gevelmetselwerk
S : strengpersgevelsteen
(‘machinale’ gevelsteen)
H : handvorm en vormbakperssteen
K : klampsteen
A : andere soorten (traditionele en
‘rustieke’ gevelstenen zoals veld-
ovensteen, baksteen op basis van
leisteel, enz.)

Andere producten:
W : welfsels
D : dakpannen en muurdeksels
T : Boomse kerktegels,
ongeglazuurde tegels
O : straatklinkers
• Voor details over het productiegam-
ma van elke fabriek, kan men zich best
rechtstreeks tot de bedrijven wenden.
• De lijst is samengesteld op basis van
de ledenlijsten van de B.B.F. Vele pro-
ducenten verkopen hun producten al
dan niet exclusief, via een afzonderlijke
verkoopsorganisatie. In de gevallen
waar dit nuttig lijkt, is de naam tussen
haakjes bijgevoegd.

Oost-Vlaanderen

- Kleiprodukten HOVE
Lindendreef 101
9400 Ninove
Tel. (054) 33 26 67
Fax (054) 32 82 38
(V-H-A)
- Steenfabriek VANDE MOORTE
Scheldekant 7
9700 Oudenaarde
Tel. (055) 33 55 66
Fax (055) 33 55 70
(H-O)
- SVK
Aerschotstraat 114,
9100 Sint-Niklaas
Tel. (03) 760 49 00
Fax (03) 777 47 84
(V-P-L-S-H-W)

West-Vlaanderen

- Steenbakkerij AMPE
Brugsesteenweg 170
8740 Egem (Pittem)
Tel. (051) 46 07 01
Fax (051) 46 07 04
(V-P-L-S)
- DESIMPEL
Hoogledestraat 92,
8610 Kortemark
Tel. (051) 57 57 00
Fax (051) 57 57 02
(V-P-L-S-H)

- TERCA - ZONNEBEKE
Ieperstraat 186
8980 Zonnebeke
Tel. (051) 78 80 60
Fax (051) 77 10 38
(V-P-S)
- Steenbakkerij DE KEIGNAERT
Stationsstraat 30,
8460 Oudenburg
Tel. (059) 25 50 50
Fax (059) 26 89 87
(V-S-H)
- Steenbakkerij DUMOULIN
Rollegembosstraat 9
8880 Ledegem
Tel. (056) 50 98 71
Fax (056) 50 41 92
(V-P)
- TERCA - WIENERBERGER
Ter Bede Business Center
8500 Kortrijk
Tel. (056) 24 96 35
Fax (056) 51 92 75
(V-P-L-S-H-A-O)
- KORAMIC
Kapel-ter-Bede 86
8500 Kortrijk
Tel. (056) 24 95 11
Fax (056) 20 23 59
(D)

Limburg

- Steenfabriek HEYLEN
2de Carabinierslaan 145
3620 Veldwezelt-Lanaken
Tel. (089) 71 51 38
Fax (089) 72 28 80
(H)
- Steenfabriek
NELISSEN - HAESEN
Kiezelweg 460
3620 Veldwezelt
Tel. (012) 45 10 26
Fax (012) 45 53 89
(H)
- TERCA - SCHOUTERDEN
Venlosesteenweg 70
3680 Maaseik
Tel. (089) 56 40 38
Fax (089) 56 81 83
(H-A)
- Steenfabrieken
VANDERSANDEN
Riemstersteenweg 300
3740 Spouwen
Tel. (089) 51 01 40
Fax (089) 49 28 45
(H)
- Steenfabriek
VANDERSANDEN
Nijverheidslaan 11
3650 Lanklaar
Tel. (089) 79 02 50
Fax (089) 75 41 90
(H)
- TERCA - TESSENDERLO
Havenlaan 10
3980 Tessenderlo
Tel. (013) 35 91 60
Fax (013) 35 91 61
(P-L)

Antwerpen

- Steenbakkerij
GEBR. LAUWERS
Noeveren 74
2850 Boom
Tel. (03) 888 02 32
Fax (03) 844 57 86
(K-A-T)
- Steenfabriek van NIEL
(DESIMPEL)
Landbouwstraat 98
2845 Niel
Tel. (03) 880 70 61
Fax (03) 880 70 66
(H)
- SWENDEN RUMST
Nieuwstraat 44
2840 Rumst
Tel. (03) 880 15 20
Fax (03) 844 28 11
(V-P-L-S)
- Swenden Industries
Nieuwstraat 2
2840 Rumst
Tel. (03) 844 22 22
Fax (03) 844 38 02
- DESTA
Heerle 11
2322 Minderhout (Hoogstraten)
Tel. (03) 315 70 99
Fax (03) 315 81 48
(S-O)
- Steenbakkerij FLOREN
Vaartkant Rechts 4
2960 St.-Lenaarts
Tel. (03) 313 81 98
Fax (03) 313 71 56
(V-S)
- TERCA - NOVA
Steenbakkersdam 10
2340 Beerse
Tel. (014) 61 10 99
Fax (014) 61 04 32
(V-P-L-S)
- TERCA - SAS
Sint Jozefslei 6
2310 Rijkevorsel
Tel. (014) 62 20 10
Fax (014) 61 22 33
(H-A)
- TERCA - BEERSE
Absheide 28
2340 Beerse
Tel. (014) 61 19 75
Fax (014) 61 22 33
(H)
- TERCA - QUIRIJNEN
Sint Jobbaan 58
2390 Westmalle
Tel. (03) 311 51 12
Fax (03) 311 62 56
(V-S-H-A)

Brabant

- Steenfabrieken
VANDERSANDEN
Kortenbos 14
1790 Hekelgem
Tel. (053) 66 85 51
Fax (053) 66 71 41
(H)

Henegouwen

- Briqueterie de PERUWELZ
(DESIMPEL)
Rue de l’Europe, 11
7600 Péruwelz
Tel. (069) 77 97 10
Fax (069) 77 97 11
(H)
- Briqueterie de PLOEGSTEERT ‘Barry’
Chaussée de Bruxelles 33
7534 Barry
Tel. (056) 56 56 56
Fax (056) 56 55 02
(S)
- TERCA - GHILIN
Route de Wallonie 33
7011 Ghlin
Tel. (065) 35 38 85
Fax (065) 36 10 92
(V-S-O)
- TERCA - WARNETON
Chaussée du Pont Rouge 57
7784 Warneton (Comines)
Tel. (056) 58 88 10
Fax (056) 58 85 35
(H)
- Steenbakkerij van PLOEGSTEERT
Touquetstraat 228
7782 Ploegsteert
Tel. (056) 56 56 56
Fax (056) 56 55 01
(P-L-W)

Namen

- Briqueterie de WANLIN
(DESIMPEL)
Route de Beauraing 131
5564 Wanlin
Tel. (082) 66 55 00
Fax (082) 66 55 17
(S-A-O)

Technische brochure

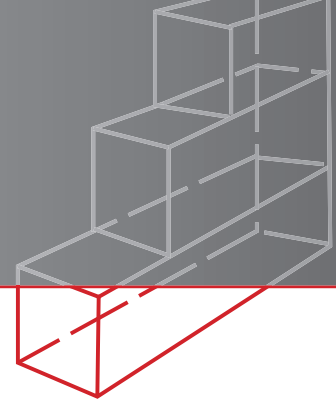
Inhoud

1	Inleiding	3
2	Baksteen	5
2.1	Het materiaal	5
2.2	Kwaliteitsgarantie	6
2.3	Oppervlakken van de baksteen (NBN B 24-001)	6
2.4	Soorten baksteen	7
2.5	Verbruik van baksteen	8
3	Eigenschappen van baksteen	9
3.1	Afmetingen	9
3.1.1	Werkmaten	9
3.1.2	Nominale maten	9
3.1.3	Fabricagematen	9
3.1.4	Grenswaarden voor de opgegeven fabricagematen	9
3.1.5	Vlakheid van de oppervlakken	10
3.1.6	Evenwijdigheid van de oppervlakken	11
3.1.7	Rechtheid van hoeken	11
3.2	Vormstabiliteit	11
3.3	Wateropneming	11
3.4	Initiële wateropzuiging	12
3.5	Druksterkte	12
3.6	Brandreactie	14
3.7	Vorstweerstand	14
3.8	Aanwezigheid van zouten in de baksteen	15
3.8.1	Actieve oplosbare zouten	15
3.8.2	Uitbloeiingen	16
3.9	Uitzichtkenmerken	16
3.10	Andere grootheden	17
3.10.1	Massawarmte c (J/kg.K)	17
3.10.2	Dampdoorlatendheid μ	17
3.10.3	Evenwichtsvochtgehalte (vol%)	17
3.10.4	Thermische geleidbaarheid λ (W/m.K)	17
3.10.5	Vochtgehalte ψ	19
3.10.6	Volumieke massa ρ (kg/m ³)	19
4	Eigenschappen van metselwerk	20
4.1	Dilatatievoegen	20
4.2	Metselverbanden	21
4.2.1	Regels	21
4.2.2	Traditionele metselverbanden	21
4.2.3	Eigen ontwerp	22



4.3	Gevelmetselwerk	22
4.3.1	Werking	22
4.4	Gewapend metselwerk	22
4.4.1	Wapening in de horizontale voegen	22
4.4.2	Verticale wapening	22
4.4.3	Toepassingsmogelijkheden	22
4.5	Metselmortel	24
4.5.1	Bestanddelen van de (hydraulische) metselmortel	24
4.5.2	Soorten metselmortel	25
4.6	Thermische isolatie	27
4.7	Brandweerstand	29
4.8	Geluid	29
4.8.1	Absorptie	29
4.8.2	Geluidoverdracht	29
5	Bestektekst	32





1. Inleiding

Sinds 1976 wijdt Bouwen met Baksteen geregeld een volledig nummer aan de technische kenmerken van baksteen en baksteenmetselwerk. Het succes van de eerste uitgave heeft er ons toe gebracht deze technische brochure voortdurend bij te werken en te herdrukken.

In deze brochure wordt U geconfronteerd met alle relevante eigenschappen en kenmerken van het materiaal baksteen. Wanneer U op zoek zou zijn naar meer informatie omtrent de uitvoering van baksteenmetselwerk, verwijzen wij U graag door naar onze thematische documentatiemap of naar ons Metselhandboek. Ook op onze website www.baksteen.be vindt U over deze onderwerpen heel wat informatie terug.





2. Baksteen

2.1 Het materiaal



Baksteen is een materiaal uit gebakken klei, bedoeld als bouwelement in metselwerk, zowel gevelmetselwerk als niet-decoratief binnenmetselwerk (ook snelbouwmetselwerk genaamd).

Bakstenen worden beschreven door één Europese norm EN 771-1 *Voorschriften voor metselstenen - Deel 1: Metselbaksteen*. In de EN 771-1 wordt baksteen gedefinieerd als een metselsteen gemaakt uit klei of een ander, kleiachtig materiaal, met of zonder zand, brandstof of andere toevoeging, gestookt op een voldoende hoge temperatuur om een keramische binding te vormen.

Deze Europese norm legt een resem kenmerken vast die van toepassing zijn op bakstenen.

Een onderscheid wordt gemaakt tussen:

Lage dichtheid (LD) producten zijn de bakstenen waarvan het droog volumegewicht kleiner of gelijk is dan 1000 kg/m^3 , die enkel bedoeld zijn voor gebruik in metselwerk dat beschermd is tegen de weersomstandigheden (bvb. binnenmuurstenen).

Hoge dichtheid (HD) producten zijn alle bakstenen voor gebruik in onbeschermd metselwerk en alle bakstenen met een droog volumegewicht groter dan 1000 kg/m^3 .

Een tweede onderscheid wordt gemaakt tussen categorie I stenen en categorie II stenen:

Categorie I bakstenen zijn bakstenen met een gedeclareerde druksterkte met een waarschijnlijkheid van minder dan 5% dat deze waarde niet wordt gehaald. Bovendien wordt het productieproces van categorie I stenen gecontroleerd door een onafhankelijke instelling. Men zegt dat de productie in overeenstemming is met een systeem 2+.

Categorie II bakstenen zijn bakstenen die niet bedoeld voor het bij categorie I behorende betrouwbaarheidsniveau van de druksterkte en waarbij het productieproces niet gecontroleerd wordt door een externe derde. Men zegt dat de productie in overeenstemming is met een systeem 4.

Als aanvulling op deze Europese normen werden in België twee PTV's (Prescriptions Techniques - Technische Voorschriften) opgesteld. De PTV 23 002 handelt specifiek over gevelmetselwerk, terwijl de PTV 23 003 niet-decoratief metselwerk behandelt.

Men mag niet uit het oog verliezen dat hogervernoemde normen, louter een reeks eigenschappen definiëren die relevant zijn voor het materiaal. Er worden geen drempelwaarden opgeven waaraan de producten moeten voldoen. De ontwerper moet voor de eigenschappen die in de norm vermeld staan, zoals gewicht en druksterkte, zelf de cijferwaarden vastleggen voor zijn toepassing.

2.2 Kwaliteitsgarantie

De kwaliteit van de Belgische baksteen wordt al meer dan 35 jaar bevestigd door het BENOR-kwaliteitsmerk. Om dit BENOR-kwaliteitsmerk te verkrijgen moet een fabrikant zich onderwerpen aan een controle van zijn baksteenproductie door een onafhankelijke instelling. Deze instelling gaat de kwaliteit van de baksteen na door regelmatige inspecties in de fabriek en een omvangrijk aantal proefnemingen op de stenen. Wanneer deze instelling voldoende garanties heeft over de kwaliteit van de productie, krijgt de fabrikant als beloning het BENOR-kwaliteitsmerk, als het ware een adelbrief naar de gebruiker toe. De volledige procedure staat onder de controle van het Belgisch Instituut voor Normalisatie en de FOD (Federale Overheidsdienst) economie.



De Europese regelgeving heeft geleid tot een tweede merk, namelijk het CE-merk. Dit CE-merk is ingevoerd met een volledig verschillende doelstelling als het BENOR-kwaliteitsmerk, namelijk het wegwerken van technische handelsbelemmeringen binnen de Europese Unie. Wegens nationale verschillen in technische normen en voorschriften was het vaak moeilijk om onze baksteen over de landsgrenzen heen te verhandelen. De Europese overheid wil dit vergemakkelijken met een regelgeving, de bouwproductenrichtlijn, die zal leiden tot de vervanging van alle nationale normen door enkele Europese normen. Het voordeel is dat bakstenen in de volledige Europese Unie volgens dezelfde Europese normen beoordeeld en beproefd worden. Op dat ogenblik wordt het mogelijk om bakstenen uit de verschillende landen met elkaar te vergelijken.

Het CE-merk ziet eruit als een technische fiche van het product. De fiche is omkaderd en bevat een aantal producteigenschappen. De fabrikant is verplicht om **zelf een waarde te bepalen voor de declaratie** van zijn producteigenschappen op het CE-merk. Het CE-merk is bijgevolg geenszins een kwaliteitsverklaring. En dit vormt het belangrijke verschil met het BENOR-keurmerk.

Het BENOR-merk is wel een kwaliteitsverklaring. Een baksteen met BENOR betekent een baksteen waarvan alle producteigenschappen op het **BENOR-merk en** op het **CE-merk gecontroleerd** zijn door een onafhankelijke instelling.

Het BENOR-keurmerk heeft zich aangepast aan de nieuwe Europese situatie, door de kwaliteitskeuring van alle producteigenschappen te verzorgen in overeenstemming met de nieuwe Europese norm. Hiertoe werden twee nieuwe referentiedocumenten ontwikkeld, de PTV 23 002 en PTV 23 003. In deze referentiedocumenten worden een aantal relevante eigenschappen behandeld voor de Belgische situatie die niet voorkomen in de Europese norm EN 771-1 (o.a. uitzichtkenmerken).

2.3 Oppervlakken van de baksteen (NBN B 24-001)

Een baksteen wordt gekenmerkt door drie oppervlakken. Het legvlak is het vlak van de baksteen die in het metselwerk horizontaal wordt aangebracht. De strek en kop worden duidelijk in de figuur. Deze definities worden steeds gebruikt wanneer men een bepaald oppervlak van de baksteen wil aanduiden.



Legvlak

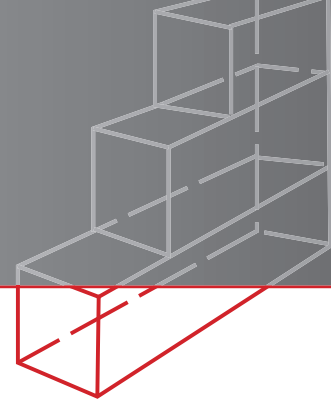


Strek



Kop





2.4 Soorten baksteen

Bakstenen worden enerzijds onderverdeeld afhankelijk van hun productieproces en anderzijds afhankelijk van hun gebruik.

Op basis van het productieproces worden drie soorten onderscheiden:



Strengpersstenen zijn vervaardigd met de strengpers. Ze zijn vol of geperforeerd met tenminste drie van de zes vlakken (één strek en twee koppen) als zichtvlak uitgevoerd (glad, geschorst, ruw, al dan niet bezand).



Handvormsteen is de baksteen die bekomen wordt door het inbrengen van een voorbezande klomp weke klei in een mal, wat aanleiding geeft tot een typisch generfd aspect.



Vormbaksteen is baksteen die bekomen wordt door de weke klei in mallen mechanisch na te persen, waardoor de baksteen een strakke vorm krijgt.

Op basis van hun toepassing worden de bakstenen ingedeeld in twee soorten:

De naam gevelsteen wordt in de handel gebruikt voor volle bakstenen die in gevelmetselwerk gebruikt worden. Hun voornaamste functie bestaat uit het regendicht maken van het gebouw en het sieren van de gevel.

De naam snelbouw wordt in de handel gebruikt voor geperforeerde bakstenen vervaardigd met de strengpers, die meestal niet bedoeld zijn voor decoratief metselwerk. Ze worden zowel voor dragend als niet-dragend metselwerk gebruikt.

In de praktijk worden twee soorten snelbouw onderscheiden:

Gewone snelbouw (SB)

Volumegewicht: $1000 \text{ kg/m}^3 < \rho < 1600 \text{ kg/m}^3$



Deze bakstenen worden in de handel ook 'SB-bakstenen', 'tralieblokken' (naar analogie met 'blocs treillis') of 'snelbouwers' genoemd.

Isolerende snelbouw (ISO-SB)

meestal met verlaagd volumegewicht.

Deze isolerende bakstenen vindt men vaak onder merknamen met het prefix poro-, iso- of thermo-.

Om het volumegewicht te verlagen kan het percentage perforaties verhoogd worden of kan het scherfgewicht verlaagd worden. De 'scherf' is de materie waaruit de baksteen bestaat, gedefinieerd als: keramische massa gekenmerkt door zijn kleisamenstelling, de porosering, de doorlopen bakcurve en de ovenatmosfeer.

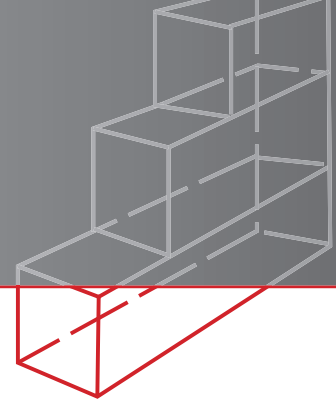
Het soortelijk gewicht van de schurf kan verlaagd worden door voor het bakken zaagmeel, (meestal gerecycleerde) kunststofkorrels of andere organische stoffen in de klei te mengen. Deze stoffen verbranden tijdens het bakproces, waardoor er een grotere poriënvorming optreedt. Poriën betekenen ingesloten, stilstaande lucht, vandaar het warmte-isolerend effect.

2.5 Verbruik van baksteen

Het benodigde aantal bakstenen in één m² wordt gegeven voor een enkelvoudige wand (de dikte van de muur = de breedte van de baksteen) in halfsteensverband met horizontale en verticale voeg van 12 mm.

Nominale maten	Benaming	Aantal per m ² metselwerk
175x85x45	derdeling	94
180x85x65	boerkens	68
180x85x90	superboerkens	51
190x90x50	module M50	80
190x90x65	module M65	64
190x90x90	module M90	49
210x100x40	vechtformaat	87
210x100x65	kustformaat	59
215x102x65	engels formaat	57
220x105x40	romeins formaat	83
220x105x50	waalformaat WF	70
220x105x65	waaldikformaat WDF	56
240x90x50	spaans formaat	64
240x115x53	Bundesdünn	61
290x90x40		64
290x90x50		53
290x90x60		46
240x90x40		76
290x90x90		33
290x90x140		22
290x90x190		17
290x90x240		13
290x140x90		33
290x140x140		22
290x140x190		17
290x140x240		13
290x190x90		33
290x190x140		22
290x190x190		17
290x190x240		13
600x140x190		8
600x190x190		8





3. eigenschappen van baksteen

3.1 Afmetingen

De afmetingen van een baksteen worden internationaal steeds in deze volgorde vermeld:
Lengte x Breedte x Hoogte (in mm)

3.1.1 Werkmaten

De werkmaten zijn de afmetingen van de coördinatenruimte toegekend aan een metselsteen, inclusief de ruimte voor voegen en maatspreiding.

De werkmaten van baksteen zijn in België afgestemd op een modulaair systeem met een basis van 10 cm. Dit betekent dat elke afmeting van de baksteen + twee halve voegdikten gelijk moet zijn aan 100 mm of een veelvoud ervan. Eventueel ook een halve module, bv. 150 mm. Hiervoor wordt uitgegaan van een voegdikte van 10 mm. De term modulaire afmeting of werkmaat wordt hiervoor gebruikt.

3.1.2 Nominale maten

De nominale maten zijn de afmetingen die in de handel gebruikelijk zijn om een formaat aan te duiden. Voorbeeld: 290x140x140

3.1.3 Fabricagematen

Bij het vastleggen van de nominale afmetingen van baksteen om te passen in het modulaire systeem werd in het verleden een verticale voeg van 10 mm vooropgesteld bij gebruik van een modale mortel. In de praktijk is evenwel gebleken dat deze voegdikte wel eens voor problemen zorgt en dat een voeg van 12 mm gemakkelijker te realiseren is. Daarom werd de fabricagemaat of streefmaat voor de productie aangepast aan deze gebruikelijke voegdikte en is zij iets kleiner dan de nominale maat. Voorbeeld: 288 x 138 x 138. De fabricagematen worden door de fabrikant opgegeven op zijn CE-merk.

Werkmaat [mm]	Nominale maat [mm]	Fabricagemaat [mm]
50 (1/2 moduul)	40	38
60 (3/5 moduul)	50	48
67 (2/3 moduul)	57	55
75 (3/4 moduul)	65	63
100 (1 moduul)	90	88
150 (1,5 moduul)	140	138
200 (2 modules)	190	188
300 (3 modules)	290	288

3.1.4 Grenswaarden voor de opgegeven fabricagematen

Op de fabricagemaat van de bakstenen bestaat een zekere tolerantie. De grenswaarden zijn bepaald door het materiaal en het productieproces. De fabrikant moet een bepaalde tolerantiecategorie kiezen die geldig is voor een levering stenen.



Tolerantie op de gemiddelde maat.

De gemiddelde maat van de bakstenen mag slechts een factor T1 (T1+), T2 (T2+) of Tm afwijken van de gedeclareerde fabricagemaat:

- T1: $\pm 0,40 \sqrt{\text{fabricagemaat}}$ mm of 3 mm, afhankelijk van welke de grootste is
- T1+: $\pm 0,40 \sqrt{\text{fabricagemaat}}$ mm of 3 mm voor de lengte of breedte, afhankelijk van welke dan het grootste is, en $\pm 0,05 \sqrt{\text{fabricagemaat}}$ mm of 1 mm voor de hoogte, afhankelijk van welke het grootste is
- T2: $\pm 0,25 \sqrt{\text{fabricagemaat}}$ mm of 2 mm, afhankelijk van welke het grootste is
- T2+: $\pm 0,25 \sqrt{\text{fabricagemaat}}$ mm of 2 mm voor de lengte en breedte, afhankelijk van welke de grootste is, en $\pm 0,05 \sqrt{\text{fabricagemaat}}$ mm of 1 mm voor de hoogte, afhankelijk van welke dan het grootste is

of Tm: een afwijking in mm, gedeclareerd door de fabrikant (mag ruimer of nauwer zijn dan de andere categorieën)



Maatspreiding

Het verschil tussen de grootste en kleinste gemeten waarde van een bepaalde maat mag niet groter zijn dan de factor R1 (R1+), R2 (R2+) of Rm:

R1: $0,6 \sqrt{\text{fabricagemaat}}$ mm

R1+: $0,6 \sqrt{\text{fabricagemaat}}$ mm, voor de lengte en de breedte en 1,0 mm voor de hoogte

R2: $0,3 \sqrt{\text{fabricagemaat}}$ mm

R2+: $0,3 \sqrt{\text{fabricagemaat}}$ mm, voor de lengte en de breedte en 1,0 mm voor de hoogte

of

Rm: een maatspreiding in mm vastgelegd door de fabrikant (kan ruimer of nauwer zijn dan de andere categorieën).

Nauwere grenzen voor de maatafwijking en maatspreiding kunnen noodzakelijk zijn bij een uitvoering van het metselwerk met dunnere voegen, zoals bijvoorbeeld gelijmd metselwerk.

Deze waarden worden uitgerekend voor een aantal vaak voorkomende maten:

Fabricagemaat	T1 [mm]	T2 [mm]	T1+ en T2+ (enkel toepasbaar op de hoogte)	R1 [mm]	R2 [mm]	R1+ en R2+ (enkel toepasbaar op de hoogte)
38	± 3,0	± 2,0	± 1,0	3,7	1,8	1,0
48	± 3,0	± 2,0	± 1,0	4,2	2,1	1,0
55	± 3,0	± 2,0	± 1,0	4,4	2,2	1,0
63	± 3,2	± 2,0	± 1,0	4,8	2,4	1,0
88	± 3,8	± 2,3	± 1,0	5,6	2,8	1,0
138	± 4,7	± 2,9	± 1,0	7,0	3,5	1,0
188	± 5,5	± 3,4	± 1,0	8,2	4,1	1,0
238	± 6,2	± 3,9	± 1,0	9,3	4,6	1,0
288	± 6,8	± 4,2	± 1,0	10,2	5,1	1,0

De gangbare tolerantiecategorieën in België zijn:

Type steen	Categorie gemiddelde maat	Categorie maatspreiding
HV en VB	T1	R1
VB en SP	T2	R2
HV, VB en SP	Tm	Rm

Met: HV: handvormsteen

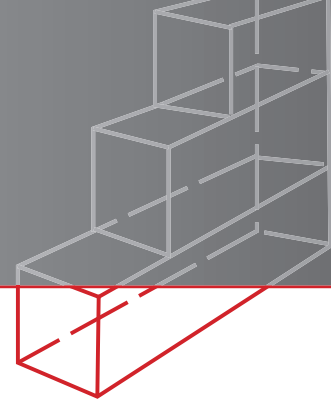
VB: vormbaksteen

SP: strengperssteen

3.1.5 Vlakheid van de oppervlakken

De kromheid van de oppervlakken wordt bepaald volgens de norm NBN EN 772-20. De kromheid wordt opgemeten door een rechte regel diagonaal over de steen te leggen. De maximale afstand van de steen tot de regel wordt gemeten. Dit resultaat wordt uitgemiddeld over het aantal metingen.





3.1.6 Evenwijdigheid van de oppervlakken

De evenwijdigheid van de oppervlakken van de steen wordt begroot in de norm NBN EN 772-16. De steen wordt op een vlak oppervlak gelegd. De hoogte van de steen wordt dan gemeten in de vier hoeken. De afwijking van de evenwijdigheid van het horizontale vlak boven en onder wordt gegeven als het verschil tussen de grootste en kleinste gemeten hoogte.

3.1.7 Rechtheid van hoeken

Een geometrisch kenmerk dat belang kan hebben bij zeer nauwkeurig metselwerk is de mate waarin de hoeken van de steen loodrecht staan t.o.v zijn vlakken.

In de PTV's is de mogelijkheid voorzien om de baksteen te beproeven volgens de Belgische norm NBN B 24-207. In deze norm wordt een methode gegeven om de afwijking van de hoeken te meten.

3.2 Vormstabiliteit

De vormstabiliteit van een (bouw)materiaal is de eigenschap om in veranderende uitwendige omstandigheden zijn afmetingen te behouden.

De vormstabiliteit wordt bekeken in functie van de fysische verschijnselen die kunnen leiden tot een verandering van de afmetingen:

- De thermische uitzetting α
dit is de vormverandering die optreedt in functie van temperatuurschommelingen.
Voor eenzelfde temperatuursverschil zal de vormverandering des te groter zijn naarmate de coëfficiënt α hoger is.
- De hygrometrische krimp en uitzetting ϵ_r
dit is de vormverandering ten gevolge van het opnemen of afgeven van water. Wordt ook 'krimp en kruip' genoemd.
- De verhardingskrimp
dit is de vormverandering die een materiaal gedurende een ruime tijd ondergaat na de vervaardiging. Deze is niet van toepassing op baksteen omdat er geen bindmiddelen worden gebruikt bij vervaardiging.

Een aantal klassieke waarden worden hieronder gegeven:

Materiaal	Thermische uitzetting α [mm/m.K]	Hygrometrische uitzetting ϵ_r [mm/m]	Verhardingskrimp [mm/m]
Baksteen	0,005	$\leq 0,1$	Geen
Beton	0,010	$\leq 0,4$	0,2 tot 0,7
Kalkzandsteen	0,012	$\leq 0,4$	0,2 tot 0,7
Cellenbeton	0,012	$0,4 \leq \epsilon_r \leq 0,6$	0,5 tot 1,1

Bovenstaande cijfers voor de thermische uitzetting en de verhardingskrimp zijn ontleend aan de brochure 'Scheuren in woningen', gepubliceerd door de 'Stichting Bouwresearch' (Nederland). De cijfers voor de hygrometrische uitzetting komen uit de Belgische normen NBN B 23-003; B 21-001; B 21-002 en B 21-003.

Hieruit blijkt dat baksteen een zeer vormstabiel constructiemateriaal is. Dit bevestigt de grote duurzaamheid van baksteenmetselwerk en de eeuwenoude traditie.

3.3 Wateropneming



De wateropneming van een steen kan van belang zijn bij stenen die niet loodrecht maar schuin of horizontaal worden gemetseld (bvb. plinten) en dus grote hoeveelheden regenwater te verwerken krijgen. De wateropneming geeft dan een aanduiding van de gevoeligheid voor mosgroei.

De proef voor de bepaling van de wateropneming wordt gegeven in de bijlage C van de norm NBN EN 771-1. Zij wordt gemeten door onderdompeling van de steen in water waarna de steen gewogen wordt. De wateropneming wordt bekomen door het gewicht van het opgeslorpte water te delen door het oorspronkelijke gewicht van de droge baksteen.

3.4 Initiële wateropzuiging



De initiële wateropzuiging is de hoeveelheid water die een droge baksteen opzuigt gedurende 1 minuut onderdompeling van de onderzijde van de steen in water (in $\text{kg}/\text{m}^2\text{min}$). Dit getal is ook gekend als het 'Hallergetal'. Een bovengrens voor de initiële wateropzuiging moet worden opgegeven door de fabrikant. Kennis van het gemiddelde hallergetal is belangrijk voor het morteladvies. In samenspraak met de mortelindustrie werd volgende classificatie opgesteld:

- Sterk zuigende steen $> 4,0 \text{ kg}/\text{m}^2\text{min}$
- Normaal zuigende steen $1,5 - 4,0 \text{ kg}/\text{m}^2\text{min}$
- Matig zuigende steen $0,5 - 1,5 \text{ kg}/\text{m}^2\text{min}$
- Zwak zuigende steen $< 0,5 \text{ kg}/\text{m}^2\text{min}$

Deze onderverdeling laat de mortelfabrikanten toe om een mortel aan te raden die geschikt is voor de steen in kwestie.

3.5 Druksterkte



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

De druksterkte wordt gemeten op de werkelijke (bruto-) oppervlakte ($= L \times B$) ongeacht het percentage perforaties en wordt uitgedrukt in Newton per vierkante millimeter: N/mm^2 .

Op dit ogenblik bevinden wij ons in een overgangperiode tussen een Belgische en een Europese normalisatie.

De druksterkte volgens de **Belgische norm** NBN B 24-301 *Ontwerp en berekening van metselwerk*

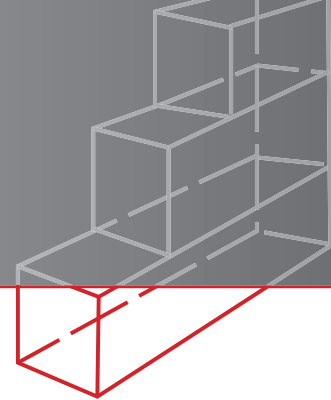
Individuele druksterkte (f_b volgens NBN B 24-301)

Volgens de NBN B 24-201: *Proeven op metselstenen* – drukproef wordt de baksteen, na effening met genormaliseerde mortel, tussen twee platen aan een regelmatig toenemende druk onderworpen tot hij breekt. De druksterkte waarbij deze breuk optreedt wordt de individuele druksterkte van de baksteen genoemd.

Gemiddelde druksterkte (f_m)

Deze waarde is het rekenkundig gemiddelde van de gemeten individuele druksterkten van een monsternamen van meerdere bakstenen.





Dit rekenkundig gemiddelde houdt geen rekening met de spreiding van de individuele waarden. Kleine individuele verschillen t.o.v. het gemiddelde wijzen op een regelmatige (dus uitstekende) kwaliteit van de baksteen die een homogeen metselwerk waarborgt. Grote individuele verschillen t.o.v. dezelfde gemiddelde druksterkte wijzen op een onregelmatige (dus mindere) kwaliteit van de baksteen die een metselwerk zal opleveren waarin zwakke plekken kunnen voorkomen. Om deze dubbelzinnigheid te vermijden wordt in België gerekend met:

Karakteristieke druksterkte (f_{bk})

Dit is de druksterkte die door minstens 95% van alle bakstenen uit een partij worden bereikt of overschreden. Deze statistische evaluatie is gebaseerd op de normale verdeling van Gauss.

Het formaat van de baksteen heeft een belangrijke invloed op het resultaat van de drukproef. Men kan eenvoudig aanvoelen dat een hoge slanke baksteen sneller zal begeven onder de drukpers dan een lage platte steen. De karakteristieke druksterkte wordt gecorrigeerd om hiermee rekening te houden:

Gecorrigeerde karakteristieke druksterkte ($f_{bk,corr}$)

Deze wordt bekomen door de karakteristieke druksterkte te delen door een vormfactor c die afhankelijk is van het formaat van de steen: $(f_{bk,corr}) = f_{bk} / c$

Belgische vormfactoren voor dragend metselwerk (NBN24-301):

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 druksterkte volgens de **Europese norm** NBN EN 771-1 *Voorschriften voor metselstenen - Deel 1: Metselbaksteen*

Gemiddelde druksterkte

Volgens de NBN EN 772-1: *Metselsteenproeven - Deel 1: Druksterkte* wordt de baksteen, na vlakslijpen van het proefoppervlak, tussen twee platen aan een regelmatig toenemende druk onderworpen tot hij breekt. De druksterkte waarbij deze breuk optreedt wordt de individuele druksterkte van de baksteen genoemd.

De gemiddelde druksterkte wordt bepaald door een geheel aan regels te respecteren:

De gemiddelde druksterkte wordt enerzijds bepaald als het rekenkundig gemiddelde van de gemeten individuele druksterkten van minstens 6 bakstenen.

Bovendien dienen een aantal bijkomende regels gerespecteerd. Deze hebben als doel om de spreiding te beheersen:

- 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% betrouwbaarheid moet behalen.

Het formaat van de baksteen heeft ook hier een belangrijke invloed op het resultaat van de drukproef. De gemiddelde druksterkte wordt genormaliseerd om hiermee rekening te houden:

Genormaliseerde gemiddelde druksterkte (f_b volgens NBN EN 771-1)

Deze wordt bekomen door de gemiddelde druksterkte te vermenigvuldigen met een vormfactor δ :

$$f_b = f \times \delta$$



Europese vormfactoren voor dragend metselwerk (EN772-1):

Lengte x Breedte x Hoogte	δ
290 x 140 x 90	0,88
290 x 190 x 90	0,79
290 x 140 x 140	1,08
290 x 190 x 140	0,98
290 x 140 x 190	1,24
290 x 190 x 190	1,14
290 x 140 x 240	1,35
290 x 190 x 240	1,25

3.6 Brandreactie

De reactie bij brand van een bouw materiaal is het geheel van eigenschappen met betrekking tot zijn invloed op het ontstaan en op de ontwikkeling van een brand. Deze materiaaleigenschap mag niet verward worden met de brandweerstand van het baksteenmetselwerk.

Een materiaal wordt niet-brandbaar genoemd wanneer het geen enkel uitwendig verschijnsel van merkbare warmteontwikkeling vertoont tijdens een genormaliseerde proef waarbij het aan een voorgeschreven verhitting blootgesteld wordt. Een bouw materiaal wordt onontvlambaar genoemd wanneer het geen neiging heeft om gassen te ontwikkelen waarvan de aard en de hoeveelheid een verbranding in gasvormige fase kunnen veroorzaken, dat wil zeggen vlammen voortbrengen.

Baksteen is een materiaal dat steeds tot de hoogste Belgische brandbestendigheidsklasse A0 behoort.

Ook Europees wordt baksteen ingedeeld in de hoogste **brandbestendigheidsklasse** A1. De beschikking van de Europese commissie van 4 oktober 1996 bepaalt dat baksteen met een gehalte organisch materiaal kleiner dan 1,0% (massa- of volumeprocenten afhankelijk wat het grootst is) zonder verder onderzoek in klasse A1 (=EN) valt.

De onontvlambaarheid van baksteen impliceert bovendien dat geen toxische gassen kunnen vrijkomen bij een brand. Door deze classificatie als A0 (=NBN), kan baksteen in eender welke toepassing gebruikt worden.

3.7 Vorstweerstand

De vorstweerstand van een materiaal is de mate waarin het materiaal weerstaat aan opeenvolgende vorst-dooiwisselingen. Algemeen wordt aangenomen dat het vriesbarstig zijn veroorzaakt wordt door expansie van water in de poriën bij vorst. Indien deze volledig met water zijn gevuld en het water tijdens het bevriezen niet tijdig kan uitwijken, oefent het ijs een inwendige druk uit op de steen die hem doet barsten. De bepaling van de vorstweerstand gebeurt volgens genormaliseerde proefmethoden.

Hiervoor bestaan Belgische (NBN B 27-009) en Europese normen (TS EN 772-22), en dus ook Belgische en Europese klassen.

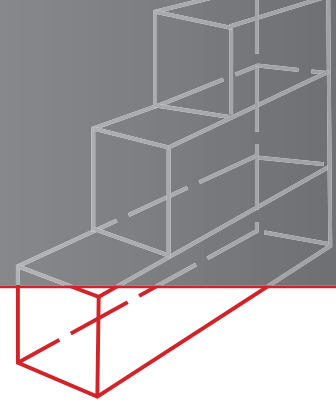
Volgens de Belgische norm wordt baksteen onderverdeeld in drie categorieën:



Niet-vorstbestand: de baksteen mag niet gebruikt worden voor zichtbaar buitenmetselwerk.

Gewoon vorstbestand: de baksteen mag overal worden gebruikt, met uitzondering van de toepassingen waarvoor 'zeer vorstbestand' is vereist.





Zeer vorstbestand: de baksteen mag gebruikt worden voor:

- zeer blootgestelde onbeschermdde volle muren;
- het buitenblad van niet-verluchte spouwmuren;
- geverfde buitenbladen;
- grondkeermuren;
- horizontale vlakken.

Ook bij gebruik van baksteen uit de categorie 'zeer vorstbestand' moeten de aanvaarde regels van het vak eerbiedigd worden, zoals ondermeer het draineren van horizontale vlakken en het niet dampdicht schilderen langs de buitenkant.

Met deze categorieën komt steeds een bepaalde blootstelling aan klimatologische omstandigheden overeen. Dit principe vindt men terug in de Europese norm EN 771-1, waar de bakstenen worden ingedeeld in drie blootstellingsklassen:

F0 – Passieve klimatologische omstandigheden

F1 – Gematigde klimatologische omstandigheden

F2 – Strengere klimatologische omstandigheden

De Europese norm TS EN 772-22 laat voorlopig enkel toe om de geschiktheid van een baksteen na te gaan voor gebruik onder strenge klimatologische omstandigheden, blootstellingsklasse F2.

Indien snelbouw gebruikt wordt in een toepassing die een bepaalde graad van vorstbestandheid vereist zal dit in het bestek en bij bestelling duidelijk en uitdrukkelijk vermeld worden. Snelbouwbaksteen is gewoonlijk bedoeld voor gebruik als de binnenwand in een spouwmuur en hoeft dus niet vorstbestand te zijn. Snelbouwbaksteen waarop een waterdichte buitenbepleistering wordt aangebracht hoeft eveneens niet vorstbestand te zijn. In de praktijk is het echter zeer moeilijk om een volledig waterdichte buitenbepleistering te realiseren. Bijgevolg is het sterk aangeraden om in dit geval te opteren voor een snelbouw die vorstbestand is. Snelbouw in de hoedanigheid gewoon vorstbestand wordt vrij courant gemaakt.

3.8 Aanwezigheid van zouten in de baksteen

3.8.1 Actieve oplosbare zouten



Expansieve zouten kunnen onder invloed van water door kristalvorming uitzetten en schade berokkenen aan de baksteen. Dit verschijnsel is vrijwel onbekend in België, maar blijkbaar niet in de rest van Europa. Bijgevolg heeft men er een Europese proef aan gewijd, omschreven in de norm NBN EN 772-5. Op basis van hun gehalte actieve oplosbare zouten worden bakstenen ingedeeld in 3 categorieën:

Categorie	Totaal gehalte in massa % is niet groter dan	
	Na ⁺ + K ⁺	Mg ²⁺
S0	geen eis	geen eis
S1	0,17	0,08
S2	0,06	0,03

De belgische baksteen bevindt zich vrijwel altijd in de categorie S2.

3.8.2 Uitbloeiingen

Uitbloeiingen zijn zoutachtige afzettingen die kunnen voorkomen als witte nevel, vlokken of harde korsten. Wanneer water zich door capillariteit verplaatst in de poriën van het metselwerk worden oplosbare zouten meegevoerd. Deze zetten zich af aan de oppervlakte van het metselwerk waar ze door verdamping kristalliseren. De meest voorkomende zoutsoorten zijn de alkalische (natrium en kalium) en de magnesiumsulfaten. Salpeter-uitbloeiingen komen uitsluitend voor in de nabijheid van meststoffen.

Deze zouten kunnen o.a. in het metselwerk komen door opstijgend grondwater, maar ook door reactie van de mortel met de baksteen onder gunstige weersomstandigheden, nl. bij regen. Het risico is des te groter bij vers metselwerk aangezien het poriënstelsel van de verse mortel nog te weinig uitgebouwd is om te beletten dat water in de capillairen van de baksteen verdwijnt. Een goede afscherming van het jong metselwerk tegen de regen is bijgevolg onontbeerlijk.

Zouten die reeds aanwezig zijn in de baksteen zouden het metselwerk kunnen laten uitbloeien. Om de verantwoordelijkheid van de baksteen in het volledige proces na te gaan, heeft men een proef ontwikkeld die de aanwezigheid van deze zouten in de baksteen nagaat en die bepaalt of de baksteen al dan niet uitbloeiingsgevoelig is. Deze proef wordt beschreven in de Belgische norm NBN B 24-207. Bakstenen worden geklasseerd als uitbloeiingsgevoelig of niet-uitbloeiingsgevoelig.

Meestal blijven de uitbloeiingen echter onschadelijk voor het metselwerk en spoelen zij af door de regen na verloop van een aantal maanden. Wanneer alle 'regels van de kunst' bij het optrekken van het metselwerk (vooral het afdekken van vers metselwerk) worden gevolgd is het risico op uitbloeiingen uiterst klein.

3.9 Uitzichtkenmerken

De toegelaten onvolkomenheden van een levering gevelstenen of snelbouwstenen worden opgesomd in de Belgische PTV (PTV23-002 & PTV23-003). Er wordt een onderscheid gemaakt tussen beschadigingen aan de baksteen (bvb. te wijten aan het transport) en fouten in de baksteen.

Als beschadigingen worden beschouwd:

- Een afgestoten hoek, rand of nerf of delen van opgebrachte (glazuur)lagen, ofwel zichtbare scheuren of afgeschuurde bezanding of profilering, voor zover deze voor de zichtvlakken van de baksteen als storend moeten worden beschouwd. De minimale diameter van een beschadiging bedraagt 10 mm voor vormbak- en strengpersstenen en 15 mm voor handvormstenen.

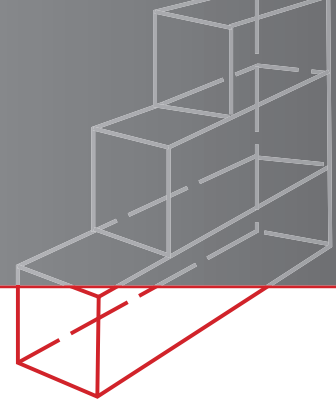
Bij stenen bedoeld voor zichtbaar metselwerk zullen bij een steekproef van 100 stenen tenminste 90 stenen aanwezig zijn met één onbeschadigde strek en één onbeschadigde kop. Let wel dat bepaalde stenen bewust beschadigd worden (bijvoorbeeld getrommelde stenen). Het spreekt voor zich dat bovenstaande criteria voor deze stenen niet kunnen gelden.

Als fouten worden beschouwd:

- De aanwezigheid van insluitsels die door zwelling kunnen aanleiding geven tot afschilferingen in het oppervlak van de steen
- Scheuren met breedte $\geq 0,2$ mm die aangrijpen op tenminste twee ribben.

Het aantal stenen met fouten mag de 5% niet overschrijden.





3.10 Andere grootheden

3.10.1 Massawarmte c (J/kg.K)

De massawarmte is de hoeveelheid warmte die nodig is om de temperatuur van 1 kg van het materiaal met 1 Kelvin te verhogen.

Ook specifieke warmte genoemd.

Voor baksteen is de massawarmte c begrepen tussen 0,84 en 0,92 kJ/kg.K.

Dit beïnvloedt de thermische inertie: baksteenmuren warmen traag op en geven pas later de warmte traag af, wanneer het kouder wordt. Door deze inertie worden de **temperatuurschommelingen** binnen het gebouw afgevlakt.

Dit fenomeen is te danken aan de zwaarte van baksteenmetselwerk. Denk maar aan een caravan, met lichte wanden voorzien van isolatieplaten tijdens de zomer: overdag snikheet en 's nachts zeer koud.

3.10.2 Dampdoorlatendheid μ

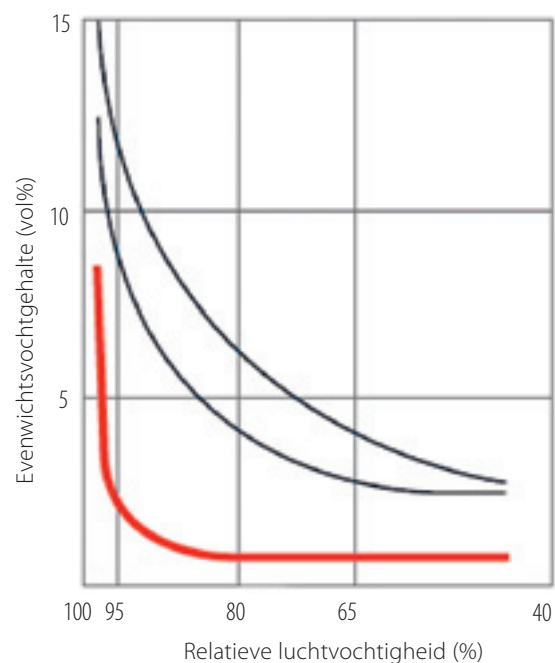
Cijferwaarden voor de dampdoorlatendheid μ worden gegeven in de Europese norm NBN EN 1745. Deze waarde schommelt doorgaans tussen 5 en 10. Voor bakstenen gebruikt in gevelmetselwerk en met een scherf dichtheid groter dan 1800 kg/m³ schommelt deze waarde eerder tussen 50 en 100.

3.10.3 Evenwichtsvochtgehalte (vol%)

Het evenwichtsvochtgehalte is het percentage water door het materiaal vastgehouden bij een bepaalde relatieve luchtvochtigheid.

Het evenwichtsvochtgehalte is belangrijk voor het thermisch gedrag van het metselwerk. Water is immers een goede warmtegeleider.

Baksteen heeft het laagste evenwichtsvochtgehalte van alle metselstenen dankzij zijn specifieke poriënstructuur. Door de poriënstructuur van de baksteen blijft baksteenmetselwerk praktisch altijd droog. Dit impliceert dat baksteen zijn thermisch isolerende eigenschappen behoudt onder vrijwel alle omstandigheden.



kalkzandsteen
cellenbeton

baksteen

3.10.4 Thermische geleidbaarheid λ (W/m.K)

De thermische geleidbaarheid of warmtegeleiding is de hoeveelheid warmte die in een permanent regime door een meter dikte van het materiaal gaat, per eenheid van tijd, per vierkante meter en per graad temperatuursverschil tussen de twee zijden van het materiaal.

Volgens EN 771-1 dient de warmtegeleiding λ van een baksteen bepaald in overeenstemming met de norm EN 1745. In de Belgische normen (NBN B 62-002) wordt voor de warmtegeleiding λ statistisch de waarde '90/90' gehanteerd. Dit betekent dat de λ -waarde die de fabrikant opgeeft met 90% betrouwbaarheid geldig is voor 90% van de productie. De opgegeven warmtegeleiding is bijgevolg een conservatieve bovenwaarde. De Europese norm voorziet eveneens in de statistische waarde '50/50' die echter veel minder zekerheid geeft over de juistheid van de waarde (de λ -waarde die de fabrikant opgeeft is met 50% betrouwbaarheid geldig voor 50% van de productie). Deze '50/50' waarde wordt niet ondersteund voor berekening van het K-peil en E-peil.





Bovendien wordt steeds een onderscheid gemaakt tussen de warmtegeleiding van een baksteen onder de gestandaardiseerde omstandigheden in een laboratorium (met standaardwaarden voor de temperatuur en vochtigheid) en de warmtegeleiding van een baksteen onder realistische omstandigheden. Dit leidt tot laboratoriumwaarden en rekenwaarden.

Laboratoriumwaarde

- $\lambda_{10,dry}$ is de warmtegeleiding van het scherf materiaal van een steen (m.a.w. een volle steen) in droge toestand op een temperatuur van 10 graden, die bepaald wordt door meting in een laboratorium.

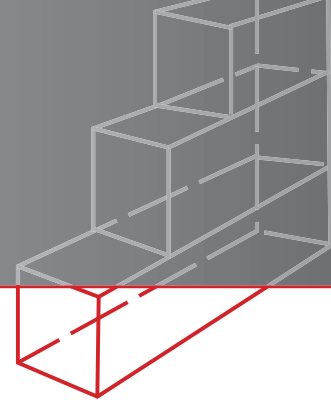
Om de U-waarde of warmteweerstand van een wand te berekenen voor het **K-peil** of **E-peil**, dienen echter rekenwaarden gebruikt. Deze rekenwaarden houden rekening met het perforatiebeeld van de baksteen en met de vochtigheid en temperatuur van de omgeving waarin de steen gebruikt wordt. De overgang van de

laboratoriumwaarde naar de rekenwaarde wordt uiteengezet in de normen NBN EN 1745 en NBN B 62-002.

Rekenwaarden

- λ_{U_i} is de rekenwaarde van de warmtegeleidbaarheid van een baksteen die droog blijft: een buitenwand beschermd tegen vocht en condensatie, of een binnenwand. Deze waarde dient gebruikt voor binnenmuurstenen.
- λ_{U_e} is de rekenwaarde van de warmtegeleidbaarheid van een baksteen in een buitenwand die nat kan worden. Ook voor materialen die dampdicht ingebouwd worden en vocht kunnen bevatten. Deze waarde dient gebruikt voor gevelstenen.

Waarden van λ_{U_i} en λ_{U_e} worden gegeven onder paragraaf 4.6 Thermische isolatie.



3.10.5 Vochtgehalte ψ

De aanpassing van de laboratoriumwaarde $\lambda_{10, \text{dry}}$ van de warmtegeleiding aan de vochtigheid en temperatuur van de Belgische klimaat gebeurt met een correctiefactor, die afhankelijk is van het vochtgehalte in ons klimaat (waarden

gegeven in NBN B 62-002). Praktisch betekent dit een vermenigvuldiging met de factor $e^{f_{\psi}\psi}$ of $e^{f_u u}$ (1) van de laboratoriumwaarden van de warmtegeleiding. Deze correctiefactoren worden hieronder gegeven:

Bouwmateriaal	Binnenmuur ψ_i [m³/m³] of u_i [kg/kg]	Gevel ψ_e [m³/m³] of u_e [kg/kg]	f_{ψ}/f_u
Baksteen	0,007	0,075	10
Kalkzandsteen	0,012	0,090	10
Gewone betonsteen	0,025	0,090	4
Betonsteen van geëxpandeerde klei	0,020	0,090	4
Betonsteen met andere lichtgewichttoeslag	0,030	0,050	4
Geautoclaveerde cellenbetonblokken (1)	0,026	0,150	4

3.10.6 Volumieke massa ρ (kg/m³)

De volumieke massa of massadichtheid van een baksteen bestaat uit de verhouding van zijn gewicht over zijn volume, uitgedrukt in kg/m³. Wanneer de perforaties worden meegerekend als behorende tot het volume van de baksteen, dan spreekt men over de bruto volumieke massa, anders over de netto volumieke massa. Deze eigenschap wordt beproefd met de norm NBN EN 772-13.

Voor de volumieke massa worden volgende toleranties gedefinieerd:

- D1: 5% afwijking van de gedeclareerde waarde door de fabrikant
- D2: 10% afwijking van de gedeclareerde waarde door de fabrikant
- Dm: een alternatieve afwijking vastgelegd door de fabrikant

4. Eigenschappen van metselwerk

Metselwerk kan ingedeeld worden in functie van zijn beoogde gebruik. Zo worden volgende toepassingen onderscheiden:

- Zichtbaar metselwerk ('schoon metselwerk')
Metselwerk waaraan esthetische eisen worden gesteld. Deze eisen zijn niet altijd even streng.

Bij *decoratief metselwerk* of siermetselwerk is de esthetiek van primordiaal belang. Hieronder valt alle gevelmetselwerk. Gewone snelbouw is niet bedoeld voor decoratief metselwerk.

'Gewoon' zichtbaar metselwerk is bedoeld om zichtbaar te blijven maar dan zonder de sierwaarde van decoratief metselwerk. Snelbouw wordt vaak gebruikt voor gewoon 'schoon werk', bijvoorbeeld voor zichtbare binnenmuren van garages in woningen. Niet alle snelbouw is hiervoor geschikt en daarom moet in het bestek en bij bestelling vermeld worden dat 'snelbouw voor zichtbaar metselwerk' vereist wordt. Zoniet loopt men o.m. het gevaar dat snelbouw met geribd oppervlak wordt geleverd.

- Niet-zichtbaar metselwerk ('vuil metselwerk')
Metselwerk dat na voltooiing van het bouwwerk aan het oog onttrokken wordt, bijvoorbeeld omdat het bepleisterd wordt. Niet-zichtbaar metselwerk is het belangrijkste toepassingsgebied van snelbouw. Niet-zichtbaar metselwerk wordt in de regel niet opgevoegd.



4.1 Dilatatievoegen

Tengevolge van wisselende vochtigheid, **temperatuurschommelingen**, uitharding van cement, etc... doen zich kleine volumeveranderingen voor van het metselwerk. Dilatatievoegen zullen de beperkte uitzetting en krimp van het materiaal opvangen. Zij zijn bedoeld om de ongekende scheurvorming te laten plaatsvinden in een vooraf aangebrachte voeg.

Dilatatievoegen mogen niet verward worden met zettingsvoegen die de differentiële zettingen van een gebouw moeten opvangen. Deze differentiële zettingen zijn doorgaans te wijten aan een ongelijkmatige belasting van de grond (groot gebouw naast klein gebouw, combinatie van verschillende funderingssystemen) of aan een ongelijkmatig draagvermogen van de grond. (zie ook brochure dragend metselwerk).

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:

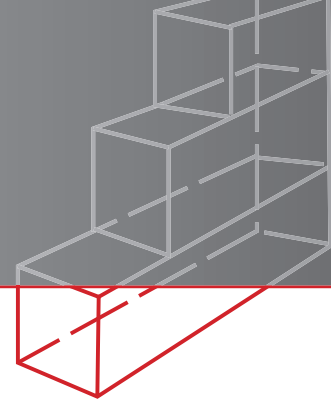
Metselsteen	Hygrometrische uitzetting mm/m	Dikte van het metselwerk	
		d ≤ 140 mm	d > 140 mm
Baksteen	≤ 0,1	30	30
Beton	≤ 0,4	8	12*
Kalkzandsteen	≤ 0,4	8	12*
Cellenbeton	0,4 < ε ≤ 0,6	6	8*

*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.





4.2 Metselverbanden

Hoewel in de huidige bouwwereld voornamelijk het halfsteensverband gebruikt wordt, kunnen ook andere verbanden toegepast worden. Uit de jarenlange praktijk van de volle muur in metselwerk zijn een aantal constructieve regels gegroeid voor metselverbanden.

4.2.1 Regels

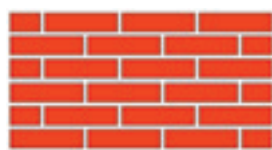
Een haast onuitputtelijk aantal verbanden is mogelijk, meestal aan de hand van drie elementen:

- een strek: een hele steen
- een klezoor: een driekwartsteen
- een kop: een halve steen

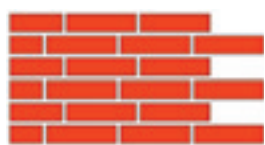
Het metselverband moet voldoen aan volgende voorwaarden:

- De verticale voegen van twee opeenvolgende lagen verspringen ten opzichte van elkaar minstens $h/4$ (h = hoogte van een laag) met een minimum van 4 cm. Indien hiervan wordt afgeweken, moet gewaakt worden over de stabiliteit van het geheel.
- Nooit mogen baksteenbrokstukken gebruikt worden waarvan de hoogte de lengte of breedte overtreft. (voornamelijk van belang bij openingen)

4.2.2 Traditionele metselverbanden



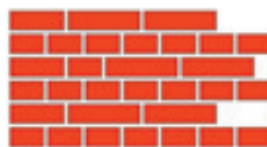
Strekverband of halfsteensverband of Grieks verband
De verticale voegen verspringen met de helft van de baksteenlengte.



Kwart-strekverband of klezorenverband (genaamd naar een klezoor: driekwart van een baksteen)
De verticale voegen verspringen op $\frac{1}{4}$ of $\frac{3}{4}$ van de baksteenlengte.

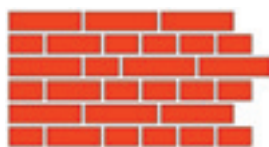
Kruisverband

Het metselwerk bestaat uit opeenvolgend een laag koppen en een laag strekken.



Type openbare werken

De strekstenen beginnen met een driekwartsteen. Om de vier lagen wordt een kopsteen geplaatst naast de driekwartsteen. Deze laatste zorgt voor het verspringen van de strekstenen met een halve steen.



Type privé-bouwwerken

De driekwartstenen worden in de koppenlagen gelegd naast de eerste steen. Om de vier lagen wordt een kopsteen geplaatst in de strekkenlaag.



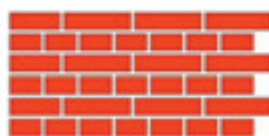
Kettingverband

Alle lagen bestaan uit opeenvolgend een kop en twee strekken.



Vlaams verband

Alle lagen bestaan uit opeenvolgend een strek en een kop.



Standaard verband

Eén laag op twee bestaat uit een opeenvolging van strekken, de andere uit een opeenvolging van koppen. In de strekkenlaag wordt een driekwartsteen geplaatst.



Stapelverband

De strekken worden boven elkaar geplaatst met doorlopende stootvoegen. Vermits de metselregels niet gerespecteerd worden, is een wapening van het metselwerk noodzakelijk.

4.2.3 Eigen ontwerp

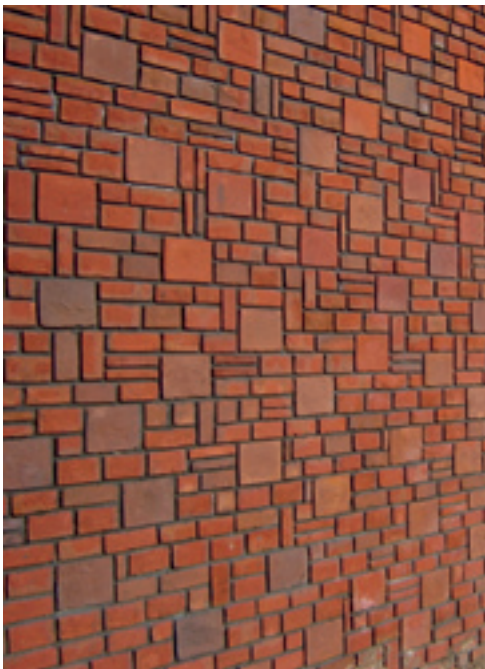
Een onuitputtelijk aantal variaties zijn mogelijk. Wij beperken ons tot een paar voorbeelden:

Wildverband

Het metselwerk bestaat uit een willekeurige opeenvolging van koppen, strekken en klezoren. Voegen van boven elkaar liggende lagen moeten zoveel mogelijk verspringen en mogen niet zorgen voor regelmaat of diagonalen.

Polymetrisch verband

Verskillende formaten worden op een ongeordende manier door elkaar verwerkt (zie foto).



4.3 Gevelmetselwerk

Gevelmetselwerk is het decoratief metselwerk dat de huid vormt van een gebouw. Het schermt het bouwwerk af van het regenwater. Gevelmetselwerk is de meest duurzame gevelbekleding en blijft, in tegenstelling tot andere materialen, zijn functie gedurende eeuwen vervullen zonder aan efficiëntie in te boeten. Het vormt het buitenblad in een ontdubbelde gevel, meestal spouwmuur genaamd.

4.3.1 Werking

Primaire bescherming tegen neerslag

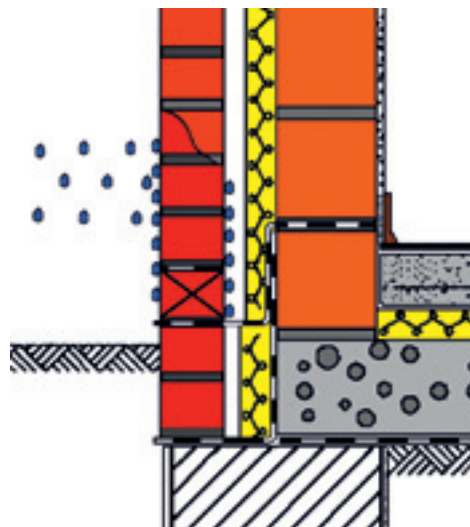
Bij een fikse stortbui van een tiental minuten krijgt het buitenspouwblad ongeveer 10 liter water per m² te verwerken.

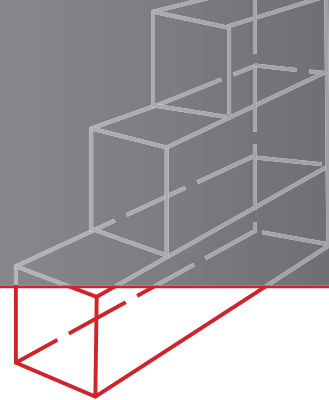
Dankzij het **waterbuffervermogen van baksteenmetselwerk**, wordt een groot deel hiervan opgezogen in de baksteen, een tweede deel loopt aan de buitenzijde van het gevelmetselwerk naar beneden, een resterende deel aan de spouwzijde.

Het waterbufferend vermogen neemt toe naarmate de metselsteen meer capillair is. Baksteen is de metselsteen die de grootste capillariteit vertoont. Bij materialen die weinig of niet capillair zijn, stroomt het grootste gedeelte van de neerslag langs de buitenkant naar beneden. Dit afstromen zorgt bij deze materialen voor vuile strepen.

Secundaire bescherming tegen neerslag

Na verloop van tijd slaat het water onder aangehouden beregening door naar de spouw en loopt langs de spouwzijde of binnenzijde van het gevelmetselwerk naar beneden. Dit water wordt onderaan de gevel, en boven lateien, langs open stootvoegen naar buiten gevoerd door een waterkering. Deze tweede barrière maakt het onmogelijk dat water tot in het gebouw doordringt.





4.4 Gewapend metselwerk

Gewapend metselwerk is een middel om de mechanische eigenschappen (trek en schuifspanning) van het metselwerk te verhogen. De muur wordt sterker en kan nog langer worden tussen de uitzettingsvoegen.

Gewapend metselwerk wordt zo een waardig alternatief voor gewapend beton, met daarbij de voordelen van het baksteenmetselwerk: esthetischer, betere fysische eigenschappen (thermische- en geluidisolatie) economischer. De nieuwe Europese voorschriften alsook de Belgische voorschriften geven indicaties over de berekening, plaatsing en gebruik van het gewapend metselwerk.



4.4.1 Wapening in de horizontale voegen

In België gebruikt men:

- ronde wapeningen voor mortelvoegen of
- 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 langsstaven en zijn voorzien van een diagonaal. De langsstaven 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.

4.4.2 Verticale wapening

De wapening kan ondermeer aangebracht worden:

- in de perforaties van de baksteen
- in speciaal daartoe gemetselde kokers
- tussen twee muren.

In deze gevallen kan gebruik gemaakt worden van staven met een grotere diameter en/of met verbeterde kleef.

Er moet evenwel genoeg ruimte overblijven om het inbetonneren van de staven toe te laten. De wapening moet beschermd worden.

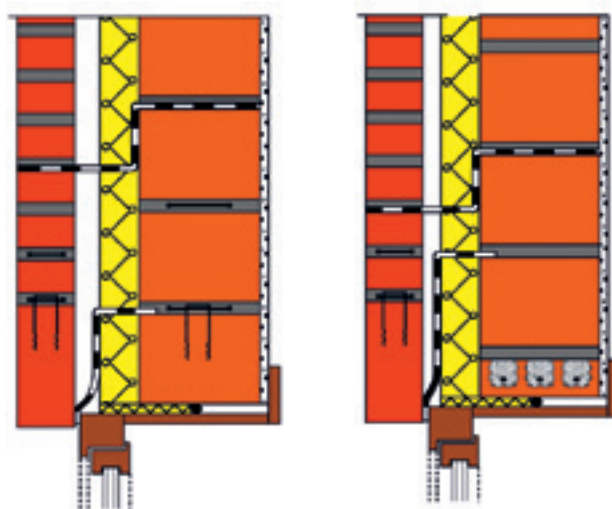
4.4.3 Toepassingsmogelijkheden

4.4.3.1 Elementen onderhevig aan verticale buiging

4.4.3.1.1 – Liggers – Lintelen

Liggers in gewapend metselwerk kunnen berekend worden zoals gewapend beton – zie Eurocode 6.

Het voordeel van deze liggers is hun esthetisch uitzicht. Dus zijn ze aanbevolen bij zichtmetselwerk. Een andere oplossing wordt geboden door een geprefabriceerde latei: een baksteenschaal gevuld met gewapend beton.



4.4.3.1.2 – Wanden op vervormbare steunen

Alle dragende elementen ondergaan o.i.v. een belasting, zowel het eigengewicht als de overlast, een doorbuiging. Wanneer metselwerk op een vloer of balk rust die doorbuigt, kan dit aanleiding geven tot scheurvorming in het metselwerk. Gewapend metselwerk zal deze scheurvorming verhinderen of, in elk geval, verminderen.

4.4.3.1.3 – Verhoging van de lengte tussen bewegingsvoegen

Zoals men weet zijn baksteenmuren tussen alle materialen het minst onderhevig aan krimp. Ook de stabiliteit voor uitzettingen is zeer goed. Nochtans is er een begrenzing voor de lengte van de muren (zie de paragraaf over uitzettingsvoegen)

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

4.4.3.1.4 – Gebouwen onderhevig aan toevallige belastingen

Muren van gebouwen die zich in gebieden bevinden waar men grote zettingen verwacht in de funderingen, moet men wapenen. Zo:

- zullen de muren homogeen zijn door onderlinge verbinding
- zullen de muren zich gedragen als grote gewapende balken

4.4.3.2 Elementen onderhevig aan horizontale buiging

Hier wordt ook een gevoelige stijging vastgesteld van het breukmoment t.o.v. het scheurvormingsmoment. De doorbuiging tijdens de scheurvorming hangt evenwel af van de elasticiteit en de treksterkte van de materialen, de dikte van de muur, enz.

Als voorbeelden kunnen aangehaald worden:

- Muren onderhevig aan windbelasting: Dit is het geval bij industriegebouwen, muren in grote stadions onderhevig aan luchtverplaatsing
- Muren onderhevig aan gronddruk zoals keldermuren
- Muren onderhevig aan waterdruk

4.5 Metselmortel

Het doel van elke mortel is het aan elkaar hechten van de bakstenen en het verdelen van de belastingen op het metselwerk.

Een metselmortel wordt algemeen gedefinieerd als een niet verhard mengsel van zand, bindmiddel(en) en water, al dan niet met hulpstoffen en/of toevoegingen.

Hieronder worden de bestanddelen van de hydraulische of traditionele metselmortel nader bekeken. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de verschillende soorten metselmortel.

4.5.1 Bestanddelen van de (hydraulische) metselmortel

4.5.1.1 Cement

Cement is een hydraulisch bindmiddel dat verhardt in contact met het aanmaakwater en een product (cementsteen) oplevert dat zelf in water onoplosbaar is. Sedert september 2000 is de norm NBN EN 197-1 van kracht voor de gewone cementsoorten. De indeling van cement is gebaseerd op het gehalte van de hoofdbestanddelen (Portlandklinker, hoogovenslak, kiezelachtig vliegias en kalksteen). We onderscheiden: CEM I, CEM II/A–M*, CEM II/B–M, CEM III/A, CEM III/B, CEM III/C, CEM V/A

* De letter M staat voor verschillende grondstoffen. De M wordt vervangen door;

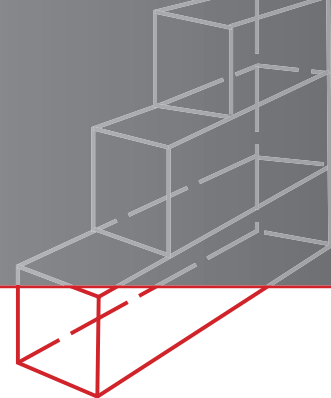
- V als het gaat over vliegias
- S als het gaat over slak (tot 35%)
- T als het gaat over leesteen
- L als het gaat over kalksteen

De M wordt gehandhaafd als het gaat om een combinatie van de bovengenoemde grondstoffen

Calciumsulfaat moet in elk cement aanwezig zijn als bindingsregelaar. De hoeveelheid moet nochtans strikt beperkt blijven om na de binding geen expansief calciumsulfoaluminaat (ettringiet of Candlotzout) te bekomen. Ook het chloridegehalte moet beperkt blijven om corrosie van wapeningen te vermijden.

De sterkteklasse van elk type cement beantwoordt aan volgende mechanische en fysische eisen, waarbij een onderscheid gemaakt wordt tussen een normale (N) en een snelle (R) sterkteontwikkeling:





Klasse	Druksterkte (N/mm ²)				Begin van de binding (min)	Uitzetting (mm)
	2 dagen	7 dagen	28 dagen	≤ 52,5		
32,5N	-	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5R	≥ 10,0	-	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5N	≥ 10,0	-				
42,5R	≥ 20,0	-	≥ 52,5	-	≥ 45	
52,5N	≥ 20,0	-				
52,5R	≥ 30,0	-				

De R-versie wordt vooral gebruikt voor vroegtijdig ontkisten en voorspannen van beton.

De ervaring levert restricties omtrent het gebruik:

- Verboden te gebruiken: CEM I 52,5 bij zeer warm weer (> 20°C)
sterkteklasse 32,5 bij zeer koud weer (< 5°C)
- In zeewater: uitsluitend HSR te gebruiken.

4.5.1.2 Granulaten

De granulaten voldoen aan NBN EN 13139 'Toeslagmaterialen voor mortel'.

De granulaten geven aan de mortel zijn structuur, de verbinding van de zandkorrels wordt door cement en eventueel kalk verwezenlijkt. Ofschoon de metselaar traditioneel een fijn zand verkiest, kan ook met middelmatig tot grof zand (D = 2 mm) goed verwerkbaar mortel worden gemaakt. Een klei en/of zavel bevattend zand verhoogt de vorstgevoeligheid van de mortel. Fijn zand, en vooral kleihoudend zand (vette gele zavel), vereist een hoge dosering aan water en bindmiddel. Hierdoor vergroot de krimpgevoeligheid. Het gebruik van vette gele zavel wordt dan ook afgeraden (dit materiaal verlaagt ook nog eens de hechtsterkte).

Het is nuttig bij het aanleveren van het zand op de bouwplaats om een attest met de samenstelling en de korrelverdeling te vragen.

Voor metselmortel wordt best gebruik gemaakt van middelgrof en grof zand waarvan de korrelgrootte is begrepen tussen 0,063 en 2 mm.

4.5.1.3 Water

Water is nodig om het bindmiddel te activeren, maar te veel water is nadelig voor de kwaliteit van de mortel: de mortel wordt poreuzer, minder sterk, krimpt meer en verhardt uiteraard veel langzamer.

De water/cement-factor is dus van groot belang. Anderzijds mag het water niet te snel aan de mortel onttrokken worden. In de zomer kan het aangewezen zijn de bakstenen te bevochtigen.

Onzuiver water kan een zeer schadelijke invloed hebben op de kwaliteit van de mortel. Het kan bovendien aanleiding geven tot de vorming van uitbloeiingen op het metselwerk.

4.5.1.4 Hulpstoffen

Deze producten beïnvloeden de verwerkbaarheid van de mortel of de chemische reacties die de binding van de mortel verwezenlijken.

De Europese norm EN 934-2 *Hulpstoffen voor beton, mortel en injectiemortel - Hulpstoffen voor beton - Deel 2: Definities, eisen, overeenkomstigheid, markering en etikettering* is hier van toepassing.

De volgende soorten hulpstoffen bestaan: bindingsversnellers, bindingsvertragers, plastificeerders, dispersiemiddelen, luchtbelvormers

4.5.2 Soorten metselmortel

4.5.2.1 Genormaliseerde metselmortel

Sinds 1 februari 2005 is de Europese norm EN 998-2 van toepassing.

Wat betreft de genormaliseerde metselmortel maakt de norm NBN-EN 998-2 melding van de volgende types:

Morteltype volgens ontwerp (art. 3.2 van NBN-EN 998-2): prestatiemetselmortel en mortel geleverd op gebruikseisen.

Morteltype volgens toepassing (art. 3.3 van NBN-EN 998-

2): mortel voor gewoon gebruik (G), lijm mortel (T) en lichtgewicht metselmortel (L).

Morteltype volgens fabricatiemethode (art. 3.4 van NBN-EN 998-2): fabrieksmatig vervaardigde natte mortel, fabrieksmatig vervaardigde droge mortel en semi-fabrieksmatig vervaardigde mortel

De volgende aanduiding geldt afhankelijk van de individuele druksterkte van de mortel (EN):

Klasse	M 1	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Druksterkte (N/mm ²)	1	2,5	5	10	15	20	d
d is een druksterkte groter dan 25 N/mm ² verklaard door de fabrikant.							

In de vorige Belgische norm NBN B 14-001 (ingetrokken) werden de genormaliseerde metselmortels ingedeeld in

cementmortels en bastaardmortels volgens hun gemiddelde druksterkte na 28 dagen.

	Genormaliseerde mortels				
	Cementmortels		Bastaardmortels		
	M1	M2	M3	M4	M5
Druksterkte na 28 dagen (N/mm ²)	20	12	8	5	2,5

Noot: Bovenstaande categoriën worden nog aangewend in de norm NBN B 24-301 voor de berekening van metselwerk.

Zuivere cementmortel

Zuivere cementmortel heeft een hogere druksterkte dan bastaardmortel en bindt ook sneller.

Anderzijds is hij sterker aan krimp onderhevig.

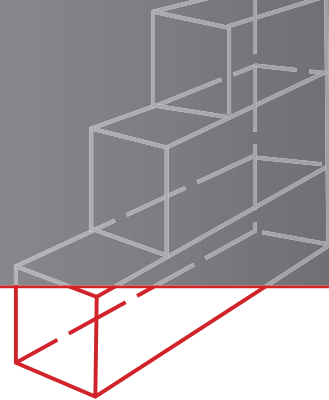
Bastaardmortel

Bastaardmortel is opgebouwd uit een combinatie van cement en luchthardende kalk (Ca(OH)₂). Het heeft het grote voordeel elastischer en beter verwerkbaar te zijn dan zuivere cementmortel en krimpt bovendien beduidend minder. Hulpstoffen zijn overbodig. De relatief langere verhardingstijd kan soms hinderlijk zijn tijdens de uitvoering, voornamelijk bij dreigend vriesweer.

4.5.2.2 Industriële metselmortel of fabrieksmortel

Om de verhouding tussen de bestanddelen van mortel stabiel te houden, wat met de klassieke betonmolen moeilijk is, kan overgestapt worden op industrieel vervaardigde mortels. Deze bieden het voordeel dat kan gewerkt worden met een mortel met gecertificeerde kwaliteit (BENOR). Er zijn drie oplossingen voorhanden: een natte, een droge en een halfdroge mortel.





a. Fabrieksmatig vervaardigde natte mortel

Een fabrieksmatig vervaardigde natte mortel is een mortel samengesteld en gemengd in een fabriek, gereed voor gebruik op de bouwplaats. Dit is een mortel, op de werf geleverd in bakken, waarin, onder meer, bindingsvertragers werden toegevoegd om de mortel bvb. 24 uur verwerkbaar te houden. Het verhardingsproces van deze mortel begint bij contact met de baksteen.

b. Fabrieksmatig vervaardigde droge mortel

Een fabrieksmatig vervaardigde droge mortel is een mortel samengesteld en droog gemengd in een fabriek, op de bouwplaats gemengd met water volgens verwerkingsvoorschrift van de fabrikant. Het droge mengsel voor de mortelspecie wordt geleverd in een silo.

c. Semi-fabrieksmatig vervaardigde mortel

Een semi-fabrieksmatig vervaardigde mortel is een mortel, waarbij de grondstoffen in een fabriek in een meer-kamer-silo worden opgeslagen, op de bouwplaats gedoseerd en gemengd met water volgens verwerkingsvoorschrift van de fabrikant. De silo bestaat uit twee compartimenten, voor het zand en het bindmiddel al dan niet met hulpstoffen en/of toevoegingen. Telkens wordt een nieuwe silo aangevoerd.

4.5.2.3 Isolerende (lichtgewicht) metselmortel

Volgens NBN-EN 998-2 is lichtgewicht metselmortel een metselmortel met een droge dichtheid van de verharde mortel van ten hoogste 1300 kg/m³.

Ter vergelijking: cementmortel: 1.900 kg/m³
bastaardmortel: 1.600 kg/m³

Deze metselmortels worden door toevoegen van bepaalde stoffen lichter en dus beter isolerend gemaakt.

Een lichte of isolerende mortel kan gebruikt worden om de thermische weerstand van het metselwerk enigszins te verbeteren.

Een isolerende mortel is altijd een industriële mortel.

4.5.2.4 Lijmmortel

Is een metselmortel waarin de korrelgrootte van het granulaat niet groter is dan 2 mm en die speciaal is bedoeld voor het verwerken van stenen, blokken of elementen met voegen van 3 tot 6 mm. De mortel vertoont meestal een hogere

hechtsterkte tussen baksteen en mortel dan klassieke mortel. Lijmmortel wordt niet met een truweel aangebracht, maar wel met een daartoe ontwikkelde lijmpomp, bestaande uit menger, pomp en doseerpistool. Door de dunner voegdikte krijgt de gevel een kleurintensere uiterlijk, waarbij de kleur van de baksteen domineert over de kleur van de voeg.



4.5.2.5 Dunmortel

Een dunmortel laat voegdiktes toe van 4 tot 7 mm, waardoor een vergelijkbaar uiterlijk als bij lijmmortel wordt bereikt. De prestaties van de mortel zijn gelijkwaardig met de klassieke metselmortel. Dunmortel of dunbedmortel wordt verwerkt met de truweel.

4.6 Thermische isolatie

De thermische isolatie van metselwerk wordt begroot door zijn warmteweerstand of thermische weerstand R. Deze warmteweerstand is op zijn beurt afhankelijk van de warmtegeleiding λU van het baksteenmetselwerk en van de dikte van de baksteenwand d:

$$R = \frac{d}{\lambda_u} \text{ in m}^2\text{K/W} \quad (3.3)$$



Men onderscheidt (zie ook Eigenschappen van Baksteen: Andere grootheden):

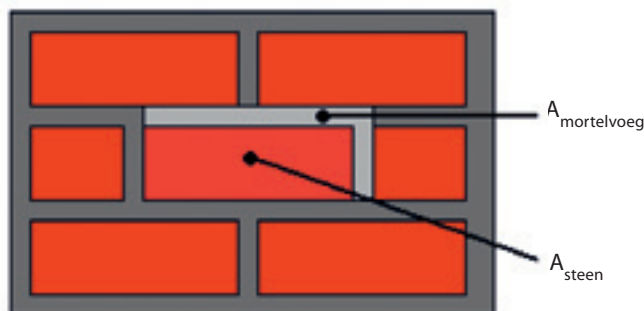
λ_{Ue} is de rekenwaarde van de warmtegeleidbaarheid van een materiaal in een buitenwand, die door regeninslag, door oppervlakte- en blijvende inwendige condensatie of door opstijgend vocht nat kan worden. (bvb. gevelsteen) Ook voor materialen die dampdicht ingebouwd worden en vocht kunnen bevatten.

λ_{Ui} is de rekenwaarde van de warmtegeleidbaarheid in een buitenwand, beschermd tegen vocht en condensatie, en in een binnenwand.

De λ_U -waarde van de wand in metselwerk volgt uit de warmtegeleidbaarheid van de baksteen (λ_{Usteen}) en van de mortelvoeg ($\lambda_{Umortelvoeg}$), en tevens uit de zichtoppervlakken van baksteen (A_{steen}) en mortelvoeg ($A_{mortelvoeg}$):

$$\lambda_U = \frac{\lambda_{Usteen} A_{steen}}{(A_{steen} + A_{mortelvoeg})} + \frac{\lambda_{Umortelvoeg} A_{mortelvoeg}}{(A_{steen} + A_{mortelvoeg})}$$

a) Voor de $\lambda_{Umortelvoeg}$ wordt de waarde voor cementmortel gebruikt (NBN B 62-002/A1):



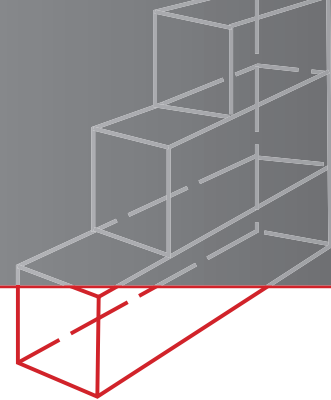
Volumegegewicht ρ (kg/m ³)	λ_{Ui} (W/mK)	λ_{Ue} (W/mK)
1900	0,93	1,5

b) Voor de λ_{Usteen} wordt een onderscheid gemaakt tussen gecertificeerde (drager van een kwaliteitsmerk: BENOR of gelijkwaardig) stenen en niet-gecertificeerde stenen:

De λ_{Usteen} -waarden van de gecertificeerde stenen worden opgegeven in de technische documentatie van de fabrikant, of indien deze niet voorhanden is, kunnen volgende tabelwaarden uit de norm NBN B 62-002/A1 gehanteerd worden. Ook de λ_U -waarden van de niet-gecertificeerde bakstenen worden weergegeven.

Baksteen	Gecertificeerd		Niet-gecertificeerd	
Volumegegewicht ρ (kg/m ³)	λ_{Ui} (W/mK)	λ_{Ue} (W/mK)	λ_{Ui} (W/mK)	λ_{Ue} (W/mK)
≤ 700	$0,20 \leq$	$0,39 \leq$	$0,22 \leq$	$0,43 \leq$
≤ 800	$0,23 \leq$	$0,45 \leq$	$0,25 \leq$	$0,49 \leq$
≤ 900	$0,26 \leq$	$0,51 \leq$	$0,28 \leq$	$0,56 \leq$
≤ 1000	$0,29 \leq$	$0,57 \leq$	$0,32 \leq$	$0,63 \leq$
≤ 1100	$0,32 \leq$	$0,64 \leq$	$0,35 \leq$	$0,70 \leq$
≤ 1200	$0,35 \leq$	$0,70 \leq$	$0,39 \leq$	$0,77 \leq$
≤ 1300	$0,39 \leq$	$0,76 \leq$	$0,42 \leq$	$0,84 \leq$
≤ 1400	$0,43 \leq$	$0,85 \leq$	$0,47 \leq$	$0,93 \leq$
≤ 1500	$0,46 \leq$	$0,91 \leq$	$0,51 \leq$	$1,00 \leq$
≤ 1600	$0,50 \leq$	$0,99 \leq$	$0,55 \leq$	$1,09 \leq$
≤ 1700	$0,55 \leq$	$1,08 \leq$	$0,60 \leq$	$1,19 \leq$
≤ 1800	$0,59 \leq$	$1,16 \leq$	$0,65 \leq$	$1,28 \leq$
≤ 1900	$0,64 \leq$	$1,27 \leq$	$0,71 \leq$	$1,40 \leq$
≤ 2000	$0,69 \leq$	$1,35 \leq$	$0,76 \leq$	$1,49 \leq$
≤ 2100	$0,74 \leq$	$1,46 \leq$	$0,81 \leq$	$1,61 \leq$





Noot: Indien het metselwerk bestaat uit gelijmde stenen en de voegbreedte bedraagt minder dan 3 mm, mogen bovenstaande tabellen gebruikt worden voor de $R_{f,u}$ waarde van de volledige wand in metselwerk, waarbij de voegen verwaarloosd worden.

4.7 Brandweerstand

De brandweerstand van een bouwdeel R_f is de tijd gedurende dewelke het bouwdeel zijn functies in het gebouw volledig blijft vervullen.

Praktisch betekent dit dat het baksteenmetselwerk gelijktijdig moet blijven voldoen aan de door de norm (NBN 713-020) vooropgestelde criteria voor wat betreft:

- de stabiliteit: mag geen gevaar voor instorten opleveren.
- de vlamdichtheid: mag geen scheuren of openingen vertonen waarlangs de brand zich kan voortzetten.
- de thermische dichtheid: de wandtemperatuur aan de niet aan het vuur blootgestelde zijde van het bouwdeel moet beneden een bepaalde grens blijven om te vermijden dat voorwerpen in de niet-geteisterde ruimte door stralingswarmte vuur zouden vatten.

De brandweerstand van baksteenmetselwerk wordt gegeven:

Dikte van de wand	Niet-bepleisterd	Bepkeisterd
9 cm	$R_f 1u$	$R_f 2u$
14 cm	$R_f 2u$	$R_f 4u$
19 cm	$R_f 6u$	$R_f >6u$

4.8 Geluid

4.8.1 Absorptie

Het geluid afkomstig van een geluidbron in een bepaalde ruimte, wordt gedeeltelijk geabsorbeerd door elk materiaal dat zich in die ruimte bevindt.

4.8.1.1 Geluidabsorberende wanden

Geluidabsorberende wanden zijn bedoeld voor sportzalen, concertzalen, zwembaden e.d.

Gladde wanden hebben geen – of een gering – geluidabsorberend vermogen. Dit vermogen kan verhoogd worden door een ingreep op de oppervlaktestructuur van de wanden: een onbepleisterde baksteenmuur absorbeert meer geluid dan een bepleisterde.

Hoe ruwer de baksteen of hoe meer open poriën, hoe beter de geluidabsorptie. In specifieke gevallen is het nodig de geluidabsorptie op te drijven door:

- de bakstenen zodanig te vermetzelen dat de perforaties horizontaal – en in het zicht – komen te liggen. De lengte van de perforaties is bepalend voor de frequentie van het geluid dat wordt opgeslorpt.
- de stootvoegen open te laten. Door deze voegen onderling van breedte te laten verschillen worden meerdere frequentiebanden bestreken.
- de absorptie kan ook versterkt worden door achter een volle baksteenmuur een soepele geluidwerende mat aan te brengen. Wanneer er geen gevaar is voor loskomende partikels kan dit ook achter wanden met openingen.

Deze technieken geven goede resultaten. Zij kunnen worden opgedreven door op de geometrie van de wand in te grijpen. In dit geval raadpleegt men best een studie bureau dat gespecialiseerd is in geluidleer.

Het absorberend vermogen A_s van een bepaald oppervlak (S) in een gesloten ruimte is:

$A_s = \alpha \cdot S$ (in m^2 open raam). De absorptiecoëfficiënt α is een materiaalconstante.

Voorbeelden voor verschillende frequenties:

Geluidabsorptiecoëfficiënt α	Frequentie			
	250	500	1000	2000
Zichtbaar baksteenmetselwerk	0,03	0,03	0,04	0,05
Pleisterwerk, beton	0,01	0,02	0,02	0,03
Gesloten vensterraam	0,04	0,03	0,02	0,02
Open vensterraam (= maximum)	1	1	1	1

4.8.2 Geluidoverdracht

De stembanden van een persoon, luidsprekers, muziekinstrumenten laten de **lucht** trillen. Dit wordt **luchtgeluid** genoemd. Lopende bovenburen, hamergeklop laten een **voorwerp** trillen, een wand of vloer die op zijn beurt de lucht laten trillen en een geluidgolf **afstraalt**. Dit wordt **contactgeluid** genoemd.



Vaak vindt een combinatie van beiden plaats, bijvoorbeeld een draaiende boormachine die nog niet in de wand zit produceert enkel luchtgeluid. Eens zij in contact komt met de wand wordt zowel luchtgeluid als contactgeluid gehoord.

4.8.2.1 Luchtgeluidisolatie

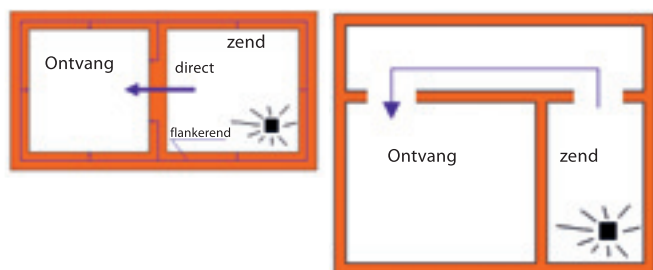
De luchtgeluidisolatie wordt uitgedrukt met de ééngetalsaanduiding $R_w(C; C_{tr})$. Dit geeft een aanduiding voor de geluidverzwakking van bouwproducten, bepaald onder ideale omstandigheden in een laboratorium.

Afhankelijk van de aard van het lawaai zal ofwel de waarde ($R_w + C$) ofwel ($R_w + C_{tr}$) gebruikt moeten worden.

$R_w(C)$ zal te gebruiken zijn bij hoogfrequent geluid:
Spelende kinderen; Leefactiviteiten (spreken, muziek, radio, TV); Snel rijdend wegverkeer (> 80 km/u); Middelmatig tot snel rijdend spoorverkeer; Vliegtuigen (jets) op korte afstand; Bedrijven met vooral midden- tot hoogfrequent geluid.

$R_w(C_{tr})$ zal te gebruiken zijn bij laagfrequent geluid:
Discotheekmuziek; Traag rijdend (bv. stedelijk) wegverkeer; Traag rijdend spoorverkeer; Vliegtuigen (jets) op grote afstand; Propellervliegtuigen; Bedrijven met vooral midden- tot laagfrequent geluid.

Wanneer binnen een gebouw de luchtgeluidisolatie tussen twee vertrekken gemeten wordt, beperkt deze meting zich niet tot de luchtgeluidisolatie van de scheidingswand. Ook de invloed van flankerende wegen en van omweggeluiden wordt gemeten, en valt niet los te koppelen van het luchtgeluid door de scheidingswand. Bijgevolg is de luchtgeluidisolatie in een woning altijd slechter dan de gemeten geluidisolatie in het laboratorium.



Men definieert $D_{nT,w}$ als een ééngetalsaanduiding voor de gewogen gestandaardiseerde geluidisolatie ter plaatse («n» van «normalised», «T» verwijst naar de correctie naar de nagalmtijd i.p.v. naar de absorptie).

Bij een ongelukkige uitvoering kan flankerend geluid verantwoordelijk zijn voor een afname van de geluidisolatie $D_{nT,w}$ met 10 dB. Meer informatie hierover wordt **gegeven** **onze** brochure over akoestische isolatie.

Een goede luchtgeluidisolatie van een wand kan bekomen worden volgens twee principes.

1) het gewicht van de wand

Een lichte scheidingswand zal veel makkelijker trillen door een geluidsgolf dan een zware wand. Voor een optimale akoestische isolatie wordt een zware wand gebruikt.

2) ontdebelling van de wand

Om nog hogere geluidisolaties te behalen moet men de wand ontdebellen.

Een ontdebbelde wand, bestaande uit twee spouwbladen in zware snelbouw, geeft een hogere geluidisolatie dan een enkele wand met dubbele wanddikte.

4.8.2.2 Waarden van de luchtgeluidisolatie

Proeven van geluidisolatie werden verricht op metselwerk van baksteen met muurdikten van 9, 14 en 19 cm. De resultaten geven de overeenstemmende categorie voor de akoestische prestatie volgens NBN S 01-400.

Elke wand werd beproefd in 4 verschillende afwerkingen:

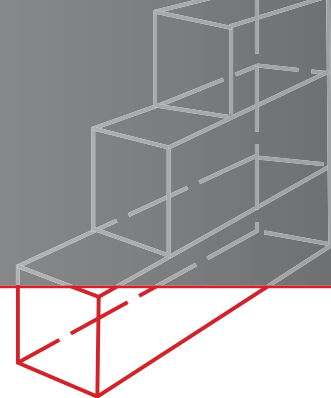
Proef 1: onbepleisterd metselwerk

Proef 2: eenzijdig bepleisterd

Proef 3: tweezijdig bepleisterd

Proef 4: eenzijdig bepleisterd en voorzetwand (+ 5 cm minerale wol) aan de andere kant





Uit proefresultaten	Rw (C;Ctr) in dB
Baksteenmetselwerk 9 cm dikte Baksteen 29x9x9 (1055 kg/m ³) Niet bepleisterd Eenzijdig bepleisterd Tweezijdig bepleisterd Eenzijdig bepleisterd + voorzetwand	 41 (-1;-4) 43 (-1;-4) 44 (-1;-5) 52 (-1;-5)
Baksteenmetselwerk 14 cm dikte Baksteen 29x14x9 (1005 kg/m ³) Niet bepleisterd Eenzijdig bepleisterd Tweezijdig bepleisterd Eenzijdig bepleisterd + voorzetwand	 47 (-2;-4) 47 (-1;-4) 49 (-2;-5) 54 (-2;-8)
Baksteenmetselwerk 19 cm dikte Baksteen 29x19x9 (1280 kg/m ³) Niet bepleisterd Eenzijdig bepleisterd Tweezijdig bepleisterd Eenzijdig bepleisterd + voorzetwand	 54 (-1;-5) 55 (-1;-5) 56 (-1;-5) 58 (-2;-7)

5. Bestektekst

Afhankelijk van de soort of de functie van het metselwerk waarvoor de baksteen gebruikt wordt, worden verschillende eisen gesteld.

Per type van baksteen en per type van metselwerk wordt een afzonderlijke beschrijving in het bestek opgenomen.

Type metselwerk	Binnen- of buitenmetselwerk Zichtbaar of niet-zichtbaar metselwerk Dragend of niet-dragend metselwerk
Type baksteen	Handvormgevelsteen, strengpers- of vormbakgevelsteen Gewone snelbouw (volumegewicht: $1.000 \leq \rho < 1.600 \text{ kg/m}^3$) Isolerende snelbouw

Kenmerken

Volgende kenmerken worden steeds vermeld:

- het gewenste formaat (of formaten)
- de vereiste druksterkte
- de graad van vorstbestandheid:

geen vorstbestendigheid vereist

Binnenmetselwerk (binnenspouwblad, binnenmuren en scheidingswanden)

normaal vorstbestand

(kruip-)keldermetselwerk funderingsmetselwerk

zeer vorstbestand

Grondkeermuren
Horizontale vlakken
Geschilderde buitenbladen

Indien bepaalde kenmerken van het metselwerk aan bijkomende eisen moet voldoen, is het noodzakelijk in het bestek de waarden voor te schrijven: b.v. het minimumgewicht of de vereiste brandweerstand (in functie van de dikte en de afwerking van de muur).

Voor speciale toepassingen, zoals zichtbaar metselwerk, kan het nodig zijn criteria in het bestek op te nemen voor het sorteren van de bakstenen op de werf.

Mededelingen

Zijn overbodige mededelingen:

- de brandreactie van baksteen;

Afwijkingen

Afwijkingen van de norm:

Indien er eisen aan de baksteen gesteld worden wat kenmerken betreft die niet in de geëigende normen voorkomen, moeten afspraken met de fabrikant worden gemaakt.

Deze afspraken worden dan uitdrukkelijk in het bestek vermeld.

Ook de bestelling bij de fabrikant moet deze afspraken duidelijk vermelden.

Uitvoering metselwerk

Hoewel meestal verondersteld wordt dat de aannemer het metselwerk 'volgens de regels van de kunst' uitvoert, zijn er een aantal uitvoeringsdetails die best vermeld worden in het lastenboek.

- vermelding van het metselverband (meestal halfsteensverband)
- aanduiden van het al dan niet meegaand opvoegen van bepaald (aangeduide) wanddelen
- het aantal open stootvoegen wordt bepaald
- de bakstenen worden vol en zat in de mortel gelegd (stootvoegen goed gevuld)
- de overlappende delen van de waterkerende laag worden gelijmd of gelast. Best wordt een nazicht door de ontwerper of de werfleider uitgevoerd (voorgeschreven) alvorens mag verdergemetseld worden
- bij gebruik van isolatiemateriaal in de spouw:
 - welke bevestiging om de platen aan het binnenspouwblad te bevestigen
 - hoe contact met het buitenspouwblad te vermijden
 - hoe eventuele spleten te vermijden

Uitgebreide bestektekst

Een canvas voor een bestektekst wordt gegeven op onze website: <http://www.baksteen.be/>

