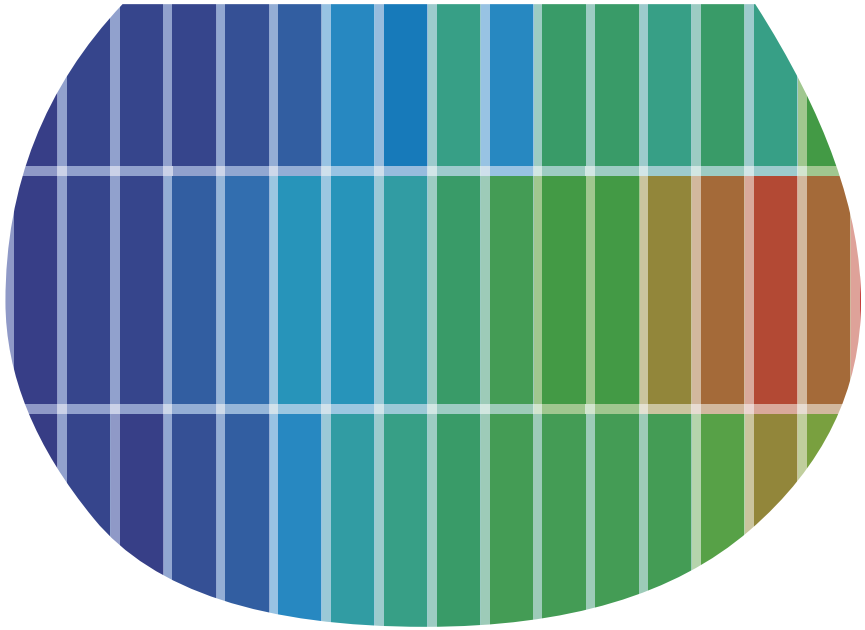
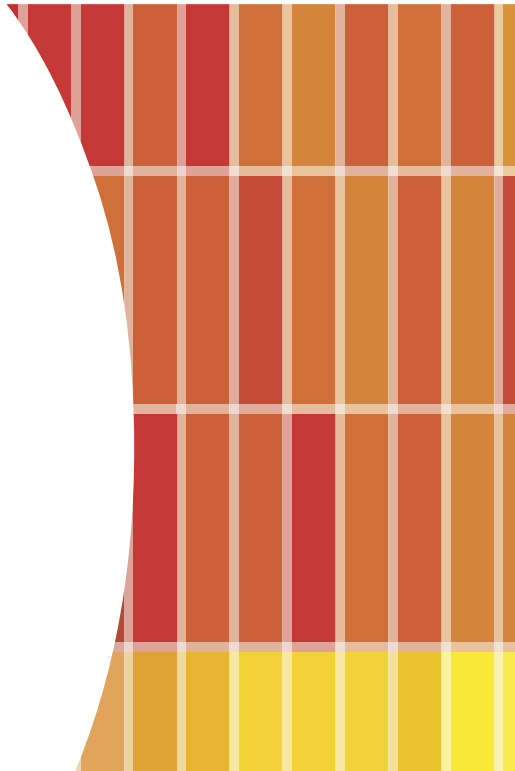
HANDBOEK
baksteenmetselwerk





HANDBOEK BAKSTEENMETSELWERK

november 2008

www.baksteen.be

Belgische Baksteenfederatie
Kartuizersstraat 19 bus 19
1000 Brussel

VOORWOORD

Het handboek "Baksteenmetselwerk" is een bundeling van de belangrijkste eigenschappen van de producten snelbouw en gevelbaksteen, maar geeft ook weer welke normen dienen gebruikt te worden voor het ontwerp en berekening van metselwerk. En als laatste, maar zeker niet het minst belangrijk, wordt dieper ingegaan op een aantal aspecten van uitvoering. Een aantal details worden aangereikt zodat het bouwmateriaal baksteen op een correcte manier toegepast wordt en zijn goede eigenschappen tot een perfect resultaat zouden leiden. Want vandaag is het niet enkel meer belangrijk om een goed bouwmateriaal te kiezen, maar ook om dit juist toe te passen.

Baksteen beschikt niet enkel over goede technische eigenschappen zoals brandweerstand, goede thermische en akoestische isolatie,.... maar we vergeten het al te vaak dat baksteen ook een **natuurlijk product** is!

Baksteen is een "lokaal" product, vervaardigd uit grondstoffen uit eigen bodem. Steenbakkerijen zijn wijd verspreid over België waardoor het niet nodig is om de producten over lange afstanden te vervoeren. Niet enkel door het transport tot een minimum te beperken hebben we aandacht voor het milieu. Ook de invloed van het productieproces op het milieu tracht de sector tot een minimum te herleiden (besparen van grondstof, toepassing van rookgasreinigingstechnieken, besparen van energie,...).

Vandaag wordt te pas en te onpas gesproken over duurzaamheid. Een duurzaam bouwwerk wordt gezien als een geheel dat tijdens de constructie-, gebruiks- en sloopfase een minimale milieuverstoring oplevert. Concreet betekent dit dat de levensduur, de moduleerbaarheid, noodzaak naar onderhoud, ... belangrijke criteria worden.

Baksteen is een lokaal product met een quasi onbeperkte levensduur. Baksteen vraagt geen onderhoud. Wie leeft in een bakstenen huis geniet van een onvergelijkbaar comfort binnenshuis.

Baksteenmetselwerk zorgt voor een ongeëvenaarde thermische isolatie, weerstand tegen geluidshinder, de hoogste brandweerstand, een gezonde binnenomgeving, een onverslijtbare constructie.
Baksteen kan zowel herbruikt worden voor restauraties of voor gebruik in nieuwe gebouwen. Baksteen kan bovendien worden gerecycleerd en aangewend in funderingswerkzaamheden en last but not least om nieuwe bakstenen te vervaardigen.
Kortom: baksteen is de **troef** voor duurzaamheid.

HANDBOEK BAKSTEENMETSELWERK

1 BAKSTEEN 9
1.1. INLEIDING 9
1.2. DEFINITIE BAKSTEEN 10
1.2.1. Basismateriaal 10
1.2.2. Oppervlakken van de baksteen 10
1.2.3. Soorten 10
1.3. AFMETINGEN BAKSTEEN 13
1.3.1. Afmeting declareren 13
1.3.2. Soorten afmetingen 13
1.3.3. Bepalen van de afmetingen 14
1.3.4. Toleranties op de afmetingen 14
1.4. VERBRUIK BAKSTEEN 16

2 EIGENSCHAPPEN VAN BAKSTEEN 18
2.1. HYGROMETRISCHE EIGENSCHAPPEN 18
2.1.1. Wateropneming 18
2.1.2. Massawarmte c (J/kgK) 19
2.1.3. Evenwichtsvochtgehalte (vol%) 20
2.1.4. Thermische geleidbaarheid λ (W/mK) 21
2.1.5. Vochtgehalte Ψ 22
2.2. VORMSTABILITEIT 23
2.2.1. Definitie 23
2.2.2. Waarden 23
2.3. DRUKSTERKTE 24
2.3.1. Definitie 24
2.3.2. Meetmethode 24
2.3.3. Begrippen 24
2.4. REACTIE BIJ BRAND 26
2.4.1. Definitie 26
2.4.2. Begrippen 26
2.4.3. Normering 26
2.4.4. Brandreactie van baksteen 26
2.4.5. Materiaaleisen 26
2.5. VORSTBESTANDHEID 28
2.5.1. Definitie 28
2.5.2. Declaratie vorstbestandheid 28
2.5.3. Meetmethode 28
2.5.4. Vorstbestandheid van baksteen 29

3 ONTWERP EN BEREKENING VAN METSELWERK VOLGENS EUROCODE 6 30
3.1. BEGRIPPEN 30
3.2. UITZETTINGSVOEGEN 32
3.2.1. Definitie 32
3.2.2. Waarden 32
3.2.3. Besluit 32

3.3. METSELVERBANDEN 33
3.3.1. Regels 33
3.3.2. Enkele types metselverbanden 33
3.4. GEVELMETSELWERK 35
3.4.1. Definitie 35
3.4.2. Werking 35
3.5. DRAGEND METSELWERK 36
3.5.1. Niet-berekend dragend metselwerk 36
3.5.2. Berekend dragend metselwerk 37
3.5.2.1. Overzicht belangrijkste eisen **NBN B 24-301** 37
3.5.2.2. Overzicht belangrijkste eisen **EN 1996** 45
3.5.3. Voordelen van dragend baksteenmetselwerk 50
3.6. GEWAPEND METSELWERK 51
3.6.1. Definitie 51
3.6.2. Wapening in de horizontale voegen 51
3.6.3. Verticale wapening 52
3.6.4. Toepassingen 52
3.6.4.1. Elementen onderhevig aan verticale buiging 52
3.6.4.2. Elementen onderhevig aan horizontale buiging 53
3.7. METSELMORTEL 54
3.7.1. Definitie 54
3.7.2. Bestanddelen van de (hydraulische) metselmortel 54
3.7.2.1. Cement 54
3.7.2.2. Granulaten 56
3.7.2.3. Water 56
3.7.3. Hulpstoffen 57
3.7.4. Soorten metselmortel 58
3.7.4.1. Genormaliseerde metselmortel 58
3.7.4.2. Isolerende (lichtgewicht) metselmortel 59
3.7.4.3. Industriële metselmortel of fabrieksmortel 59
3.7.4.4. Lijmmortel 60
3.7.4.5. Dunmortel 60
3.7.5. Keuze van de mortel 61
3.7.6. Samenstelling van de genormaliseerde metselmortel 62
3.8. THERMISCHE ISOLATIE 63
3.8.1. Wettelijke verplichtingen 64
3.8.1.1. Vlaams Gewest 64
3.8.1.2. Waals gewest 69
3.8.1.3. Brussels gewest 71
3.8.2. Stationaire grootheden en berekening 74
3.8.2.1. De warmtegeleidbaarheid λ 74
3.8.2.2. De warmtedoorgangscoëfficiënt U (vorige benaming k) 78
3.8.2.3. Het globaal warmte-isolatiepeil K 81
3.8.2.4. Rekenvoorbeeld – bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt U 85
3.9. BRANDWEERSTAND 88
3.9.1. Definitie 88
3.9.2. Beproevingsmethode 88

3.9.3. Belgische classificatie 89
3.9.4. Europese classificatie 89
3.9.5. Waarden voor baksteenmetselwerk 89
3.9.6. Eisen 89
3.9.7. Besluit 90
3.10. GELUIDSABSORPTIE 91
3.10.1. Definitie 91
3.10.2. Geluidsabsorberende wanden 91
3.10.3. Berekening van de nagalmtijd 91
3.11. AKOESTISCHE ISOLATIE 93
3.11.1. Definitie 93
3.11.2. Soorten geluid en mogelijke wegen voor geluid 93
3.11.3. Geluidsverzwakkingsindex van baksteenwanden 94
3.11.4. Akoestische norm NBN S 01-400-1 95
3.11.4.1. Luchtgeluidsisolatie 95
3.11.4.2. Contactgeluidsisolatie 96
3.11.4.3. Installatielawaai 97
3.11.4.4. Gevelisolatie 98
3.11.5. Belang van detaillering 99
3.11.5.1. Hoe akoestische isolatie tegen luchtgeluid verbeteren? 100
3.5.11.2. Hoe akoestische isolatie tegen contactgeluid verbeteren? 104

4 UITVOERING VAN METSELWERK 105
4.1. HET BELANG VAN LUCHTDICHTHEID 105
4.2. HET GEVOLG VAN KOUDEBRUGWERKING 106
4.3. UITVOERINGSDETAILS 107
4.3.1. Uitvoeringsdetails voor spouwmuren 107
4.3.1.1. Aansluiting met de fundering 107
4.3.1.2. Aansluiting met een hellend dak 108
4.3.1.3. Aansluiting met een plat dak 109
4.3.1.4. Rijwoningen met ongelijke hoogte 110
4.3.1.5. Rolluikkast 111
4.3.1.6. Raamdorpels en raamneggen 111
4.3.1.7. Raamdorpels 112
4.3.1.8. Terrassen 113
4.3.2. Volle wand met buitenisolatie en buitenbepleistering 113
4.3.3. Spouwhaakjes 114
4.3.4. Schoorstenen 114
4.3.5. Samengestelde constructies 115
4.4. BESCHERMING VAN METSELWERK 116
4.4.1. Vers metselwerk 116
4.4.2. Definitie uitbloeiingen 117
4.4.2.1. Mogelijke oorzaken van uitbloeiingen 117
4.4.2.2. Besluit 118
4.4.3. Definitie uitlogingen 118
4.4.3.1. Oorzaak 118
4.4.3.2. Besluit 118

4.5. NAZICHT 119
4.5.1. Nazicht van de bakstenen 119
4.5.2. Nazicht van het metselwerk 121
4.5.2.1. Nazicht van het metselwerk volgens de Belgische norm NBN B 24-401 121
4.5.2.2. Nazicht van het metselwerk volgens EN 1996-2 123
4.5.3. Afwerking van metselwerk 123
4.5.3.1. Binnenbepleistering 123
4.5.3.2. Verf 124

5 BESTEKTEKST 126
6 NORMEN 128

1 BAKSTEEN

1.1 INLEIDING

Baksteen is een materiaal uit gebakken klei, bedoeld als bouwelement in metselwerk, zowel gevelmetselwerk als niet-decoratief binnenmetselwerk (ook snelbouwmetselwerk genaamd). Tot eind maart 2006 werd gevelmetselwerk gedefinieerd in de Belgische norm NBN B 23-002 en niet-decoratief metselwerk in de norm NBN B 23-003. Nu worden beide typen baksteen beschreven door één Europese norm **EN 771-1**. Deze Europese norm legt de kenmerken vast die op het CE-merk dienen te verschijnen. Ter aanvulling van de Europese norm EN 771-1 zijn in België twee technische documenten opgesteld, namelijk PTV 23-002 en 23-003. Hierin worden voor zowel gevelstenen als bakstenen voor niet-decoratief metselwerk technische voorschriften gegeven die de basis vormen voor het kwaliteitsmerk BENOR.

De term baksteen is een alomvattende benaming van een uitgebreid en divers gamma van metselstenen vervaardigd uit klei. Op basis van de volgende drie criteria kan een eerste onderscheid tussen de verschillende stenen gemaakt worden:

- Indeling volgens gebruiksbestemming
- Indeling volgens geometrische vorm
- Indeling volgens productieproces

Belangrijk om weten is dat de productnorm wel criteria vermeld, maar geen waarden opgeeft waaraan het product moet voldoen. De ontwerper moet voor de criteria die in de norm vermeld staan, zoals gewicht en druksterkte, zelf de cijferwaarden vastleggen voor de toepassing die hij op het oog heeft.

De ontwerper en de aannemer moeten er dan over waken dat de criteria uit het bestek bij de verkoper correct genoteerd en doorgegeven worden.

1.2 DEFINITIE BAKSTEEN

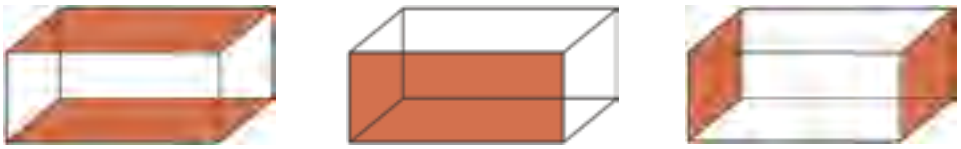
De productnorm EN 771-1 definieert een baksteen als een metselsteen gemaakt uit klei of een ander, kleiachtig materiaal, met of zonder zand, brandstof of andere toevoeging, gestookt op een voldoende hoge temperatuur om een keramische binding te vormen.

1.2.1 Basismateriaal

De keramische massa van een baksteen zonder rekening te houden met de perforaties wordt **scherf** genoemd. Deze wordt gekenmerkt door haar kleisamenstelling, de porosering, de doorlopen bakcurve en de ovenatmosfeer.

1.2.2 Oppervlakken van de baksteen

Het legvlak is het vlak van de baksteen die in het metselwerk horizontaal wordt aangebracht.



Figuur 1: Oppervlakken van de baksteen

1.2.3 Soorten

De algemene definitie vat in enkele woorden een zeer uitgebreid gamma aan stenen samen. Om een duidelijker beeld van de verschillen te krijgen, worden de stenen op basis van drie criteria ingedeeld:

- INDELING VOLGENS GEBRUIKSBESTEMMING
  Beschermd metselwerk en **onbeschermd** metselwerk
  Afhankelijk van hun toepassing kunnen stenen onderhevig zijn zowel aan een neutrale als aan een zeer aggressieve omgeving. Hun eigenschappen dienen hierop afgestemd te zijn.

- INDELING VOLGENS GEOMETRISCHE VORM
  Afhankelijk van de hoeveelheid **perforaties** aangebracht in een steen, wordt hij ingedeeld in een groep, genummerd van 1 tot 4, tabel 1. Normaalgezien valt een klassieke gevelsteen in groep 1 terwijl een snelbouwsteen geklasseerd zal worden in groep 2 of 3.

	Materialen en grenzen voor metselwerkstenen				
	Groep 1 (alle materialen)		Groep 2	Groep 3	Groep 4
		Element	Verticale perforaties		Horizontale perforaties
Volume van alle perforaties (% van het brutovolume)	≤25	Klei	>25; ≤55	≥25; ≤70	>25; ≤70
		Kalkzandsteen	>25; ≤55	Niet gebruikt	Niet gebruikt
		Beton	>25; ≤60	>25; ≤70	>25; ≤50
Volume van een individuele perforatie (% van het brutovolume)	≤12.5	Klei	Elke individuele perforatie≤2 de handvaten zijn beperkt tot 12.5 in aantal	Elke individuele perforatie≤2 de handvaten zijn beperkt tot 12.5 in aantal	Elke individuele perforatie ≤30
		Kalkzandsteen	Elke individuele perforatie≤15 de handvaten zijn beperkt tot 30 in aantal	Niet gebruikt	Niet gebruikt
		Beton	Elke individuele perforatie≤30 de handvaten zijn beperkt tot 30 in aantal	Elke individuele perforatie≤30 de handvaten zijn beperkt tot 30 in aantal	Elke individuele perforatie ≤25
Gedeclareerde waarde van de dikte van de ribben en de mantel (mm)	Geen vereiste		Rib Mantel	Rib Mantel	Rib Mantel
		Klei	≥5 ≥8	≥3 ≥6	≥5 ≥6
		Kalkzandsteen	≥5 ≥10	Niet gebruikt	Niet gebruikt
		Beton	≥15 ≥18	≥15 ≥15	≥20 ≥20
Gedeclareerde waarde van de gecombineerde dikte van ribben en mantels (%)	Geen vereiste	Klei	≥16	≥12	≥12
		Kalkzandsteen	≥20	Niet gebruikt	Niet gebruikt
		Beton	≥18	≥15	≥45

Tabel 1: Geometrische vereisten voor het groeperen van metselwerkelementen[1]

[1] EN 1996-1-1: Eurocode 6 – Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures, November 2005.

– INDELING VOLGENS PRODUCTIEPROCES
  Afhankelijk van het productieproces worden drie soorten bakstenen onderscheiden:
  – **Strengperstenen**
    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).
  – **Handvormstenen**
    worden vervaardigd door het inbrengen van een voorbezande klomp weke klei in een mal, wat aanleiding geeft tot een typisch generfd aspect.
  – **Vormbakstenen**
    zijn bakstenen die bekomen worden door de weke klei in mallen mechanisch na te persen, waardoor de baksteen een zeer strakke vorm krijgt.

In de handel wordt vaak gewoon het onderscheid gemaakt tussen gevelstenen en snelbouwstenen.
De naam **gevelsteen** wordt 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. Gevelstenen kunnen op de drie verschillende manieren vervaardigd worden (handvorm, strengpers en vormbak).
De naam **snelbouw** wordt 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 kg/m³ < ρ < 1600 kg/m³
    Deze bakstenen worden ook 'SB-bakstenen', 'traliеblokken' (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-.

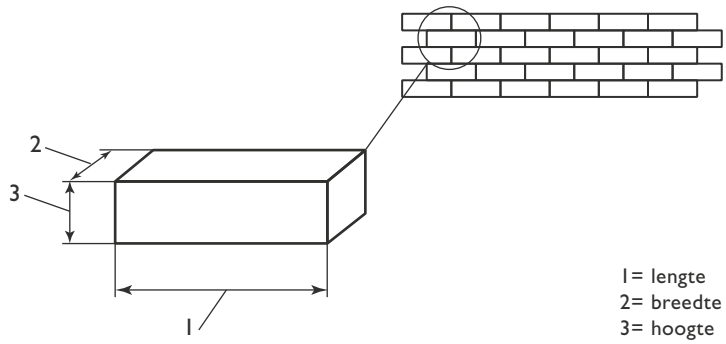
Om het volumegewicht te verlagen kan het percentage perforaties verhoogd worden of kan het scherfgewicht (soortelijk gewicht van het gebakken materiaal zelf) verlaagd worden.

Het soortelijk gewicht van de scherf kan verlaagd worden door voor het bakken zagemeel, (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.

1.3 AFMETINGEN BAKSTEEN

1.3.1 Afmeting declareren

Afmetingen worden internationaal steeds in deze volgorde vermeld:
Lengte x Breedte x Hoogte (in mm)



Figuur 2: Afmetingen baksteen[2]

1.3.2 Soorten afmetingen

– **Werkelijke afmeting**
Dit is de afmeting van een metselsteen zoals gemeten.

– **Nominale afmeting**
Dit zijn de afmetingen die in de handel gebruikelijk zijn om een formaat aan te duiden. Voorbeeld: 290x140x140

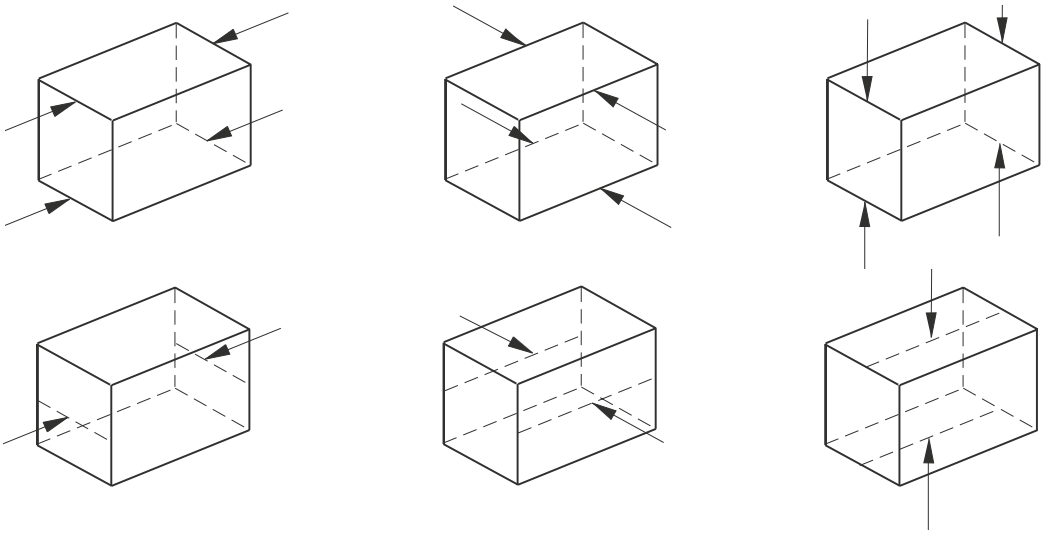
  – **Modulair systeem**
  De genormeerde afmetingen van baksteen zijn afgestemd op een modulair systeem met een basis van 10 cm. Dit betekent dat elke afmeting van de baksteen + twee halve voegdikten gelijk moet zijn aan 100 mm of een veelvoud ervan. Eventueel ook een halve module, bv. 150 mm. Hiervoor gebruikt men de term modulaire afmeting of technische coördinatiemaat.

– **Streefmaat voor de productie**
Bij het vastleggen van de nominale afmetingen van baksteen om te passen in het modulair 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 streefmaat voor de productie aangepast aan deze gebruikelijke voegdikte en is zij iets kleiner dan de nominale afmeting. Voorbeeld: 288 x 138 x 138.
Soms gebruikt men ook de term fabricagemaat.

[2] NBN EN 771-1 + A1: Voorschriften voor metselstenen – Deel 1: Metselbaksteen (inclusief A1: 2005): april 2006

1.3.3 Bepalen van de afmetingen (EN 772-16: Metselsteenproeven - Deel 16: Bepalen van de afmetingen: 2000/A1: 2004/A2: 2005)

De afmetingen worden bepaald door het uitvoeren van twee metingen en dit op minimum 10 proefstukken. Deze worden uitgevoerd op ofwel de ribben ofwel in het midden van de steen. De afmeting wordt vervolgens berekend uit het gemiddelde van beide metingen.



Figuur 3: Bepalen van de afmetingen van baksteen[3]

1.3.4 Toleranties op de afmetingen

Op de streefmaat voor de productie van de bakstenen bestaat er een zekere tolerantie. De grenswaarden zijn bepaald door het materiaal en het productieproces

De toe te passen grenswaarden zijn te vinden in de productnorm EN 771-1.
De maatafwijking van de gemiddelde uitwendige afmetingen mag niet meer bedragen dan één van de volgende vooraf bepaalde categorieën:

T1: ± 0,40 $\sqrt{\text{fabricagemaat}}$ mm of 3 mm, afhankelijk van welke de grootste is

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

T2: ± 0,25 $\sqrt{\text{fabricagemaat}}$ mm of 2 mm, afhankelijk van welke het grootste is

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

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

[3] NBN EN 772-16: Metselsteenproeven - Deel 16: Bepalen van de afmetingen: 2000/A1: 2004/A2: 2005

De maximale maatspreiding (d.w.z. het verschil tussen de grootste en kleinste gemeten waarde voor een afmeting van individuele stenen) moet behoren tot één van de volgende vooraf bepaalde categorieën:

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

1.4 VERBRUIK BAKSTEEN

Het aantal 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. De resultaten van een theoretische berekening van de nodige mortelhoeveelheid vindt men in de laatste kolommen.

Afmetingen	*Benaming*	*Aantal per m² metselwerk*	*Aantal per m³ metselwerk*	*Liter mortel per m² metselwerk*	*Liter mortel per m³ metselwerk*
190x90x50	module M50	81	916	21	242
190x90x65	module M65	65	738	18	206
210x100x50	Waalformaat WF	73	727	24	237
210x100x65	waaldikformaat WDF	59	585	20	201
190x90x90	module M90	50	568	15	173
210x100x40	Vechtformaat	87	866	27	272
210x100x65	Kustformaat	59	585	20	201
175x85x45	Derdeling	94	1104	22	261
240x90x50	spaans formaat	64	711	21	232
290x90x40		64	708	24	261
290x90x50		53	593	20	226
290x90x60		46	511	18	200
240x90x40		76	848	24	267
290x90x90		33	379	14	155
290x90x140		22	253	10	117
290x90x190		17	189	9	98
290x90x240		13	152	8	86
290x140x90		33	242	21	155
290x140x140		22	161	16	117
290x140x190		17	121	13	98
290x140x240		13	97	12	86
290x190x90		33	177	29	155
290x190x140		22	118	22	117
290x190x190		17	89	18	98
290x190x240		13	71	16	86
600x140x190		8	59	11	78
600x190x190		8	44	15	78

Tabel 2: Verbruik baksteen

2 EIGENSCHAPPEN VAN BAKSTEEN

2.1 HYGROMETRISCHE EIGENSCHAPPEN

2.1.1 Wateropneming

Het absorberend karakter van een steen wordt bepaald door een aantal verschillende factoren:

- Aantal poriën
- Afmetingen van de poriën
- Verbindingen tussen de poriën
- Gesloten of open poriën

Om een idee te verkrijgen van het aantal poriën in een baksteen wordt het begrip porositeit geïntroduceerd.

POROSITEIT

De porositeit van een materiaal is de verhouding tussen het poriënvolume en het totaal volume. De poriënstructuur kan vele vormen aannemen: open en gesloten poriën, al dan niet toegankelijk door kanaaltjes, ...
Bij baksteen zijn de poriën voornamelijk onderling verbonden.

BELANG VAN POROSITEIT

De porositeit heeft een bepalende invloed op een aantal eigenschappen van baksteen, zoals de waterabsorptie, maar ook op de verwerkbaarheid (een goede hechting met de mortel), de thermische isolatie, de vorstbestandheid en de manier van verouderen.

De porositeit is een complex gegeven dat niet in één cijfer te vatten is. De eenvoudig toe te passen meetmethoden voor wateropname worden binnen een fabriek veel aangewend om de regelmaat van de productie na te kijken.

Op de technische fiches van baksteen wordt voor de waterabsorptie van een baksteen twee waarden gedeclareerd namelijk:

Wateropneming: geeft de opname van vocht door de baksteen over een langere periode weer en wordt uitgedrukt in %.

Initiële wateropname: geeft het vermogen van een baksteen weer om water op te nemen gedurende een korte periode.

MEETMETHODEN

In de normen worden verschillende proefmethoden aangegeven voor het bepalen van de wateropname die elk een aanduiding zijn van de porositeit:

Wateropneming (EN 771-1 Voorschriften voor metselstenen – Deel 1: Metselbaksteen)

In annex C van deze norm wordt de proefmethode beschreven voor het bepalen van de wateropneming. Zij wordt gemeten door onderdompeling van de steen in water waarna de steen wordt gewogen. De wateropneming wordt bekomen door het gewicht van het opgeslorpte water te delen door het oorspronkelijke gewicht van de droge steen.

Initiële wateropzuiging (EN 772-11: Metselsteenproeven deel 11: Bepalen van de wateropslorping van betonsteen, kunstbetonsteen en natuursteen door capilariteit en aanvangswateropname van bakstenen)

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 kg/m²min). 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 kg/m²/min
Normaal zuigende steen	1,5 – 4,0 kg/m²/min
Matig zuigende steen	0,5 – 1,5 kg/m²/min
Zwak zuigende steen	< 0,5 kg/m²/min

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

Wateropslorping onder vacuum (NBN B 24-213)

Na een tijd van wateropslorping onder vacuum (restdruk 2,7 Pa) gedurende een bepaalde tijd, blijft de steen nog 24 uur bij gewone luchtdruk ondergedompeld. Soms wordt de proef verricht op gedeeltelijk vacuum. De luchtledig gemaakte poriën nemen sneller water op dan poriën die met lucht gevuld zijn, waardoor de wateropslorping hoger ligt dan bij het meten van de opslorping na 24 uur.

2.1.2 Massawarmte c (J/kg.K)

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.

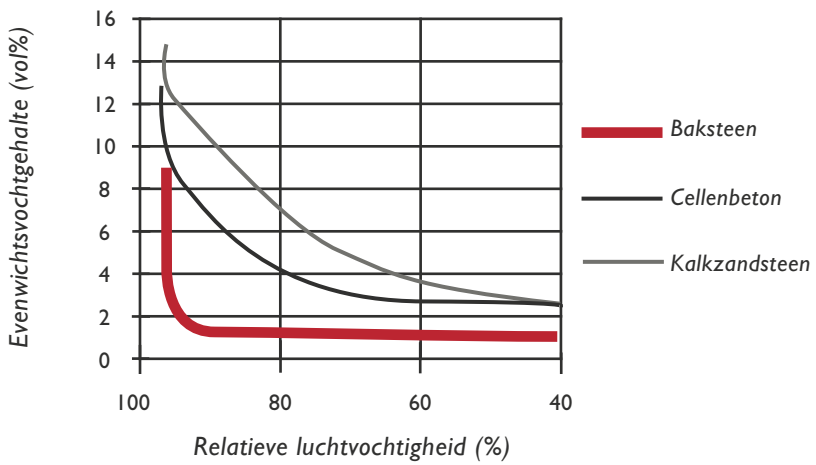
Een dergelijke waarde van de massawarmte c beïnvloedt de thermische inertie: baksteenmuren warmen traag op en geven pas later de warmte traag af, wanneer het kouder wordt. Door deze inertie worden de temperatuursschommelingen binnen het gebouw afgevlakt.

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.

2.1.3 Evenwichtsvochtgehalte (vol %)

Is het percentage water dat door het materiaal in evenwichtstoestand vastgehouden wordt bij een bepaalde relatieve luchtvochtigheid.

Dit is belangrijk voor het thermisch gedrag van het metselwerk. Water is immers een goede warmtegeleider. In normale gebruikstoestand is baksteenmetselwerk droog, zodat het zijn thermisch isolerende eigenschappen behoudt.



Figuur 4: Evenwichtsvochtgehalte i.f.v. relatieve luchtvochtigheid

Baksteen heeft het laagste evenwichtsvochtgehalte van alle metselstenen dankzij zijn specifieke poriënstructuur. Door de poriënstructuur van de baksteen blijft baksteenmetselwerk praktisch altijd droog.

2.1.4 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 te worden in overeenstemming met de norm EN 1745.
In België wordt 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.

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 scherfmateriaal 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 te worden. 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_{Ui} 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 te worden voor **binnenmuurstenen**.

- λ_{Ue} 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 te worden voor **gevelstenen**.

2.1.5 Vochtgehalte Ψ

In de normen staan de praktische rekenwaarden λ_{Ui} en λ_{Ue} voor het berekenen van de thermische geleidbaarheid. Deze worden bepaald door de laboratoriumwaarden aan te passen aan een genormaliseerd vochtgehalte ψ (NBN B 62-002). Praktisch betekent dit een vermenigvuldiging met de factor $e^{f\psi\Psi}$ of e^{fuU} (1) van de λ-waarden van het laboratorium (EN 1745).
De genormaliseerde waarden van deze factoren worden weergegeven in tabel 3:

Vochtgehalte en conversiefactoren voor steenachtige materialen							
Materiaal	Volumemassa ρ (kg/m³)	Vochtgehalte bij 23°C en 50% RV (NBN EN 12524)		Vochtgehalte bij 20°C en 75% van het kritisch verzadigingsgetal		Conversiefactor voor vocht (NBN EN 12524)	
		u_{2i} [kg/kg]	Ψ_{2i} [m³/m³]	u_{2e} [kg/kg]	Ψ_{2e} [m³/m³]	f_u [m³/m³]	f_Ψ [m³/m³]
Gebakken aarde	700-2100	-	0.007	-	0.075	-	10
Kalkzandsten	900-2200	-	0.012	-	0.090	-	10
Beton met gewone aggregaten	1600-2400	-	0.025	-	0.090	-	4
Beton van geëxpandeerde klei (1)	400-1700	0.020	-	0.090	-	4	-
Beton met ander lichtgewicht toeslag (o.a. bims)	500-1800	-	0.030	-	0.090	-	4
Cellenbeton (1)	300-700	0.026	-	0.150	-	4	-
Beton met polystyreen	500-800	-	0.015	-	0.090	-	5
Mortel	250-2000	-	0.040	-	0.150	-	4

Tabel 3: Vochtgehalte en conversiefactoren voor steenachtige materialen[4]

[4] NBN B 62-002: Thermische prestaties van gebouwen Berekening van de warmtedoorgangscoëfficiënten (U-waarden) van gebouwcomponenten en gebouwelementen Berekening van de warmteoverdrachtscoëfficiënten door transmissie (HT-waarde) en ventilatie (HV-waarde): 2008, tabel C.1.

2.2 VORMSTABILITEIT

2.2.1 Definitie

De vormstabiliteit van een (bouw)materiaal is de eigenschap om in veranderende uitwendige omstandigheden zijn afmetingen te behouden.
De vormstabiliteit wordt bepaald door drie parameters:

a) *De thermische uitzetting α, uitgedrukt in mm/mK*
dit is de vormverandering die optreedt in functie van temperatuurschommelingen.
Voor eenzelfde temperatuurverschil zal de vormverandering des te groter zijn naarmate de coëfficiënt α hoger is. Men kiest dus best een materiaal met de laagste α.
b) *De hygrometrische krimp en uitzetting ε_p, uitgedrukt in mm/m*
dit is de vormverandering ten gevolge van het vastgehouden water. Wordt ook 'krimp en kruip' genoemd. Het is aan te raden een bouwmateriaal te verwerken dat niet of minder gevoelig is voor dit verschijnsel.
c) *De verhardingskrimp, uitgedrukt in mm/m*
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.

2.2.2 Waarden

Materiaal	*Thermische uitzetting mm/m.K*	*Hygrometrische uitzetting mm/m*	*Verhardingskrimp mm/m*
Baksteen	0,005	-0.2- +1.0	Geen
Beton	0,010	-0.6-(-0.1)	0,2 tot 0,7
Kalkzandsteen	0,012	-0.4- (-0.1)	0,2 tot 0,7
Cellenbeton	0,012	-0.4- +0.2	0,5 tot 1,1

Tabel 4: Parameters bepalend voor de vormstabiliteit van enkele steenachtige materialen

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 Europese norm EN 1996: Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures: 2005.

BESLUIT
Metselwerk in baksteen is het meest vormstabiele constructiemateriaal. Er is een grondverzakking of onvoldoende draagkracht van de fundering nodig vooraleer scheuren optreden.
Dit verklaart de hoge graad van duurzaamheid van baksteenmetselwerk en de eeuwenoude traditie.

2.3 DRUKSTERKTE

2.3.1 Definitie

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 x B) ongeacht het percentage perforaties en wordt uitgedrukt in Newton per vierkante millimeter: N/mm².

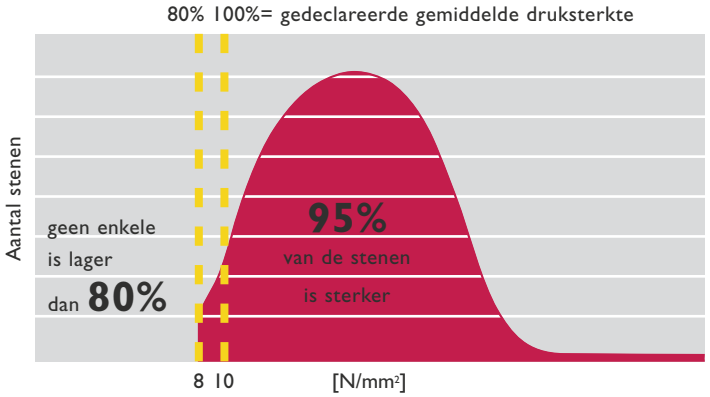
2.3.2 Meetmethode

Volgens de NBN EN 772-1: Metselsteenproeven – Deel 1: Druksterkte: 2000 wordt de baksteen na effening van het oppervlak tussen twee platen aan een toenemende druk onderworpen tot hij breekt. Deze testmethode dient volgens de productnorm op 10 stenen uitgevoerd te worden.

2.3.3 Begrippen

Gemiddelde druksterkte f_m (NBN EN 771-1)

- De gemiddelde druksterkte (figuur 5) is niet zomaar het rekenkundig gemiddelde van de gemeten individuele druksterkten van een monstername van meerdere stenen. Bijkomende beperkingen worden gesteld. Zo mag geen enkele beproefde baksteen 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. De berekening gebeurt met behulp van de methodes van de statistiek, meestal gebaseerd op de normale verdeling van Gauss.



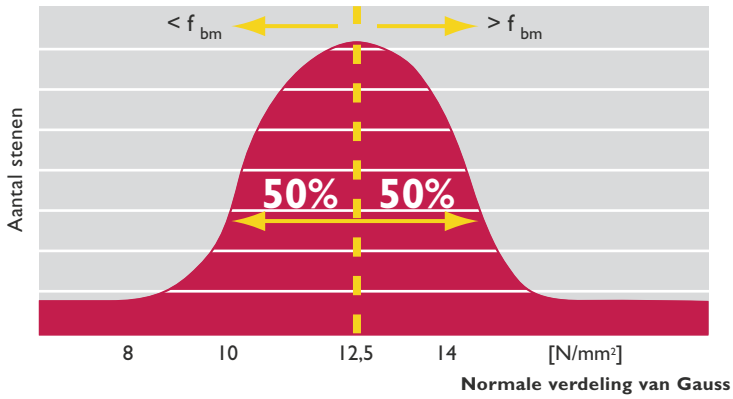
Figuur 5: Gemiddelde druksterkte f_m

Beide beperkingen in de norm hebben tot doel om de spreiding van de individuele waarden te beheersen. Deze is belangrijk voor de beoordeling van de prestaties. 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

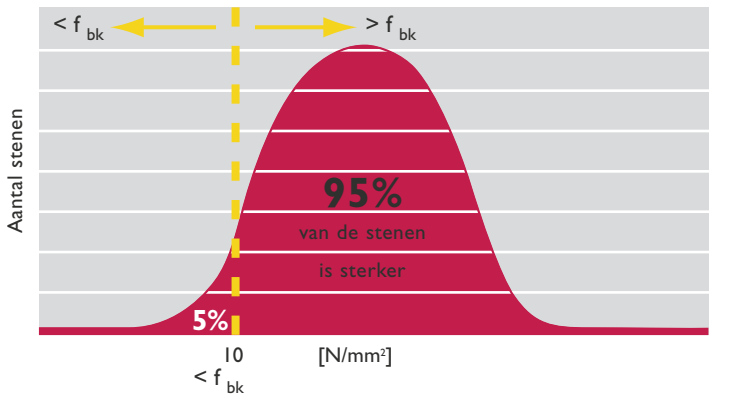
Gemiddelde druksterkte volgens NBN B 24-301 en de karakteristieke druksterkte

Naast deze Europese waarde bestaan nog twee andere waarden voor de druksterkte, namelijk de gemiddelde waarde en de karaktistieke waarde volgens de Belgische norm NBN B 24-301. De gemiddelde waarde $\mathbf{f_{bm}}$ mag **niet** gebruikt worden in stabiliteitsberekeningen. Het is een gemiddelde waarde waarbij geen enkele indicatie wordt aangegeven over de spreiding van de individuele resultaten, figuur 6.



Figuur 6: Gemiddelde druksterkte volgens NBN B 24-301

De karakteristieke waarde f_{bk} volgens de norm NBN B 24-301 zal vanaf 2010 vervangen worden door de gemiddelde Europese waarde f_m. In tegenstelling tot de gemiddelde waarde f_{bm} houdt deze parameter wel rekening met de spreiding op de individuele resultaten, figuur 7.



Figuur 7: Karakteristieke waarde f_{bk}

2.4 REACTIE BIJ BRAND

2.4.1 Definitie

De **reactie bij brand** van een bouwmateriaal 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.

2.4.2 Begrippen

Een materiaal wordt **niet-brandbaar** genoemd wanneer het geen enkel uitwendig verschijnsel van merkbare warmte-ontwikkeling vertoont tijdens een genormaliseerde proef waarbij het aan een voorgeschreven verhitting blootgesteld wordt. Een bouwmateriaal 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.

2.4.3 Normering

Volgens de norm **NBN EN 13501-1**: "Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen-Deel 1: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag" wordt een bouwmateriaal onderverdeeld in klassen van brandbaarheid en ontvlambaarheid: A1, A2, B, C, D, E en F. Tot klasse A1 behoren de bouwmaterialen die op geen enkel ogenblik deelnemen aan de brand of bijdragen aan de brandhaard. Deze materialen produceren geen rook. Deze Europese classificatie vervangt de Belgische classificatie die de bouwmaterialen indeelt in de klasse A0 (niet-brandbaar) en 4 klassen van brandbaarheid en ontvlambaarheid: A1, A2, A3 en A4.

2.4.4 Brandreactie van baksteen

Baksteen wordt steeds in de hoogste brandbestendigheidsklasse A1 ingedeeld. 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 valt. Volgens de oude Belgische classificatie (A0, A1, A2, A3 en A4) wordt baksteen eveneens in klasse A0 - niet brandbaar – ingedeeld.
Onafhankelijk van de gebruikt classificatie (Europees of Belgisch) wordt baksteen in de hoogste klasse geclassificeerd en kan dus in elke toepassing gebruikt worden.

2.4.5 Materiaaleisen

De Belgische wetgeving werd echter nog niet aangepast aan de recente Europese classificatie van bouwmaterialen. De eisen verwijzen dus nog naar de oude Belgische classificatie (A0-A4). Wel wordt er gewerkt aan een ontwerptekst waar de eisen in functie van de Europese klassen worden uitgedrukt. Aangezien dit nog geen officiële regelgeving is en er nog aan kan gewijzigd worden, verwijzen we hier nog naar de oude reglementering.

Het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 (BS 26 april 1995 en 31 december 1996), gewijzigd door het KB van 19 december 1997 (BS 30 december 1997) en het KB van 4 april 2003 (BS 5 mei 2003) geeft de eisen voor de gebruikte materialen in een gebouw.
De materiaaleisen gelden voor alle nieuwe gebouwen waarvoor de bouwaanvraag wordt ingediend vanaf 1 januari 1998, behalve voor:

– gebouwen met maximaal 2 bouwlagen en met een totale oppervlakte van minder dan of gelijk aan 100 m² (LG)
– eengezinswoningen (LG en MG)
– industriegebouwen (LG, MG en HG). Hiervoor zal nog een besluit komen.

Wanden van	*EIS*
Technische lokalen en ruimten Parkeerruimten Collectieve keukens Machinekamers en schachten – van liften en goederenliften – van paternosterliften, containertransport en goederenliften met laad- en losautomaat – van hydraulische liften Stortkokers en de lokalen voor huisvuil	A0
Evacuatiewegen Binnentraphuizen (met inbegrip van sas en overloop) Overlopen van liften Huiskeukens, behalve in de LG	A1
Gevelbekledingen, behalve de decoratieve op de benedenverdieping. Geldt niet voor schrijnwerk en dichtingsvoegen Liftkooien en goederenliften Zalen	A2
Alle andere lokalen – in de laagbouw (LG) – in de middelhoge (MG) – in de hoogbouw (HG)	A3 A4 A4

Tabel 5: Eisen voor de gebruikte materialen in gebouwen

Lage gebouwen (LG): $h < 10$ m
Middelhoge gebouwen (MG): $10 \text{ m} \leq h \leq 25$ m
Hoge gebouwen (HG): $h > 25$ m

De hoogte h is de afstand tussen het afgewerkte vloerpeil van de hoogste bouwlaag en het laagste peil van de door de brandweerwagens bruikbare wegen omheen het gebouw.
Het dak met uitsluitend technische lokalen wordt bij deze hoogtemeting niet meegerekend.
De hoogte h is de afstand tussen het afgewerkte vloerpeil van de hoogste bouwlaag en het laagste peil van de door de brandweerwagens bruikbare wegen omheen het gebouw.
Het dak met uitsluitend technische lokalen wordt bij deze hoogtemeting niet meegerekend.

2.5 VORSTBESTANDHEID

2.5.1 Definitie

Vorstbestandheid is de graad waarin een 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 vorstbestandheid gebeurt volgens genormaliseerde proefmethoden.

2.5.2 Declaratie vorstbestandheid

De baksteen wordt onderverdeeld in drie categorieën. In PTV 23-003 worden volgende definities gegeven:

- Niet vorstbestand: de baksteen mag niet gebruikt worden voor zichtbaar buitenmetselwerk
- Normaal 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 onbeschermde volle muren
  - het buitenblad van niet-verluchte spouwmuren
  - geverfde buitenbladen
  - grondkeermuren
  - horizontale vlakken

Ook bij het 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 blootstellingsklasses:

- F0 Passieve klimatologische omstandigheden
- F1 Gematigde klimatologische omstandigheden
- F2 Strenge klimatologische omstandigheden

2.5.3 Meetmethode

Ter bepaling van de vorstbestandheid van bakstenen bestaat nog geen geuniformiseerde Europese proefmethode. Wel bestaat er een techische specificatie **TS 772-22**: Metselsteenproeven – Deel 22: Bepaling van de vries-dooiweerstand van metselbakstenen. Tot er duidelijkheid is over de status van dit document wordt de vorstbestandheid van metselbakstenen bepaald met behulp van een nationale methode. In België wordt voorlopig de vorstbestandheid beproefd volgens de norm NBN B 27-009 + add.2: 1983: vorstbestandheid en vorst-dooicyclussen.

In afwachting van de beschikbaarheid van voldoende gegevens omtrent de relatie tussen de classificatie volgens de Europese norm en de Belgische beoordelingsmethode wordt in de PTV 23-003 in het kader van BENOR-certificatie een aantal overeenstemmingsregels gegeven.

Voor stenen die ingedeeld worden als **zeer vorstbestand** volgens de Belgische norm, wordt automatisch de declaratie **F2** aanvaard.
Voor stenen die als **normaal vorstbestand** gecatalogeerd zijn, wordt de declaratie **F2** eveneens aanvaard, mits via ITT volgens EN 771-1 is aangetoond dat de stenen niet beschadigd worden na 100 vorst-dooicycli bij beproeving volgens TS 772-22.
Voor stenen die als **normaal vorstbestand** worden gecatalogeerd, maar die niet beproefd zijn volgens TS 772-22 of die de 100 cycli niet halen zonder beschadiging, wordt de declaratie **F1** aanvaard.
Stenen die **niet** als **vorstbestand** gecatalogeerd zijn, worden beschouwd als blootstellingsklasse **F0**.
Het BENOR-merk ondersteunt geen declaraties van het type F1 of F2, indien geen classificatie volgens NBN B 23-002 beschikbaar is.

2.5.4 Vorstbestandheid van baksteen

Vrijwel alle gevelbakstenen zijn minstens gewoon vorstbestand, de meesten zijn zeer vorstbestand.
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 om bepleisterd te worden en hoeft dus niet vorstbestand te zijn. Snelbouw in de hoedanigheid gewoon vorstbestand wordt wel vrij courant gemaakt, maar is niet overal beschikbaar.

3 ONTWERP EN BEREKENING VAN METSELWERK VOLGENS EUROCODE 6

3.1 BEGRIPPEN

– **Zichtbaar 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. Voor decoratief metselwerk wordt 'gevelbaksteen' (PTV 23-002) gebruikt. 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**
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.

– ***Binnenmetselwerk***
Metselwerk dat niet aan weersinvloeden is blootgesteld. Hieronder vallen de binnenmuren, maar ook buitenmuren die door adequate bepleistering of bekleding tegen weersinvloeden beschermd worden.

– ***Buitenmetselwerk***
Metselwerk dat aan het buitenklimaat blootgesteld is moet opgetrokken worden in stenen die vorstbestendig zijn. Meestal volstaat de kwaliteit "normaal vorstbestendig".

Voor sommige toepassingen (schoorsteenkoppen, paramenten van spouwmuren waarvan de spouw volledig met isolatiemateriaal gevuld is, schuine vlakken, grondkeermuren met moeilijk af te dichten keerzijde,...) is echter de kwaliteit 'zeer vorstbestendig' een absolute noodzaak.

– ***Niet-dragend metselwerk***
Metselwerk dat niet bijdraagt tot de stabiliteit van het gebouw.

– ***Dragend metselwerk***
Metselwerk dat bijdraagt tot de stabiliteit van het gebouw. Bij kleine gebouwen – zoals eengezinswoningen – volstaat het de traditionele muurdikten te voorzien. Berekening is niet nodig.
Voor hogere gebouwen is het nodig de drukspanningen te berekenen en bijzondere eisen te stellen aan de stenen en de mortel (en aan de kwaliteit van de uitvoering). In dergelijk geval spreekt men van berekend dragend metselwerk. De beoordeling of een bepaalde muur als 'gewoon' of als 'berekend' dragend metselwerk moet beschouwd worden, is de taak van de stabiliteitsingenieur.

– ***Andere soorten metselwerk***
In de normen en in sommige handboeken worden nog andere soorten metselwerk aangegeven, zoals 'warmte-isolerend metselwerk', 'geluidswerend metselwerk', 'brandwerend metselwerk',... In de praktijk worden aan metselwerk meestal meerdere eisen tegelijk gesteld. Zo wordt van 'brandwerend' metselwerk (bij voorbeeld rond liftkokers) in de regel ook verlangd dat het geluidswerend is.

3.2 UITZETTINGSVOEGEN

3.2.1 Definitie

Uitzettingsvoegen en zettingsvoegen worden uitgevoerd als elastische voeg waardoor het metselwerk in onderling onafhankelijke vakken verdeeld wordt.
Zettingsvoegen zijn nodig wanneer differentiële zettingen te verwachten zijn, hetzij door de aard van de ondergrond, hetzij bij belastingsverschillen (vb.: een tuinmuur in het verlengde van de gevel van een gebouw). Bij een homogene funderingsbodem wordt door de uitzettingsvoegen een zekere uitzetting van het materiaal toegestaan zodat scheuren in het metselwerk vermeden worden. De afstand tussen de uitzettings- of dilatatievoegen is afhankelijk van welke soort van materiaal gebruikt wordt.

3.2.2 Waarden

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

Metselsteen	*Hygrometische 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*

Tabel 6: Horizontale afstand tussen dilatatievoegen voor metselmaterialen

*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 gevelmetselwerk van sterk geïsoleerde wanden een lagere waarde aan: 15 à 20 m.

De afstand tussen de uitzettingsvoegen kan met 50% verhoogd worden als de voegen van het metselwerk gewapend zijn (zie paragraaf 3.6)

De Belgische ontwerpnorm NBN B 24-301 zal vanaf 2010 vervangen worden door Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 2: Design considerations, selection of materials and execution of masonry. De waarde van de maximale horizontale afstand tussen dilatatievoegen in metselwerk zal te vinden zijn in de nationale annex van deze Eurocode.

3.2.3 Besluit

De grote vormstabiliteit is een van de voornaamste troeven van baksteen waardoor veel minder uitzettingsvoegen nodig zijn dan bij andere bouwmaterialen.

3.3 METSELVERBANDEN

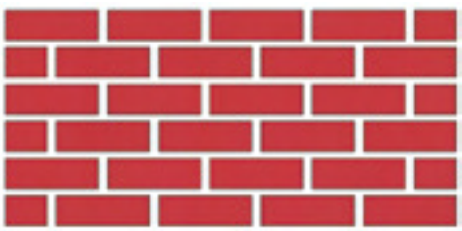
Hoewel in de huidige bouwwereld voornamelijk het halfsteensverband gebruikt wordt, kunnen ook andere verbanden toegepast worden. Uit de jarenlange praktijk van de volle muur in metselwerk zijn een aantal constructieve regels gegroeid voor metselverbanden.

3.3.1 Regels

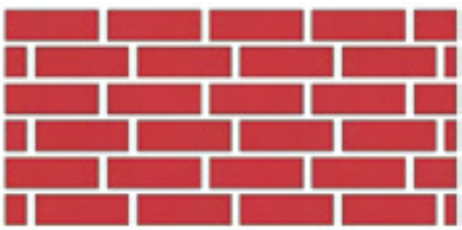
Het metselverband moet voldoen aan volgende voorwaarden:

- 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 aan de lengte of de breedte overtreft. (voornamelijk van belang bij openingen)
- Het is af te raden in één en hetzelfde metselwerk verschillende soorten metselstenen te verwerken.

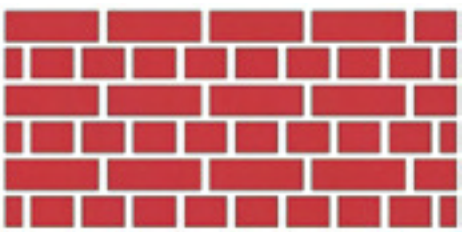
3.3.2 Enkele types metselverbanden



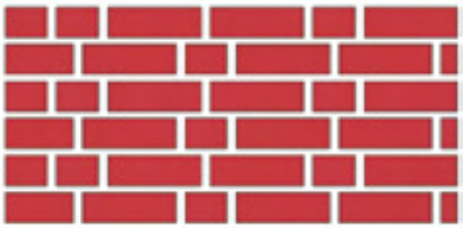
Strekverband of halfsteensverband of Grieks verband
De verticale voegen verspringen met de helft van de baksteenlengte.



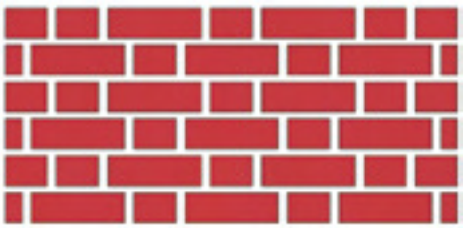
Kwart-strekverband of klezorenverband (genaamd naar een klezoor: driekwart van een baksteen)
De verticale voegen verspringen op 1/4 of 3/4 van de bakteenlengte.



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



Kettingverband
Alle lagen bestaan uit opeenvolgend een kop en twee strekken.



Vlaams verband
Alle lagen bestaan uit opeenvolgend een strek en een kop.

Wildverband
Het metselwerk bestaat uit een willekeurige opeenvolging van koppen, strekken en klezoren.

3.4 GEVELMETSELWERK

3.4.1 Definitie

Gevelmetselwerk is decoratief metselwerk dat het gebouw afschermt van 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.

3.4.2 Werking

Eerste bescherming tegen neerslag

Bij een fikse stortbui van een tiental minuten krijgt het buitenspouwblad ongeveer 10 liter water per m^2 te verwerken. Dankzij het **waterbufferend vermogen van baksteenmetselwerk** wordt een groot deel hiervan opgezogen in de baksteen, een tweede deel loopt aan de buitenzijde van het gevelmetselwerk naar beneden, een laatste 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.

Tweede 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.

Besluit

Wegens zijn quasi onbeperkte levensduur en zijn tweevoudige bescherming tegen ons regenachtige klimaat, bestaat voor een spouwmuur uit baksteenmetselwerk geen alternatief met gelijke kwaliteit.

3.5 DRAGEND METSELWERK

Een gebouw in dragend metselwerk is een constructie waarbij het metselwerk de dragende structuur van het gebouw vormt.

Hoewel dragend metselwerk een eeuwenoude bouwwijze is – traditionele eengezinswoningen worden altijd uitgevoerd in dragend metselwerk – is men pas rond 1960 begonnen met de systematische studie van deze techniek en de te volgen rekenmethoden. Een gevolg hiervan is dat men veel heeft overgenomen van de reeds eerder vastgelegde berekeningswijzen voor gewapend beton.

3.5.1 Niet-berekend dragend metselwerk

Baksteenmetselwerk heeft een breukweerstand die afhankelijk is van de gebruikte baksteen en de mortelsoort. De breukweerstand van metselwerk in gewone snelbouw ligt zelden lager dan 5 N/mm^2, terwijl de gemiddelde drukspanningen die bij lage gebouwen in de muren heerst gewoonlijk niet meer bedraagt dan 1 N/mm^2.
Hieruit volgt dat het in regel totaal overbodig is om het metselwerk voor eengezinswoningen te berekenen, mits het in acht nemen van enkele eenvoudige regels:

- keldermuren: minstens 29 cm dikte
- dragende muren met voldoende lengte: minstens 14 cm dikte als het gebouw tot 3 bouwlagen heeft
- niet-dragende muren: minstens 9 cm dikte

In veel gevallen zou het uit oogpunt van de stabiliteit verantwoord zijn om lagere muurdikten te kiezen, maar niet voor andere aspecten: thermische en akoestische isolatie, het insnijden van leidingsleuven,…

Deze regels gelden niet altijd voor metselwerk in lichte snelbouwbaksteen wanneer de gemiddelde drukweerstand kleiner wordt dan 5 N/mm^2 (blokken met $f_m \leq 12$ N/mm^2). In dit geval is het noodzakelijk een dikte te voorzien van tenminste 19 cm. Een vuistregel is dat men best geen dragende muren bouwt waarvan de vrije hoogte groter is dan 25 x de dikte, tenzij de muur zijdelings voldoende gesteund is.

Besluit

Voor traditionele eengezinswoningen kan men vaststellen dat de drukweerstand van baksteenmetselwerk altijd een veelvoud is van de effectieve spanningen, zodat het overbodig is hiervoor in het bestek bijzondere eisen te stellen aan de bakstenen.

3.5.2 Berekend dragend metselwerk

Om een stabiliteitsberekening van metselwerk te maken wordt meestal beroep gedaan op een studiebureau. De eisen gesteld aan het ontwerp en de berekening van dragend metselwerk zijn beschreven in de Belgische norm NBN B 24-301: Ontwerp en berekening van metselwerk. Vanaf 2010 zal de berekening echter moeten uitgevoerd worden volgens de regels uit de Europese norm EN1996: Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures: 2005 (+ nationale annex)

3.5.2.1 Overzicht belangrijkste eisen NBN B 24-301

Net zoals bij beton en staal zijn er twee verschillende berekeningswijzen:

– de methode der grenstoestanden;
– de methode der toelaatbare spanningen.

In de praktijk leiden beiden tot ongeveer dezelfde resultaten vermits men in het gebied van de elastische vervormingen blijft en de veiligheidscoëfficiënten van dezelfde grootte-orde zijn.

De rekenmethodebestaat uit drie delen:

1. bepalen van de optredende belastingen en de daaruit voortvloeiende (effectieve) spanningen;
2. berekening van de mechanische drukweerstand van het metselwerk;
3. nazicht of het metselwerk kan weerstaan aan de optredende belastingen.

3.5.2.1.1 Deel 1: Berekening van de effectieve spanningen

Elke constructie kan aan drie soorten werkingen onderhevig zijn:

- de blijvende werkingen: het eigengewicht
  Te bepalen aan de hand van de nominale gegevens m.b.t. de gebruikte bouwmaterialen. Cijfergegevens in NBN B 03-102.
- de veranderlijke werkingen: de belastingen
  De nominale en karakteristieke waarden worden gegeven in:
  NBN B 03-002 en NBN B 03-103.
- de toevallige werkingen

De berekening van de effectieve spanningen ten gevolge van deze werkingen gebeurt volgens de klassieke stabiliteitsregels. Om praktische redenen worden de spanningen veroorzaakt door horizontale en verticale belastingen afzonderlijk berekend.

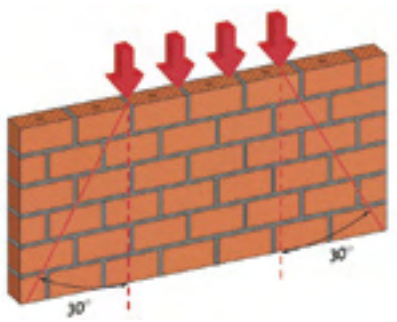
Horizontale belastingen

Bij woongebouwen tot hoogstens 10 m zijn de spanningen ten gevolge van de winddruk meestal te verwaarlozen. Voor hogere gebouwen is berekening van de winddruk absoluut noodzakelijk.

De norm NBN B 24-301 stelt dat een niet aan winddruk onderhevig gebouw toch dient te weerstaan aan een horizontale belasting gelijk aan 1% van de blijvende verticale belasting, aangrijpend in het zwaartepunt van elke draagmuur tussen de verdiepingen (of op halve hoogte van het gebouw als de blijvende verticale belasting op elke verdieping dezelfde is).

Verticale belastingen

Rekening houdend met de draagrichting van de vloer mag de belasting van de muur herleid worden tot verticale krachten aangrijpend op de uiteinden boven- en onderaan, met een excentriciteit afkomstig van het door de vloer overgebrachte moment. Deze excentriciteiten blijven meestal vrij beperkt.
Cijfermateriaal voor de bepaling van de excentriciteiten in NBN B 24-301.
Bij plaatselijke verticale belastingen (puntlasten) wordt aangenomen dat deze zich gelijkmatig verdelen volgens de tekening:



Figuur 8: Verdeling verticale belastingen

3.5.2.1.2 Deel 2: Berekening van de mechanische sterkte van het metselwerk

De mechanische sterkte van metselwerk wordt bepaald door:

- de druksterkte;
- de schuifsterkte;
- de buigsterkte.

Baksteenmetselwerk is meestal ontworpen om hoofdzakelijk op druk belast te zijn.

3.5.2.1.2.1 Karakteristieke druksterkte

1. Karakteristieke druksterkte van metselwerk (f_k)

De norm NBN B 24-301 voorziet verschillende methoden om de karakteristieke druksterkte van metselwerk te bepalen:

1. *Drukproeven op muren*
   Zijn proeven op muren of kolommen op werkelijke schaal (NBN B 24-212). Vanwege de hoge kosten worden deze proeven slechts uitgevoerd in het kader van een onderzoeksprogramma of in een zeldzaam geval. Statistische interpretatie, en bijgevolg de bepaling van de karakteristieke druksterkte van het metselwerk is in de praktijk niet mogelijk.
2. *Drukproeven op muurtjes*
   Zijn proeven op muurtjes met geringe slankheid of op pijlertjes (NBN B 24-211). De druksterkte wordt doorgaans afgeleid van 15 opeenvolgende drukproeven. Indien er slechts drie worden beproefd is een bijkomende beoordelingsmaatstaf voorzien.
3. *Drukproeven op de materialen*
   In de meeste gevallen wordt de karakteristieke druksterkte van het metselwerk bepaald aan de hand van de mortelcategorie en de gecorrigeerde karakteristieke druksterkte f_{bk} van de bakstenen. In de norm zijn hiervoor tabellen opgenomen. Door toedoen van ingebouwde veiligheidsfactoren worden door deze methode lagere waarden bekomen.

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

De gecorrigeerde karakteristieke druksterkte $f_{bk,corr}$ wordt bekomen door de karakteristieke druksterkte f_{bk} te delen door een 'vormfactor c'. De vorm van het proefstuk heeft een belangrijke invloed op het resultaat van de drukproef.

NBN B 24-301 *Ontwerp en berekening van metselwerk* bevat tabellen om aan de hand van de druksterkte van de metselstenen en van de mortel, de karakteristieke druksterkte van het metselwerk te kunnen aflezen. Zo zijn proeven op volledige muren niet noodzakelijk.

Om deze tabellen te mogen gebruiken voor andere afmetingen dan die van het monster waarop de drukproef wordt uitgevoerd, corrigeert men de karakteristieke druksterkte door te delen door een 'vormfactor c'.

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

Tabel 7: Vormfactoren c voor dragend metselwerk

Voorbeeld:

Een reeks drukproeven op snelbouwbakstenen met formaat van 290 x 140 x 140 geeft een gemiddelde druksterkte van 17,7 N/mm², berekend uit 20 waarden, gaande van 16,3 tot 19,1 N/mm².
Een maat voor de spreiding van de proefresultaten is de standaardafwijking.

De standaardafwijking $s = \sqrt{\sum \frac{(x - x_m)^2}{n - 1}} = 0{,}75$

met x een gemeten waarde voor de druksterkte
x_m de gemiddelde druksterkte (hier = 17,7)
n het aantal uitgevoerde drukproeven (hier = 20)

De karakteristieke druksterkte bedraagt dan:
$f_{bk} = f_{bm} - 1{,}64 . s = 17{,}7 - 1{,}64 . 0{,}75 = 17{,}2$ N/mm²
De gecorrigeerde druksterkte is:
$f_{bk,corr} = f_{bk} / c = 17{,}2 / 1{,}23 = 14$ N/mm²
Uit dit voorbeeld blijkt duidelijk dat de gecorrigeerde karakteristieke druksterkte veel lager ligt dan de gemiddelde druksterkte van de baksteen.

VERKLARING VORMFACTOR

Twee bakstenen met dezelfde hardheid, maar van verschillend formaat geven bij het meten van de drukweerstand (breuklast gedeeld door de legoppervlakte) een verschillende waarde. Bij hoge, smalle bakstenen wordt een lagere drukweerstand gemeten dan bij brede, lage bakstenen met dezelfde hardheid.

Dit verschijnsel (dat zich bij alle metselstenen voordoet) is te wijten aan de insnoering ('frettage') die door de platen van het druktoestel op het oppervlak van de stenen wordt uitgeoefend. Door de wrijving van de metalen drukplaten kunnen de stenen immers niet zijdelings dilateren, waardoor de stenen een hogere drukspanning kunnen opnemen. Hoe hoger de steen is in verhouding tot zijn legoppervlakte, hoe minder dit effect speelt. Een lage steen ondervindt veel wrijving en krijgt een hogere gemeten druksterkte toegewezen.

Bij isotrope materialen zoals vol beton of mortel wordt het probleem van de vergelijkbaarheid opgelost door steeds proefstukken van dezelfde afmetingen te maken. Zo wordt beton meestal in een kubus van 200 x 200 x 200 mm gemeten. Baksteen is niet isotroop (o.m. omwille van de perforaties) en daarom wordt gebruik gemaakt van een vormfactor die de metingen op verschillende formaten vergelijkbaar moet maken.

De Belgische norm NBN B 24-301 geeft de waarden van de vormfactor voor de verschillende afmetingen die toelaten de gemeten drukweerstand om te rekenen naar een theoretisch formaat van 200 x 200 x 200 mm.
Hoge, smalle bakstenen hebben een vormfactor ongeveer gelijk aan 1. Bakstenen die minder hoog dan breed en lang zijn (het meest voorkomend geval) hebben een vormfactor die tussen 1 en 2 ligt.
Er zijn veel 'vormfactoren' in omloop en de waarden uit de Belgische norm zijn niet onomstreden. Dit geldt ook voor de vormfactoren in buitenlandse en Europese normen. Inderdaad gaat het in de regel om empirisch vastgestelde factoren en er zijn terzake evenveel opvattingen als er experten zijn.

Toch zijn de vormfactoren nuttig. Ook al zijn ze nooit helemaal correct, ze wijzen ons op het feit dat we de minder goede resultaten op 'slanke' stenen niet zomaar mogen vergelijken met de hoge waarden die gemeten worden op 'platte' stenen.
In buitenlandse normen en in de Europese norm EN 772-1 zijn andere vormfactoren opgenomen die soms verschillend zijn van de Belgische. Als algemene regel kan gesteld worden dat de cijfers uit de Belgische norm meer extreem zijn en grotere correcties impliceren.

3. Gebruik van tabellen voor de bepaling van de karakteristieke druksterkte van het metselwerk

De karakteristieke druksterkte van het metselwerk kan worden afgelezen op onderstaande tabel in functie van de categorie van de genormaliseerde mortel en van de gecorrigeerde karakteristieke druksterkte van de baksteen.

$f_{bk,corr}$ [N/mm²]	Mortelcategorie				
	M1	M2	M3	M4	M5
	Waarden van f_k [N/mm²]				
≥60	17,7	15,5	13,2		
50	16,5	13,8	11,5		
45	15,3	12,8	10,5		
40	14,3	12,0	10,0		
35	13,3	11,0	9,0	7,7	6,5
30	12,2	10,0	8,0	7,0	6,0
25	10,9	9,2	7,3	6,2	5,3
20	9,6	8,0	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	3,0
5	3,3	3,1	2,7	2,5	2,2
2,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

Tabel 8: Karakteristieke druksterkte van metselwerk i.f.v. de druksterkte van mortel en steen

Bakstenen met een hoge gecorrigeerde karakteristieke druksterkte komen niet courant voor.

3.5.2.1.2.2 De slankheid van de muren

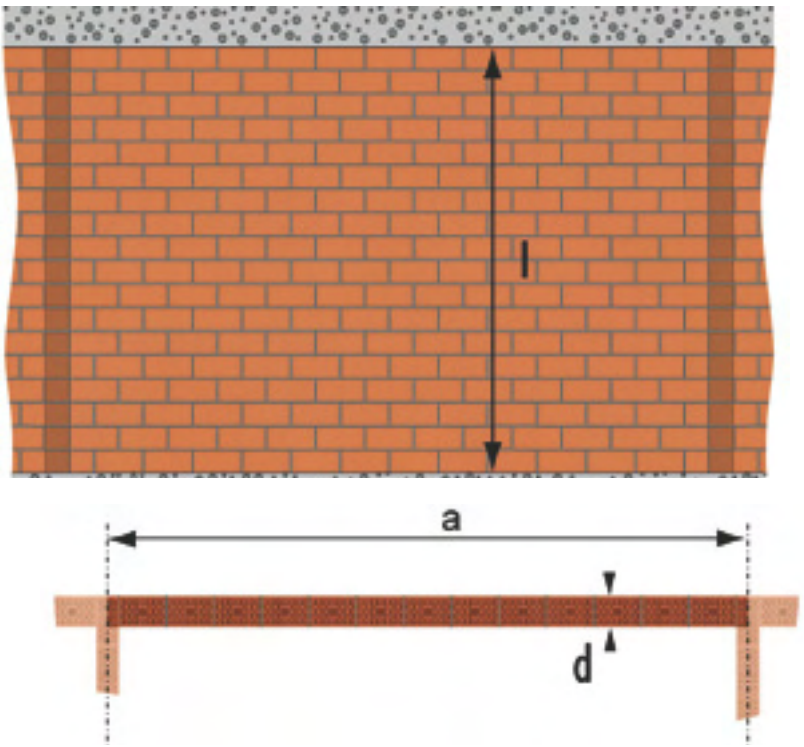
De geometrische slankheid kan nagegaan worden volgens NBN B 24-301.
De geometrische slankheid S geeft aan de ontwerper nuttige informatie over de noodzaak van verstijvingsmuren aan de rand van een wand met een bepaalde dikte.

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

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

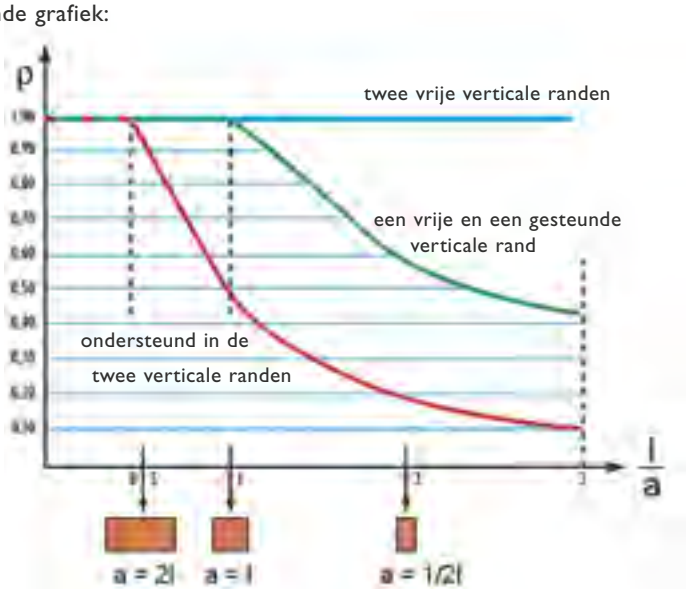
ρ = factor in functie van de voorwaarden van de verticale randen (geen, 1 of 2 verstijvingsmuren) en van de verhouding hoogte l / lengte a van de beschouwde muur (zie grafiek).

Voor dragende muren moet S ≤ 25 zijn.



Figuur 9: Afmetingen ter bepaling van de slankheid van muren

De waarden voor ρ (afhankelijk van de vrije hoogte l en de lengte a van de wand) kunnen afgelezen worden op volgende grafiek:



Figuur 10: ρ in functie van vrije hoogte en lengte van de wand

PRAKTISCHE WAARDEN

De geometrische slankheid van dragende muren hangt af van de verhouding tussen de hoogte en de dikte van de muur en van de lengte. Deze lengte a is de afstand tussen de lengte-assen van de verstijvingsmu(u)r(en).
Ook is de inklemming aan kop en voet van de muur van belang.

Volgende vuistregels kunnen gehanteerd worden:

- **Voor een muurdikte van 14 cm**
  De maximaal toegelaten hoogte van een vrijstaande dragende muur is 3,5 m.
  Afwijkingen: er kan hoger gegaan worden:
  - met een verstijvingsmuur aan één rand: als $l \leq a$
    Voorbeeld: als $l = a/2$ mag de hoogte l tot 6 m bedragen.
  - met een verstijvingsmuur aan elke rand: als $l \leq 2a$
    Voorbeeld: als $l = a$ dan mag l (a) tot 7 m bedragen.

  Vanaf een lengte van 3,5 m mag de hoogte l van 3,5 m enkel overschreden worden als er twee verstijvingsmuren geplaatst worden.

- **Voor een muurdikte van 19 cm**
  De maximaal toegelaten hoogte van een vrijstaande dragende muur is 4,75 m.
  Afwijkingen: er kan hoger gegaan worden:
  - met een verstijvingsmuur aan één rand: als $l \leq a$
    Voorbeeld: als $l = a/2$ mag de hoogte l tot 8 m bedragen.
  - met een verstijvingsmuur aan elke rand: als $l \leq 2a$
    Voorbeeld: als $l = a$ dan mag l (a) tot 9,5 m bedragen.

  Vanaf een lengte van 4,75 m mag de hoogte l van 4,75 m enkel overschreden worden als er twee verstijvingsmuren geplaatst worden.

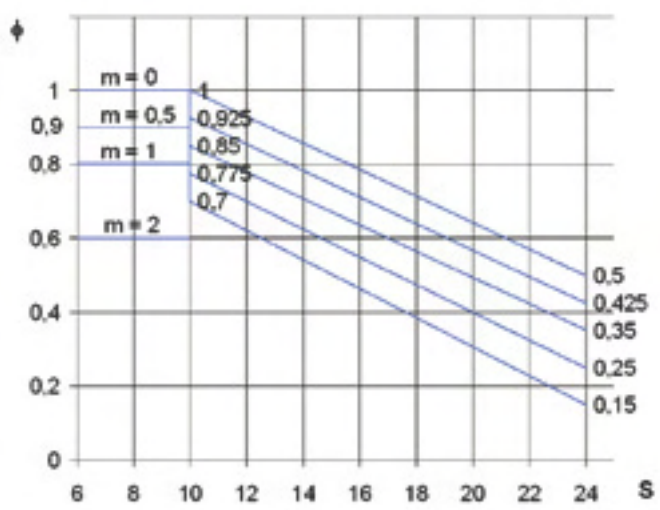
3.5.2.1.2.3 De verminderingsfactor Φ

De verminderingsfactor ϕ is een reductiefactor van de weerstand van het metselwerk in functie van de geometrische slankheid S en de relatieve excentriciteit m van de belastingen.

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

e = de excentriciteit van de belastingen berekend volgens NBN B 24-301
d = de muurdikte

De verminderingsfactor ϕ is gegeven in onderstaand diagramma:



Figuur 11: Verminderingsfactor in functie van de slankheid S

3.5.2.1.3 Deel 3: Eigenlijk nazicht van de sterkte van metselwerk

Het nazicht van de stabiliteit van het metselwerk bestaat erin aan te tonen dat de krachten die op het metselwerk aangrijpen kleiner zijn dan de berekende sterkte van het metselwerk, rekening houdend met de excentriciteit van de belastingen en de slankheid van de muren.

Werkwijze voor de berekening van de weerstand van de wand:

Vertrekkende van de karakterisitieke druksterkte f_{bk} van de baksteen, wordt de gecorrigeerde karakteristieke druksterkte $f_{bk,corr}$ berekend. Uit voorgaande tabel wordt samen met gemiddelde druksterkte van de mortel f_m de karakteristieke druksterkte van metselwerk f_k afgeleid.

Deze wordt gereduceerd met een verminderingsfactor ϕ om rekening te houden met de excentriciteit en de slankheid van de wand. Vermenigvuldiging van deze gereduceerde druksterkte van het metselwerk met de dikte van de wand ($\phi \times f_k \times d$) geeft de kracht per lopende m die een muur kan dragen.

Op de website van de Belgische Baksteenfederatie vindt U een rekenmodule die deze berekening voor U uitvoert: www.baksteen.be

3.5.2.2 Overzicht belangrijkste eisen EN 1996

Zoals eerder vermeld zal in de toekomst (vanaf 2010) de berekening van metselwerk gebeuren aan de hand van de aanbevolen rekenregels in de Europese norm EN 1996 (Eurocode 6) Design of masonry structures Part 1.1: General rules for buildings - Rules for reinforced and unreinforced masonry (EN 1996-1-1).

Volgens de Europese norm EN 1996 kan enkel gerekend worden volgens de methode van de grens-toestanden.
Het achterliggende principe voor deze berekening is in theorie zeer eenvoudig. In drie stappen kan nagegaan worden of het metselwerk voldoet voor de voorziene toepassing:

- Deel 1: Bereken de aangrijpende belasting op het metselwerk
- Deel 2: Bereken de mechanische sterkte van het metselwerk
- Deel 3: Vergelijk de optredende belastingen met de sterkte van het metselwerk

3.5.2.2.1. Deel 1: Bereken de aangrijpende belasting op het metselwerk

Zoals in vorige paragraaf reeds vermeld, kan een structuur onderworpen worden aan drie soorten belastingen (blijvende belastingen, veranderlijke belastingen en toevallige belastingen). De regels voor het opstellen van de correcte belastingscombinaties worden weergegeven in Eurocode 1: EN 1991: Actions on structures: 2002.

3.5.2.2.2. Deel 2: Bereken de mechanische sterkte van het metselwerk

3.5.2.2.2.1.Karakteristieke druksterkte van metselwerk volgens EN 1996 met ANB

De karakteristieke druksterkte van metselwerk wordt bepaald uit:
1. het resultaat van drukproeven op wanden volgens de Europese norm EN 1052-1.
2. het resultaat van een berekening uitgaande van de druksterkten van de mortel en de baksteen.
De formule voor het berekenen van de karakteristieke druksterkte van metselwerk is te vinden in de nationale annex (ANB) van EN 1996. Deze bijlage bevat verschillende parameters die nationaal ingevuld mogen worden. Dit document is nog niet definitief, wijzigingen in de parameters kunnen eventueel nog voorkomen.

Afhankelijk van de gebruikte mortel en de uitvoering hiervan (klassieke metselmortel of dunvoegmortel) wordt een andere formule gebruikt.

Mortel voor algemene toepassing

Voor metselwerk met metselstenen waarvan de genormaliseerde druksterkte niet hoger is dan 75N/mm² wordt de volgende formule toegepast:

$$f_k = K . f_b^{0,65} . f_m^{0,25}$$

Hierin zijn:

f_k karakteristieke druksterkte van het metselwerk
f_b genormaliseerde drukweerstand van de metselstenen
f_m gemiddelde drukweerstand van de mortel
K constante, afhankelijk van de steensoort en van de aard van het metselwerk

De genormaliseerde druksterkte is analoog aan de gecorrigeerde karakteristieke druksterkte in de norm NBN B 24-301 een gecorrigeerde waarde. De gemiddelde druksterkte van de metselstenen wordt aangepast met behulp van twee factoren, de vormfactor δ en de conditioneringsfactor δ_c. De vormfactor (tabel 9) houdt rekening met de invloed van het formaat van de baksteen op de gemeten druksterkte. De rekenformules zijn immers opgesteld op basis van een kubus met een zijde van 10cm. De conditioneringsfactor houdt rekening met de omstandigheden waarin het proefstuk wordt beproefd. De waarde voor deze factor is gelijk aan 1, aangezien de verklaarde waarde volgens NBN EN 771-1 moet gelden op luchtdroge monsters.

$f_b = f_m \,.\delta.\delta_c$ met f_m de gemiddelde drukweerstand van de metselstenen

Hoogte baksteen [mm]	*Kleinste horizontale afmeting [mm]*				
	50	*100*	*150*	*200*	*250*
40	0,80	0,70	-	-	-
50	0,85	0,75	0,70	-	-
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
250	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

Tabel 9: Vormfactoren volgens NBN EN 772-1: Metselsteenproeven – Deel 1: Druksterkte: 2000

Opgelet! Deze vormfactoren zijn verschillend van deze die in de Belgische norm worden gebruikt omdat met andere formules gerekend wordt.

De waarde van K is afhankelijk van de perforaties, dus van de groep waarin de steen wordt ingedeeld.
K= 0.5 voor groep 1
K= 0.5 . $\delta^{-0.65}$ voor groep 2
K= 0.4 . $\delta^{-0.65}$ voor groep 3

Lijmmortel
Indien de genormaliseerde drukweerstand van de baksteen niet groter is dan 50N/mm² wordt de volgende formule gebruikt:

$f_k = K \cdot f_b^{0,80}$

K= 0.5 . $\delta^{-0.80}$ voor groep 2
K= 0.4 . $\delta^{-0.80}$ voor groep 3

3.5.2.2.2.2 Reductiefactor voor slankheid en excentriciteiten

De reductiefactor Φ wordt ingerekend om rekening te houden met de slankheid van het metselwerk en eventuele excentriciteit van de belasting. Beide verminderen de weerstand van het metselwerk. De waarde van deze factor is afhankelijk van de beschouwde plaats op de metselwerkwand:

– Aan boven-of onderzijde van de wand (Φ_i)

$$\Phi_i = 1 - 2\frac{e_i}{t}$$

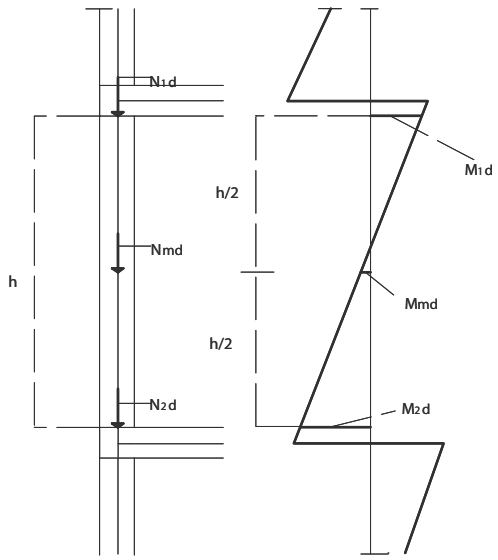
met

e_i = excentriciteit aan boven-of onderzijde van de wand

t = dikte van de wand

De excentriciteit is afhankelijk van

– het moment M_{id}, veroorzaakt door de excentreit van de belasting van de vloer (zie figuur 12)
– de verticale kracht N_{id}
– de excentriciteit e_{he} aan de boven-of onderzijde van de wand, afkomstig van horizontale belastingen (wind,...)
– de initiële excentriciteit e_{init}



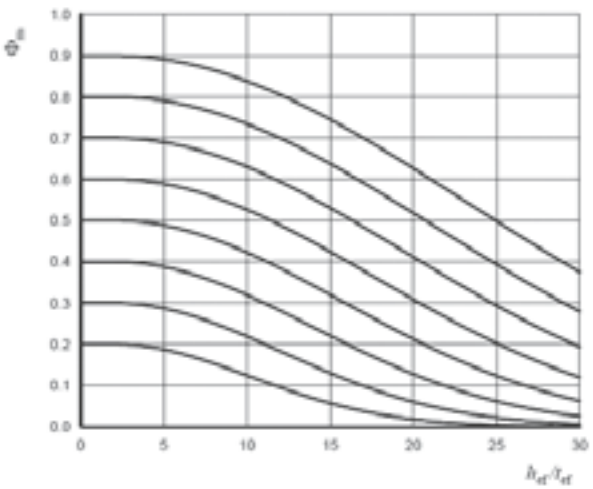
Figuur 12: Momenten nodig voor de berekening van de excentriciteiten[5]

en wordt als volgt bepaald:

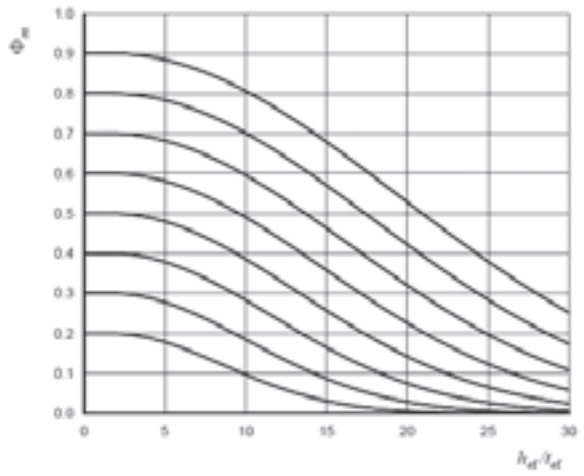
$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0.05 \cdot t$$

[5] EN 1996-1-1: Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures, 2005.

– In het midden van de wand (Φ_m)
  De waarden voor de reductiefactor ter plaatse van het midden van een metselwerkwand kunnen analoog berekend worden of kunnen op volgende figuren afgelezen worden:



Figuur 13: Waarden voor Φ_m i.f.v. de slankheid (h_{ef}/t_{ef}) voor verschillende excentriteiten voor metselwerk met een E-modulus van 1000 f_k[6]



Figuur 14: Waarden voor Φ_m i.f.v. de slankheid voor verschillende excentriteiten voor metselwerk met een E-modulus van 700 f_k[7]

[6] EN 1996-1-1: Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures, 2005.
[7] EN 1996-1-1: Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures, 2005.

De reductiefactor Φ houdt zowel volgens de Belgische norm NBN B 24-301 als de Europese norm EN 1996 rekening met de invloed van excentriciteiten en de slankheid van de constructie. De factor wordt volgens de beide normen op een verschillende manier berekend. Volgens de Belgische norm kan de slankheid op figuur 11 afgelezen worden i.f.v. de slankheid en de **relatieve excentriciteit m**. Volgens de Europese norm EN 1996 kan de reductiefactor afgelezen worden op de figuren 13 en 14 i.f.v. de slankheid en de **excentriciteit**.

3.5.2.2.3 Deel 3: Vergelijk de optredende belastingen met de sterkte van het metselwerk

$$\gamma \cdot N_{Ek} \leq \frac{N_{Rk}}{\gamma_M}$$

N_{Ek} = Verticale belastingen
$N_{Rk} = \Phi \cdot t \cdot f_k$
Met
Φ = reductiefactor
t = dikte van de wand
f_k = karakteristieke druksterkte van metselwerk
γ = Veiligheidsfactor op de belasting
γ_M = Veiligheidsfactor op het materiaal

Ter controle van het metselwerk worden de aangrijpende belastingen vergeleken met de weerstand van het metselwerk. Om een zekere veiligheid in te bouwen wordt zowel op de belasting als op het materiaal een veiligheidscoëfficiënt toegepast. De gebruikte coëfficiënt op de belasting is afhankelijk van de soort belasting en is te vinden in Eurocode 1: EN 1991: Action on structures: 2002.

De toe te passen coëfficiënt op het materiaal is op zijn beurt afhankelijk van de kwaliteit van het gebruikte materiaal en de correcte uitvoering. De waarden van toepassing in België worden weergegeven in tabel 10. Deze kunnen teruggevonden worden in de nationale annex bij EN 1996. Dit document is nog niet definitief, de mogelijkheid bestaat steeds dat deze waarden nog gewijzigd worden.

Materiaal		γ_m	
		S[8]	N[9]
Code	Metselwerk vervaardigd met:		
A	Metselstenen van categorie I met bijkomende productcertificatie, prestatiemortel[a] met bijkomende productcertificatie	2.0	2.5
B	Metselstenen van categorie I zonder bijkomende productcertificatie, willekeurige mortel	2.3	2.8
C	Metselstenen van categorie II [b]; willekeurige mortel	2.5	3.0
a Eisen voor prestatiemortels zijn gegeven in EN 998-2 en EN 1996-2 b Waarbij de variatiecoëfficiënt voor de metselstenen van categorie II niet groter is dan 25%.			

Tabel 10: Veiligheidsfactoren op het materiaal volgens de nationale annex EN1996[10].

Indien de weerstand van het metselwerk groter is dan de aangrijpende belasting is het metselwerk veilig. Indien niet moet er ingegrepen worden: dikkere muur, stenen met hogere druksterkte gebruiken, mortel met hogere druksterkte gebruiken,....
Metselwerk onderworpen aan geconcentreerde belastingen, dwarskrachten en laterale krachten wordt op een analoge manier gecontroleerd. Voor de toe te passen formules in deze gevallen verwijzen we naar de norm EN 1996.

3.5.3 Voordelen van dragend baksteenmetselwerk

Dragend baksteenmetselwerk vindt zijn belangrijkste toepassingen in de woning- en appartementenbouw, zowel in niet-berekend als in berekend metselwerk.
De bouwwijze met dragend baksteenmetselwerk valt meestal beduidend goedkoper uit omdat geen betonskelet nodig is. De baksteennijverheid is in staat baksteen te leveren in zeer uiteenlopende druksterkten. Hoe hoger echter de vereiste drukspanningen, hoe meer controles er bij de receptie van de geleverde baksteen en de te gebruiken mortel moeten worden uitgevoerd.
Naast de voor de hand liggende voordelen van dragend metselwerk in snelbouwbaksteen, zoals de lage kostprijs, de snelle en eenvoudige uitvoering, zijn er nog andere pluspunten:

- verbeterde akoestische isolatie;
- geen gevaar voor scheurvorming (homogene constructie);
- de afwezigheid van spanningsconcentraties (goede spreiding van de lasten), wat ook belangrijk is voor latere verbouwingen;
- verbeterde thermische isolatie (indien gebruik van een lichte steen)

[8] Uitvoeringsklasse S (bijzonder): De uitvoering staat onder doorlopend toezicht van gekwalificeerd en ervaren personeel van het uitvoerend bedrijf. Het normale toezicht wordt uitgebreid door het uitvoeren van een regelmatige en frequente controle door gekwalificeerd personeel dat onafhankelijk is van het uitvoerend bedrijf.
[9] Uitvoeringsklasse N (normaal): De uitvoering staat onder doorlopend toezicht van gekwalificeerd personeel van het uitvoerend bedrijf en vormt het voorwerp van een normaal toezicht door de ontwerper.
[10] ANB EN 1996 -1-1: 2008.

3.6 GEWAPEND METSELWERK

3.6.1 Definitie

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 geluidsisolatie), economischer,.....
De nieuwe Europese voorschriften alsook de Belgische voorschriften geven indicaties over de berekening, plaatsing en gebruik van het gewapend metselwerk.

Figuur 15: Gewapend metselwerk

3.6.2 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 is 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.

3.6.3 Verticale wapening

De wapening kan ondermeer aangebracht worden:
- in de perforaties van de baksteen
- in speciaal daartoe gemetselde kokers
- tussen twee muren.

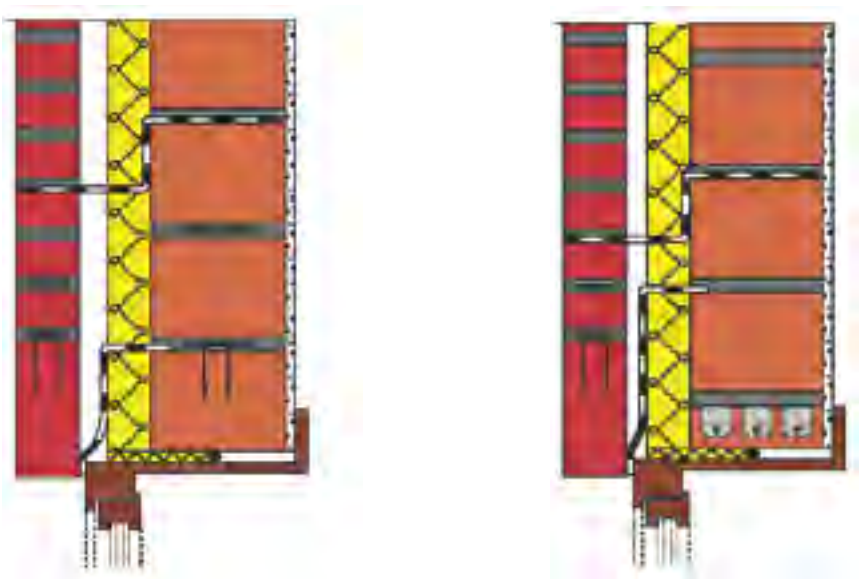
In deze gevallen kan gebruik gemaakt worden van staven met een grotere diameter en/of met verbeterde kleef.
Er moet evenwel genoeg ruimte overblijven om het inbetonneren van de staven toe te laten. De wapening moet beschermd worden.

3.6.4 Toepassingen

3.6.4.1 Elementen onderhevig aan verticale buiging

– Liggers – lintelen

Liggers in gewapend metselwerk kunnen berekend worden zoals gewapend beton – zie EN 1996.
Opvallend is dat baksteenmetselwerk een vrij grote doorbuiging kan ondergaan vooraleer scheurvorming optreedt. Het scheurt dus minder vlug dan beton. Maar toch worden ook beperkingen opgelegd aan de lengte van de overspanning.
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.



Figuur 16: Ligger in gewapend metselwerk en geprefabriceerde latei

– Ringbalken

Ringbalken verbinden de buitenmuren en verhogen zo de stabiliteit van het geheel. Ze nemen op en verdelen de trekkrachten die voortkomen uit de horizontale belastingen (wind, vervormingen) en tenslotte dragen ze bij tot de verdeling van de verticale belastingen op de muren. Traditioneel bestaan de ringbalken uit gewapend beton, zij kunnen echter worden vervangen door gewapend metselwerk in de voegen.

Dit biedt de volgende voordelen:

- er zijn geen vreemde elementen (beton) in het metselwerk die koudebruggen veroorzaken en het fysische gedrag van het metselwerk verminderen
- men vermijdt scheuren bij het contact tussen metselwerk en beton
- er is een besparing in de uitgaven voor gewapend beton met een ringbalk tegenover enkele voegwapeningen

– 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 sterk doorbuigt, kan dit aanleiding geven tot scheurvorming in het metselwerk. Gewapend metselwerk zal deze scheurvorming verhinderen of, in elk geval, verminderen.

– 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 3.2)

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

– 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

3.6.4.2 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

3.7 METSELMORTEL

3.7.1 Definitie

Een metselmortel is een al dan niet verhard mengsel van zand, bindmiddel(en) en water, al dan niet met hulpstoffen en/of toevoegingen. Er worden drie typen metselmortels onderscheiden: metselmortels voor algemene toepassing, metselmortels voor dunne lagen en lichtgewicht metselmortels.
Het doel van de mortel is de bakstenen aan elkaar te hechten en de belasting te verdelen.

3.7.2 Bestanddelen van de (hydraulische) metselmortel

3.7.2.1 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 norm NBN B 12-001 werd afgeschaft.

De indeling is gebaseerd op het gehalte van de hoofdbestanddelen (Portlandklinker, hoogovenslak, kiezelachtig vliegas en kalksteen).

Oude benaming	*Huidige benaming*		
P	CEM I	P CEM I	Portlandcement
PPz	CEM II/A–M*	PPz CEM II	Portlandcement met puzzolaan Portland composietcement
	CEM II/B-M		
HK	CEM III/A	HK, HL en LK CEM III	Hoogovencement
HL	CEM III/B	CEM V	Samengesteld cement
LK	CEM III/C		
	CEM V/A	CEM IV	Puzzolaancement

* De letter M staat voor verschillende grondstoffen. De M wordt vervangen door
- V als het gaat over vliegas
- S als het gaat over slak (tot 35%)
- T als het gaat over leisteen
- 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.

*** Het chloridegehalte moet beperkt blijven om corrosie van wapeningen te vermijden.

Opmerking:
Voor speciale cementsoorten zoals cement met een hoge bestandheid tegen sulfaten (HSR) of cement met een begrensd alkaligehalte (LA) gelden nog steeds NBN B 12-108 en -109. Niet genormaliseerd is de kleureigenschap van wit cement. Cement met geringe hydratatiewarmte is sinds kort opgenomen in de Europese normen.

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

Klasse	*Druksterkte [N/mm²]*				*Begin van de binding [min]*	*Uitzetting [mm]*
	2 dagen	*7 dagen*	*28 dagen*			
32,5N	-	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5R	≥ 10,0	-				
42,5N	≥ 10,0	-	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5R	≥ 20,0	-				
52,5N	≥ 20,0	-	≥ 52,5	-	≥45	
52,5R	≥ 30,0	-				

Tabel 11: Druksterkte van mortel i.f.v. ouderdom

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

Voorbeeld:
Portlandcement met normsterkte (28 dagen) tussen 42,5 N/mm² en 62,5 N/mm² en gewone beginsterkte (2 dagen) wordt als volgt gecodeerd:
CEM I 42,5N (bv. vergelijkbaar met het vroegere P 40)

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

3.7.2.2 Granulaten

De granulaten moeten 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 verwerkbare 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.

In de norm NBN EN 13139 wordt het zand aangeduid volgens de afmeting van de kleinste en grootste korrels d/D in mm (bvb. 2/4):

Afmetingen van de korrels [mm]	Grenzen volgens het percentage zeefdoorval [massa %]				
	Bovengrens			Ondergrens	
	2D	1,4D	D	d	0,5d
0/1	100	95 tot 100	85 tot 99	-	-
0/2	100	95 tot 100	85 tot 99	-	-
0/4	100	95 tot 100	85 tot 99	-	-
0/8	100	98 tot 100	90 tot 99	-	-
2/4	100	95 tot 100	85 tot 99	0 tot 20	0 tot 5
2/8	100	98 tot 100	85 tot 99	0 tot 20	0 tot 5

Tabel 12: Afmetingen van de korrels

Hoe zwaarder die structuur (of hoe grover het zand) hoe sterker de mortel is. Hoe grover het zand, hoe minder bindmiddel er nodig is om alle zandkorrels te omhullen. Alhoewel bepaalde kenmerken van de mortel bij bepleisterde binnenmuren minder belangrijk zijn dan bij aan vorst blootgestelde gevels, mag de kwaliteit van de mortel, dus ook van het zand, niet verwaarloosd worden.

3.7.2.3 Water

Water is een 'noodzakelijk kwaad' bij de mortelbereiding.
Het 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.

3.7.3 Hulpstoffen

Deze producten beïnvloeden de verwerkbaarheid van de mortel of de chemische reacties die de binding van de mortel verwezenlijken.
Er moet uiterst omzichtig met de hoeveelheden omgesprongen worden.
De hulpstoffen zijn géén wondermiddelen die van een slecht gedoseerde of met slechte grondstoffen aangemaakte mortel een goede maken...: hun verbeterde werking op één hoedanigheid gaat dikwijls ten koste van alle andere.
Het gebruik van hulpstoffen kan onder meer aanleiding geven tot een vermindering van de hechting van de mortel op de baksteen en ook het risico op uitbloeiingen aanzienlijk verhogen.

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
  Versnellen de hydratatie van de cementkorrels.
  Worden gebruikt voor het dichten van een waterlek, waterdichtingswerken of metselen onder water.
  Dikwijls verhogen deze producten de krimp en maken de mortel minder sterk.
- Bindingsvertragers
  Het omgekeerde effect als bij vorig product.
  Slechts bij uitzonderlijk droog en warm weer kan hun toepassing gerechtvaardigd zijn.
  Wanneer in gewone omstandigheden een mortel met tragere binding wordt gevraagd is het aan te raden een bastaardmortel te gebruiken.
- Plastificeerders
  Maken de mortel elastischer en homogener.
  De aanbevelingen van de fabrikant zorgvuldig volgen.
- Dispersiemiddelen
  Verminderen de oppervlaktespanning van het water en bevorderen zo het nat worden van de cementkorrels.
- Luchtbelvormers
  Maken de mortel lichter, dus wat beter verwerkbaar.
  Het verhogen van het luchtgehalte met luchtbelvormer leidt tot een sterkteverlies van de mortel.

3.7.4 Soorten metselmortel

3.7.4.1 Genormaliseerde metselmortel

Sinds 1 februari 2005 is de Europese norm EN 998-2 van toepassing. Deze werd omgezet in de Belgische norm NBN EN 998-2.
Wat betreft de genormaliseerde metselmortel maakt de norm EN 998-2 melding van de volgende types:
Morteltype volgens ontwerp (art. 3.2 van EN 998-2): prestatiemetselmortel en mortel geleverd op gebruikseisen.
Morteltype volgens toepassing (art. 3.3 van EN 998-2): mortel voor gewoon gebruik (G), lijmmortel (T) en lichtgewicht metselmortel (L).
Morteltype volgens fabricatiemethode (art. 3.4 van 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:

Klasse	*M 1*	*M 2,5*	*M 5*	*M 10*	*M 15*	*M 20*	*M d*
Druksterkte [N/mm²]	1	2,5	5	10	15	20	d
d is een druksterkte groter dan 25 N/mm² verklaard door de fabrikant.							

Tabel 13: Individuele druksterkte van de mortel

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/mm²]	20	12	8	5	2,5

Tabel 14: Druksterkte cementmortels en bastaardmortel volgens de oude Belgische norm NBN B14-001.

Noot: Bovenstaande categorieën 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.

Doordat dosering van de hulpstoffen in een fabriek nauwkeuriger kan, zullen de meeste mortelfabrikanten er in slagen om geprefabriceerde mortels (zie later) te leveren die de voordelen van de bastaardmortel (verwerkbaarheid) en de voordelen van de zuivere cementmortel (snelle sterkteontwikkeling) in één mortel verenigen.

3.7.4.2 Isolerende (lichtgewicht) metselmortel
Volgens EN 998-2 is lichtgewicht metselmortel een metselmortel met een droge dichtheid van de verharde mortel van ten hoogste 1300 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.
Ter vergelijking: cementmortel: 1900 kg/m³
bastaardmortel: 1600 kg/m³

Een isolerende mortel is altijd een industriële mortel.

3.7.4.3 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.

Nadelen:
- door de vertraagde binding is het onmogelijk op één dag tot verdiepingshoogte te komen
- in de praktijk wordt de opgegeven verwerkingstijd nogal eens overschreden
- door de hulpstof(fen) is er een verhoogd risico op uitbloeiingen

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.

Nadelen:

- bij navulling op de werf wordt het droog mengsel in de silo geblazen. Hierdoor treedt gedeeltelijke ontmenging op doordat de zwaardere deeltjes vlugger naar beneden vallen
- de water-cementfactor hangt af van de bediener

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 moet een nieuwe silo aangevoerd worden.

Voordelen van de silo-mortel

- de dosering is nauwkeurig en gelijkmatig in de tijd
- de vloeibaarheid kan geregeld worden
- weinig tijdverlies bij mortelaanmaak
- bevat geen bindingvertragers
- eventuele hulpstoffen kunnen toegevoegd worden met een doseertoestel
- de bestanddelen zijn beschermd tegen weersinvloeden
- geen verspilling van grondstoffen, geen verpakkingsafval

3.7.4.4 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 dunnere voegdikte krijgt de gevel een kleurintenser uiterlijk, waarbij de kleur van de baksteen domineert over de kleur van de voeg. De samenstelling behoort tot het geheime keukenrecept van de fabrikant.

3.7.4.5 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.

3.7.5 Keuze van de mortel

Voor de juiste keuze van de mortel voor elke toepassing moeten de prestaties van de mortel in overeenstemming worden gebracht met de eigenschappen van de baksteen. Het gaat hier in eerste instantie om het watervasthoudend vermogen van de mortel. Ten tweede volgen uit de constructieve berekeningen van de architect/constructeur eisen t.a.v. de druksterkte waaraan de mortel moet voldoen.

Het is daarenboven logisch dat de druksterkte van de mortel in overeenstemming is met die van de bakstenen. In NBN B 14-001 (ingetrokken) werden volgende aanbevelingen gegeven. Deze aanbevelingen worden eveneens gegeven in Eurocode 6: EN 1996.

Druksterkte mortel [N/mm²]	*$f_{bk,corr}$ baksteen [N/mm²] (NBN B 24-301)*
20	> 20
12	$12 \leq f_{bk,corr} \leq 48$
8	$8 \leq f_{bk,corr} \leq 32$
5	$5 \leq f_{bk,corr} \leq 20$
2,5	$2,5 \leq f_{bk,corr} \leq 10$

Tabel 15: Aanbevelingen keuze mortel

De keuze van de mortel hangt ook af van het type metselwerk:
De Nederlandse norm NEN 3835 raadt aan:

Type	*Hoofdtoepassing*	*Druksterkte mortel [N/mm²]*
I	Waterkerend werk	17,5-10
II	Alle werk in weer en wind en dragend werk binnen	12,5-5
III	Als voor II, echter voor die gevallen dat het baksteenmetselwerk niet wordt blootgesteld aan bijzondere verwerende omstandigheden zoals hoge regenbelasting of inwateringsgevaar	10-5
IV	Dragend en niet-dragend werk binnen	5-2,5
V	Werk waarbij zekere vervormingen door het metselwerk moeten kunnen worden opgenomen	2,5

Tabel 16: Keuze mortel i.f.v. toepassing

3.7.6 Samenstelling van de genormaliseerde metselmortel

De dosering van de cement in de mortel moet nauwkeurig gebeuren.
Immers:
- te weinig cement levert een poreuze en niet-samenhangende mortel op
- overdosering van cement leidt tot sterk krimpende en niet aan baksteen hechtende mortel

Het is een illusie dat wat meer cement de mortel alleen maar sterker kan maken. Ook de keuze van het zand is belangrijk. Voor metselmortel wordt best gebruik gemaakt van middelgrof en grof zand waarvan de korrelgrootte is begrepen tussen 0,063 en 2 mm.

Ter informatie worden hieronder mogelijke samenstellingen gegeven van de metselmortels. (uit de nationale annex van Eurocode 6).

Gemiddelde druksterkte van de mortel op 28 dagen f_m (N/mm²)	*Voorbeelden van mortelsamenstelling*				
	In massa (kg) bindmiddel per m³ droog zand	*In volumedelen*			
		Cement (C)	*Kalkhydraat (CL)*	*Hydraulische kalk (HL)*	*Zand*
20	C 400	1	-	-	3
12	C 300	1	-	-	4
8	C 250 CL 50	2	1	-	9
	C 200 HL 100	2	-	1	10
5	C 200 CL 100	1	1	-	6
	C 150 HL 150	1	-	1	7
2.5	C 150 CL 150	1	2.5	-	7
	C 100 HL 200	1	-	2.5	11
	HL 400	-	-	2	5

Tabel 17: Mogelijke samenstelling metselmortels[11]

C= cement
CL= Kalkhydraat
HL= Hydraulische kalk

[11] Nationale annex EN 1996-1-1: 2008.

3.8 THERMISCHE ISOLATIE

De energiecrisis in de jaren 70 veroorzaakte een explosie van studies om energiebesparende maatregelen op te stellen, ondermeer voor gebouwen.

Er werden berekeningen opgesteld om het warmtebehoud van woongebouwen in cijfers om te zetten, afhankelijk van de 3 vormen van warmtetransport: geleiding door een materiaal (bvb. een isolatieplaat), convectie of transport van warmte door verplaatsing van warme en koude lucht, en warmtestraling van een wand naar de ruimte. Omdat deze berekeningen heel ingewikkeld en omslachtig zijn, heeft men een norm ontwikkeld met een vereenvoudigde methode op basis van de *stationaire* isolatieprestatie van de bouwdelen (ramen, muren, daken en vloeren): **NBN B 62-301** (2008): *Warmte-isolatieprestatie van gebouwen – Globaal warmte-isolatiepeil (K-peil) van een gebouw.* Samen met de NBN B 62-002 (2008), geeft deze aan op welke manier de warmtedoorgangscoëfficiënt k van een wand, nu U genaamd, en het globale K-peil van een gebouw moeten bepaald worden, rekening houdend met de compactheid van de woning en het voorkomen van koudebruggen.

De eenvoud van berekenen heeft geprimeerd op de niet-correcte basis waarop de isolatie-prestatie van de bouwdelen rust; de thermische wisselwerking binnen-buiten is immers geen stationair, maar een dynamisch gegeven. Door deze keuze voor eenvoud komen de thermische kwaliteiten van het massieve baksteenmetselwerk dat de warmte kan opslaan en weer afgeven, echter niet tot hun recht.

De laatste jaren is energie meermaals voor het oog van de wereld gebracht wat zich internationaal geuit heeft in de Kyoto-akkoorden. In Europa werd de energieprestatierichtlijn uitgevaardigd. Deze Europese richtlijn diende uiterlijk op 4 januari 2006, drie jaar na de publicatiedatum in het publicatieblad van de Europese gemeenschappen, omgezet te worden in nationale wetgeving. Voor België betekent dit een omzetting in de drie verschillende gewesten, aangezien energiebeleid een gewestelijke materie is.

3.8.1 Wettelijke verplichtingen

Energieprestatierichtlijn

Het Europees parlement en de Raad van de Europese Unie hebben de richtlijn van 16 december 2002 betreffende de energieprestatie van gebouwen vastgelegd. Deze moest in ons land door de gewesten worden omgezet op 4 januari 2006, precies drie jaar na de publicatiedatum van deze richtlijn in het publicatieblad van de Europese Gemeenschappen.

Deze richtlijn legt op:

– er moet een methode komen om de energieprestatie van een gebouw te berekenen, o.a. rekening houdend met de oriëntatie van het gebouw, ventilatie, ingebouwde lichtinstallatie,…
– minimumeisen zijn nodig voor de energieprestatie van gebouwen
– een systeem van energiecertificaten moet worden ingevoerd die bijgevoegd worden aan een koop- of huurovereenkomst
– de verwarmings- en koelingsinstallaties dienen regelmatig gekeurd te worden

Dit houdt o.a. in dat een volledigere berekeningsmethode moet worden opgesteld om de energiebehoeften van een gebouw te karakteriseren en het niet zal volstaan om enkel de vroegere berekening van het K-peil te maken.

In de gewesten werden deze eisen opgenomen in nieuwe decreten / ordonnantie en overeenkomstige uitvoeringsbesluiten. Er werd van de gelegenheid gebruik gemaakt om de eisen te verstrengen. Meer informatie over de Vlaamse aanpak kan bekomen worden op de website www.energiesparen.be.

Europese norm betreffende warmte-isolatie van metselstenen EN1745

Begin 2006 werden de huidige Belgische normen voor baksteen (NBN B 23-002 en NBN B 23-003) ingetrokken, en vervangen door de Europese norm voor baksteen EN 771-1. Als gevolg van deze overschakeling moet de norm EN 1745 voor de warmte-isolatie van metselstenen, waarnaar verwezen wordt in de EN 771-1, gebruikt worden. Op dat ogenblik moeten de warmte-eigenschappen van baksteen met deze EN 1745 bepaald worden. Deze houdt onder meer rekening met het perforatiebeeld van de steen.

3.8.1.1 Vlaams Gewest

Toepassingsgebied

Een gebouw of een deel van een gebouw met een afzonderlijk gebruik of met een verschillende bestemming, valt onder de energieprestatieregelgeving wanneer aan beide voorwaarden is voldaan:

1. er wordt een stedenbouwkundige vergunning aangevraagd
2. in het gebouw wordt energie verbruikt om te verwarmen of te koelen voor mensen

Eisen

De EPB-eisen zijn afhankelijk van de aard en de bestemming van het werk.

Bij nieuwbouw, herbouw en ontmanteling moet het ganse gebouw voldoen aan de EPB-eisen. Voor een gedeeltelijke herbouw of uitbreiding zijn de eisen enkel van toepassing op het nieuwe deel

Hieronder vindt u een overzicht met de eisen voor (Bron = www.energiesparen.be):

1) Aard van het werk: nieuwbouw, herbouw, ontmanteling, gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met een BV groter dan 800 m³, gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met minstens één wooneenheid

Bestemming: wonen

maximaal K-peil (per gebouw)	K 45	
maximale U-waarden of minimale R-waarden	ja	
maximaal E-peil (per wooneenheid)	E 100	berekeningsmethode woongebouwen
ventilatievoorzieningen	minimumeisen	
oververhitting (per wooneenheid)	risico beperken	

2) Aard van het werk: nieuwbouw, herbouw, ontmanteling, gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met een BV groter dan 800 m³, gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met minstens één wooneenheid

Bestemming: kantoor of school

maximaal K-peil (per gebouw)	K 45	
maximale U-waarden of minimale R-waarden	ja	
maximaal E-peil (per eenheid van bestemming)	E 100	berekeningsmethode kantoor- en schoolgebouwen
ventilatievoorzieningen	minimumeisen	
oververhitting	neen	

3) Aard van het werk: nieuwbouw, herbouw, ontmanteling, gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met een BV groter dan 800 m³, gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met minstens één wooneenheid

Bestemming: industrie

maximaal K-peil (per gebouw)	K 55	keuze: of voldoen aan maximale U-waarden of minimale R-waarden
maximale U-waarden of minimale R-waarden	ja	keuze: of voldoen aan K-peil
maximaal E-peil (per eenheid van bestemming)	neen	
ventilatievoorzieningen	minimumeisen	
oververhitting	neen	

4) Aard van het werk: nieuwbouw, herbouw, ontmanteling, gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met een BV groter dan 800 m³, gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met minstens één wooneenheid

Bestemming: een andere specifieke bestemming

maximaal K-peil (per gebouw)	K 45	
maximale U-waarden of minimale R-waarden	ja	
maximaal E-peil (per eenheid van bestemming)	neen	
ventilatievoorzieningen	minimumeisen	
oververhitting	neen	

5) Aard van het werk: gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met een BV kleiner dan of gelijk aan 800 m³

Bestemming: wonen, kantoor, school, industrie of een andere specifieke bestemming

maximale U-waarden of minimale R-waarden	ja	enkel voor de nieuwe scheidings-constructies
ventilatievoorzieningen	minimumeisen	enkel voor de nieuwe delen

6) Aard van het werk: verbouwing

Bestemming: wonen, kantoor, school, industrie of een andere specifieke bestemming

maximale U-waarden of minimale R-waarden	ja	enkel voor de nieuwe scheidingsconstructies
ventilatievoorzieningen	minimumeisen	enkel bij vervanging van de ramen (toevoer-openingen), niet van toepassing voor de bestemming: industrie

7) Aard van het werk: functiewijziging met een BV groter dan 800 m³

Bestemming: wonen, kantoor, school, industrie of een andere specifieke bestemming

maximaal K-peil	K 65	enkel voor het gebouw of gebouwdeel dat de functiewijziging ondergaat
ventilatievoorzieningen	minimumeisen	enkel voor het gebouw of gebouwdeel dat de functiewijziging ondergaat

8) Aard van het werk: nieuwbouw, herbouw, ontmanteling, gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met een BV groter dan 800 m³, gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met minstens één wooneenheid

Bestemming: kantoor gecombineerd met industrie

Op voorwaarde dat:

- elke groep kantoorruimten een BV heeft kleiner dan 800 m³
- het gedeelte met bestemming 'kantoor' maakt deel uit van een industrieel gebouw
- alle kantoorruimten samen vormen ten hoogste 40% van het totale BV (kantoor+industrie)

gelden voor beide bestemmingen volgende eisen:

maximaal K-peil (per gebouw)	K 55	keuze: of voldoen aan maximale U-waarden of minimale R-waarden
maximale U-waarden of minimale R-waarden	ja	keuze: of voldoen aan K-peil
maximaal E-peil (per eenheid van bestemming)	neen	
ventilatievoorzieningen	minimumeisen	
oververhitting	neen	

9) Aard van het werk: nieuwbouw, herbouw, ontmanteling, gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met een BV groter dan 800 m³, gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met minstens één wooneenheid

Bestemming: kantoor gecombineerd met een andere specifieke bestemming
Op voorwaarde dat:

- elke groep kantoorruimten een BV heeft kleiner dan 800 m³
- het gedeelte met bestemming 'kantoor' maakt deel uit van een gebouw met een andere specifieke bestemming
- alle kantoorruimten samen vormen ten hoogste 40% van het totale BV (kantoor+andere specifieke bestemming)

gelden voor beide bestemmingen volgende eisen:

maximaal K-peil (per gebouw)	K 45	
maximale U-waarden of minimale R-waarden	ja	
maximaal E-peil (per eenheid van bestemming)	neen	
ventilatievoorzieningen	minimumeisen	
oververhitting	neen	

Naast de energieprestatie worden eveneens eisen gesteld aan het binnenklimaat van gebouwen. Nu worden eisen opgelegd qua verluchting en binnenklimaat van een woning.
Het ventilatie systeem moet voldoen aan de norm NBN D 50-001. Bovendien moet ook het risico op oververhitting beperkt worden.

De individuele U-waarden, berekend volgens de norm NBN B 62-002:2008 mogen de waarden weergegeven in tabel 18 niet overschrijden:

Constructiedeel	*Umax (W/m²K)*	*Rmin (m²K/W)*
1. Scheidingsconstructies die het beschermde volume omhullen, met uitzondering van de scheidingsconstructies die de scheiding vormen met een aanpalende beschermd volume		
1.1. Transparante scheidingsconstructies met uitzondering van deuren en poorten, gordijngevels en glasbouwstenen	2.5 en Ug,max=1.6	
1.2. Opake constructies, met uitzondering van deuren en poorten, gordijngevels		
1.2.1. Daken en plafonds	0.4	
1.2.2. Muren niet in contact met de grond, met uitzondering van de muren bedoeld in 1.2.4.	0.6	
1.2.3. Muren in contact met de grond		1.0
1.2.4. Verticale en hellende scheidingsconstructies in contact met een kruipruimte of met een kelder buiten het beschermd volume		1.0
1.2.5. Vloeren in contact met de buitenomgeving	0.6	
1.2.6. Andere vloeren (vloeren op volle grond, boven een kruipruimte of met een kelder buiten het beschermd volume, ingegraven keldervloeren)	0.4 of	1.0
1.3. Deuren en poorten (met inbegrip van kader)	2.9	
1.4. Gordijngevels	2.9 en Ug,max=1.6	
1.5. Glasbouwstenen	3.5	
2. Scheidingsconstructies tussen twee beschermde volumes op aangrenzende percelen	1.0	
3. Volgende opake scheidingsconstructies binnen het beschermde volume of palend aan een bestaand beschermd volume op eigen perceel, met uitzondering van deuren en poorten 3.1. Tussen aparte wooneenheden 3.2. Tussen wooneenheden en gemeenschappelijke ruimten 3.3. Tussen wooneenheden en ruimten met een niet-residentiële bestemming 3.4. Tussen ruimten met een industriële bestemming en ruimten met een niet-industriële bestemming	1.0	

Tabel 18: Maximale U-waarden/minimale R-waarden voor gebouwcomponenten in Vlaanderen[12]

[12] www.energiesparen.be

Voor afwijkingen op de waarden uit tabel 18 wordt verwezen naar de website www.energiesparen.be. De eisen voor de maximale U-waarden, aangegeven in tabel 18, gelden voor nieuwbouw als in sommige gevallen bij verbouwing. In geval van verbouwing gelden de eisen indien het nieuw gebouwde toegevoegde deel een beschermd volume heeft dat kleiner of gelijk is aan 800m³ en als deze uitbreiding geen extra wooneenheden toevoegt.

3.8.1.2 Waals gewest

Op 19 april 2007 (B.S. 29 mei 2007) keurde de Waalse Regering het kaderdecreet tot wijziging van het Waalse Wetboek van Ruimtelijke Ordening, Stedenbouw en Patrimonium goed met het oog op het bevorderen van de energieprestatie van de gebouwen. Op 17 april 2008 (B.S. 30 juli 2008) keurde de Waalse Regering het Besluit van de Waalse Regering goed tot vaststelling van de berekeningsmethode en de eisen, de goedkeuringen en de sancties op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen.
Het besluit ging van kracht op 1 september 2008.

Het toepassingsgebied van het decreet is behoorlijk uitgebreid, aangezien het op alle soorten gebouwen van toepassing is (woningen, scholen, ziekenhuizen, kantoren, enz.).
De bepalingen voorzien een progressieve inwerkingtreding van de nieuwe eisen:

- vanaf 1 september 2008 moet het niveau K voor alle nieuwe constructies lager dan of gelijk aan 45 zijn.
- vanaf 1 september 2009 zal het globaal energieprestatieniveau gemeten met een nieuwe coëfficiënt (E_w) lager dan of gelijk aan 100 moeten zijn, bij de constructie van residentiële gebouwen, kantoor- en dienstengebouwen of scholen.

De E_w is gelijk aan de verhouding tussen het noodzakelijk primair energieverbruik voor de verwarming, afkoeling, sanitair warm water en ventilatie van een nieuw gebouw in vergelijking met hetzelfde verbruik dat het gebouw zou hebben bij een goede uitvoering van de isolatie van de bouwschil en de voorziene systemen. Voor residentiële gebouwen zal het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik ook lager moeten liggen dan 170 kWh/m²/jaar per verwarmde vloer, wat overeenkomt met 17 l stookolie of 17m³ gas per m² per jaar.

- vanaf 1 september 2011 zal het niveau van de globale energieprestatie lager of gelijk aan 80 moeten zijn. Voor residentiële gebouwen zal het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik ook lager dan 130 kWh/m²/jaar moeten liggen.[13]

[13] www.normen.be/energie

Eisen

Eisen geldig vanaf 01/09/08	*Woongebouwen*	*Kantoor en dienstengebouwen, gebouwen bestemd voor onderwijs*	*Gebouwen met andere bestemming (1)*	*Industriële gebouwen*
Thermische isolatie	K45 Umax of Rmin	K45 Umax of Rmin	K45 Umax of Rmin	K55 Umax of Rmin
Energieprestatie	E_w 100 en max E_{spec} 170kWh/m² (vanaf 01/09/09) E_w80 en max E_{spec} 130 kWh/m² (vanaf 01/09/11)	E_w 100 (vanaf 01/09/09) E_w 80 (vanaf 01/09/11)	-	-
Binnenklimaat	Ventilatievoorzieningen risico op oververhitting limiteren	Ventilatievoorzieningen (niet-residentieel)	Ventilatievoorzieningen (niet-residentieel)	-

Tabel 19: Geldende eisen voor nieuwe gebouwen in het Waalse gewest

(1) Voorbeelden uit deze categorie zijn: hospitalen, gebouwen uit de horeca-sector, sportzalen, handelszaken,...

Eisen geldig vanaf 01/09/08	*Woongebouwen*	*Kantoor en dienstengebouwen, gebouwen bestemd voor onderwijs*	*Gebouwen met andere bestemming*	*Industriële gebouwen*
Thermische isolatie	Umax of Rmin	Umax of Rmin	Umax of Rmin	-
Energieprestatie	-	-	-	-
Binnenklimaat	Luchtaanvoer in de lokalen waar de buitenlijsten van de ramen of de deuren worden vervangen	Luchtaanvoer (niet-residentieel) in de lokalen waar de buitenlijsten van de ramen of de deuren worden vervangen	Luchtaanvoer (niet-residentieel) in de lokalen waar de buitenlijsten van de ramen of de deuren worden vervangen	-

Tabel 20: Geldende eisen voor gebouwen waaraan zware of eenvoudige renovatiewerken worden uitgevoerd in het Waalse gewest

Eisen geldig vanaf 01/09/08	*Woongebouwen*	*Kantoor en dienstengebouwen, gebouwen bestemd voor onderwijs*	*Gebouwen met andere bestemming*	*Industriële gebouwen*
Thermische isolatie	K65 Umax of Rmin	K65 Umax of Rmin	K65 Umax of Rmin	K65 Umax of Rmin
Energieprestatie	-	-	-	-
Binnenklimaat	Ventilatievoorzieningen	Ventilatievoorzieningen (niet-residentieel)	Ventilatievoorzieningen (niet-residentieel)	-

Tabel 21: Geldende eisen voor gebouwen die een bestemmingsverandering ondergaan in het Waalse gewest

De maximale U-waarden en minimale R-waarden zijn vanaf 01/09/09 dezelfde als in het Brussel Hoofdstedelijk Gewest. De maximaal toegelaten U-waarden tot 01/09/09 worden weergegeven in bijlage IIIbis van het besluit.

3.8.1.3 Brussels gewest

Op 7 juni 2007 (B.S. 11 juli 2007) keurde de Regering van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest de ordonnantie goed in verband met de energieprestatie en het binnenklimaat van gebouwen die de richtlijn 2002/91/EG van het Europees Parlement en de Raad van 16 december 2002 over de energieprestatie van gebouwen in de wetgeving van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest omzet.
Op 21 december 2007 (B.S. 05 februari 2008) keurde de Brusselse Hoofdstedelijke Regering het besluit goed tot vaststelling van eisen op het vlak van de energieprestatie en het binnenklimaat van gebouwen. Dit besluit ging op 2 juli 2008 van kracht.[14]

[14] www.normen.be/energie

Eisen

Eisen	*Wooneenheid (1)*	*Gemeenschappelijk residentieel (2)*	*Kantoren en diensten; Onderwijs*	*Ziekenhuizen, cultuur-en ontspanningsruimten, restaurants en cafés, handelszaken, sportzalen*	*Andere bestemming (3)*
Thermische isolatie	K40 Umax of Rmin	K40 Umax of Rmin	K45 Umax of Rmin	Umax of Rmin	Umax of Rmin
Energieprestatie	E90 vanaf 02/07/09 E70 vanaf 02/07/11	-	E90 vanaf 02/07/09 E75 vanaf 02/07/11	-	-
Binnenklimaat	Ventilatie-voorzieningen Risico op oververhitting limiteren	Ventilatie-voorzieningen (niet-residentieel)	Ventilatie-voorzieningen (niet-residentieel)	Ventilatie-voorzieningen (niet-residentieel)	-
Technische installaties	Eisen uit annex VIII (de eisen voorzien in het 1ste deel van hoofdstuk 1 zijn pas vanaf 01/01/09 van kracht)				

Tabel 22: Geldende eisen voor nieuwe gebouwen in Brussels Hoofdstedelijk gewest[15]

(1) Voorbeelden uit deze categorie zijn: Eensgezinswoningen, appartementen, studios,....
(2) Voorbeelden uit deze categorie zijn: Hotels, herberg, jeugdherberg, motel, pension, gevangenis en opvoedingstehuizen, rusthuizen, internaat,....
(3) Voorbeelden uit deze categorie zijn: Gebouwen met industriële of artisanale activiteiten, ateliers, landbouwgebouwen, vliegvelden, stations,...

[15] Belgisch Staatsblad; 05/02/2008.

Eisen voor zware en eenvoudige renovaties (en bepaalde bestemmingsveranderingen)

Eisen	*Wooneenheid*	*Gemeenschappelijk residentieel*	*Kantoren en diensten Onderwijs*	*Ziekenhuizen, cultuur-en ontspanningsruimten, restaurants en cafés, handelszaken, sportzalen*	*Andere bestemming*
Thermische isolatie	Umax of Rmin	Umax of Rmin	Umax of Rmin	Umax of Rmin	Umax of Rmin
Energieprestatie	-	-	-	-	-
Binnenklimaat	In geval van toevoeging, verwijdering of vervanging van ramen van een lokaal: Voorzieningen voor luchtaanvoer of afvoer Intensieve ventilatie Elk nieuw opgericht lokaal: Voorzieningen voor luchtaanvoer en afvoer	In geval van toevoeging, verwijdering of vervanging van ramen en voor elk nieuw lokaal: Voorzieningen voor luchtaanvoer of afvoer(niet-residentieel)	In geval van toevoeging, verwijdering of vervanging van ramen en voor elk nieuw lokaal: Voorzieningen voor luchtaanvoer of afvoer(niet-residentieel)	In geval van toevoeging, verwijdering of vervanging van ramen en voor elk nieuw lokaal: Voorzieningen voor luchtaanvoer of afvoer(niet-residentieel)	-
Technische installatie	Eisen uit annex VIII hoofdstuk 2 (1)				

Tabel 23: Geldende eisen bij zware of eenvoudige renovaties *in het Brussels Hoofdstedelijk gewest*

(1) Niet van toepassing bij eenvoudige renovaties

De EPB-eisen zijn in het Brussels Hoofdstedelijk gewest een stuk strenger dan in het Vlaamse en het Waalse gewest. Niet enkel voor de K-waarden en E-peilen worden in sommige gevallen strengere waarden gehanteerd, maar ook voor een aantal Umax-waarden.
De Umax-waarden voor daken en buitenmuren werden aangepast naar 0.3 en 0.4 W/m²K.

Een aantal verschillen in de regelgeving tussen de gewesten maakt de energieprestatie van gebouwen een ingewikkelde zaak. Naast de eisen zijn er ook verschillen op te merken op het vlak van:

- Gebouwcategorieën
  De gebouwcategorieën zijn ongeveer dezelfde in het Vlaamse en het Waalse gewest. In het Brussels Hoofdstedelijk gewest zijn er echter meer categorieën. Het kan ook voorkomen dat een gebouw niet in dezelfde categorie valt in de verschillende gewesten.

– Energieprestatie
  In Vlaanderen en Brussel wordt gewerkt met een E-peil. In Wallonië stelt men eisen aan de parameters E_w en E_{spec}.

– Thermische isolatie
– Residentiële ventilatie
– Niet-residentiële ventilatie

3.8.2 Stationaire grootheden en berekening

Bij de verplichte berekening van het globale K-peil, toe te voegen bij de bouwvergunning, wordt gebruik gemaakt van de norm NBN B 62-301: 2008. Deze is opgesteld voor een stationaire toestand, wat betekent dat de temperatuur van de buitenomgeving en de temperatuur van de binnenomgeving niet veranderen in de tijd.

Hierdoor wordt de berekening van de thermische weerstand van een wand fel vereenvoudigd, het globale K-peil wordt vrij makkelijk gevonden.
Eerst leest men in een aantal tabellen uit dit handboek de warmtegeleidbaarheid λ af van de gebruikte materialen in elke wand. Deze gegevens worden vervolgens samengebracht om de warmteweerstand en de U-waarde van de volledige wand te bepalen.
Wanneer dit voor alle buitenwanden van het gebouw gebeurd is, wordt het globale K-peil van het gebouw berekend.

3.8.2.1 De warmtegeleidbaarheid λ

3.8.2.1.1 Het begrip

De warmtegeleidbaarheid λ van een materiaal is
de hoeveelheid warmte die in stationaire toestand door het materiaal gaat, per eenheid van oppervlakte per tijdseenheid en per eenheid van temperatuurgradiënt in dit materiaal, in W/mK.

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.

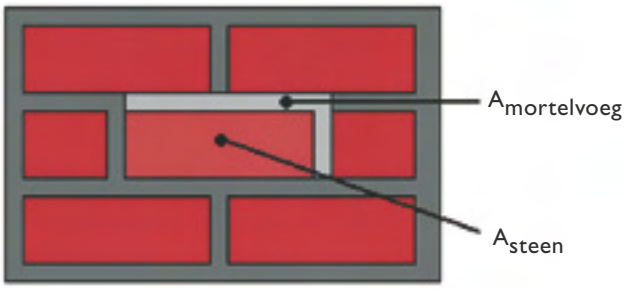
3.8.2.1.2 De warmtegeleidbaarheid λ van metselwerk

De λ_U-waarde van de wand in metselwerk (bestaande uit de bakstenen en de mortelvoegen) wordt bepaald als volgt:

$$\lambda_U = \frac{\lambda_{Usteen} A_{steen}}{(A_{steen} + A_{mortelvoeg})} + \frac{\lambda_{Umortelvoeg} A_{mortelvoeg}}{(A_{steen} + A_{mortelvoeg})} \quad [W/\,mK]$$

waarin:

- λ_{Usteen} en $\lambda_{Umortelvoeg}$ de warmtegeleidingscoëfficiënt van respectievelijk de baksteen en de mortelvoeg
- A_{steen} het zichtoppervlak van de baksteen
- $A_{mortelvoeg}$ het zichtoppervlak van de mortelvoeg



De verhouding van de oppervlakte van de steen over de totale oppervlakte van steen en mortelvoeg ($A_{steen}/(A_{steen} + A_{mortelvoeg})$) en de verhouding van de oppervlakte van de mortelvoeg over de totale oppervlakte van steen en mortelvoeg ($A_{mortelvoeg}/(A_{steen} + A_{mortelvoeg})$) worden gegeven in onderstaande tabel.

Voegtype	*Bedvoeg van 12 mm*		*Kopse voeg en bedvoeg van 12 mm*		*Bedvoeg van 6 mm*		*Kopse voeg en bedvoeg van 6 mm*		*Voeg van 3 mm*	
Formaat	*steen*	*voeg*	*steen*	*voeg*	*steen*	*voeg*	*steen*	*voeg*	*steen*	*voeg*
18,8x8,8x5 (M50)	0,81	0,19	0,76	0,24	0,89	0,11	0,87	0,13	1,00	0,00
18,8x8,8x6,5 (M65)	0,84	0,16	0,79	0,21	0,92	0,08	0,89	0,11	1,00	0,00
18,8x8,8x8,8 (M90)	0,88	0,12	0,83	0,17	0,94	0,06	0,91	0,09	1,00	0,00
21x10x5 (WF)	0,81	0,19	0,76	0,24	0,89	0,11	0,87	0,13	1,00	0,00
21x10x6,5 (WDF)	0,84	0,16	0,80	0,20	0,92	0,08	0,89	0,11	1,00	0,00
28,8x8,8x8,8	0,88	0,12	0,84	0,16	0,94	0,06	0,92	0,08	1,00	0,00
28,8x8,8x13,8	0,92	0,08	0,88	0,12	0,96	0,04	0,94	0,06	1,00	0,00
28,8x8,8x18,8	0,94	0,06	0,90	0,10	0,97	0,03	0,95	0,05	1,00	0,00
28,8x8,8x23,8	0,95	0,05	0,91	0,09	0,98	0,02	0,96	0,04	1,00	0,00
28,8x13,8x8,8	0,88	0,12	0,84	0,16	0,94	0,06	0,92	0,08	1,00	0,00
28,8x13,8x13,8	0,92	0,08	0,88	0,12	0,96	0,04	0,94	0,06	1,00	0,00
28,8x13,8x18,8	0,94	0,06	0,90	0,10	0,97	0,03	0,95	0,05	1,00	0,00
28,8x13,8x23,8	0,95	0,05	0,91	0,09	0,98	0,02	0,96	0,04	1,00	0,00
28,8x18,8x8,8	0,88	0,12	0,84	0,16	0,94	0,06	0,92	0,08	1,00	0,00
28,8x18,8x13,8	0,92	0,08	0,88	0,12	0,96	0,04	0,94	0,06	1,00	0,00
28,8x18,8x18,8	0,94	0,06	0,90	0,10	0,97	0,03	0,95	0,05	1,00	0,00
28,8x18,8x23,8	0,95	0,05	0,91	0,09	0,98	0,02	0,96	0,04	1,00	0,00

Tabel 24: Verhouding oppervlakte mortelvoeg / oppervlakte steen over totale oppervlakte van steen en mortelvoeg

Voor de λ_U-**waarde van de mortelvoeg** kan de waarde voor cementmortel gebruikt worden die in de norm NBN B 62-002 gegeven wordt:

Volumegewicht ρ [kg/m³]	λ_{Ui} *[W/mK]*	λ_{Ue} *[W/mK]*
1800	1.00	1,55

Voor de λ_U**-waarde van de baksteen** wordt een onderscheid gemaakt tussen gecertificeerde (drager van een kwaliteitsmerk: BENOR of gelijkwaardig) stenen en niet-gecertificeerde stenen:

De λ_U-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 (Bijlage A tabel A.3) gehanteerd worden. In tabel 25 worden de λ-waarden weergegeven voor de gecertificeerde en de niet-gecertificeerde stenen.

Baksteen	*Gecertificeerd*		*Niet-gecertificeerd*	
Volumegewicht ρ (kg/m³)	λ_{Ui} *(W/mK)*	λ_{Ue} *(W/mK)*	λ_{Ui} *(W/mK)*	λ_{Ue} *(W/mK)*
ρ ≤ 700	0,20	0,39	0,22	0,43
700< ρ ≤ 800	0,23	0,45	0,25	0,49
800< ρ ≤ 900	0,26	0,51	0,28	0,56
900< ρ ≤ 1000	0,29	0,57	0,32	0,63
1000< ρ ≤ 1100	0,32	0,64	0,35	0,70
1100< ρ ≤ 1200	0,35	0,70	0,39	0,77
1200< ρ ≤ 1300	0,39	0,76	0,42	0,84
1300< ρ ≤ 1400	0,43	0,85	0,47	0,93
1400< ρ ≤ 1500	0,46	0,91	0,51	1,00
1500< ρ ≤ 1600	0,50	0,99	0,55	1,09
1600< ρ ≤ 1700	0,55	1,08	0,60	1,19
1700< ρ ≤ 1800	0,59	1,16	0,65	1,28
1800< ρ ≤ 1900	0,64	1,27	0,71	1,40
1900< ρ ≤ 2000	0,69	1,35	0,76	1,49
2000<ρ ≤2100	0,74	1,46	0,81	1,61

Tabel 25: Warmtegeleidbaarheid voor gecertificeerde en niet-gecertificeerde bakstenen[16]

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

[16] NBN B 62-002: Thermische prestaties van gebouwen-Berekening van de warmtedoorgangscoëfficiënten (U-waarden) van gebouwcomponenten en gebouwelementen-Berekening van de warmteoverdrachtscoëfficiënten door transmissie (H_T-waarde) en ventilatie (H_v-waarde) 2008. Bijlage A tabel A3

3.8.2.1.3 De warmtegeleidbaarheid λ van isolatiematerialen

De isolatiematerialen worden in de norm NBN B 62-002, zoals baksteen, ingedeeld volgens gecertificeerde en niet-gecertificeerde materialen. De λ_U-waarden van de gecertificeerde materialen worden opgegeven in de technische documentatie van de fabrikant, of indien deze niet voorhanden is, kunnen de tabelwaarden uit de norm NBN B 62-002 gehanteerd worden. Deze λ_U-waarden worden eveneens gegeven op de website van de keuringsinstelling BUtgb (Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw) www.butgb.be.
Een gebruik in buitencondities is niet voorzien.

Isolatiematerialen (fabrieksmatig vervaardigd)	*Gecertificeerde materialen*	*Niet-gecertificeerde materialen*
	λ_{Ui} (W/mK)	
Minerale wol (MW)	0.031-0.044	0,050
Geëxpandeerd polystyreen (EPS)	0.031-0.045	0.050
Geëtrudeerd polyethyleen (PEF)	0.035-0.045	0.050
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS)	0.028-0.038	0,045
Polyurethaan (PUR/PIR)	0.023-0.029	0.035
Fenolschuim (PF)*	0,022-0.038	0,045
Cellulair glas (CG)	0,038-0.050	0,055
Geëxpandeerd perliet (EPB)	0,052-0.055	0,060
Kurk (ICB)	-	0,050
Geëxpandeerd vermiculiet	-	0,090
Cellulose	0.035-0.055	0,060
Isolatieplaten op basis van plantaardige en/of dierlijke vezels	-	0.060

Tabel 26: Warmtegeleidbaarheid voor gecertificeerde en niet-gecertificeerde isolatiematerialen[17]

* Enkel van toepassing op fenolschuim met gesloten cellen

[17] NBN B 62-002: Thermische prestaties van gebouwen-Berekening van de warmtedoorgangscoëfficiënten (U-waarden) van gebouwcomponenten en gebouwelementen-Berekening van de warmteoverdrachtscoëfficiënten door transmissie (H_T-waarde) en ventilatie (H_v-waarde) 2008. Bijlage A tabel A14.a.

3.8.2.1.4 De warmtegeleidbaarheid λ van bepleisteringen

	Volumegewicht ρ (kg/m³)	λ_{Ui} *(W/mK)*	λ_{Ue} *(W/mK)*
Cementpleister	≤1800	1.00	1,55
Kalkpleister	1800<ρ≤1600	0,80	1,24
Gipspleister	ρ≤600	0,18	-
	600< ρ≤1000	0.40	-
	1000< ρ≤1300	0.57	-

Tabel 27: Warmtegeleidbaarheid van bepleisteringen[18]

3.8.2.2 De warmtedoorgangscoëfficiënt U (vorige benaming k)

De warmtedoorgangscoëfficiënt U van een wand is
de hoeveelheid warmte die elke seconde per vierkante meter oppervlakte door een wand gaat bij een temperatuurverschil van 1 °C tussen de omgevingen aan beide zijden van die wand, in W/m²K.

De warmtedoorgangscoëfficiënt U van een homogene wand wordt berekend met volgende formule:

$$U = \frac{1}{R_T} \text{ in W/m}^2\text{K}$$

waarin:

R_T de totale warmteweerstand is van een wand (bestaande uit verschillende wanddelen) van omgeving tot omgeving in m²K/W.

De warmteweerstand R van een homogeen wanddeel wordt berekend als volgt:

$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ in m}^2\text{K/W}$$

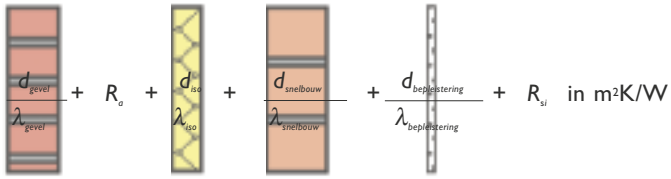
waarin:

d de dikte van het wanddeel
λ de warmtegeleidbaarheid van het beschouwde materiaal

De totale warmteweerstand R_T van een samengestelde wand is dan de som van de warmteweerstanden van elk homogeen wanddeel, met bijvoorbeeld voor een niet-geventileerde spouwmuur:

[18] NBN B 62-002: Thermische prestaties van gebouwen-Berekening van de warmtedoorgangscoëfficiënten (U-waarden) van gebouwcomponenten en gebouwelementen-Berekening van de warmteoverdrachtscoëfficiënten door transmissie (H_T-waarde) en ventilatie (H_v-waarde) 2008. Bijlage A tabel A12

$$R_T = R_{se} + \frac{d_{gevel}}{\lambda_{gevel}} + R_a + \frac{d_{iso}}{\lambda_{iso}} + \frac{d_{snelbouw}}{\lambda_{snelbouw}} + \frac{d_{bepleistering}}{\lambda_{bepleistering}} + R_{si} \text{ in } m^2K/W$$



waarin:

R_{se} de warmteweerstand van het luchtlaagje dat vastgehouden wordt tegen het buitenoppervlak van de wand.
Voor verticale wanden is R_{se} 0,04 m^2K/W (NBN B 62-002: 2008 tabel 1)

R_{si} de warmteweerstand van het luchtlaagje dat vastgehouden wordt tegen het binnenoppervlak van de wand.
Voor verticale wanden is R_{si} = 0,13 m^2K/W (NBN B 62-002: 2008 tabel 1)

R_a de warmteweerstand van een luchtspouw. Deze waarde is afhankelijk van de verluchtingsgraad van de luchtspouw:
Bij een niet-verluchte spouw vanaf 20 mm breedte, waarin zich minder dan 500 mm^2 verluchtingsopeningen per lopende m metselwerk bevinden: R_a = 0,170 m^2K/W (NBN B 62-002: 2008 tabel 3)
Bij een matig verluchte spouw, met minder dan 1500 mm^2 verluchtingsopeningen per lopende m metselwerk, halveert de waarde: R_a = 0,085 m^2K/W
Bij een sterk verluchte spouw, met meer dan 1500 mm^2 verluchtingsopeningen per lopende m metselwerk, gelden volgende regels:
- de totale warmteweerstand van de luchtlaag en van alle lagen van het gebouwelement tussen de luchtlaag en de buitenomgeving mogen verwaarloosd worden;
- en waarbij de waarde voor R_{se} vervangen wordt door R_{si}

In tabel 28 worden voorbeelden, afgeleid uit de norm NBN B 62-002: 2008, gegegeven van het minimum en het maximum aantal stootvoegen per steenformaat en per verluchtingsgraad.

Aantal open stootvoegen			
Verluchtingsgraad	*Steenformaat*	*Minimum aantal*	*Maximum aantal*
Niet-verluchte spouw	M50	-	2 per 3 m
	M65	-	2 per 4 m
Matig verluchte spouw	M50	3 per 4 m	2 per m
	M65	3 per 5 m	7 per 4 m
	M90	1 per 2 m	4 per 3 m
Sterk verluchte spouw	M50	5 per 2 m	-
	M65	2 per m	-
	M90	3 per 2 m	-

Tabel 28: Minimum en maximum aantal stootvoegen per steenformaat en per verluchtingsgraad

3.8.2.2.1 Correctie voor een slechte uitvoering van de isolatiematerialen

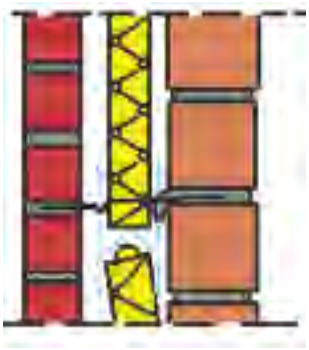
Wanneer een gebouwelement minstens één isolatielaag bevat, moet op de berekende U-waarde een forfaitaire correctieterm ΔU_{cor} toegepast worden. Deze correctiefactor houdt rekening met maat-en plaatsingstoleranties bij de uitvoering van het gebouwelement en wordt berekend volgens volgende formule:

$$\Delta U_{cor} = \frac{1}{R_T - R_{cor}} - \frac{1}{R_T} \quad (W/m^2K)$$

Hierin zijn:

R_T = totale warmteweerstand van het gebouwelement (m^2K/W)

R_{cor} = vermindering van de totale warmteweerstand van het gebouwelement ten gevolge van maat- en plaatsingstoleranties, gelijk aan $0.10 m^2K/W$.



Een tweede correctie wordt toegepast voor spleten in de isolatielaag. Deze kunnen aanleiding geven tot een aanzienlijk verlies van de warmteweerstand. Isolatieplaten moeten goed tegen elkaar aansluiten om te vermijden dat koude lucht aan de binnenzijde van de platen raakt. Dit wordt in rekening gebracht met een toeslag op de **warmtedoorgangscoëfficiënt** met een factor ΔU_g. Voor een uitvoering conform aan de technische goedkeuring mag $\Delta U_g = 0$ gesteld worden.

3.8.2.2.2 Correctie voor de spouwhaken

De spouwhaken vormen kleine puntkoudebruggen die door hun beperkte afmetingen slechts een klein verlies aan warmte betekenen. Het effect van deze bevestigingen kan altijd nauwkeurig berekend worden door numerieke berekeningen volgens NBN EN ISO 10211. In bepaalde gevallen kan echter een vereenvoudigde rekenmethode toegepast worden, waarbij het effect van de mechanische bevestigingen bepaald wordt door de correctieterm ΔU_f , die volgens NBN B 62-002: 2008 als volgt berekend wordt:

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_l}{R_{T,h}}\right)^2$$

waarin:

- α correctiecoëfficiënt gelijk aan 0,8
- λ_f warmtegeleidbaarheid van de mechanische bevestiging (bv. voor staal 50W/mK)
- n_f aantal mechanische bevestigingen per m^2
- A_f sectie van 1 mechanische bevestiging
- d_0 dikte van de isolatielaag
- R_l warmteweerstand van de isolatielaag die door de mechanische bevestiging doorboord wordt ($R_l = d_l / \lambda_{ins}$)
  - λ_{ins} = warmtegeleidbaarheid van de isolatielaag
  - d_l = lengte van de bevestiging

R_T totale warmteweerstand van de spouwmuur, zonder rekening te houden met enige koudebrugwerking

NOOT: De correctieterm ΔU_f dient in het geval van spouwhaken niet toegepast te worden voor de volgende gevallen :

– spouwhaken in ongeïsoleerde spouwen
– spouwhaken waarvan de warmtegeleidbaarheid kleiner is dan 1 W/mK (bv. kunststof)

De gecorrigeerde U-waarde voor een spouwmuur wordt dus als volgt berekend:
$U_c = U + \Delta U_{cor} + \Delta U_g + \Delta U_f$
De correctietermen ΔU_f en ΔU_g moeten niet toegepast worden als de som van beide termen kleiner is dan 0.03U.

3.8.2.3 Het globaal warmte-isolatiepeil K

Het globaal warmte-isolatiepeil K van een gebouw met volumecompactheid C wordt uitgedrukt als het honderdvoud van de verhouding van de gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt van dat gebouw tot de gemiddelde $U_{m,T}$-waarde van het basistoetspeil K100 berekend bij eenzelfde compactheid.

3.8.2.3.1 Het beschermd volume, de aangrenzende onverwarmde ruimte, de warmte-verliesoppervlakte en de volumecompactheid

De berekening van het globale warmte-isolatiepeil gebeurt volgens de norm NBN B 62-301: 2008 : *Warmte-isolatieprestatie van gebouwen – Globaal warmte-isolatiepeil* (K-peil) van een gebouw, waarin de volledige berekeningswijze wordt opgenomen.

Werkwijze:
Achtereenvolgens berekent men:

– Het beschermd volume V [m^3]
is het totale volume dat men thermisch wil beveiligen tegen warmteverliezen.

De berekening gebeurt aan de hand van de **buiten**afmetingen van het gebouw. Het beschermd volume bevat dus naast het ingesloten luchtvolume, ook het volume van alle binnen- en buitenwanden, vloeren en daken.

Een scheidingswand met een verschillend beschermd volume zoals een naburig gebouw hoort slechts voor de helft van zijn dikte bij het beschermd volume.
De kelder wordt meestal niet opgenomen in het beschermd volume (niet geïsoleerd).
Garages en zolders kan men al dan niet mee opnemen in het beschermd volume, afhankelijk van de wijze waarop geïsoleerd wordt.

– Een aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR) is een thermische bufferruimte die de warmteoverdracht tussen de ruimten binnen het beschermd volume en de buitenomgeving in bepaalde mate beperkt.
Een voorbeeld van een AOR is een onverwarmde (ongekoelde) aangebouwde veranda. Onverwarmde ruimten die onder het beschermd volume gelegen zijn en waarvan het laagste peil onder het maaiveld ligt (bv. een kruipruimte) worden nooit als een AOR beschouwd.

– De warmteverlies-oppervlakte A_T [m²]
is de som van alle oppervlakken die het beschermd volume vormen vb. gevels, daken, vloeren, ramen,.....

De wanden die de scheiding vormen tussen twee verschillende beschermde volumes worden niet in deze A_T opgenomen. Bijvoorbeeld: scheidingsmuur tussen twee woningen, vloer tussen twee appartementen binnen hetzelfde gebouw.
Wat betreft de verliesoppervlakten van deuren en vensters, wordt gerekend met de afmetingen van de dagopeningen (gezien van buitenuit).

– Volumecompactheid C [m]

$$C = \frac{V}{A_T}$$

De geometrische vorm met de minste warmteverliezen is de bol, vanwege de minimale verhouding van het oppervlak tegenover de inhoud. Compacter kan niet.
De thermisch meest gunstige vorm voor woningen is de kubus, dus een zo regelmatig mogelijke vorm, zonder uitsprongen.

3.8.2.3.2 De gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt $U_{m,T}$ van een gebouw

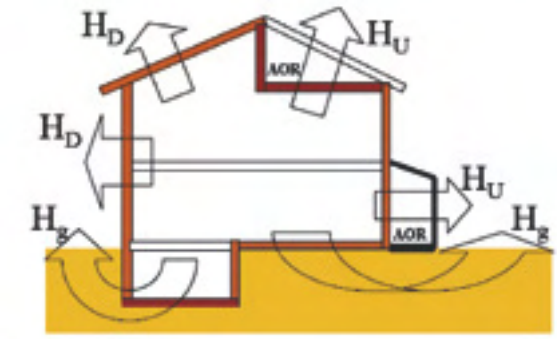
De gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt $U_{m,T}$ van een gebouw is de verhouding van de totale warmtedoorgangscoëfficiënt H_T en de totale verliesoppervlakte A_T van het beschermd volume van dat gebouw.

$$U_{m,T} = \frac{H_T}{A_T} = \frac{H_D + H_g + H_u}{A_T}$$

Hierin zijn:

- H_T de totale warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie van een gebouw (W/K)
- A_T de verliesoppervlakte (m²)
- H_D de directe warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen alle gebouwelementen die de rechtstreekse scheiding vormen tussen de verwarmde (gekoelde) ruimten en de buitenomgeving, met inbegrip van alle koudebruggen
- H_g de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen alle gebouwelementen die de scheiding vormen tussen de verwarmde (gekoelde) ruimten en de grond, met inbegrip van koudebruggen
- H_U de warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen alle gebouwelementen die de scheiding vormen tussen de verwarmde (gekoelde) ruimten en de buitenomgeving via aangrenzende onverwarmde ruimten

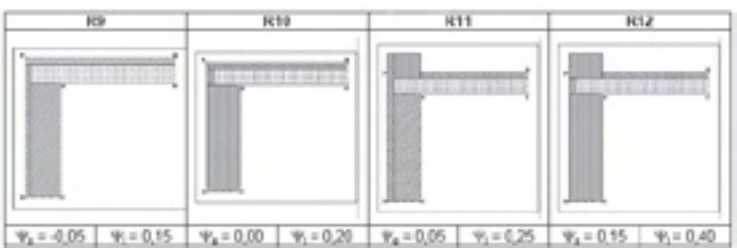
De verschillende termen van de totale warmteoverdrachtscoëfficiënt H worden verduidelijkt op de volgende figuur overgenomen uit NBN B 62-301.[19]



Figuur 17: Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie $H_T = H_D + H_g + H_U$

De term H_D rekent naast de U-waarden van de verschillende gebouwelementen eveneens de lineaire en de puntkoudebruggen in. De norm NBN B 62-002 geeft in bijlage G en H met behulp van figuren verschillende types van mogelijke koudebruggen. Eveneens worden waarden bij ontstentenis opgegeven waarmee een handberekening eenvoudig kan uitgevoerd worden. Een voorbeeld wordt weergegeven in de volgende figuur overgenomen uit de norm NBN B 62-002.[20]

Eveneens zal in het najaar door één van de leden van de federatie een koudebrugatlas uitgebracht worden. Dit document zal een zeer handig instrument zijn om de verliezen veroorzaakt door koudebruggen mee in te rekenen.



Figuur 18: Voorbeelden types koudebruggen uit bijlage H van NBN B 62-002

[19] NBN B 62-301: Warmte-isolatieprestatie van gebouwen-Globaal warmte-isolatiepeil (K-peil) van een gebouw: 2008
[20] NBN B 62-002: Thermische prestaties van gebouwen-Berekening van de warmtedoorgangscoëfficiënten (U-waarden) van gebouwcomponenten en gebouwelementen-Berekening van de warmteoverdrachtscoëfficiënten door transmissie (HT-waarde) en ventilatie (Hv-waarde): 2008

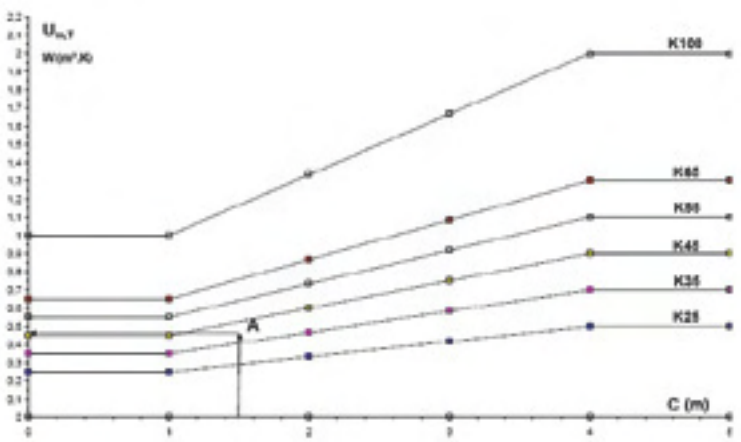
3.8.2.3.3 Berekening van het K-peil van de globale warmte-isolatie van een gebouw

De berekening van dit K-peil is afhankelijk van de gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt $U_{m,T}$ en de volumecompactheid zoals volgende uitdrukkingen en figuur aangeven:

Indien $V/A_T \leq 1$ $\quad K = 100.U_{m,T}$

Indien $1 < V/A_T < 4$ $\quad K = \dfrac{300.U_{m,T}}{(V / A_T + 2)}$

Indien $V/A_T \geq 4$ $\quad K = 50.U_{m,T}$



Figuur 19: K-peil i.f.v. compactheid en gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt

3.8.2.4 Rekenvoorbeeld – bepaling van de warmtedoorgangscoëfficiënt U

Spouwmuur met gedeeltelijk geïsoleerde en matig verluchte spouw

- gevelbaksteen formaat M 65 (18,8x8,8x6,5) met volumegewicht 1500 kg/m³, houder van een BENOR-merk, vermetseld met kopvoeg en bedvoeg van 12 mm cementmortel
- matig verluchte spouw
- isolatie in minerale wol met dikte van 6 cm, houder van een ATG
- snelbouwmetselwerk (28,8x13,8x13,8) met volumegewicht 1100 kg/m³ houder van een BENOR-merk vermetseld met kopvoeg en bedvoeg van 12 mm cementmortel
- binnenbepleistering in gips met dikte van 1 cm

Stap 1 keuze van de formule voor de totale wamteweerstand van de wand uit de tabel:

Wandtype	R_T
Buitenwanden:	
– spouwgevel met niet-verluchte spouw (gevelmetselwerk, spouw, isolatie, snelbouwmetselwerk, bepleistering)	$0,04 + R_{gevel} + 0,17 + R_{iso} + R_{snelbouw} + R_{bepleist} + 0,13$
– spouwgevel met matig verluchte spouw (gevelmetselwerk, spouw, isolatie, snelbouwmetselwerk, bepleistering)	$0,04 + R_{gevel} + 0,085 + R_{iso} + R_{snelbouw} + R_{bepleist} + 0,13$
– spouwgevel met sterk verluchte spouw (gevelmetselwerk, spouw, isolatie, snelbouwmetselwerk, bepleistering)	$0,13 + R_{iso} + R_{snelbouw} + R_{bepleist} + 0,13$
– gevel met buitenbepleistering (buitenbepleistering, isolatie, snelbouwmetselwerk, bepleistering)	$0,04 + R_{buiten} + R_{iso} + R_{snelbouw} + R_{bepleist} + 0,13$

Wandtype	R_T
Scheidingswanden: – geïsoleerde scheidingsmuur tussen twee woningen (bepleistering, snelbouwmetselwerk, isolatie, snelbouwmetselwerk, bepleistering)	$0,13 + R_{bepleist} + R_{snelbouw} + R_{iso} + R_{snelbouw} + R_{bepleist} + 0,13$
– niet-geïsoleerde scheidingsmuur tussen twee woningen (bepleistering, snelbouwmetselwerk, niet-verluchte spouw, snelbouwmetselwerk, bepleistering)	$0,13 + R_{bepleist} + R_{snelbouw} + 0.17 + R_{snelbouw} + R_{bepleist} + 0,13$
Wandtype	R_T
Binnenwanden: – tussen twee lokalen (bepleistering, snelbouwmetselwerk, bepleistering)	$0,13 + R_{bepleist} + R_{snelbouw} + R_{bepleist} + 0,13$

Tabel 29: De totale warmteweerstand R_T voor verschillende wandtypes

$0,04 + R_{gevel} + 0,085 + R_{iso} + R_{snelbouw} + R_{bepleist} + 0,13$

Stap 2 bepaling van de warmteweerstand van de wanddelen (R_{gevel}, R_{iso}, $R_{snelbouw}$, $R_{bepleist}$)

• R_{gevel}?
d_{gevel} = 8,8 cm
λ_{gevel} Aandeel steen: 0,79 (tabel 24)
Aandeel voeg: 0,21 (tabel 24)
λ van de steen: 0,91 W/mK (tabel 25)
λ van de voeg: 1,55 W/mK (tabel 25)
➜ $\lambda_{gevel} = 0,91x0,79 + 1,55x0,21 = 1,04$ W/mK
➜ $R_{gevel} = d_{gevel} / \lambda_{gevel} = 0,084$ m²K/W

• R_{iso}?
d_{iso} = 6 cm
λ_{iso} = 0,041 (tabel 26)
➜ $R_{iso} = d_{iso} / \lambda_{iso} = 1,463$ m²K/W

• $R_{snelbouw}$?
$d_{snelbouw}$ = 13,8 cm
$\lambda_{snelbouw}$ Aandeel steen: 0,88 (tabel 24)
Aandeel voeg: 0,12 (tabel 24)
λ van de steen: 0,32 W/mK (tabel 25)
λ van de voeg: 1.00 W/mK (tabel 27)
➜ $\lambda_{snelbouw}$ = 0,32x0,88 + 1.00x0,12 = 0,40 W/mK
➜ $R_{snelbouw} = d_{snelbouw} / \lambda_{snelbouw}$ = 0,344 m²K/W

• $R_{bepleist}$?
$d_{bepleist}$ = 1 cm
$\lambda_{bepleist}$ = 0,57 (tabel 27)
➜ $R_{bepleist} = d_{bepleist} / \lambda_{bepleist}$ = 0,018 m²K/W

Stap 3 uitwerking van de formule voor de totale warmteweerstand en de inverse nemen.

R_T = 0,04 + 0,084 + 0,085 + 1,463 + 0,344 + 0,018 + 0,13 = 2,16 m²K/W

➜ $U = 1/R_T$ = 0,462 W/m²K

Dit wordt vermeerderd met de correctie voor de spouwhaakjes:

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_1}{R_{T,h}}\right)^2 = 0,8 \frac{50x1,3x10^{-5}x5}{0,06} \left(\frac{1,463}{2.16}\right)^2 = 0,020 \text{ W/m}^2\text{K}$$

De uitvoering van de isolatie is conform de technische goedkeuring zodat de correctie voor luchtspleten in de isolatie gelijk aan nul gesteld kan worden:
$\Delta U_g = 0$

De correctie voor maat-en plaatsingstoleranties wordt als volgt berekend:

$$\Delta U_{cor} = \frac{1}{R_T - R_{cor}} - \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2.16 - 0.10} - \frac{1}{2.16} = 0.022$$

De gecorrigeerde U-waarde wordt tenslotte:
➜ $U_c = U + \Delta U_f + \Delta U_g$ = 0,50 W/m²K

3.9 BRANDWEERSTAND

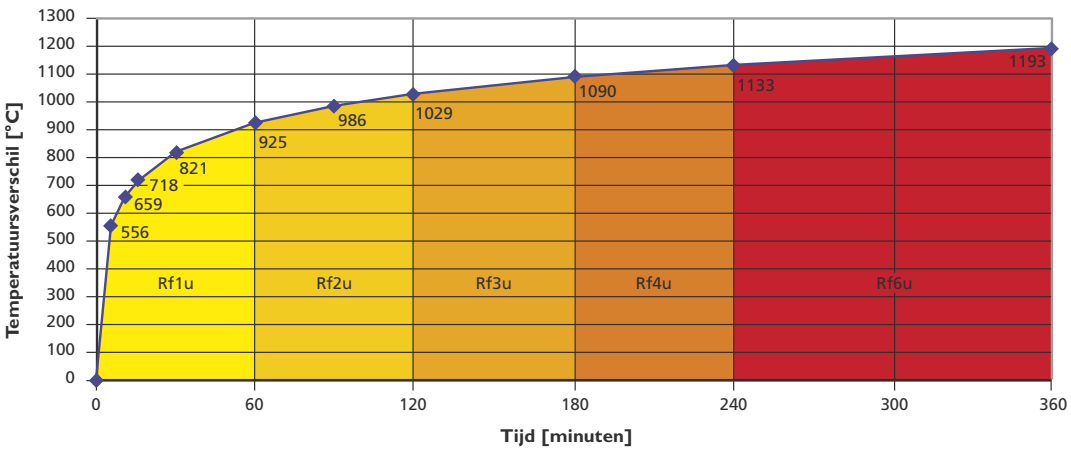
3.9.1 Definitie

De brandweerstand van een bouwelement geeft aan hoelang het bouwelement zijn functie blijft uitoefenen ondanks een blootstelling aan brand.
De functie van het bouwelement kan zijn:

- dragende functie (R)
- scheidende functie (EI)
- dragende en scheidende functie (REI)

3.9.2 Beproevingsmethode

De brandweerstand van een wand wordt bepaald door uitvoering van een brandproef. Bij een brandproef van een wand vormt het beproefde bouwelement één wand van de oven. In de oven wordt dan een kunstmatige brand opgewekt volgens een temperatuur-tijd curve uit de internationale norm ISO 834.



Figuur 20: Temperatuur-tijd curve voor een kunstmatige brand volgens de norm ISO 834

Het resultaat van de brandproef wordt beoordeeld volgens drie criteria met overeenkomstige symbolen:

- Stabiliteit (R): tijd gedurende dewelke het element zijn dragende functie blijft vervullen zonder vervormingen te vertonen die onverenigbaar zijn met zijn functie in de stabiliteit van de constructie.
- Vlamdichtheid (E): tijd gedurende dewelke geen vlammen door de niet-blootgestelde zijde van de wand gaan (een katoenprop op 2 à 3cm voor de wand mag niet ontvlammen)
- Thermische isolatie (I): tijd gedurende dewelke de gemiddelde temperatuur aan de niet-blootgestele zijde kleiner blijft dan 140°C en de maximale temperatuur kleiner blijft dan 180°C.

3.9.3 Belgische classificatie

De brandweerstand (Rf) van een bouwelement is de tijd uitgedrukt in minuten gedurende dewelke een bouwelement gelijktijdig aan bovenstaande drie criteria voldoet (R, E en I) volgens de norm NBN 713-020: Weerstand tegen brand van bouwelementen.
De norm voorziet Rf graden in functie van de genormaliseerde tijden:
6u - 4u - 3u - 2u -11/2u - 1/2u - 1/4u.

3.9.4 Europese classificatie

Deze drie criteria worden afzonderlijk behandeld in de Europese norm EN 13501-2: Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen – Deel 2: Classificatie gebruik makend van gegevens van brandweerstandsproeven, met uitsluiting van producten voor gebruik in ventilatiesystemen.
Verschillende combinaties (voor dragende wanden: REI, RE, R en voor niet-dragende wanden: EI, E) worden mogelijk. Bijvoorbeeld:
RE 60 is een bouwelement dat gedurende 60 minuten voldoet aan de criteria stabiliteit en vlamdichtheid, maar waarvan de temperatuur aan de niet-blootgestelde zijde te hoog oploopt.

3.9.5 Waarden voor baksteenmetselwerk

In de eurocode 6 deel 1-2 met nationale annex zullen voor de criteria REI en EI voor alle metselmaterialen tabellen te vinden zijn waarin voor een bepaalde brandweerstand in minuten de benodigde dikte kan afgelezen worden. Dit handige document maakt dure brandproeven op muurtjes overbodig.

Volgens de Belgische norm werd de brandweerstand van baksteenmetselwerk weergegeven door de parameter Rf. Hieronder worden een aantal richtwaarden van deze parameter gegeven. In de tabellen van Eurocode 6 zullen voor de parameter REI waarden in dezelfde grootte-orde kunnen afgelezen worden.
De brandweerstand van een onbepleisterde wand in snelbouwmetselwerk bedraagt:
muren van 9 cm breedte: Rf = 1 uur
muren van 14 cm breedte: Rf = 2 uur
muren van 19 cm breedte: Rf = 6 uur
Een bepleistering aan twee zijden verhoogt de brandweerstand tot respectievelijk 2 uur; 4 uur; meer dan 6 uur.

3.9.6 Eisen

De eisen wat betreft brandweerstand van bouwdelen zijn te vinden in de basisnormen van de federale overheid. Deze zijn vastgelegd in het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 en gewijzigd door het KB van 19 december 1997 en het KB van 4 april 2003.
De eisen worden gegeven in functie van de Belgische classificatie met begrenzingen aan de Rf waarde.
De eisen moeten nog aangepast worden aan de Europese normen.
De integrale tekst van deze basisnormen is beschikbaar op volgende website:
http://www.staatsblad.be

3.9.7 Besluit

Als dragende muur voldoet reeds een onbepleisterde baksteenmuur van 14 cm breedte aan de strengste eisen voor lage of middelhoge gebouwen. Als scheidingswand voldoet meestal een onbepleisterde baksteenmuur van 9 cm.
Omdat deze waarden reeds gekend zijn van in de jaren '70 en bij controlerende proeven geen wijzigingen worden opgetekend, wordt voor baksteenwanden nergens een attest vereist. De zwakke plekken in de brandbeveiliging zijn vooral de dragende kolommen van staal of beton. Om de stabiliteit van het gebouw te verzekeren worden deze kolommen soms van een brandwerende bekleding voorzien. Baksteenmetselwerk is hiervoor uitermate geschikt.

3.10 GELUIDSABSORPTIE

3.10.1 Definitie

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

3.10.2 Geluidsabsorberende wanden

Deze wanden worden aangewend in sportzalen, concertzalen, zwembaden e.d..
Gladde wanden hebben geen – of een gering – geluidsabsorberend 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 geluidsabsorptie. Isolerende snelbouwbaksteen (type ISO-SB) absorbeert hierdoor beter dan gewone snelbouw (type SB). In specifieke gevallen is het nodig de geluidsabsorptie op te drijven door:

- de bakstenen zodanig te vermetselen 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 geluidswerende 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 studiebureau dat gespecialiseerd is in geluidsleer.

3.10.3 Berekening van de nagalmtijd

Het absorberend vermogen A_s van een bepaald oppervlak (S) in een gesloten ruimte is:
$A_s = \alpha.S$ (in m^2 open raam). De absorptiecoëfficiënt α is een materiaalconstante.
Voorbeelden voor verschillende frequenties:

Geluidsabsorptiecoëfficiënt α	*Frequentie [Hz]*			
	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
0pen vensterraam (= maximum)	1	1	1	1

Tabel 30: Geluidsabsorptiecoëfficiënt voor verschillende materialen

De aangegeven waarden in tabel 30 zijn richtwaarden.

Voor het berekenen van de nagalmtijd moet het absorberend vermogen van alle in de gesloten ruimte aanwezige voorwerpen (en lichamen) gekend zijn.

Nagalmtijd $T = \frac{1}{6}\frac{V}{A_s}$ (Wet van Sabine)

hierin is 1/6 een evenredigheidsfactor [s/m]
V het volume van de gesloten ruimte [m^3]
A_s de totale absorptie door alle aanwezige oppervlakken [m^2 o.r.]

3.11 AKOESTISCHE ISOLATIE

3.11.1 Definitie

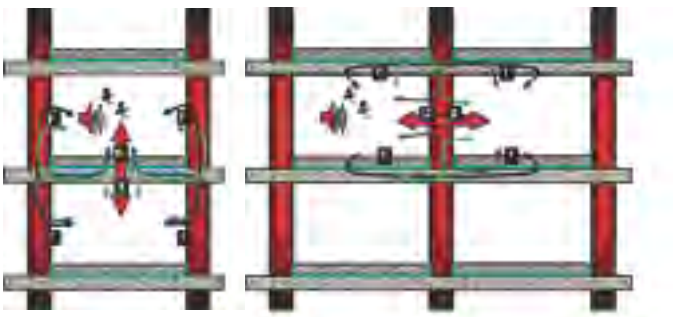
Akoestisch isoleren is het reduceren van geluid bij zijn doorgang doorheen een wand, door toedoen van de kenmerken van het materiaal waaruit die wand is opgebouwd. Elk materiaal weerkaatst geluid en absorbeert geluid in verschillende mate. Deze effecten resulteren in de geluidsdoorgang doorheen het materiaal.
Om een goede akoestische isolatie van een bouwelement te verkrijgen is het belangrijk om te werken met materialen met goede akoestische eigenschap, maar eveneens te letten op de details tijdens de uitvoering.

3.11.2 Soorten geluid en mogelijke wegen voor het geluid

Uw buren kunnen verschillende soorten geluid produceren, namelijk luchtgeluid, contactgeluid en installatielawaai.
De stembanden van een persoon, luidsprekers, muziekinstrumenten laten de **lucht trillen** en veroorzaken **luchtgeluid**. Lopende bovenburen, hamergeklop laten een **voorwerp** trillen, een wand of vloer die op hun beurt de lucht laten trillen en een geluidsgolf **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.

Installatielawaai (mechanische ventilatie, sanitaire apparaten) kan eveneens hinder veroorzaken.
Luchtgeluid baant zich via verschillende wegen vanuit de woning van uw buur een weg naar de uwe. Het geluid dringt niet enkel via de gemene vloer/ muur (directe geluidstransmissie) door tot in uw huiskamer, slaapkamer, e.a., maar ook via flankerende geluidstransmissie en geluidslekken. Op figuur 21 worden de verschillende wegen aangegeven die het luchtgeluid kan volgen om tot bij U te komen.

- Directe transmissieweg Dd
- Flankerende transmissiewegen: Ff, Fd en Df



Figuur 21: Mogelijke transmissiewegen voor luchtgeluid

Wanneer de vier begrenzende wanden van een ondergelegen ruimte doorlopen naar de bovengelegen ruimte, dan kunnen 4 knopen onderscheiden worden met telkens 3 flankerende wegen. Naast de directe geluidstransmissieweg zijn dit dus 12 mogelijke flankerende geluidstransmissiewegen.
In geval van **contactgeluid** kan eveneens een onderscheid gemaakt worden tussen directe contactgeluidstransmissie en flankerende wegen, figuur 22.

- Directe transmissieweg Dd
- Flankerende transmissiewegen: Df

Het aantal flankerende wegen is wel geringer dan bij luchtgeluidstransmissie. Er zijn slechts 4 flankerende wegen.

Figuur 22: Mogelijke wegen voor contactgeluid

3.11.3 Geluidsverzwakkingsindex van baksteenwanden

De akoestische efficiëntie van een baksteenwand kan gemeten worden in een akoestisch laboratorium waar de geluidsverzwakkingsindex R kan bepaald worden. Deze eigenschap vertelt ons meer over hoe goed de scheidingswand isoleert.

Voor geluidsmetingen wordt het volledige spectrum opgedeeld in een aantal frequentiebanden. Dit maakt dat ook de geluidsverzwakkingsindex R uitgedrukt wordt per frequentieband[21]. Een dergelijke aanpak is niet praktisch om wanden onderling te vergelijken. In de norm EN ISO 717 wordt daarom overgestapt naar een ééngetalsaanduiding met aanpassingstermen $R_w(C;C_{tr})$. Dit is een gewogen geluidsverzwakkingsindex die betrekking heeft op het volledige spectrum.
waarin R_w = gewogen geluidsverzwakkingsindex

C = spectrum aanpassingsterm voor niet-laagfrequente geluidsbronnen, zoals spelende kinderen, leefactiviteit (spreken, radio, tv, ...), snel rijdend verkeer, ...

C_{tr} = (traffic) spectrum aanpassingsterm voor laagfrequente geluidsbronnen, zoals discotheekmuziek, traag rijdend verkeer, ...

[21] Voor de indeling van het spectrum in frequentiebanden bestaan er twee hoofdindelingen, namelijk volgens octaafbanden en 1/3 octaafbanden (tertsbanden). Bij musici wordt een octaaf aangeduid als het interval tussen twee tonen waarvoor geldt dat de frequentie van de ene toon precies het dubbele is van de andere toon.

Gebruiksvoorbeeld:
Beglazing type a: R_w ($C;C_{tr}$) = 43 (-3;-9) dB
Beglazing type b: R_w ($C;C_{tr}$) = 41 (-2;-4) dB
Beglazing type c: R_w ($C;C_{tr}$) = 38 (-1;-3) dB

Globaal scoort type a het beste, hoogste R_w.
Voor laag frequent geluid, bvb. traag rijdend stadsverkeer, scoort type b het best. $R_w + C_{tr}$ = 37 dB wat de hoogste waarde is.
Voor niet-laag frequent geluid, bvb. naast een autosnelweg, scoort type a het best. $R_w + C$ = 40 dB wat de hoogste waarde is.

3.11.4 Akoestische norm NBN S 01-400-1

De norm NBN S 01-400-1: "Akoestische criteria voor woongebouwen": 2008 maakt een onderscheid tussen **twee prestatieniveaus**: de vereisten voor een **normaal akoestisch comfort** en de vereisten voor een **verhoogd akoestisch comfort** bij een normale lucht-en contactgeluidsbelasting. De twee prestatieniveaus zijn gelinkt aan kosten en akoestisch comfort. De vereisten voor een normaal akoestisch comfort zijn een compromis tussen de bouwkost en akoestisch comfort. Dit prestatieniveau beoogt om 70% van de gebruikers tevreden te stellen met de geluidsisolatie. De vereisten voor een verhoogd akoestisch comfort zijn erop gericht om 90% van de gebruikers tevreden te stellen.

De norm bepaalt de vereiste akoestische criteria voor het **afgewerkte gebouw** voor het bekomen van één van de prestatieniveaus. De gestelde eisen hebben betrekking op het totale ontwerp van het afgewerkte gebouw en trachten niet meer bouwelementen in categorieën in te delen zoals de oude norm.
De opgestelde eisen in de nieuwe norm vormen de uitgangspunten bij het uitwerken van een ontwerp. Zij spelen dus een rol in het ontwerp, de detaillering, de uitvoeringswijzen en de **materiaalkeuze**.

3.11.4.1 Luchtgeluidsisolatie

Met betrekking tot luchtgeluidsisolatie worden eisen gesteld aan de parameter $D_{nT,w}$ (het gewogen gestandaardiseerde geluidsdrukniveauverschil tussen twee ruimten). Een geluid dat zich verspreidt van ruimte 1 naar ruimte 2 kan naast directe transmissie doorheen de scheidingsmuur ook andere wegen volgen. Dit heeft als gevolg dat de isolatie tussen de twee lokalen lager ligt dan de luchtgeluidsisolatie van de scheidingswand. Om de invloed van deze andere wegen in rekening te brengen wordt gewerkt met een in situ gemeten parameter $D_{nT,w}$. Deze parameter is een goede benadering van de comfortervaring van de bewoner van de ruimte.

De eisen gesteld aan $D_{nT,w}$ worden weergegeven in tabel 31. Aangezien de parameter $D_{nT,w}$ aangeeft hoe sterk het geluid gereduceerd wordt, is het belangrijk dat deze parameter zo groot mogelijk is.

ZENDRUIMTE buiten de woning	ONTVANGSTRUIMTE binnen de woning	normaal akoestisch comfort	verhoogd akoestisch comfort
Elke ruimte	Elke ruimte uitgezonderd een technische ruimte of inkomhal	$D_{nT,w} \geq 54$ dB	$D_{nT,w} \geq 58$ dB
Elke ruimte van een nieuwbouw rijwoning	Elke ruimte van een nieuwbouw rijwoning uitgezonderd een technische ruimte	$D_{nT,w} \geq 58$ dB	$D_{nT,w} \geq 62$ dB
ZENDRUIMTE binnen de woning	**ONTVANGSTRUIMTE binnen de woning**	**normaal akoestisch comfort**	**verhoogd akoestisch comfort**
Slaapkamer, keuken, woonkamer en badkamer (die niet alleen toebehoort aan de slaapkamer/ontvangstruimte)	Slaapkamer, studeerruimte	$D_{nT,w} \geq 35$ dB	$D_{nT,w} \geq 43$ dB

Tabel 31: Eisen met betrekking tot de luchtgeluidsisolatie tussen twee ruimten

3.11.4.2 Contactgeluidsisolatie

Met betrekking tot contactgeluidsisolatie worden eisen gesteld aan de parameter $L'_{nT,w}$ (gewogen gestandariseerde contactgeluidsdrukniveau in situ).
De contactgeluidsisolatie tussen twee bovenliggende vertrekken wordt bepaald door het geluidsdrukniveau te meten in het onderste vertrek, wanneer in het bovenste lokaal op de grond wordt gehamerd met een genormaliseerd klopapparaat. Deze gemeten waarde dient aangepast te worden met een correctiefactor ter inrekening van de invloed van absorptie in het ontvangstlokaal. Om te kunnen spreken over het volledige spectrum en niet over één frequentieband wordt overgestapt naar de ééngetalsaanduiding $L'_{nT,w}$.

De eisen gesteld aan $L'_{nT,w}$ worden weergegeven in tabel 32. In tegenstelling tot de karakteristiek $D_{nT,w}$ duidt de parameter $L'_{nT,w}$ geen verschil in geluidsdrukniveau aan, maar het geluidsdrukniveau in een bepaalde ruimte. Om een goed akoestisch comfort te bekomen dient deze parameter dus zo klein mogelijk te zijn.

ZENDRUIMTE buiten de woning	ONTVANGSTRUIMTE binnen de woning	normaal akoestisch comfort	verhoogd akoestisch comfort
Elke ruimte	Elke ruimte uitgezonderd een technische ruimte of inkomhal	$L'_{nT,w} \leq 58$ dB	$L'_{nT,w} \leq 50$ dB
Elke ruimte uitgezonderd een slaapkamer	Slaapkamer	$L'_{nT,w} \leq 54$ dB	$L'_{nT,w} \leq 50$ dB
ZENDRUIMTE binnen de woning	**ONTVANGSTRUIMTE binnen de woning**	**normaal akoestisch comfort**	**verhoogd akoestisch comfort**
Slaapkamer, keuken, woonkamer en badkamer (die niet alleen toebehoort aan de slaapkamer/ontvangstruimte)	Slaapkamer, studeerruimte	/	$L'_{nT,w} \leq 58$ dB

Tabel 32: Eisen met betrekking tot de contactgeluidsisolatie tussen twee ruimten

3.11.4.3 Installatielawaai

Aangezien de laatste jaren meer en meer toestellen in onze woningen verschijnen wordt het eveneens belangrijk aandacht te schenken aan installatielawaai.

Met betrekking tot installatielawaai worden eisen gesteld aan de parameter $L_{Ainstal,nT}$. Deze parameter wordt afgeleid uit de meetresultaten gemeten volgens de procedures beschreven in de norm NBN EN ISO 10052:2005. De eisen gesteld aan $L_{Ainstal,nT}$ worden weergegeven in tabel 33. Analoog als bij contactgeluidsisolatie wordt hier gesproken over een geluidsdrukniveau in een ruimte en moet deze parameter dus zo klein mogelijk zijn.

		normaal akoestisch comfort $L_{Ainstal.nT}$	verhoogd akoestisch comfort $L_{Ainstal.nT}$
Badkamer / WC	Mechanische ventilatie Sanitaire apparaten	≤ 35 dB ≤ 65 dB	≤ 30 dB ≤ 60 dB
Keuken	Mechanische ventilatie Dampkap	≤ 35 dB ≤ 60 dB	≤ 30 dB ≤ 40 dB
Woonkamer	Mechanische ventilatie	≤ 30 dB	≤ 27 dB
Slaapkamer	Mechanische ventilatie	≤ 27 dB	≤ 25 dB
Technische ruimten met installaties voor minder dan 10 woningen		≤ 75 dB	≤ 75 dB
Technische ruimten met installaties voor meer dan 10 woningen		≤ 85 dB	≤ 85 dB

Tabel 33: Eisen met betrekking tot het installatielawaai in verschillende ruimten

3.11.4.4 Gevelisolatie

Aangezien we buiten onze woningen ook zeer veel lawaai produceren (auto's, vliegtuigen,...) worden eveneens strenge eisen gesteld aan de akoestische isolatie van gevels.
De gestelde eisen voor gevelisolatie in de norm NBN S 01-400-1 zijn tweeledig. Enerzijds worden eisen gesteld aan een gevelvlak van een ruimte die akoestisch beschermd moet worden. Anderzijds worden ook eisen gesteld aan de gevelelementen apart.

Om een ruimte vb. een slaapkamer te beschermen tegen geluidshinder van buitenaf worden eisen opgelegd aan de parameter D_{Atr} (het gewogen gestandardiseerde geluidsdrukniveauverschil voor een gevelvlak met typespectrum voor wegverkeerlawaai), tabel 34.

	normaal akoestisch comfort	verhoogd akoestisch comfort
Woonkamer, keuken, studeerruimte en slaapkamer	$D_{Atr} \geq L_A - 34 + m$ dB (1) en $D_{Atr} \geq 26$ dB	$D_{Atr} \geq L_A - 30 + m$ dB (1) en $D_{Atr} \geq 30$ dB
Slaapkamer	$D_{Atr} \geq 34 + m$ dB (1)(2)	

Tabel 34: Eisen met betrekking tot gevelisolatie

Een gevelvlak bestaat meestal uit meerdere elementen die samen het gevelvlak vormen. Enkel bij een nauwkeurige uitvoering met correcte aansluitingsdetails en een voldoende akoestische prestatie van elk gevelelement kan aan de bovenstaande eisen in tabel 34 voldaan worden.
Wanneer geen eis wordt opgegeven aan de aparte gevelelementen kunnen de waarden uit onderstaande tabel gebruikt worden.

Eis voor de akoestische prestaties van gevelelementen (met inbegrip van de aansluitingsdetails met een aangrenzend gevelelement) die deel uitmaken van een gevelvlak van een woonkamer, keuken, studeerruimte en slaapkamer	
Alle gevelelementen uitgezonderd ventilatieroosters	$R_{Atr} \geq D_{Atr} + 3 + 10lg[3(S_{netto} + 5n)/V]$ [dB]
Ventilatieroosters indien aanwezig	$D_{neAtr} \geq R_{Atr} + 3$ [dB]

Tabel 35: Eisen voor gevelelementen

Met:

n [/] = Het aantal ventilatieroosters met gelijke akoestische prestatie $D_{neAtr} \geq R_{Atr} + 3dB$. Wanneer er geen ventilatierooster is, is n=0.

D_{Atr} [dB] = De vereiste isolatiewaarde voor het gevelvlak volgens tabel 34

V [m^3] = Het volume van de te beschermen ruimte

S_{netto} [m^2] = De totale oppervlakte van de gevelelementen van het gevelvlak die door hun constructiekeuze een R_{Atr} <48dB hebben.

3.11.5 Belang van detaillering

Om de eisen, gesteld in de norm, te halen is het niet enkel meer belangrijk om materialen te gebruiken met goede akoestische eigenschappen, maar eveneens aandacht te besteden aan de detaillering.
Inspelend op de goede eigenschappen en met een goed ontwerp en correcte detaillering kan met baksteen eenvoudig een oplossing aangeboden worden voor het verhoogd akoestisch comfort, dat een goede isolatie biedt tegen zowel lucht-als contactgeluid. Dit kan zelfs bereikt worden met een beperkte meerkost.

Om te voldoen aan de akoestische eisen is het noodzakelijk om te werken met een dubbelwandige constructie in baksteen. Eerst worden een aantal algemene aandachtspunten aangeven waaraan een ontdubbelde wand moet voldoen. Daarna wordt meer specifiek ingegaan op de oplossingen voor appartementen en rijwoningen om te voldoen aan een verhoogd akoestisch comfort.

3.11.5.1 Hoe akoestische isolatie tegen luchtgeluid verbeteren?

3.11.5.1.1 Aandachtspunten bij de uitvoering van een ontdubbelde wand

- Aangezien alle verbindingen geluidstrillingen doorgeven, moeten tussen beide deelwanden van een ontdubbelde constructie harde contacten vermeden worden. De isolatie wordt voornamelijk toegepast om beide delen van de ontdubbelde wand van elkaar te scheiden.
- Vermijden van geluidslekken. Een aantal voorbeelden van gevoelige punten zijn:
  - Aansluiting van doorgaande buizen (verwarming, water, …)
  - Elektriciteitsleidingen, tegenover elkaar geplaatste wandcontactdozen, …
  - Ingebouwde uitrustingen in de wand: luidsprekers, verlichting, …
  - Niet-luchtdicht uitgevoerd metselwerk. Een natte binnenbepleistering sluit dit risico uit.
- Spouwbreedte van 4 à 6 cm is aangeraden. Met deze dikte worden mortelbaarden vermeden. Mortelbaarden kunnen eveneens uitgesloten worden door de spouw op te vullen met een slap isolatiemateriaal zoals minerale wol. Om klankkasteffecten te vermijden wordt de spouw opgevuld met een akoestisch absorberend isolatiemateriaal zoals minerale wol.

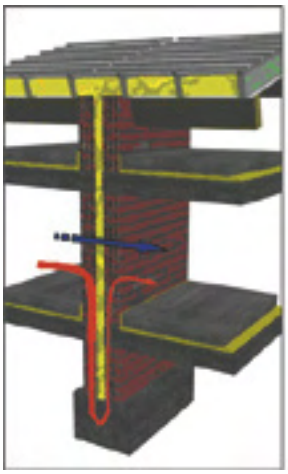
3.11.5.1.2 Oplossingen voor rijwoningen

In het geval van rijwoningen hebben we vooral aandacht voor de geluidsisolatie naar de naastgelegen woning. De geluidsisolatie binnen de eigen woning wordt beschouwd als minder belangrijk. Er wordt vanuit gegaan dat overdreven lawaai van huisgenoten meer verdragen wordt dan dat van buren.

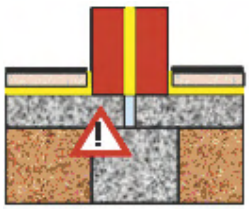
Om te voldoen aan de akoestische norm is voor een rijwoning het gebruik van een **ankerloze spouwmuurconstructie** als scheidingswand aangewezen. Wanneer deze constructie wordt uitgevoerd volgens de volgende bouwrichtlijnen kan een goede akoestische isolatie bereikt worden:

- Ter beperking van lawaaioverlast naar de buren toe bestaat de oplossing uit het gebruik van een **ontdubbelde muur**. Zoals eerder aangegeven is het hierbij uiterst belangrijk om harde contacten tussen beide deelmuren te vermijden. De minste contactbrug via spouwhaken, een lokale mortelbrug, ... zorgt voor een terugval van de geluidsisolatie met ongeveer 10dB. De breedte van de spouw dient minstens 4cm te zijn. Om contactbruggen te vermijden, wordt de spouw best gevuld met een zacht absorberend materiaal (vb. minerale wol). Wanneer gebruik gemaakt wordt van een stijve thermische plaat, is het aangeraden om een extra luchtspouw te voorzien. De breedte van de spouw dient aangepast te worden in functie van het gebruikte steentype. Voor stenen met een densiteit van 850kg/m³ zal een spouwbreedte van 5/6cm + minerale wol voorzien worden. Wanneer de stenen een densiteit van 1050kg/m³ hebben zal een spouwbreedte van 3/4cm en minerale wol voorzien worden.

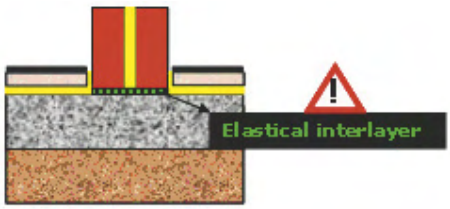
- Ter hoogte van de **funderingen** is het onmogelijk om een hard contact tussen de beide deelwanden te vermijden. Om zo weinig mogelijk van de akoestisch dubbele wandwerking te verliezen zijn 3 opties mogelijk zoals aangegeven op de figuren:
  - Een verdiepte gemeenschappelijke fundering (zie figuur 23a)
  - Een gemeenschappelijke fundering met ontkoppelde betonplaat, (zie figuur 23b)
  - Een doorlopende funderingsplaat met plaatsing van de baksteenwanden op een geschikte elastische laag (zie figuur 23c)



Figuur 23a



Figuur 23b

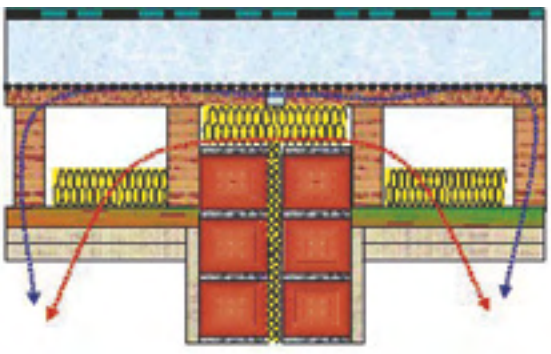


Figuur 23c

– De **vloerplaten** dragen steeds in de wanden. Ook hier moet extra aandacht besteed worden aan het voorkomen van harde contacten.

– **Dak** (zie figuur 23d)

  o De voeg tussen de dakspanten en de muur in baksteen moet zorgvuldig afgewerkt worden.
  o Tussen de spanten moet het isolatiemateriaal zorgvuldig geplaatst worden



Figuur 23d

Figuur 23: Bouwrichtlijnen voor de geluidsisolatie tussen rijwoningen

3.11.5.1.3 Oplossingen voor appartementen

Wanneer gebouwd wordt volgens een aantal richtlijnen voldoen bakstenen scheidingsmuren in appartementen eveneens aan de eisen in de nieuwe akoestische norm. De detaillering is verschillend afhankelijk of de vloerplaten in de appartementen al dan niet doorlopen.

3.11.5.1.3.1 Appartementen met niet-doorlopende vloerplaten

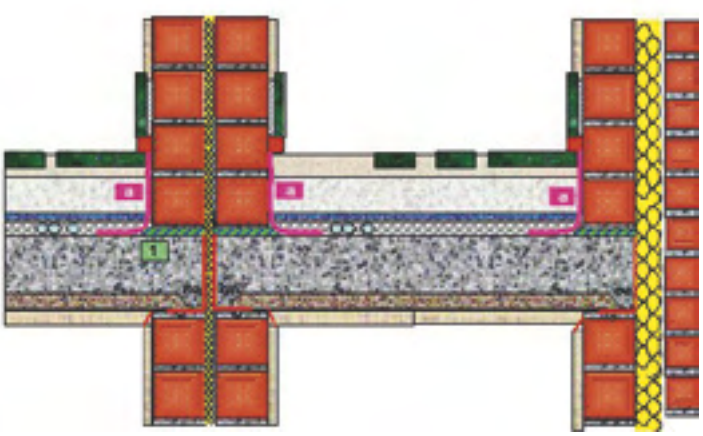
In een appartementsgebouw moet zowel de horizontale als de verticale akoestische isolatie uitstekend zijn. Het akoestisch comfort van de naaste buren kan net zoals in een rijwoning verzekerd worden door het gebruik van de **ankerloze bakstenen spouwmuur**.

Om de boven-en onderburen lawaaioverlast te besparen, is het noodzakelijk om de volgende bouwrichtlijnen bijkomend in gedachten te hebben:

- Gebruik een afdoende **dikke dragende vloerplaat** ($\geq$500kg/m²) en een goede zwevende vloerconstructie met een karakteristiek van L_{nT}<50dB. Ook op het gelijkvloers dient een zwevende vloer aangebracht te worden.

- De **flankerende geluidstransmissie** wordt opgevangen door het plaatsen van specifieke **trillingsdempende stroken** (zie 1 op figuur 24) over het volledige plan van het appartement (dus niet alleen ter hoogte van de gemene muur zoals bij rijwoningen). In feite wordt net boven de vloerplaat een trillingsnede aangebracht die elke flankerende geluidstransmissie tegenhoudt.
  Het trillingsdempende materiaal, " de elastische laag", heeft een dikte van ongeveer 15 mm en zakt in tot 10 mm zodra er een halve wandhoogte bovenop wordt geplaatst. Het gebruik van dit materiaal heeft geen negatieve gevolgen voor de stabiliteit van het gebouw.

- Een belangrijk aandachtspunt is de **randcontactstrook**, die doorgetrokken moet worden tot de vloerplaat, detail a op figuur 24. Bij voorkeur wordt het materiaal zelfs lichtjes opgeplooid tot het een overlap heeft met de vloerplaat. Want elke trillingskortsluiting kan het positieve effect van de trillingsdempende laag teniet doen.



Figuur 24: Bouwrichtlijnen voor de geluidsisolatie tussen appartementen met niet-doorlopende vloerplaten

3.11.5.1.3.2 Appartementen met doorlopende vloerplaten

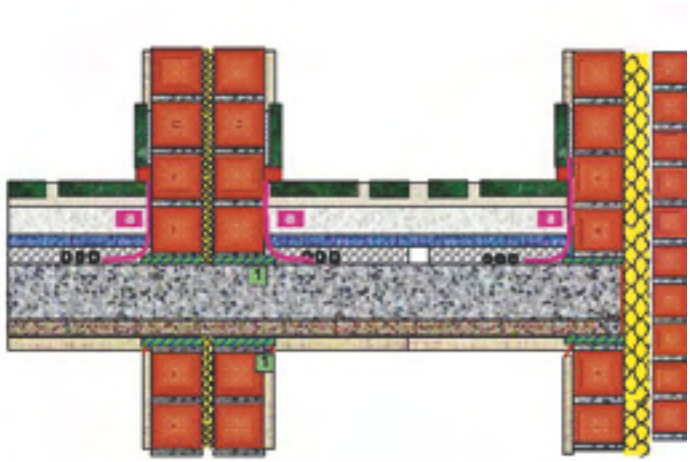
Om in het comfort van de buren in een appartement met doorlopende vloerplaten te voorzien, dienen naast het gebruik van een ankerloze spouwmuur de volgende richtlijnen opgevolgd te worden:

- Gebruik een afdoende dikke dragende vloerplaat ($\geq$ 500kg/m²) en een goede zwevende vloerconstructie met een karakteristiek van L_{nT}<50dB. Ook op de gelijkvloerse verdieping moet een zwevende vloer aangebracht worden.

- Opdat de doorlopende vloerplaten de werking van de dubbelwandige constructie niet zouden verstoren, moet de structurele koppeling via deze betonplaten vermeden worden. Hiervoor moeten **elastische strips** geplaatst worden tussen de baksteenwanden en de vloerplaten en dit zowel boven- als onderaan. Op deze manier ontstaat een horizontale **trillingssnede boven en onder** de vloerplaat, zie 1 op figuur 25.

- Net als bij de appartementen met niet-doorlopende vloerplaten dient aandacht besteed te worden aan de **randcontactstrook** (detail a op figuur 25).

- Ook onder de vloerplaat dient de trillingsdempende strip volledig ontkoppeld te worden van de muren. Het pleisterwerk moet er doorsneden worden tot tegen de trillingsdempende strip. Dit dient met de grootste zorg te gebeuren. Een verkeerde uitvoering kan tot een vemindering van de horizontale geluidsisolatie met meer dan 10dB leiden.



Figuur 25: Bouwrichtlijnen voor de geluidsisolatie tussen appartementen met doorlopende vloerplaten

3.11.5.1.4 Eengezinswoning

In een vrijstaande eengezinswoning is akoestiek vaak geen discussiepunt binnen de woning. Wel is het belangrijk een goede bescherming te bieden tegen de geluidsproductie van buiten.

- plaatsing van geluidsgevoelige ruimten aan de geluidsluwe zijde
- beperking van de glasoppervlakte aan de geluidsbelaste gevel
- bij voorkeur geen balkon (-deuren) in de geluidsbelaste gevel
- gebruik van een ventilatie die akoestisch geïsoleerd is
- een slaapkamer onder een hellend dak vraagt om extra maatregelen en is uitvoeringsgevoelig

3.11.5.2 Hoe akoestische isolatie tegen contactgeluid verbeteren?

Zoals eerder aangegeven kan de directe geluidstransmissie verbeterd worden door gebruik te maken van een soepele vloerbedekking of door een akoestisch correct ontworpen en uitgevoerde **zwevende vloerconstructie**. Om de flankerende transmissie uit te sluiten is het noodzakelijk om elk contact tussen deze zwevende vloer en de dragende constructie te vermijden. Onder de zwevende vloer moet een elastische laag aangebracht worden.

Aandachtspunten bij de uitvoering:

- De trillingsdempende laag onder een zwevende dekvloer mag niet te stijf zijn. (geen harde isolatie, maar wel daartoe voorziene minerale wol)
- Geen contactbruggen tussen de zwevende dekvloer en de dragende structuur:
- Buisleidingen mogen de zwevende dekvloer niet verbinden met de structuur;
- Plinten onderaan de wanden vormen geen contact met de zwevende dekvloer;
- Randisolatie wordt geplaatst tussen de wand en de zwevende dekvloer.
- Ook wanneer het onderliggende vertrek geen ruimte is met menselijke activiteiten, moet contactgeluidsisolatie voorzien worden.

4 UITVOERING VAN METSELWERK

4.1 HET BELANG VAN LUCHTDICHTHEID

In de uiteengezette berekeningen i.v.m. thermische isolatie (in NBN B 62-301) werd stilzwijgend aangenomen dat geen lucht door de wand stroomt. Dit betekent dat het warmteverlies door geleiding gebeurt en het vochttransport door het trage diffusieproces.

Indien hieraan niet voldaan is, zal convectie optreden, d.w.z. dat warmte en vocht zullen meegevoerd worden met de lucht die door de wand stroomt. Dit is oorzaak van grotere warmteverliezen en risico's op condens.
Een luchtdichte afwerking van de wand is bijgevolg onontbeerlijk. Deze is gewaarborgd door het aanbrengen van de natte binnenbepleistering.

Onderstaande tabel (Labo bouwfysica, KULeuven) geeft enkele voorbeelden van luchtdebieten door gemetselde muren, bij gemeten luchtdrukverschil van:
2 Pa: thermische trek 's winters tussen binnen en buiten
10 Pa: wind

Luchtdebiet [$m^3/m^3.u$]	*Luchtdrukverschil*	
	ΔPa = 2 Pa	*ΔPa = 10 Pa*
Onbepleisterd		
Snelbouw 290 x 140 x 140	0,10	0,40
Betonblokken 290 x 140 x 140	19,90	64,40
Bepleisterd		
Snelbouw 290 x 140 x 140	0,06	0,20
Betonblokken 290 x 140 x 140	0,06	0,20

Aangezien we onze gebouwen steeds meer isoleren zal de luchtdichtheid van een gebouw belangrijker worden. Bijkomend zal het dan ook noodzakelijk zijn aandacht te besteden aan de ventilatie van het gebouw. Ventilatie, isolatie en luchtdichtheid zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden en kunnen vanaf nu niet meer los van elkaar gedimensioneerd worden.

Belangrijk om de luchdichtheid van een gebouw te garanderen is de uitvoering. Voorbeelden van luchtlekken zijn de volgende: aansluiting van ramen, deuren, doorvoer van buizen, pijpen, kabels,..... Dit zijn allemaal elementen die te vermijden zijn door een correct ontwerp en uitvoering.

Metselwerk van baksteen is op zich niet luchtdicht. Wel wanneer het geschilderd of gepleisterd wordt.

4.2 HET GEVOLG VAN KOUDEBRUGGEN

Met koudebrugwerking wordt een zone in het gebouw bedoeld waar de isolatie doorbroken wordt door materialen die de warmte goed geleiden en bijgevolg een **thermische brug** vormen tussen binnen- en buitenomgeving. Het gevolg is een **verlies aan warmte**, maar tevens een kouder wandoppervlak binnen de vertrekken. Wanneer de temperatuur van dit wandoppervlak voldoende laag is, treedt hier oppervlaktecondensatie of schimmelvorming **en dus schade** op.

Deze **twee effecten** van koudebruggen kunnen berekend worden met behulp van softwarepakketten, vb. Bisco en Trisco. Dergelijke software kan de berekening van warmtestromen en temperatuursverlopen simuleren. Op deze manier kan voor verschillende details zowel warmteverlies als het risico op oppervlaktecondensatie nagegaan worden.

Deze twee gevolgen van koudebruggen kunnen elk gekarakteriseerd worden door een parameter, namelijk **psi-waarde** Ψ (lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt) en de **temperatuurfactor** τ. De psi-waarde geeft de invloed weer van twee-dimensionaal warmtetransport. Deze waarde geeft aan hoe groot het extra warmteverlies is per lopende meter detail en per graad temperatuurverschil in vergelijking met een één-dimensionale referentie zoals we gewoonlijk de U-waarde van een bouwdeel berekenen.

De temperatuurfactor is een indicator voor de laagste binnenoppervlaktetemperatuur θ_{si} ter plaatse van een detail. $f = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_{si} - \theta_e}$

In feite is deze parameter een dimensieloze temperatuur die de binnenoppervlaktetemperatuur onafhankelijk van exacte randvoorwaarden beschrijft. De parameter heeft een waarde tussen 0 en 1. Bij een te lage binnenoppervlaktetemperatuur is het mogelijk dat oppervlaktecondensatie of schimmelvorming optreedt.

Voor alle details kan met de software een bijhorende Ψ-waarde en temperatuurfactor berekend worden. Wanneer deze parameters voldoen aan opgelegde randvoorwaarden zullen beide negatieve gevolgen niet optreden. Er moet wel rekening mee gehouden worden dat het *niet mogelijk is om elke koudebrug te vermijden*. Wel kunnen we trachten de schadelijke gevolgen zo goed mogelijk te verminderen door een goede detaillering.

Zoals eerder aangegeven is de berekening van de warmteverliezen wettelijk geregeld. De berekening van de warmteverliezen moet uitgevoerd worden met de EPB-software. Tot nu toe is het nog niet verplicht om koudebruggen in te rekenen.
Maar door een correcte detaillering zoals aangegeven op de details in volgende paragrafen is het mogelijk om bepaalde koudebruggen uit te sluiten en hierdoor het energieverbruik voor verwarming te verminderen.

Voor we ons verdiepen in een aantal details voor een correcte uitvoering is het belangrijk om een aantal punten in gedachten te houden:

- De isolatie moet altijd zo gelijkmatig mogelijk doorlopen
- De details geven een mogelijk oplossing voor koudebruggen, maar niet voor luchtdichtheid. Dit aspect moet nog apart behandeld worden.
- .....

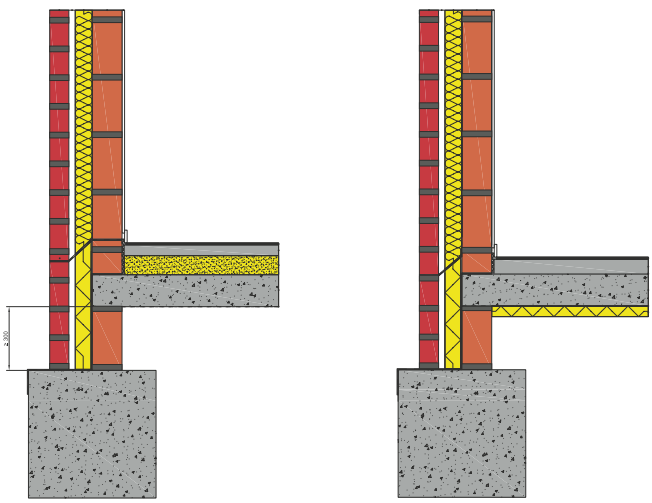
4.3. Uitvoeringsdetails

In de volgende paragrafen worden enkele voorbeelden van uitvoeringsdetails weergegeven. Dit overzicht is zeker niet compleet, maar reikt een mogelijke oplossing aan voor de belangrijkste koudebruggen.

4.3.1 Uitvoeringsdetails voor spouwmuren

4.3.1.1 *Aansluiting met de fundering*

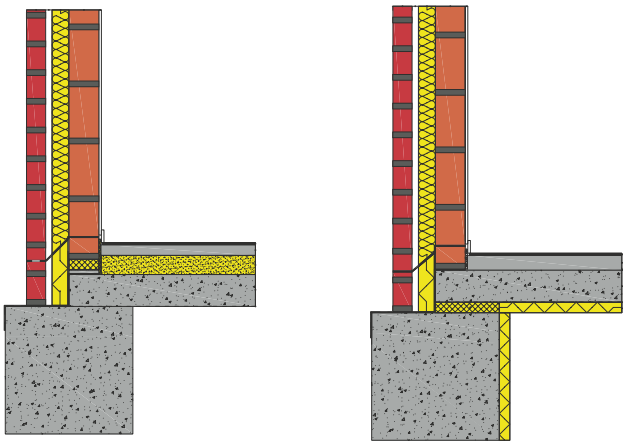
De fundering van uw woning kan op verschillende manieren gefundeerd zijn, namelijk fundering op volle grond, fundering op kruipkelder en fundering op kelder. Op de volgende figuren worden een aantal mogelijk oplossingen gegeven voor een **fundering op volle grond**.



Figuur 26: Aansluiting van een spouwmuur met fundering op volle grond (keramische oplossing)

De isolatie kan voor een dergelijk detail op twee verschillende plaatsen geplaatst worden, namelijk **onder en boven de vloerplaat.** Onafhankelijk welke optie gekozen wordt, is het steeds aangewezen dat de grondwaterstand nooit hoger ligt dan de onderzijde van de funderingszool. Indien dit wel het geval is, moeten er passende maatregelen getroffen worden.

Naast deze keramische oplossingen is het eveneens mogelijk om de koudebruggen te vermijden door het gebruik van cellulair glas. Ook hier zijn twee verschillende configuraties mogelijk. Wanneer gebruik gemaakt wordt van dit materiaal moet ongeacht de opbouw steeds de **stabiliteit van het cellenglas** nagegaan worden.



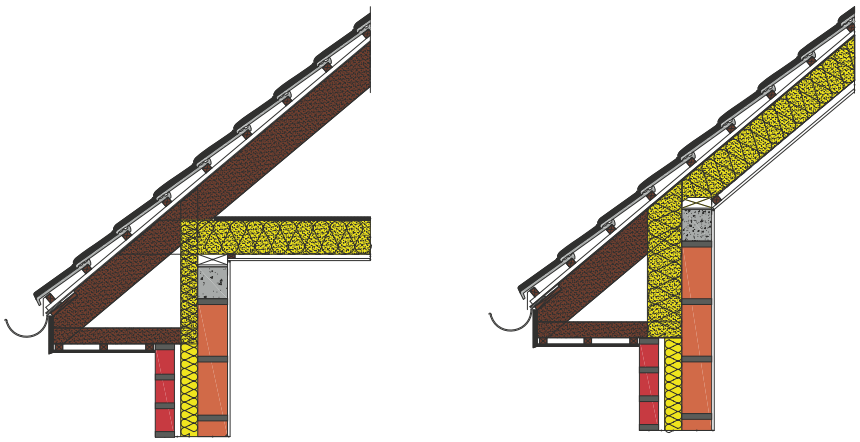
Figuur 27: Aansluiting van een spouwmuur met fundering op volle grond (oplossing met cellenglas)

Opm. Bij de oplossing met cellenglas onder de vloerplaat moet opgemerkt worden dat de te gebruiken drukvaste cellenglasplaten nog niet op de markt zijn.

4.3.1.2 Aansluiting met een hellend dak

A. Gootdetails

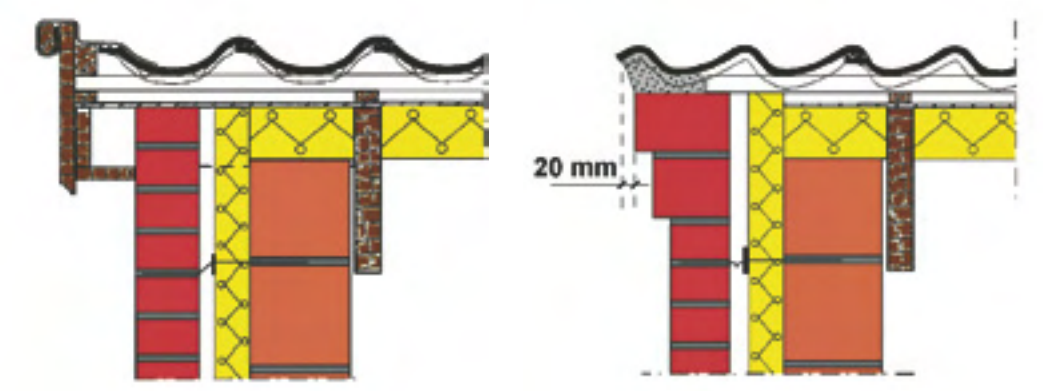
Ook hier is de gouden regel dat de isolatie zo goed mogelijk moet doorlopen. Daarom moet de keper voldoende uitkragen zodat de muurisolatie perfect kan aansluiten op de dakisolatie.
Het lucht- en dampscherm dient voldoende doorgetrokken te worden onder de gipspleister zodat de luchtdichtheid van de isolatie gewaarborgd is.
Men kan opteren voor een isolatie van de vloer van de zolder (op deze manier behoort de zolder niet tot het beschermd volume) of voor een dakisolatie.



Figuur 28: Aansluiting van een spouwmuur met een hellend dak

B. Zijrand

Er moet absoluut vermeden worden dat water vanuit het gevelmetselwerk naar de binnenmuur geleid wordt. Hiertoe worden de spouwhaakjes afhellend naar buiten toe geplaatst, ofwel wordt een spouwhaak met druipneus gebruikt. De druipneus kan eventueel ook worden aangebracht op de clip die de isolatie vastklemt.

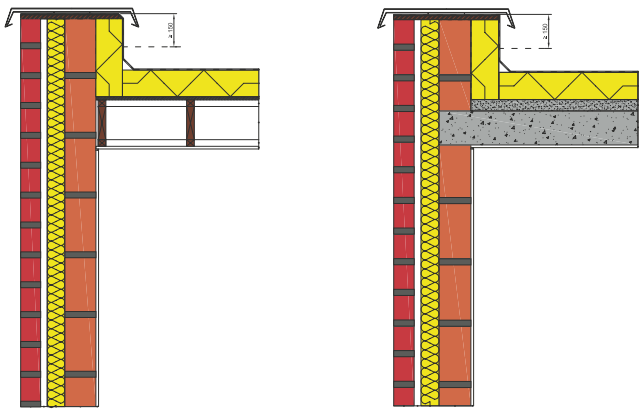


Figuur 29: Uitvoeringsdetail zijaansluiting voor een hellend dak

4.3.1.3 Aansluiting met een plat dak

A. Dakrand

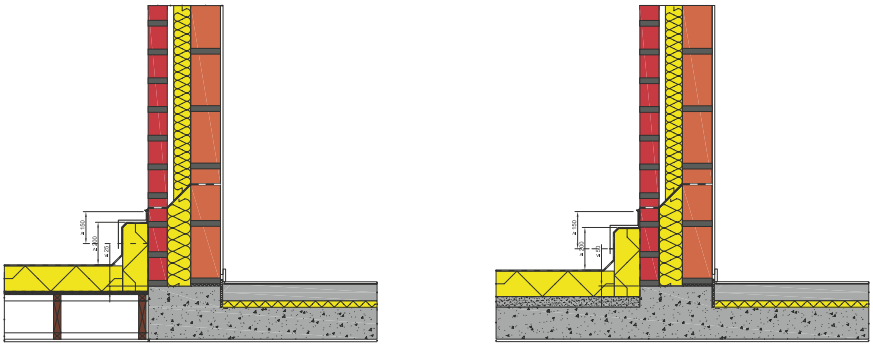
Opdat overlopen en stagnatie van water op de gevel zich niet zouden voordoen is het noodzakelijk om een opstand te plaatsen. Een onderscheid wordt gemaakt voor zware platte daken en lichte platte daken.



Figuur 30: Uitvoeringsdetail dakrand voor een licht en een zwaar plat dak

B. Opgaande wand

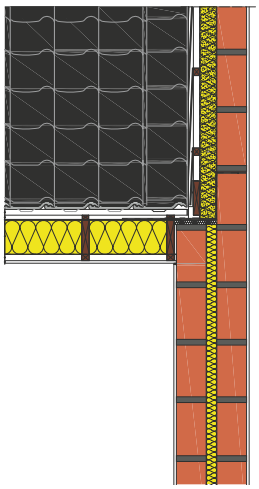
Belangrijk voor dit detail is een goede aansluiting tussen het spouwdrainagemembraan en het dakdichtingsmembraan.



Figuur 31: Uitvoeringsdetail opgaande wand voor een licht en een zwaar plat dak

4.3.1.4 Rijwoningen met ongelijke hoogte

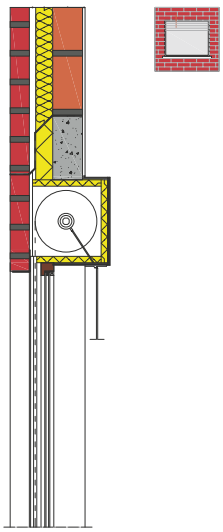
Een belangrijk uitvoeringsdetail is dat van een gedeelde muur tussen twee rijwoningen met een ongelijke hoogte.



Figuur 32: Gedeelde muur bij rijwoningen met ongelijke hoogte

4.3.1.5 Rolluikkast

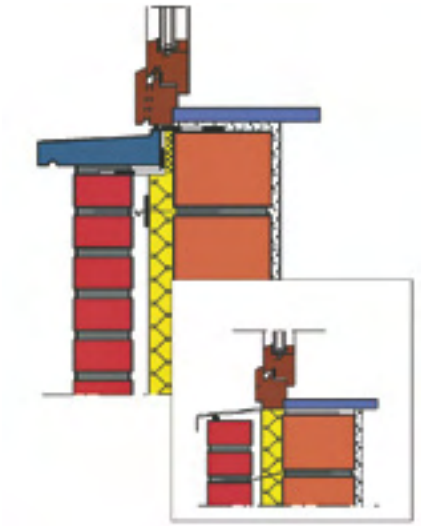
Een rolluikkast is een voorbeeld van een bouwdetail waarbij de koudebrug niet weggewerkt kan worden. Hier is het enkel mogelijk om het detail zo goed mogelijk uit te voeren en de schadelijke gevolgen op die manier tot een minimum te beperken.



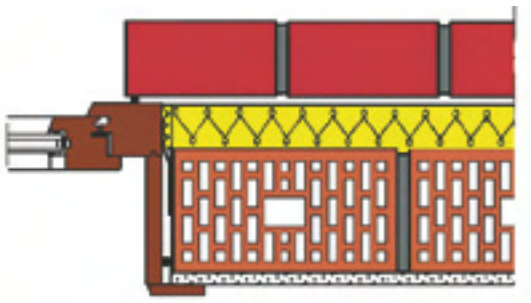
Figuur 33: Uitvoeringsdetail rolluikkast

4.3.1.6.Raamdorpels en raamneggen

Het isolatiemateriaal achter de dorpel zorgt ervoor dat de koudebrug vermeden wordt, terwijl de waterkering het water opvangt dat door eventuele voegen of aan het uiteinde van de dorpel zou doorsijpelen. Ook hier is het aangewezen de randen van de waterkering op te plooien.
Belangrijk bij dergelijke details is dat het **vensterprofiel in één rechte lijn met de isolatie ligt**.



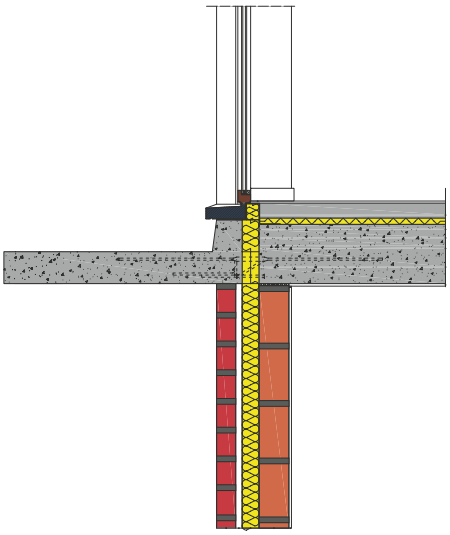
Figuur 34: Uitvoeringsdetail ter hoogte van raamdorpel



Figuur 35: Uitvoeringsdetail zijaansluiting raam

4.3.1.7 Deurdorpels

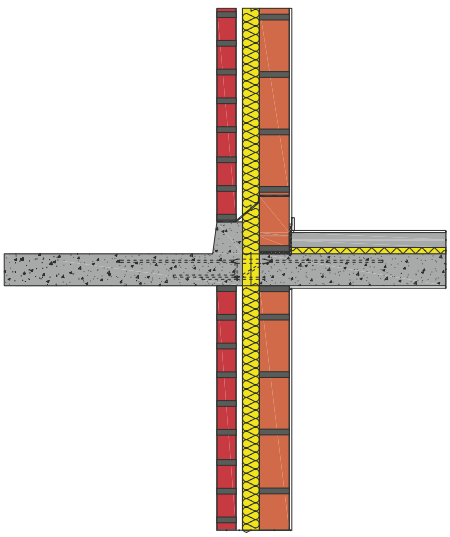
De isolatie kan doorlopen doordat het balkon aan de structuur verankerd wordt met een systeem met thermische snede. Een soepele voeg wordt aangebracht tussen de bovenste gevelsteen en het uitkragend balkon, zodat een lichte doorbuiging van dit laatste geen aanleiding kan geven tot scheurvorming in het gevelmetselwerk.



Figuur 36: Uitvoeringsdetail deurdorpel

4.3.1.8 Terrassen

Dit detail geeft de aansluiting van een appartementsbalkon ter hoogte van twee spouwmuren weer. Het detail biedt enkel een goede oplossing wanneer de opgegeven wapeningspercentages aangehouden worden.
Wanneer voor het balkon een afzonderlijke draagstructuur voorzien is en de isolatie niet doorboord wordt, moet dit detail niet als koudebrug beschouwd worden.



Figuur 37: Detaillering aansluiting balkon aan spouwmuren

4.3.2 Volle wand met buitenisolatie en buitenbepleistering

Bij deze muurconstructie moet zeer nauwgezet gelet worden op de detaillering van de buitenwand. De buitenbepleistering vormt in tegenstelling tot het gevelmetselwerk slechts een ééntrapsregenwering.

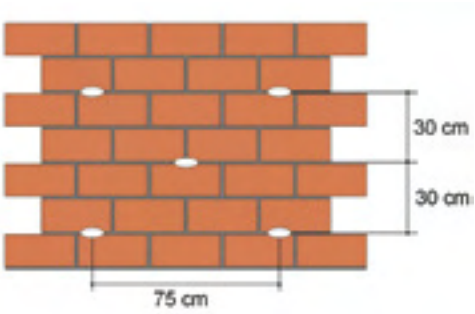
Bij een slechte uitvoering van de buitenbepleistering doen zich gemakkelijk scheuren voor, waarlangs het regenwater kan binnendringen. De muur kan niet voldoende naar buiten drogen wat aanleiding kan zijn van vorstschade of vochtdoorlating naar binnen toe.
Bij raamdorpels is een goed ontwerp van de dorpel, die het water ver genoeg van de gevel voert, zeer belangrijk. Aangezien de bepleistering het water niet absorbeert heeft men sneller dan bij gevelmetselwerk risico op vuile strepen onder de randen van de dorpel.

Voor uitgebreider informatie over detaillering verwijzen wij naar de Technische Voorlichting nr. 209 van het WTCB.

4.3.3 Spouwhaakjes

De twee spouwbladen worden verbonden met spouwhaakjes. De spouwhaakjes die in België gebruikt worden zijn meestal gegalvaniseerde staafjes (diameter 4 mm) met een afdruipplooi.
De spouwhaakjes moeten naar buiten toe afhellen opdat zij geen water naar de binnenwand kunnen leiden.

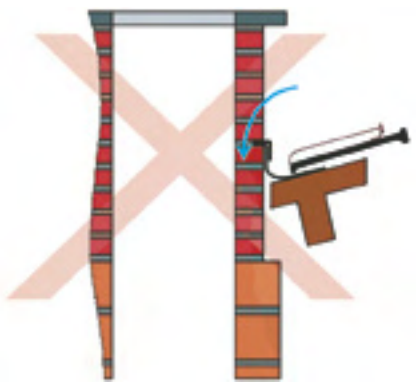
De norm schrijft minstens 5 haakjes per m^2 muuroppervlak voor. Bijkomend is vastgelegd dat de haakjes in een horizontaal vlak hoogstens 75 cm van elkaar verwijderd zijn terwijl de afstand tussen twee lagen waarin de haakjes worden geplaatst hoogstens 30 cm bedraagt.



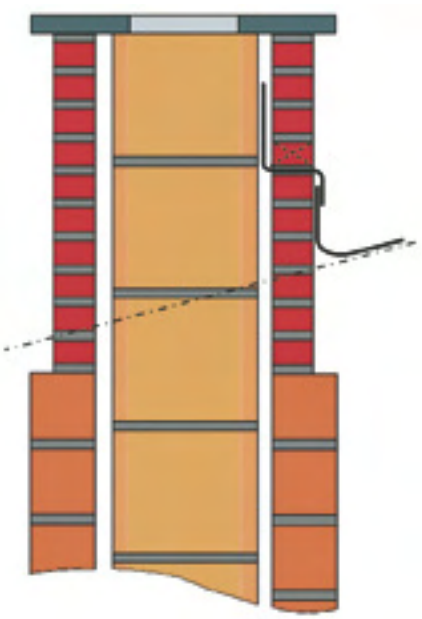
Figuur 38: Voorgeschreven afmetingen tussen spouwhaken

4.3.4 Schoorstenen

Zoals elke buitenmuur staat een schoorsteenkop bloot aan de weersinvloeden. Vaak nog wordt gezondigd tegen de voor ons Belgisch klimaat ideale buitenmuurconstructie, de spouwmuur. De schoorsteenkop wordt dan uitgevoerd in halfsteensmetselwerk waarbij vochtinfiltraties onvermijdelijk zijn en de snelbouw nat wordt.



Figuur 39: Schoorsteenkop

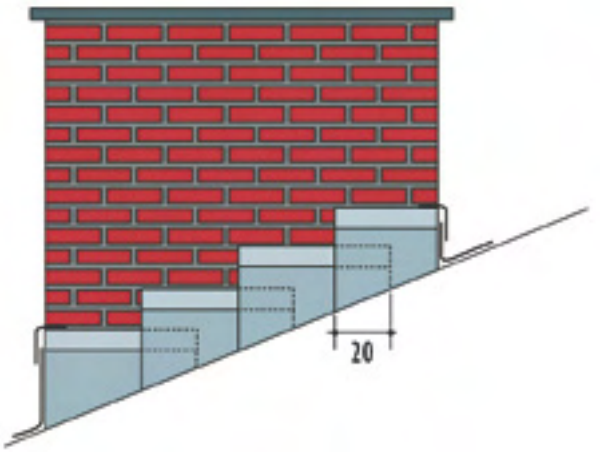


Figuur 40: Waterkerende laag bij schoorsteenkop

Het uitvoeren van een spouwmuur is niet voldoende, de waterkerende laag moet degelijk aangebracht worden. De waterkerende laag moet voldoende hoog op de meestal dubbelwandige schoorsteenpijp vastgehecht worden.

Bij platte daken loopt het waterkerend membraan horizontaal door. Bij hoge schoorstenen die blootgesteld zijn aan sterk overheersende windrichtingen moeten uit stabiliteitsoverwegingen verticale verankeringen geplaatst worden, waarbij de waterdichting niet mag onderbroken worden.

Bij hellende daken moet trapsgewijs overlapt worden.
Dergelijke constructies zijn zeer delicaat en moeten altijd met veel zorg uitgevoerd worden.



Figuur 41: Waterkerend membraan bij hellende daken

4.3.5 Samengestelde constructies

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, vooral wanneer het over grote lengten gaat. Het is raadzaam hier steeds een uitzettingsvoeg te voorzien. Zo is het ook te verkiezen om lateien in voorgespannen baksteen te gebruiken i.p.v. betonnen lateien.
Indien beton moet worden bekleed met een baksteenproduct, is het aan te raden om gebruik te maken van beton met een kleine uitzettingscoëfficiënt. Dit wordt bereikt door zo weinig mogelijk cement en als toeslagstof kalksteen of geëxpandeerde klei te gebruiken.
Zie onderstaande tabel uit 'Scheuren in woningen' (Stichting Bouwresearch):

Lineaire warmte-uitzettingscoëfficiënt $\alpha \times 10^{-6}$	Cementgehalte [kg/m³]				
	200	300	400	500	600
Gewoon beton	12,2	12,6	13,0	13,4	13,9
Beton met kalksteentoeslag	6,6	7,2	7,9	8,7	9,8

Tabel 36: Samengestelde constructies

4.4 BESCHERMING VAN METSELWERK

4.4.1 Vers metselwerk

Voor het metselwerk stabiel is door het uitharden van de mortel dient het vers metselwerk beschermd te worden tegen mechanische beschadigingen en tegen weersinvloeden.
NBN B 24-401 *Uitvoering van metselwerk* gaat hier dieper op in. Vanaf 2010 zal deze Belgische norm vervangen worden door Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 2: Design considerations, selection of materials and execution of masonry.
De belangrijkste maatregelen betreffen de mortel:

a. Voorbereiding van de mortel

- de aan de aard van het metselwerk aangepaste mortel gebruiken
- geen cement met een hoog gehalte aan sulfaten in de mortel verwerken
- voorzichtig omspringen met eventuele hulpmiddelen
- steeds zuiver water gebruiken en nagespoelde kuipen
- de mortel verwerken voor de binding begint, dit is ten laatste 2,5 uur na de bereiding

b. Belasten van het metselwerk

- een termijn van 16 uur in acht te nemen vooraleer de vloer op te leggen
- een termijn van 24 uur voor puntlasten
- niet-dragende muren mogen niet als bekisting gebruikt worden

c. Bescherming tegen weersinvloeden

Deze bescherming is zeer belangrijk om uitbloeiingen te vermijden.

- de bakstenen worden tijdens de opslag beschermd tegen neerslag en tegen een natte ondergrond. In het winterseizoen vermijden dat de snelbouwbakstenen voor binnenmetselwerk (dat niet vorstbestand hoeft te zijn) nat worden
- bij zeer warm en droog weer het metselwerk regelmatig, maar licht besproeien om uitdroging van de mortel te vermijden voor hij volledig is uitgehard.
- bij neerslag niet metselen of geen beton gieten, vanwege het gevaar voor uitspoelen van de mortel of het beton.
- op het einde van elke werkdag het vers metselwerk beschermen door een waterdichte laag (plastiekfolie). Deze moet minstens een hoogte van 60 cm bedekken en zodanig worden vastgelegd dat bij wind de panden blijven afhangen. Dit kan door aan de uiteinden panlatten vast te nieten.
- bij regenachtig weer moet vers gegoten beton overdekt worden met een waterdichte laag om te vermijden dat met het regenwater de vrije zouten uit het beton gespoeld worden en in de bakstenen dringen. Anders komen de uitgespoelde zouten later bij het opdrogen van het baksteenmetselwerk tevoorschijn.

Indien één of meerdere maatregelen niet of onvoldoende worden toegepast kan het metselwerk achteraf uitbloeiingen gaan vertonen, die meestal onschadelijk zijn maar de verdere afwerking van het metselwerk hinderen.

4.4.2 Definitie 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 in water 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 stikstofverbindingen, bvb. meststoffen.

4.4.2.1 Mogelijke oorzaken van uitbloeiingen

Zouten in de ondergrond
Heel wat grondsoorten bevatten sulfaten en nitraten. Door opstijgend grondwater veroorzaakte uitbloeiingen kunnen soms zeer schadelijk zijn omdat ze de stenen doen afbrokkelen (muurkanker).
Te voorkomen door:
- een perfect aangebrachte waterkerende laag onderaan de muren.
- muren die in aanraking komen met de grond van een waterondoorlatende beschermingslaag te voorzien (kelder-, funderings- en grondkerende muren).

Zouten in baksteen
Zeer oplosbare zouten zijn aanwezig in de grondstof waarmee bakstenen gemaakt worden. Deze ontbinden grotendeels tijdens het bakproces. Baksteen bevat zeer weinig oplosbare zouten en zal geen uitbloeiingen vertonen bij de proef volgens NBN B 24-209.

Zouten in de mortel
Cement bevat altijd stoffen die in de mortel omgezet worden en kunnen reageren met de bakstenen, zie verder.
Gebruik van cement dat natriumsulfaat bevat (b.v. slakkencement) kan zeer zware uitbloeiingen teweegbrengen in de voegen die soms jarenlang blijven aanslepen. Deze zijn niet met water te verwijderen, afspoelen verergert zelfs het effect.
Te voorkomen door:
- géén cement te gebruiken dat sulfaten bevat.

Reactie van de mortel op de baksteen
Baksteen wordt verwerkt met mortel. Hierin bevinden zich steeds in water oplosbare, vrije zouten. Cement bevat immers altijd natrium- en kaliumoxiden die tijdens het aanmaken van de mortel de overeenkomstige hydroxiden opleveren. Tijdens de hydratatie of de verharding van verse mortel (en beton), vooral tijdens de eerste dagen, is de mortel praktisch niet-capillair, in tegenstelling tot de baksteen. Hierdoor kan het regenwater de vrije zouten en de hydroxiden naar de bakstenen overbrengen. De hydroxiden reageren met het calciumsulfaat van de baksteen en vormen eveneens alkalisulfaten (met name Na_2SO_4 en K_2SO_4). Deze zijn in tegenstelling tot $CaSO_4$ wel uiterst oplosbaar in water. Bij het uitdrogen van het metselwerk ontstaat een migratie van de gevormde alkalisulfaten naar het verdampingsoppervlak van de baksteen (waar deze uitkristalliseren).

Andere oorzaken
De kans op uitbloeiingen wordt groter bij:
- het gebruik van onzuiver aanmaakwater of zand
- het gebruik van bepaalde toeslagstoffen in de mortel
- de nabijheid van zoutbevattende oplossingen, nitraten en nitrieten

4.4.2.2 Besluit

De meest voorkomende uitbloeiingen zijn, hoewel weinig esthetisch, onschadelijk voor het metselwerk en spoelen 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.

4.4.3 Definitie uitlogingen

Uitlogingen bestaan uit een witachtige neerslag, vaak ter hoogte van de verticale voegen, die dikwijls verward wordt met uitbloeiingen. Deze neerslag wordt veroorzaakt door cement die door de regen uit de mortelvoegen wordt gespoeld en over de gevel afdruipt.

4.4.3.1 Oorzaak

Door de hydratatiereactie van cement komt vrije kalk of $Ca(OH)_2$ vrij. Deze vrije kalk wordt door water getransporteerd en reageert met het koolzuur in de lucht tot calciumcarbonaat dat de witte neerslag vormt ($Ca(OH)_2 + CO_2 => CaCO_3 + H_2O$).

4.4.3.2 Besluit

Deze afzetting is moeilijk te verwijderen, want moeilijk oplosbaar in water en kan dus niet zo snel weggewassen worden.

Om deze kalkneerslag te verwijderen kan de volgende procedure gevolgd worden:

- Borstel zo veel mogelijk de neerslag weg met een borstel, of schuurpapier.
- Bescherm alle kwetsbare bouwmaterialen van de gevel (bvb. cementtegels, witte steen en blauwe hardsteen afdekken).
- Bevochtig het te reinigen oppervlak grondig en overvloedig met zuiver water en dit tot verzadiging (het daarna gebruikte bijtend middel zal op die manier niet in het materiaal kunnen dringen).
- Behandel de kalkkorst of –sluier met een zoutzuuroplossing (bvb. chloorwaterstofzuur of fosforzuur voor lichtgekleurde en witte bakstenen) waarbij de voegen indien mogelijk gespaard worden: een oplossing van 1 tot 3% voor oppervlakken waarvan de cementsteen niet mag aangetast worden, daarentegen tot 10% wanneer dit wel toegelaten is (de fijne granulaten komen hierbij bloot te liggen, textuur en kleur worden gewijzigd).
- Na inwerking van de oplossing en van de residu's de gevel herhaaldelijk en grondig afspoelen.

Het is ten zeerste aangeraden om voorafgaandelijk een proef uit te voeren op een minder zichtbaar deel van de gevel. Deze tijdrovende behandeling is echter zelden voor 100% effectief. Een te frequent gebruik van het zuur is schadelijk voor de mortel. Het is bijgevolg voordeliger om de behandeling toe te passen voor het opvoegen van de gevel. Aangezien dit een zeer specifieke opgave is, is het aangeraden een gespecialiseerde firma aan te spreken.

4.5 NAZICHT

4.5.1 Nazicht van de bakstenen

Het nazicht wordt verricht op het ogenblik dat de bakstenen van eigenaar veranderen. Bij de levering van de bakstenen op de werf worden deze nagekeken op:

UITZICHTKENMERKEN

a. Beschadigingen

Volgens PTV B 23-002 voor gevelstenen:

Worden beschouwd als beschadigingen:

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:

- Voor vormbak- en strengpersstenen = 10mm
- Voor handvormstenen = 15mm

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.

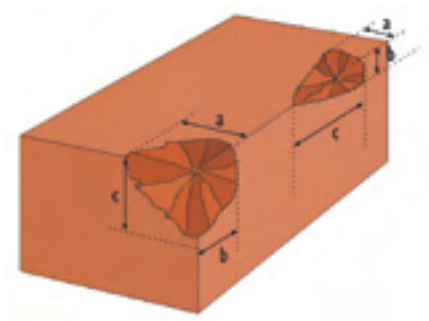
Opmerking

Stenen met bewust aangebrachte beschadigingen (bvb getrommelde stenen) worden niet op beschadigingen beoordeeld.

Volgens PTV B 23-003 voor snelbouwstenen:

Wordt beschouwd als beschadigd:

- elke gebroken baksteen
- elke baksteen die een hoek- of randbreuk vertoont waarvan het berekend volume groter is dan 20 cm^2. Berekening: a x b x c.



Figuur 42: Beschadigingen

b. Fouten

Volgens PTV 23-002 voor gevelstenen:
Worden beschouwd als fouten:

- De aanwezigheid van insluitsels die door zwelling kunnen aanleiding geven tot afschilferingen in het oppervlak van de steen;
- Scheuren met breedte ≥ 0.2mm die aangrijpen op tenminste twee ribben.

Het aantal bakstenen met fout(en) mag niet groter zijn dan 5% van de levering.

Volgens NBN B 23-003 voor snelbouwstenen:
Wordt beschouwd als fout:

- de aanwezigheid in beide koppen of in beide strekken van een of meerdere scheuren die langer zijn dan 1/3 van de baksteenhoogte en die een scheurbreedte hebben ≥ 0.2mm;
- de aanwezigheid van insluitsels die door zwelling aanleiding kunnen geven tot afschilferingen in het oppervlak van de baksteen

Wordt niet beschouwd als fout:

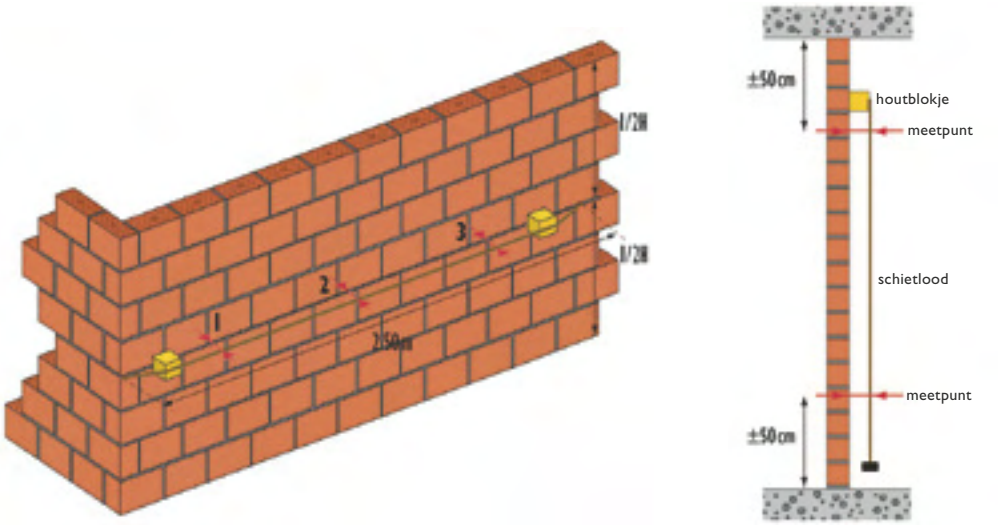
- afschilferingen met een diameter kleiner dan 20 mm

Het aantal bakstenen met fout(en) mag niet groter zijn dan 10% van de levering.

4.5.2 Nazicht van het metselwerk

4.5.2.1 Nazicht van het metselwerk volgens de Belgische norm NBN B 24-401

De geometrische vlakheid van het metselwerk kan volgens NBN B 24-401 *Uitvoering van metselwerk* gemeten worden als volgt:

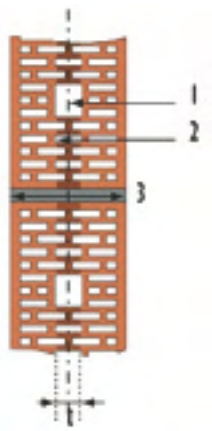


Figuur 43: Nazicht van het metselwerk volgens de Belgische norm NBN B 24-401

De toelaatbare toleranties van de hoogte van het metselwerk worden berekend aan de hand van de formule:

$$t = \pm \frac{l^3}{4} \sqrt{H}$$

H is de hoogte (cm) van de muur tussen twee vloeren.
t is de breedte van de zone waarin de projectie van de lengte-as van iedere horizontale doorsnede van de muur moet vallen



1. de as van de basis van de muur
2. de zone met breedte $t = \pm \frac{l^3}{4} \sqrt{H}$
3. de dikte van de muur onderaan

Figuur 44: Gebruikte afmetingen

Praktisch betekent dit dat voor een verdiepingshoogte van 2,95 m de maximale afwijking van de muur t.o.v. de loodrechte stand (schietlood) dient beperkt te blijven tot 8 mm.

De toelaatbare afwijking op elke lengtemaat is gegeven door:

$$\pm \frac{1}{4}\sqrt[3]{L}$$

L is de lengte (cm) van de muur met als beperking dat de grootste afwijking nooit groter mag zijn dan 4 cm.
Uitgerekend met afronding op de halve centimeter geeft dit:

Lengtemaat (m)	*Toegestane afwijking (cm)*
$L < 1{,}25$	± 1
$1{,}25 \leq L < 3{,}43$	± 1,5
$3{,}43 \leq L < 7{,}29$	± 2
$7{,}29 \leq L < 13{,}31$	± 2,5
$13{,}31 \leq L < 21{,}97$	± 3
$21{,}97 \leq L < 33{,}75$	± 3,5
$33{,}75 \leq L$	± 4

Tabel 37: Toegestane afwijking op de lengtemaat

Wanneer de kwaliteit van het nazicht op de metselstenen en de mortel en ook het nazicht op de uitvoering in de bijzondere categorie vallen (*), dan zijn de uitvoeringstoleranties voor de vlakheid van het metselwerk de volgende:
- afwijking ten opzichte van het schietlood (per verdieping): 3 mm
- vlakheidsgebrek (over 2,50 m): 5 mm

De grootste afwijking op de hoogte van een muur bedraagt 7,5 mm/3 m en de grootste afwijking op de volledige lengte bedraagt 5 mm/5 m.

(*) Bijzondere categorie:
De gebruikte materialen worden door een onafhankelijke instelling nagekeken
(bv. voor het bekomen van het BENORmerk).
Het uitgebreide toezicht door bevoegd personeel op de uitvoering van het metselwerk
is zodanig dat in elk punt de overeenkomstigheid met NBN B 24-401 wordt gewaarborgd.

Wanneer bijzondere eisen aan het metselwerk worden gesteld in verband met de inbouw van andere bouwdelen (bv. openingen voor ramen of deuren of voor scheidingswanden, tussenafstanden van muren of vloeren) wordt verwezen naar de normen over maatafstemming (reeks NBN B 04).

4.5.2.2 Nazicht van het metselwerk volgens EN1996-2

Vanaf 2010 zal het nazicht van metselwerk ook moeten uitgevoerd worden volgens de Europese norm EN 1996-2: Design of masonry structures – Part 2: Design considerations, selection of materials and execution of masonry met zijn nationale annex.
De opgegeven waarden in de Europese norm zijn minder streng dan de Belgische voorschriften. De parameters mogen echter nationaal ingevuld worden in een nationale annex. Deze zijn gebaseerd op de oude Belgische norm en wijken dus niet veel af van de waarden in vorige paragraaf.

Verticaliteit	6mm/verdieping
Vlakheid (per 2.5m)	6mm/2.5m
Grootste afwijking op de hoogte	7.5mm/3m
Grootste afwijking op de lengte	5mm/5m

Tabel 38: Toegelaten afwijkingen volgens EN 1996-2 + nationale annex

4.5.3 Afwerking van metselwerk

4.5.3.1 Binnenbepleistering

In bewoonde vertrekken wordt metselwerk in snelbouwbaksteen meestal bepleisterd.
Een aantal voordelen zijn:

- de oneffenheden worden weggewerkt. Het glad oppervlak is dan geschikt om te worden geschilderd of behangen
- bepleisteren levert een bijdrage tot het luchtdicht-zijn van het metselwerk (baksteen is nagenoeg luchtdicht, de voegen minder)
- bepleisteren levert een bijdrage tot de reeds hoge brandweerstand
  Opgelet: op glad beton en de meeste andere metselstenen moet eerst een voorstrijk- of hechtingslaag aangebracht worden.
  Voor een uitgebreide informatie verwijzen wij naar de technische voorlichtingen nr. 199 en 201 van het WTCB.

Traditioneel bepleisteren

Gebeurt in twee lagen. De eerste laag is een hecht- en egaliseringslaag die door het vermengen met vezels gewapend is tegen trek. Een voorstijklaag is overbodig.
De tweede laag is een harde kalklaag die het oppervlak glad maakt.

Eénlagige pleister

De pleisterlaag wordt in slechts één laag aangebracht.
Deze pleisterlaag kan met de hand of machinaal aangebracht worden.
Nadelen:

- het materiaal moet 2 functies verenigen
- een voorstrijklaag kan ook nodig zijn op gladde baksteen.

4.5.3.2 Verf

Zichtbaar metselwerk in snelbouwbaksteen kan geschilderd worden. Een belangrijke voorwaarde is dat het metselwerk goed gedroogd dient te zijn. Het evenwichtsvochtgehalte is hiervoor bepalend.

Indien verf wordt aangebracht op snelbouwmetselwerk dat is blootgesteld aan de buitenlucht (de snelbouw moet dan van een vorstbestendige soort zijn) zou de verf damp-open moeten zijn. Om damp-open te zijn mag de verf niet dikker aangebracht worden dan door de fabrikant wordt voorgeschreven. De dikte van de op metselwerk aangebrachte verflagen is moeilijk meetbaar, maar in de praktijk wordt meestal door de ruwheid of porositeit van het bouwmateriaal de dikte ruimschoots overschreden zodat het metselwerk aan de buitenzijde dampdicht wordt gemaakt. Water dat op een of andere manier in het gevelmetselwerk is geraakt – door condensatie of een slechte aansluiting – kan immers niet meer aan het buitenoppervlak verdampen.

Gevolgen:

- Voor geverfd buitenmetselwerk moet de snelbouwbaksteen van de categorie 'zéér vorstbestand' zijn.
- Het door de verf dampdicht gemaakte gevelmetselwerk moet aan de spouwzijde sterk verlucht worden.
- Hierdoor tellen gevel noch luchtspouw mee in de berekening voor het warmte-isolatiepeil.

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: $1.000 \leq \rho < 1.600$ kg/m^3)
	Isolerende snelbouw

Kenmerken

Volgende kenmerken worden steeds vermeld:

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

Binnenmetselwerk (binnenspouwblad, binnenmuren en scheidingswanden)	geen vorstbestendigheid vereist
(kruip-)keldermetselwerk, funderingsmetselwerk	normaal vorstbestand
Grondkeermuren Horizontale vlakken Geschilderde buitenbladen	zeer vorstbestand

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

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.

Bv.: voor zichtbaar binnenmetselwerk met esthetische eisen kunnen de toleranties op de afmetingen beperkt worden volgens T3 van PTV 23-002.

Deze afspraken worden dan uitdrukkelijk in het bestek vermeld.
Ook de bestelling bij de fabrikant moet deze afspraken duidelijk vermelden, zoniet gelden de bepalingen van PTV 23-003.

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 bepaalde (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 verdergemetseld mag worden
- bij gebruik van isolatiemateriaal in de spouw:
    - type bevestiging van de platen aan het binnenspouwblad
    - hoe contact met het buitenspouwblad te vermijden
    - hoe eventuele spleten te vermijden

Uitgebreide bestektekst

Een canvas voor een bestektekst wordt gegeven op onze website: *www.baksteen.be*

6 NORMEN

Drie types normen worden meestal onderscheiden:

- Productnormen. Deze beschrijven het product en geven de eisen waaraan het moet voldoen.
- Proefnormen. Deze beschrijven de proefmethode die nagaat of een product aan die eisen voldoet.
- Ontwerpnormen. Deze geven de regels volgens dewelke een gebouw ontworpen, berekend en uitgevoerd moet worden.

Verder zijn de normen opgedeeld in reeksen, bijvoorbeeld de reeks productnormen EN 771 van alle metselstenen, die gebruik maakt van de reeks proefnormen EN 772. Het eerste deel van deze reeks EN 771, is de norm EN 771-1, de productnorm van baksteen, die slechts bepaalde delen, bepaalde proeven, van de reeks EN 772 gebruikt.

Sinds april 2006 is de norm waaruit alles vertrekt voor het materiaal baksteen de productnorm EN 771-1, die de Belgische normen NBN B 23-002 en NBN B 23-003 vervangt. Deze EN 771-1 vertelt wat een baksteen is, hoe hij eruit ziet en welke kenmerken hij heeft. Vanuit deze productnorm wordt verwezen naar een aantal proefnormen die allen van toepassing worden wanneer de EN 771-1 in voege treedt. Op dat ogenblik mag ook het CE-merk op de verpakking worden aangebracht, op voorwaarde dat de bakstenen beantwoorden aan de vereisten van de norm. Dit CE-merk bestaat uit een rechthoekig kader op de pakken waarin informatie over het product gegeven wordt.

Het kwaliteitsmerk BENOR getuigt dat de baksteen overeenstemt met de Belgische normen. Sinds de Europese norm EN 771-1 van toepassing is, zijn onze Belgische normen echter ingetrokken. Bijgevolg verliest het BENOR-merk zijn normatieve basis. Een nieuwe basis voor BENOR wordt gelegd in een PTV (Prescriptions Techniques – Technische Voorschriften) waarin, gebruikmakend van de formulering in de Europese norm, verteld wordt aan welke eisen een steen moet beantwoorden (PTV 23-002 PTV 23-003). De bedoeling is om aan de architect en bouwheer dezelfde garantie te bieden als voorheen. Een betrouwbare kwaliteitskeuring van de stenen blijft ook in de toekomst mogelijk.

1. Productnormen	
Europese normen	*Equivalente Belgische normen/ Technische voorschriften*
– **Normenreeks EN 771:** productnormen metselstenen, waarvan deel 1: EN 771-1 Voorschriften voor metselstenen – Deel 1: Metselbaksteen – **Normenreeks EN 998:** productnormen voor mortel: EN 998-1 tot EN 998-3 – **Normenreeks EN 845:** productnormen voor hulpstukken EN 845-1 tot EN 845-3 – **EN 1344:** product- en tegelijk proefnorm van gebakken straatsteen	– **Normenreeks B 23** ***(vervallen)*** B 23-002 Gevelbaksteen B 23-003 Baksteen voor niet-decoratief metselwerk – PTV 23-002 – gevelbaksteen – PTV 23-003 – baksteen voor decoratief metselwerk – **B 14-001** Metselmortel (vervallen)

2. Proeven op metselwerk en metselstenen – proefnormen	
Europese normen	*Equivalente Belgische normen*
– Normenreeks EN 772: proefnormen metselstenen	*– Proeven op metselstenen*
EN 772-1 Metselsteenproeven – Deel 1: Druksterkte	B 24-201 Drukproef (vervallen)
EN 772-3 Metselsteenproeven – Deel 3: Bepaling van het holtegehalte in baksteen (door weging onder water)	
EN 772-5 Metselsteenproeven – Deel 5: Bepaling van het gehalte aan actief-oplosbare zouten van baksteen	
EN 772-7 Metselsteenproeven – Deel 7: Bepaling van de wateropname in kokend water van dampschermbakstenen	
EN 772-9 Metselsteenproeven – Deel 9: Bepaling van het holtegehalte van kalkzandsteen door opvulling met zand (+addendum)	
EN 772-11 Metselsteenproeven – Deel 11: Bepalen van de wateropslorping van betonsteen, kunstbetonsteen en natuursteen door haarbuiszuiging en aanvangs–wateropname van baksteen	B 24-202 Wateropzuiging (vervallen) B 24-203 Wateropslorping na onder–dompeling gedurende 48 h (vervallen) B 24-213 Wateropslorping onder vacuum
EN 772-13 Metselsteenproeven – Deel 13: Netto- en bruto droge ruwe dichtheid van metselstenen (uitgezonderd natuursteen)	B 24-206 Schijnbare volumieke massa van de metselsteen (vervallen) B 24-210 Schijnbare volumemassa van de stof van de metselsteen (vervallen)

EN 772-16	Metselsteenproeven – Deel 16: Maten	B 24-205	Bepaling van de afmetingen (vervallen)
EN 772-19	Metselsteenproeven – Deel 19: Vochtuitzetting van grote holle bakstenen	B 24-208	Hygrometrische krimp en opzwelling
EN 772-20	Proeven voor metselstenen – Deel 20: Vlakheid van baksteen kunstbetonsteen en natuur-steen (+ addendum)	B 24-207	Controle van de vlakheid van de vlakken, van de rechtheid van de kanten en van de vorm
TSEN 772-22	Methods of test for masonry units – Part 22: Determination of freeze/thaw resistance of clay masonry units	B 27-009	Keramische producten voor wand- en vloerbekleding – Vorstbestendigheid - Vorstdooicyclussen
		B 24-204	Uiterlijke kenmerken (vervallen)
		B 24-209	Uitbloeiingen
– **Normenreeks EN 1052:** proefnormen voor metselwerk		– *Proeven op metselwerk*	
EN 1052-1	Proefwijzen voor metselwerk – Deel 1: Bepaling van de druksterkte	B 24-211	Druk op muurtje (vervallen)
		B 24-212	Druk op muur (vervallen)
EN 1052-2	Beproevingswijzen voor metselwerk – Deel 2: Bepalen van de buigsterkte	B 14-201 tot B 14-221	
EN 1052-3	Metselwerkproeven – Aanvangsschuifsterkte		
EN 1052-4	Proeven op metselwerk – Deel 4: Schuifsterkte met inbegrip van de waterkerende laag		
– **Normenreeks EN 1015:** proefnormen voor metselmortel		– *Proeven op mortel*	
EN 1015-1 tot EN 1015-21		B 14-201 tot B 14-221	

– Normenreeks EN 846: proefnormen voor hulpstukken EN 846-1 tot EN 846-13	

3. Berekening en uitvoering van metselwerk – ontwerpnormen			
Europese normen		*Equivalente Belgische normen*	
– Normenreeks EN 1996			
EN 1996-1-1	Algemene regels – Regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk	B 24-301	Ontwerp en berekening van metselwerk
EN 1996-1-2	Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand		
EN 1996-2	Ontwerp, keuze van bouwstoffen en uitvoering van constructies van metselwerk	B 24-401	Uitvoering van metselwerk
EN 1996-3	Vereenvoudigde regels voor constructies van metselwerk		

4. Warmte-isolatie van gebouwen	
B 62-002	Thermische prestaties van gebouwen Berekening van de warmtedoorgangs-coëfficiënten (U-waarden) van gebouwcomponenten en gebouwelementen Berekening van de warmteoverdrachtscoëfficiënten door transmissie (HT-waarde) en ventilatie (HV-waarde)
B 62-003	Berekening van de warmteverliezen van gebouwen
B 62-301	Warmte-isolatieprestatie van gebouwen – Globaal warmte-isolatiepeil (K-peil) van een gebouw

5. Geluidswering	
S 01-400-11	Akoestische – criteria voor woongebouwen

– Normenreeks EN ISO 140: proefnormen voor geluidsmetingen

– Normenreeks EN 12354: Bouwakoestiek – Schatting van de geluidsgedraging van gebouwen van uit de bouwdeelgedraging

EN ISO 717-1	Geluidsleer – Bepaling van de geluidsisolatie in gebouwen en van gebouwdelen – Deel 1: Luchtgeluidsisolatie (ISO 717-1:1996)
EN ISO 717-2	Geluidsleer – Bepaling van de geluidsisolatie in gebouwen en van gebouwdelen – Deel 2: Klopgeluidsisolatie (ISO 717-2:1996)
	6. Brandweerstand
EN 13501-1	Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen – Deel 1: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag
S 21-201	Brandbeveiliging in de gebouwen – Terminologie
S 21-202 + addendum	Brandbeveiliging in de gebouwen – Hoge en middelhoge gebouwen – Algemene eisen (met erratum)
S 21-203	Brandbeveiliging in de gebouwen – Reactie bij brand van de materialen – Hoge en middelhoge gebouwen
S 21-204	Brandbeveiliging van de gebouwen – Schoolgebouwen – Algemene eisen en reactie bij brand
S 21-205	Brandbeveiliging van de gebouwen – Hotels- en gelijkaardige inrichtingen – Algemene eisen
713-020 + addenda	Beveiliging tegen brand – Gedrag bij brand bij bouwmaterialen en bouwelementen – Weerstand tegen brand van bouwelementen) (met erratum)
Alle eisen voor de reactie bij brand van bouwmaterialen en voor het gedrag van bouwelementen bij brand werden gegroepeerd in bijlagen 1, 2, 3, 4 en 5 van het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 (BS 26 april 1995 en 31 december 1996), gewijzigd door het KB van 19 december 1997 (BS 30 december 1997) en het KB van 4 april 2003 (BS 5 mei 2003)	

Normen worden besteld bij:
Bureau voor Normalisatie (NBN)
Brabançonnelaan 29
1000 Brussel
Tel.: 02/738 01 11
Fax.: 02/733 42 64
Website: www.nbn.be

NOTITIES

NOTITIES