



TECHNISCHE VOORLICHTING

Nr. 271

EEN UITGAVE VAN HET WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF

Februari 2020



WTCB



Uitvoering van metselwerk



Uitvoering van metselwerk

Deze Technische Voorlichting werd opgesteld door de werkgroep 'TV Metselwerk', opgericht binnen het Technisch Comité Ruwbouw en algemene aanneming. Deze publicatie genoot de steun van het Agentschap Innoveren & Ondernemen in het kader van het traject 'Metselwerk', geleid door het WTCB, in samenwerking met de Federatie van Algemene Bouwaannemers (FABA) en de Normen-Antenne Eurocodes van het WTCB, met de financiële steun van de Federale Overheidsdienst Economie, KMO, Middenstand en Energie.

Samenstelling van de werkgroep

Leden

K. Andries (BCA Bouwt Beter), F. Ardies (Connecton), J. Beke (expert, Nederlandstalig College van Deskundigen Architecten van België – NCDAB), T. Cartuyvels (Kumpen), H. Cools (Wienerberger), S. De Brabander (Xella), H. Degée (UHasselt), B. Hendriks (Federatie van de Betonindustrie – FEBE), U. Peter (Verbond van Ontginningsbedrijven – FEDIEX/kalk – Lhoist), P. Pirotton (Galère), A. Sabbe (Faculté Polytechnique UMONS), J. Vandebroek (Connecton), P. Vandenbosch (Regie der Gebouwen), B. Vandoren (UHasselt), Ch. Van Look (Belgische Baksteenfederatie – BBF), E. Van Overmeire (Xella), D. Van Rossem (SECO – verslaggever STS 22, Belgian Construction Certification Association – BCCA), F. Verhelst (Verbond van Ontginningsbedrijven – FEDIEX/kalk – Lhoist), J. Welbergen (Federatie der Belgische en Luxemburgse producenten van industriële cementgebonden mortels – FEMO – Cantillana), J. Wijnants (WTCB).

Animator-verslaggever Y. Grégoire (WTCB)

Hebben eveneens hun medewerking verleend aan de opstelling van dit document:

R. De Haes (Belgisch-Luxemburgse Gips Vereniging – BLGV), P. Van Laere (Conseil d'isolation / Isolatieraad – CIR), L. Vasseur (ex-Wienerberger), B. Verbeke (Conseil d'isolation / Isolatieraad – CIR)

alsook: A. Dijkmans, Y. Martin, A. Tilmans, L. Wastiels (WTCB).



WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF

WTCB, inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Maatschappelijke zetel: Lombardstraat 42 te 1000 Brussel

Dit is een publicatie van wetenschappelijke aard. De bedoeling ervan is de resultaten van het bouwonderzoek uit binnen- en buitenland te helpen verspreiden.

Het, zelfs gedeeltelijk, overnemen of vertalen van de tekst van deze Technische Voorlichting is slechts toegestaan na schriftelijk akkoord van de verantwoordelijke uitgever.

Inhoud

1 INLEIDING	5
1.1 Toepassingsgebied	5
1.2 Referentiekader	6
1.3 Uitvoeringsklassen	7
1.4 Evoluties en innovaties	7
2 MATERIAALSPECIFICATIES	11
2.1 Metselstenen	11
2.2 Stelproducten	20
2.3 Metselwerktoebehoren	25
2.4 Isolerende bouwblokken voor EPB-bouwknopen	29
2.5 Geprefabriceerd metselwerk	30
2.6 Isolatiematerialen voor spouwmuren	31
2.7 Afdichtingsmembranen	31
2.8 Chemischeverankeringsproducten	31
3 EISEN EN PRESTATIES VAN METSELWERK	33
3.1 Mechanische sterkte en stabiliteit	33
3.2 Brandveiligheid	40
3.3 Hygiëne, gezondheid en milieu	43
3.4 Gebruiksveiligheid	45
3.5 Bescherming tegen lawaai	46
3.6 Energiezuinigheid en thermische isolatie	48
3.7 Duurzaamheid en gebruiksgeschiktheid	49
3.8 Milieuaspecten	51
4 MATERIAALKEUZE	55
4.1 Algemene keuze van de metselstenen	55
4.2 Materiaalkeuze in functie van de blootstellingsklasse	55
4.3 Voegdikte en dimensionale toleranties van de metselsteen	57
4.4 Keuze van de mortel	62
4.5 Keuze van de bestanddelen van op de bouwplaats gedoseerde mortels	65
4.6 Materiaalkeuze met het oog op de beperking van het risico op uitbloeiingen in baksteenmetselwerk	67

5	UITVOERING VAN HET METSELWERK	69
5.1	Transport, opslag en verlading van de materialen	69
5.2	Inontvangstname van de partijen	69
5.3	Plaatsingstechnieken	70
5.4	Vorbereiding van de mortels	76
5.5	Verwerking	77
5.6	Verbindingen	89
5.7	Spouwmuren	95
5.8	Muurafdekkingen	101
5.9	Bewegingsvoegen	103
5.10	Opvoegen	108
5.11	Verdere werkzaamheden	108
6	UITVOERINGSTOLERANTIES	113
6.1	Stabiliteitscriteria	113
6.2	Functionaliteitscriteria	114
6.3	Esthetische criteria	115
Bijlage A	Samenvatting van de specificaties voor metselstenen	118
Bijlage B	Groepen van metselstenen	121
Bijlage C	Voorschrijven van metselstenen	122
Bijlage D	Oplevering van een partij metselstenen	124
Bijlage E	Samenvatting van de specificaties voor industriële prestatiemortels	126
Bijlage F	Soorten kalk en cement	127
Bijlage G	Checklist met betrekking tot de stalen spouwhaken voor spouwmuren in een buitenomgeving	130
Bijlage H	Samenvatting van de mechanische prestaties van metselwerk	131
Bijlage I	Terreinruweidscategorieën en windzones	132
	Literatuurlijst	135

1

INLEIDING

1.1 TOEPASSINGSGEBIED

Deze Technische Voorlichting (TV) is gewijd aan de uitvoering van dragend en niet-dragend metselwerk, met inbegrip van spouwmuren. Ze verwijst naar de [Technische Voorlichting nr. 208](#) [W10] voor wat het opvoegen van metselwerk betreft en naar de [Technische Voorlichting nr. 264](#) [W21] voor wat de referentiedetails voor spouwmuren betreft. Ze moet beschouwd worden als een code van goede praktijk en vormt een aanvulling op de nationale bijlage van het deel 'Uitvoering' van de Eurocode 6 (NBN EN 1996-2 ANB) [B73] en op de STS 22 'Metselwerk voor laagbouw' [F2]. Deze laatste geven een samenvatting van de specificaties en eisen die in België gebruikelijk zijn voor dergelijke werkzaamheden.

De norm NBN EN 15318 [B98] gaat op zijn beurt dieper in op niet-dragende binnenwanden uit gipsblokken.

Deze TV behandelt decoratief en niet-decoratief metselwerk uit baksteen (afbeelding 1), uit kalkzandsteen, uit granulaatbeton, uit geautoclaveerd cellenbeton (afbeelding 2), uit natuursteen of uit kunststeen dat beantwoordt aan deze specificaties, evenals metselwerk uit gipsblokken (zie tabel 1, p. 6). De werkzaamheden moeten uitgevoerd worden door gekwalificeerde aannemers. De voorgestelde technische oplossingen en uitvoeringsaanbevelingen die opgesteld werden in samenspraak met de sector, sluiten geen alternatieven uit. Bouwwerken uit droog gestapelde elementen komen niet aan bod in dit document.



Afb. 1 Gevelmetselwerk uit baksteen, gelijmd met dunne voegen.



Afb. 2 Dragend metselwerk uit cellenbeton met dunne voegen.

Tabel 1 Decoratief en niet-decoratief metselwerk – Definitie.

Metselwerk	Beschrijving		Voorbeelden
Decoratief	Metselwerk waarvan het esthetische uitzicht belangrijk is.	Zichtbaar	Gevelmetselwerk
Niet-decoratief	Metselwerk waarvan het esthetische uitzicht niet belangrijk is. Het kan al dan niet zichtbaar zijn.	Niet-zichtbaar	Niet-bepoetste binnenmuur (bv. garage) Bepoetste binnenmuur

Deze code van goede praktijk beschrijft de gebruikte materialen (hoofdstuk 2) en de keuzecriteria (hoofdstukken 3 en 4). Ze vat de eisen die aan het metselwerk gesteld worden in functie van het gebruik samen (hoofdstuk 3) en formuleert een reeks aanbevelingen voor de uitvoering (hoofdstuk 5) die het onder meer mogelijk moeten maken om te voldoen aan de criteria voor de oplevering van de werken (hoofdstuk 6).

1.2 REFERENTIEKADER

De STS 22 [F2] geven de specificaties op voor metselwerk dat uitgevoerd wordt met ‘genormaliseerde’ ⁽¹⁾ metselstenen en mortels of met ter plaatse gedoseerde mortels en genormaliseerd toebehoren. Ze herkennen de belangrijkste voorschriften uit de Eurocode 6 ‘Metselwerk’, de Eurocode 8 ‘Seismische aspecten’ en de relevante koninklijke besluiten, ministeriële besluiten en Belgische normen, aangevuld met aanbevelingen, plaatselijke gebruiksvoorschriften en de regels van de kunst.

De metselwerkproducten (metselstenen, mortels, toebehoren ...) die aan bod komen in de STS 22 worden vaak vermeld in de openbare en de private bestekken en kunnen in aanmerking komen voor een productcertificatie (BENOR, ATG ...). De vermelde voorschriften kunnen desgevallend een aanvulling vormen op de normen om een correct en duurzaam gebruik te waarborgen.

Daar waar de fabrikant via de verplichte CE-markering louter en alleen de verantwoordelijkheid neemt voor de gedeclareerde prestaties van zijn product ten opzichte van de essentiële karakteristieken, impliceert de vrijwillige certificering of attestering (BENOR, ATG ...) bovendien dat het product in overeenstemming is met een voorschrift dat als oogmerk heeft om de gebruikers te beschermen, te voldoen aan de verwachtingen van de markt en de gemeenschappelijke (economische) belangen te behartigen. Deze doelstellingen vertalen zich in een aantal kwaliteitscriteria, die een aanvulling vormen op de specifieke productnormen en die vastgelegd worden in voorschriften en interne en externe controleprocedures.

Zo zijn de partiële veiligheidscoëfficiënten die toegepast dienen te worden op het metselwerk afhankelijk van het attesteringsniveau van de producten (zie § 3.1.3, p. 36).

Alle in de STS beschreven karakteristieken kunnen door de openbare of private voorschrijvers op eigen verantwoordelijkheid in hun bestekken opgelegd worden. De productkarakteristieken kunnen bijgevolg onderworpen worden aan een controle bij de oplevering. Een belangrijk voordeel van de gecertificeerde producten (BENOR, ATG ...) ligt er precies in dat ze vrijgesteld zijn van een dergelijke verplichte controle op de bouwplaats.



Afb. 3 Metselwerk uit betonstenen.

(1) Genormaliseerd: die vallen onder de scope van een norm.

1.3 UITVOERINGSKLASSEN

De uitvoeringsklassen worden gedefinieerd in functie van de uitvoeringscontrole op de bouwplaats. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de volgende uitvoeringsklassen (zie NBN EN 1996-1-1 ANB) [B69]:

- **uitvoeringsklasse N (normaal)**: de uitvoering staat onder doorlopend toezicht van gekwalificeerd en ervaren personeel van het bedrijf dat de werken uitvoert en maakt het voorwerp uit van een normaal toezicht door de ontwerper; dit is de klasse bij ontstentenis, d.w.z. deze die gekozen wordt bij afwezigheid van specificaties of voorschriften
- **uitvoeringsklasse S (speciaal)**: de uitvoering staat onder doorlopend toezicht van gekwalificeerd en ervaren personeel van het bedrijf dat de werken uitvoert, evenals van de ontwerper. Het normale toezicht wordt aangevuld met een regelmatige en frequente controle door gekwalificeerd personeel dat niet behoort tot het bedrijf dat de werken uitvoert.

Deze uitvoeringsklassen hebben een invloed op de partiële veiligheidscoëfficiënten die toegepast moeten worden bij de dimensionering van het metselwerk (zie § 3.1.3, p. 36).

1.4 EVOLUTIES EN INNOVATIES

Wat ook de achterliggende drijfveren mogen zijn, toont de evolutie van de materialen, van de productieprocessen, van de uitvoeringstechnieken of van het esthetische uitzicht van het metselwerk aan dat de metselwerksector, die vaak ten onrechte als traditioneel beschouwd wordt, in feite zeer dynamisch is.

Verskillende opmerkelijke ontwikkelingen hebben onder meer tot doel om de technische karakteristieken te verbeteren, de thermische prestaties te verhogen, oplossingen te bieden ter hoogte van de bouwknopen, de ecologische voetafdruk te verkleinen en/of de uitvoeringsfase te optimaliseren. Hierna volgt een niet-beperkend overzicht ervan.

1.4.1 TECHNISCHE EISEN

Voor metselwerk en de componenten ervan is er een redelijk uitgebreid normatief kader voorhanden, dat productnormen combineert met een arsenaal aan proefnormen en ontwerp- en uitvoeringsregels. Dit kader wordt aangevuld met eisen die specifiek zijn voor de nationale bouwpraktijken en -gewoonten. De lange traditie heeft het immers mogelijk gemaakt om

eisen en criteria op te stellen die aangepast zijn aan het gebruik. De Europese harmonisatie heeft er op haar beurt voor gezorgd dat er rekening gehouden wordt met trends en technieken uit heel Europa. Deze context komt de evolutie en de ontwikkeling van de materialen en het metselwerk uiteraard ten goede.

Metselwerk dat tot doel heeft om de technische prestaties te verbeteren en het risico op schade te beperken, vereist een optimaal ontwerp en een optimale uitvoering van de details. Aangezien er door de jaren bovendien heel wat eisen bijgekomen zijn (thermische prestaties, waterdichtheid ...), werden er een aantal referentiedetails voor geoptimaliseerd metselwerk ontwikkeld die gebundeld werden in de [Technische Voorlichting nr. 264](#) 'Referentiedetails voor spouwmuuren' [W21].

1.4.2 METSELWERK MET GEOPTIMALISEERDE THERMISCHE EIGENSCHAPPEN

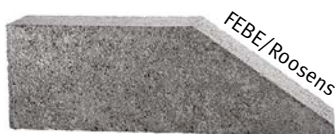
De gestage verstrenging van de eisen uit de Energieprestatieregelgeving voor gebouwen (EPB) heeft een weerslag op de evolutie van de dragende stenen. Om hun thermische weerstand te verhogen, merkt men bij de stenen die reeds onder geharmoniseerde productnormen vallen (bv. bakstenen, kalkzandstenen, granaatbetonstenen, cellenbetonstenen) namelijk een evolutie op naar lichtere stenen, naar een betere morfologie van de holtes, of nog, naar grotere breedtes (afbeelding 19, p. 16) en een opvulling van de holtes met een isolatiemateriaal, gaande van rotswol (afbeelding 4) tot perliet, of zelfs nieuwe soorten isolatie op basis van geopolymeren. Er zijn ook meerlaagse (steen - isolatie - steen) of multifunctionele (structuur - isolatie - gevel) stenen of wanden in ontwikkeling (afbeelding 5).



Afb. 4 Metselsteen waarvan de holtes opgevuld zijn met een isolatie uit rotswol.



Afb. 5 Meerlaagse cellenbetonmetselsteen.



Afb. 6 Voorgevormde puntgevelsteen uit beton met lichte granulaten.

Om rekening te kunnen houden met de bouwknopen en om deze te kunnen behandelen overeenkomstig de reglementering, werken de fabrikanten al sinds jaren aan de ontwikkeling van constructieve oplossingen, zoals geoptimali-

seerde technische details en/of 'isolerende' metselstenen. Denken we hierbij maar even aan muurvoetstenen en hellingsblokken (met een schuine kopse kant volgens de hoek van de dakhelling) voor de uitvoering van puntgevels (zie afbeelding 6). Daar waar een aantal van deze metselstenen reeds genormaliseerd zijn, is het voor de andere nog nodig om hun gebruiksgeschiktheid aan te tonen door middel van een gunstige technische beoordeling (bv. een technische goedkeuring).

De volgende generatie Eurocodes zou in principe regels moeten bevatten die beter aangepast zijn om het mechanische gedrag van hybride metselwerk, dat dergelijke isolerende metselstenen bevat, te beoordelen.

Wat de genormaliseerde muurvoetstenen betreft, wijzen we bovendien op de opkomst van waterwerende elementen die tot doel hebben de bevochtiging tijdens de ruwbouwfase te beperken. Dit doet echter niets af aan de noodzaak van de plaatsing van de gebruikelijke dichtingsmembranen (bv. voor de spouwdrainering).

Om de warmteverliezen te beperken en tegemoet te komen aan de grotere isolatiediktes, vinden er ook evoluties plaats op het vlak van het toebehoren (bv. het gebruik van consoles met een ingewerkte thermische onderbreking of het gebruik van verankeringen met grotere lengte). De metalen ankers die aangebracht worden in de mortellaag van de draagmuur moeten op hun beurt stilaan plaatsmaken voor gecombineerde systemen waarbij de ankers omhuld zijn met een kunststof plug met rozet, die bevestigd wordt tijdens de plaatsing van de isolatiepanelen. Deze fasering en werkwijze verminderen het risico op schade aan de panelen en dus ook op de afname van de thermische prestaties.

Tot slot is een energetische optimalisatie niet enkel van belang voor het nieuwe metselwerk, maar ook voor de bestaande muren [G7].

1.4.3 METSELWERK MET EEN VERBETERDE MILIEU-IMPACT

Om de milieu-impact van de metselstenen te verkleinen, kan er ingegrepen worden tijdens de verschillende

levenscyclusfasen, bv. door de impact van de productie van de materialen te verlagen (grondstoffen, energieverbruik, uitstoot ...), door het transport te beperken, door de gebruiksfase te verlengen, door het onderhoud te beperken of door de verwerking op het einde van de levensloop te optimaliseren (hergebruik en recyclage). De methoden ter bepaling van de milieu-impact over de volledige levenscyclus worden steeds fijner en worden verduidelijkt in een aantal Europese en nationale normen (zie [Infofiche nr. 64](#)) [J1].

Bepaalde fabrikanten, die zich bewust zijn van de milieu-impact van hun producten, zetten daarom in op de optimalisering ervan via verschillende ontwikkelingen. Zo kan de milieu-impact van producten uit baksteen, die grotendeels bepaald wordt door het bakproces op hoge temperatuur, beperkt worden door de ontwikkeling van dunnere gevelstenen (met een dikte van 6,5 cm in plaats van 9 cm). Het gebruik van baksteenstrips (van ongeveer 2 cm dik) die op een buitenisolatie verlijmd worden, zodat de totale dikte van de muur beperkt blijft, is ook een relevante oplossing voor uitvoeringen waarbij het uitzicht van belang is en dit, zowel voor nieuwbouw als voor renovaties [W4]. Deze oplossingen zouden beschouwd kunnen worden als een evolutie van de 'traditionele' muur [G5, G6], die toelaat om een dikker isolatiepakket te plaatsen voor eenzelfde muurdikte. Zodoende kunnen zowel de energie- als de milieuprestaties van het gebouw tijdens de gebruiksfase verbeterd worden.

Er zijn ook tal van initiatieven die gericht zijn op de vermindering van het grondstoffenverbruik en op de ontwikkeling en optimalisering van metselstenen op basis van plantaardige granulaten, zoals hennep [G1] (afbeelding 13, p. 12) of ongebakken klei. Verder wordt er momenteel onderzoek gevoerd naar de toepassingsmogelijkheden van baggerslib of papierafval.

Sedert enkele jaren lopen er ook een aantal studies die streven naar het hergebruik van volledige metselstenen aan het einde van hun levensloop of van gerecycleerde metselstenen onder de vorm van granulaten die bestemd zijn voor ophogingen of voor beton in de ruime zin (bv. dekvloeren). Deze studies passen in de context van de circulaire economie.

1.4.4 WERKOMSTANDIGHEDEN, RENDEMENT EN PLAATSINGSTECHNIKEN

De hier vermelde evoluties hebben niet alleen betrekking op de behaalde prestaties, de karakteristieken of het esthetische uitzicht, maar kunnen ook leiden tot



FEBE/Roosens



dankzij de luchtvochtigheid (1,5 tot 5 uur) en de afwezigheid van vochttoevoer.

Bij gebrek aan normatieve documenten m.b.t. het product en de techniek moet er verwezen worden naar de gebruiksgeschiktheidsverklaring (ATG of gelijkwaardig) en dit, zowel voor het ontwerp en de specificaties als voor de uitvoeringsregels.

Afb. 7 Metselstenen uit beton die de grip en/of de dosering van de mortel vergemakkelijken.

het voorstellen van oplossingen ter verbetering van de werkomstandigheden, het rendement of zelfs de dosering van het stelproduct (afbeelding 7).

De traditionele plaatsing met de troffel (afbeelding 51, p. 70) wordt alsmaar vaker vervangen door het aanbrengen van de stelproducten met behulp van een rolbak (afbeelding 52B, p. 71) of een pistool of pomp (afbeelding 53B, p. 73). Dit gaat gepaard met een optimalisering van de mortelsamenstelling om gecombineerd te kunnen worden met deze nieuwe technieken (mortels met of zonder dekkend vermogen, aangepaste consistentie en vloeibaarheid ...).

Zeer recentelijk werd er ook een techniek ontwikkeld voor het *in situ* verlijmen van metselblokken met behulp van een eencomponent polyurethaanschuimlijm (afbeelding 8). Hierbij brengt men systematisch en met behulp van een spuitpistool lijmrillen met een diameter van ongeveer 3 cm aan op het legvlak. Deze innovatieve techniek heeft tal van voordelen te bieden: een snelle uitvoering, een snelle verharding



Wienerberger

Afb. 8 Verlijming van blokken met behulp van een PU-schuimlijm.

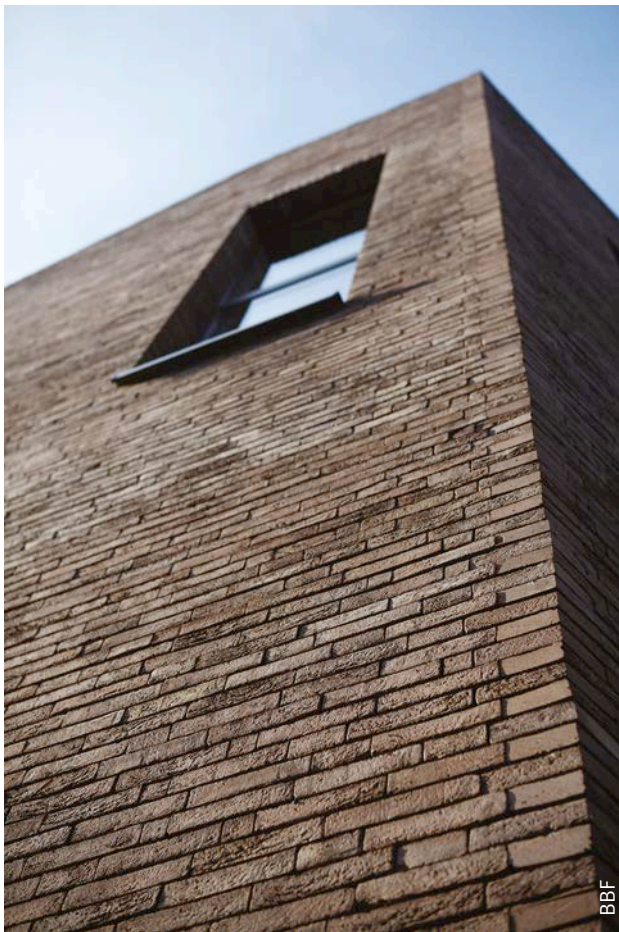
Om de verlading van de metselstenen – en dan vooral indien het zware metselstenen betreft – te vergemakkelijken, zijn er eveneens nieuwe hulpmiddelen verschenen, gaande van de meest eenvoudige (afbeelding 7) tot de meest gesofisticeerde, zoals kleine kranen op de bouwplaats (afbeelding 50, p. 70).

De robotisering van de plaatsing (zowel in de fabriek als op de bouwplaats), in combinatie met een aangepast ontwerp, heeft dan weer geleid tot de opkomst van geprefabriceerd metselwerk, waarmee ervaren aannemers muurvlakken kunnen uitvoeren vanaf 500 à 1000 m². Voorts zijn er ook specifieke concepten waarbij de bouwblokken droog op elkaar gestapeld kunnen worden (niet behandeld in deze TV), wat de uitvoering versnelt en toelaat de stenen te recupereren zonder mortelresten.

1.4.5 ESTHETISCH UITZICHT

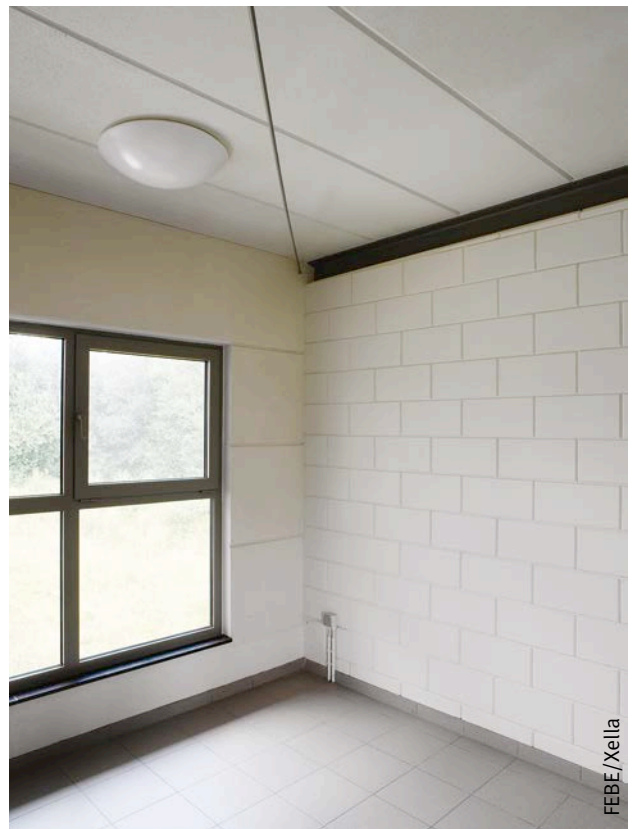
Het esthetische uitzicht van gevelmetselwerk vormt evenzeer een drijfveer voor innovatie. Zo zijn er tegenwoordig metselbakstenen in allerlei kleuren, formaten en texturen beschikbaar (afbeelding 14, p. 12), alsook een breed palet aan al dan niet gekloofde betonstenen (afbeelding 18, p. 16), zonder de niet-traditionele steenverbanden te vergeten. Sedert de jaren 2000 kent ook de techniek van gelijmd gevelmetselwerk met dunne voegen in België een groeiend succes, onder meer omwille van het specifieke monolithische uitzicht dat het zichtvlak hierdoor verkrijgt (afbeelding 9, p. 10). Recentelijk werden er stenen met een aangepaste vorm ontwikkeld om het metselwerk hetzelfde bijzondere monolithische uitzicht te kunnen geven met behulp van traditionele mortel.

Betonmetselstenen, kalkzandstenen (afbeelding 10, p. 10) of metselbakstenen voor decoratief binnenmet-



Afb. 9 Bijzonder uitzicht van een gevel uit gelijmd baksteenmetselwerk met dunne voegen.

selwerk bieden eveneens tal van mogelijkheden op esthetisch vlak. Wanneer deze stenen gebruikt worden voor de binnenwand van een buitenmuur, dient men



Afb. 10 Decoratief binnenmetselwerk uit kalkzandsteenblokken.

bijzondere aandacht te schenken aan de luchtdichtheid, met name door het aanbrengen van een waterafstotende cementering op het buitenvlak van deze wand.

2

MATERIAALSPECIFICATIES

Dit hoofdstuk geeft een globaal overzicht van de prestaties die men van metselwerkproducten kan verwachten en die gespecificeerd kunnen worden in een bestek. Deze prestaties kunnen vermeld worden in een prestatieverklaring en/of in de technische fiche van de fabrikant. In hoofdstuk 4 (p. 55) worden er nog een aantal specifieke keuzecriteria beschreven.

2.1 METSELSTENEN

De hierna toegelichte specificaties worden samengevat in Bijlage A (p. 118), waarin ook de referentieproefmethoden verduidelijkt worden. In Bijlage C (p. 122) wordt aan de hand van voorbeelden aangegeven hoe het metselwerk voorgeschreven kan worden.

2.1.1 AARD VAN DE MATERIALEN

Genormaliseerde metselstenen onderscheiden zich door de aard van het materiaal. In België bestaat er een vrijwillige certificering of attestering (BENOR- of ATG-merk) voor het merendeel ervan (zie tabel 2 en § 1.2, p. 6). Ze vallen allemaal onder het toepassingsgebied van de Eurocode 6 en zijn nationale bijlagen (ontwerp- en uitvoeringsregels voor dragend metselwerk), met uitzondering van gipsblokken. Deze laatste worden echter wel behandeld in deze TV, aangezien ze courant gebruikt worden in niet-dragende wanden



Afb. 11 Dragend metselwerk uit baksteen met dunne voegen (van 0,5 tot 3 mm).

(bv. in appartementsgebouwen) en in de bestekken vermeld worden als metselstenen. Metselstenen uit kunststeen worden in het vervolg van deze tekst daarentegen niet verder besproken, gelet op het feit dat er hiervoor in België – waar ze gelijkgesteld worden aan metselstenen uit granulaatbeton – geen relevante markt bestaat.

Tabel 2 Referentiedocumenten met betrekking tot genormaliseerde metselstenen.

Referentie-document	Binnen het toepassingsgebied van de Eurocode 6+ANB						Gipsblokken
	Baksteen	Kalkzandsteen	Beton	Geauto-claveerd cellenbeton	Kunststeen	Natuursteen	
Productnorm	NBN EN 771-1 [B22]	NBN EN 771-2 [B23]	NBN EN 771-3 [B24]	NBN EN 771-4 [B25]	NBN EN 771-5 [B26]	NBN EN 771-6 [B27]	NBN EN 12859 [B81]
Vrijwillige certificering of attestering (BENOR- of ATG-merk)	PTV 23-002 [B5] PTV 23-003 [B6] BENOR	PTV 21-003 [P3] BENOR	PTV 21-001 [P1] BENOR	PTV 21-002 [P2] BENOR	PTV 21-001 [P1] BENOR	BUtgb-leidraden (*) ATG	BUtgb-leidraden ATG

(*) Voor natuursteen kan er een technische goedkeuring ATG afgeleverd worden voor het materiaal, maar niet voor het afgewerkte product.



Afb. 12 Traditioneel dragend metselwerk uit betonmetselstenen (voegen van 10 tot 12 mm).

Wanneer de metselstenen niet onder de normen uit tabel 2 vallen – wat het geval is voor ongebakken metselstenen of producten op basis van plantaardige granulaten (afbeelding 13) –, heeft de fabrikant de mogelijkheid om hun geschiktheid voor gebruik in metselwerk aan te tonen aan de hand van een gebruiksgeschied-

heidsverklaring (ATG of gelijkwaardig). Voor wat de vereiste prestaties betreft, kan men zich gewoonlijk laten inspireren door deze van genormaliseerde metselstenen. Voor het aantonen van bijkomende prestaties (bv. vocht- en/of temperatuurregeling) ontbreekt het vooralsnog aan geharmoniseerde of erkende evaluatiemethoden.



Afb. 13 Metselsteen op basis van hennep.

2.1.2 CLASSIFICATIE VAN METSELSTENEN

Alle metselstenen, met uitzondering van gipsblokken, worden ingedeeld in twee categorieën (I of II) in functie van het betrouwbaarheidsniveau van de gedeclareerde druksterkte (zie § 2.1.5.1, p. 16), waarbij de categorie I het hoogste betrouwbaarheidsniveau voorstelt.

Metselstenen uit baksteen en kalkzandsteen worden ingedeeld in twee types, naargelang van het beoogde gebruik: P voor beschermd (*protected*) metselwerk en U voor onbeschermd (*unprotected*) metselwerk (tabel 3).

Tabel 3 Classificatie van metselstenen uit baksteen en kalkzandsteen, naargelang van het beoogde gebruik.

Type	Beschrijving
U (<i>Unprotected</i>)	Deze metselstenen zijn bestemd om gebruikt te worden in onbeschermd metselwerk, d.w.z. metselwerk dat blootgesteld kan worden aan regen en vorst-dooicycli en dat in contact kan komen met de bodem en grondwater. Ze kunnen eveneens toegepast worden in beschermd metselwerk.
P (<i>Protected</i>)	Deze metselstenen zijn bestemd om gebruikt te worden in metselwerk dat beschermd is tegen het binnendringen van water en dat niet in contact staat met de bodem of grondwater (bv. buitenmetselwerk dat beschermd is met een geschikte bepleistering of een bebording).

In België worden de **metselbakstenen** onderverdeeld in twee families (tabel 4): gevelstenen (afbeelding 14) enerzijds en niet-decoratieve metselstenen (afbeelding 17, p. 15) anderzijds.

Tabel 4 Classificatie van metselbakstenen volgens hun al dan niet decoratieve functie.

Familie	Beschrijving
Gevelstenen	Deze bakstenen zijn bestemd voor gevelmetselwerk en voor metselwerk met een decoratieve functie in het algemeen. Het kan hier gaan om strengperssteen, vormbaksteen of handvormsteen. Ze zijn van het type U.
Niet-decoratieve metselstenen	Deze bakstenen zijn bestemd voor al dan niet zichtbaar blijvend metselwerk. Het gaat hier in de regel om strengperssteen. Ze zijn van het type P of U.



Afb. 14 Metselbakstenen: een ruim assortiment aan gevelstenen.

Metselstenen uit kalkzandsteen, beton en geautoclaveerd cellenbeton worden ingedeeld volgens het standaardkarakter (S) of niet-standaardkarakter (NS) van de fabricagematen, volgens hun genormaliseerde gemiddelde druksterkte f_b (zie § 2.1.5.1, p. 16) en volgens hun dichtheid:

- voor metselstenen uit kalkzandsteen en granulaatbeton stemt de klasse f_{15} overeen met een minimale f_b -waarde van 15 N/mm² en de klasse $\rho_{1,6}$ met een dichtheid van maximum 1,6 (schijnbare volumieke massa van minder dan 1.600 kg/m³). De overeenkomstige kwaliteitsklasse wordt aangeduid als 15 / 1,6
- voor metselstenen uit geautoclaveerd cellenbeton stemt de klasse C3/450 overeen met een druksterkteklasse f_3 ($f_b \geq 3$ N/mm²) en met de klasse ρ_{450} (400 kg/m³ < schijnbare volumieke massa ≤ 450 kg/m³).

Deze elementen worden bovendien van elkaar onderscheiden in functie van hun bestemming (zie tabel 5).

De aanduiding van metselstenen uit natuursteen (NBN EN 12440) [B80] is gebaseerd op de traditionele benaming, de petrografische familie volgens de NBN EN 12407 [B79], de kenmerkende kleur en de ontginingsplaats.

Gipsblokken, waarvan de pigmentatie (kleur) gestandaardiseerd is, worden ingedeeld in twee sterkteklassen (A: normale buigsterkte, R: verhoogde buigsterkte), drie klassen van volumieke massa (zie § 2.1.4.1, p. 15, en afbeelding 16) en drie klassen van waterabsorptievermogen (zie § 2.1.4.2, p. 15).



Afb. 15 Metselsteen uit kalkzandsteen.



Afb. 16 Gipsblok met een hoge volumieke massa (aanduiding D, roze kleur).

2.1.3 AFMETINGEN, VORM EN UITZICHT VAN METSELSTENEN

2.1.3.1 Afmetingen en toelaatbare afwijkingen

De werkelijke afmetingen moeten overeenstemmen met de gedeclareerde fabricagematen, rekening houdend met de toelaatbare afwijkingen. Deze worden uitgedrukt onder de vorm van tolerantieklassen die afhankelijk zijn van de aard van de metselsteen (zie § 4.3, p. 57, voor een geschikte keuze). Wanneer ze aangeduid worden met een cijferindex 'i' (bv. T_i , R_i , D_i), zal de klasse strenger zijn naarmate de index 'i' hoger is.

Tenzij anders vermeld, moeten voor metselbakstenen de tolerantieklasse T (T_1 , T_1^+ , T_2 , T_2^+ , T_m) en de maat-

Tabel 5 Metselstenen uit kalkzandsteen, beton en cellenbeton: codering in functie van het gebruik.

Code (*)	Type metselsteen en beoogd metselwerk	Blootstelling	Bijzondere eisen
A1	Metselsteen voor decoratief buitenmetselwerk	Blootgesteld aan het buitenklimaat	Uitzicht (zichtvlak en vlakheid voor code A1), vorstbestendigheid, dimensionale schommelingen, waterdampdoorlaatbaarheid, waterabsorptie
A = A2	Metselsteen voor (niet-decoratief) buitenmetselwerk		
B1	Metselsteen voor decoratief zichtbaar blijvend binnenmetselwerk	Niet blootgesteld aan het buitenklimaat	Uitzicht (zichtvlak en vlakheid voor code B1)
B2	Metselsteen voor (niet-decoratief) zichtbaar blijvend binnenmetselwerk		
C	Metselsteen voor ingegraven (ondergronds) metselwerk	In contact met de bodem	Uitzicht, vorstbestendigheid, dimensionale schommelingen
D	Metselsteen voor ander metselwerk	Niet blootgesteld aan het buitenklimaat	Uitzicht
(*) Enkel de codes A, C en D zijn van toepassing voor cellenbeton, gelet op het feit dat dit materiaal weinig gebruikt wordt in zichtbaar blijvend metselwerk.			

spreidingsklasse R (R_1 , R_1^+ , R_2 , R_2^+ , R_m , waarbij R staat voor *range*) gespecificeerd worden. De tolerantie T is het verschil tussen de gemiddelde waarde van de reële afmetingen van een partij en de gedeclareerde afmeting. Het bereik (of de maatspreidingsklasse) R staat voor het verschil tussen de grootste en de kleinste afmeting van een partij (monster van 10 stenen).

De bijkomende index '+' duidt op een strengere eis voor de hoogte van de metselsteen. Deze wordt vandaag de dag echter niet gebruikt voor gevelstenen. De klassen en spreidingswaarden, gevolgd door de index 'm', zijn vrije verklaringen van de fabrikant die zowel strenger als ruimer kunnen zijn dan de andere klassen.

In de praktijk is het vooral de maatspreiding van de bakstenen van eenzelfde partij die een invloed heeft op de dikte van de voegen. Tabel 6 geeft de maximale maatspreiding voor bakstenen met de gedeclareerde afmetingen 188/88/48 mm weer en dit, voor verschillende maatspreidingsklassen.

Tabel 6 Maximale maatspreiding voor bakstenen met de afmetingen 188/88/48 mm.

Spreiding op ...	Maatspreidingsklasse			
	R_1	R_1^+	R_2	R_2^+
de lengte ($L_{\max} - L_{\min}$)	8 mm	8 mm	4 mm	4 mm
de hoogte ($H_{\max} - H_{\min}$)	4 mm	1 mm	2 mm	1 mm

Voor **metselstenen uit kalkzandsteen** dient men – tenzij anders vermeld – de tolerantieklasse T (T_1 , T_2 , T_3 of T_m) te specificeren. De tolerantie T kan zowel gedefinieerd worden als het verschil tussen de gemiddelde waarde van de reële afmetingen van een partij en de gedeclareerde afmeting ervan, dan wel als het verschil tussen de individuele waarde en de gemiddelde waarde (spreiding), of als het verschil tussen de individuele waarde en de gedeclareerde waarde (spreiding). De klasse T_m stemt overeen met een vrije verklaring van de fabrikant, die strenger of ruimer kan zijn dan de andere klassen.

Voor **metselstenen uit granulaatbeton** moet men – tenzij anders vermeld – de tolerantieklasse D (D_1 , D_2 , D_3 of D_4) specificeren. De tolerantie is het verschil tussen de individuele afmeting en de gedeclareerde afmeting.

Voor **metselstenen uit geautoclaveerd cellenbeton** dient men de tolerantieklasse GPLM, TLMA of TLMB te specificeren. Deze klassen zijn rechtstreeks gekoppeld aan de gebruikte morteldikte. De tolerantie is het verschil tussen de individuele afmeting en de gedeclareerde afmeting.

Voor **metselstenen uit natuursteen** met gezaagde vlakken dient men de tolerantieklasse D (D_1 , D_2 of D_3) te specificeren. Voor gekantrechte breukstenen zijn de eisen ruimer. De tolerantie is het verschil tussen de individuele afmeting en de gedeclareerde afmeting.

De afmetingen van de **gipsblokken** mogen de in de productnorm aangegeven afwijkingen niet overschrijden.

2.1.3.2 Vlakheid en evenwijdigheid van de vlakken

Indien de **metselsteen** bestemd is voor rechtlijnig (strak) metselwerk of voor metselwerk met dunne voegen (van 0,5 tot 3 mm dik), worden er eisen gesteld aan de vlakheid en de evenwijdigheid van de legvlakken (zie § 4.3, p. 57). Dit geldt evenwel niet voor gipsblokken. Naargelang van de aard van de metselsteen, kan het respecteren van de criteria voortvloeien uit het feit dat hij tot een bepaalde tolerantieklasse behoort (bv. klasse T_3 voor metselstenen uit kalkzandsteen).

In het geval van **metselstenen uit natuursteen** zijn de eisen van toepassing op alle gezaagde vlakken. Er zijn ook enkele aanvullende eisen voor wat betreft de haaksheid van de vlakken.

Voor **gipsblokken** mag de vlakheid van de zichtvlakken de door de productnorm bepaalde afwijking niet overschrijden.

2.1.3.3 Uitzichtskennmerken

De esthetische karakteristieken (kleur, structuur, oppervlaktextuur ...) en de toelaatbare afwijkingen hiervan moeten het voorwerp uitmaken van een akkoord tussen de partijen, eventueel op basis van een aantal representatieve proefstukken.

De onvolkomenheden bij het verlaten van de fabriek (beschadigingen, gebreken) moeten beperkt zijn (zie Bijlage D, p. 124). De definitie van de onvolkomenheden varieert naargelang van het type metselsteen en van de gebruiksgeschiktheid ervan in decoratief metselwerk of in zichtbaar blijvend metselwerk.

2.1.3.4 Groepen van metselstenen

Alle metselstenen, met uitzondering van gipsblokken, worden ingedeeld in vier groepen naargelang van hun configuratie (zie Bijlage B, p. 121). Deze groepen spelen een belangrijke rol voor het mechanische gedrag



Afb. 17 Metselbaksteen: snelbouwsteen van de groep 2.

en het brandgedrag van het metselwerk (zie § 3.1.2, p. 33, § 3.2.4, p. 41, en Eurocode 6) [B68]:

- van groep 1 tot groep 3 gaat het volume (percentage) van de verticale holtes (perforaties) in stijgende lijn
- groep 4 stemt overeen met horizontale perforaties.

2.1.4 FYSISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE METSELSTENEN

2.1.4.1 Volumieke massa

De te specificeren parameters zijn:

- de schijnbare (bruto) droge volumieke massa (en eventueel de dichtheidsklasse ρ) en, naargelang van de aard van de metselsteen en het voorziene gebruik, de absolute (netto) droge volumieke massa
- de poreusheid van metselstenen uit natuursteen
- de oppervlaktemassa van gipsblokken.

Deze parameters worden gebruikt om de gebruiksgeschiktheid van de metselstenen te beoordelen in het kader van verschillende berekeningen: stabiliteit (massa van de muren), akoestische isolatie, brandgedrag en thermische isolatie.

Gipsblokken worden in klassen ingedeeld volgens hun droge volumieke massa (tabel 7).

Tabel 7 Indeling van gipsblokken in klassen volgens hun volumieke massa.

Klasse	Kleur	Volumieke massa ρ	
D	Roze	Hoog	$1100 \leq \rho \leq 1500 \text{ kg/m}^3$
M	Wit	Gemiddeld	$800 \leq \rho < 1100 \text{ kg/m}^3$
L	Geel	Laag	$600 \leq \rho < 800 \text{ kg/m}^3$

2.1.4.2 Waterabsorptie

De waterabsorptie van metselbakstenen na 24 u onderdompeling wordt opgegeven ter informatie. Voor met-

selstenen uit kalkzandsteen vermeldt men de waterabsorptie na 48 u onderdompeling bij buitentoepassing. De waterabsorptie van gipsblokken wordt beoordeeld na 2 u onderdompeling en de blokken worden ingedeeld in waterabsorptieklassen (zie tabel 8).

Tabel 8 Indeling van gipsblokken in waterabsorptieklassen.

Klasse	Kleur	Waterabsorptie
H3	Wit	Geen eis
H2	Blauw	$\leq 5 \%$
H1	Groen	$\leq 2,5 \%$

2.1.4.3 Capillaire waterabsorptie

Metselbakstenen worden ingedeeld in klassen in functie van de wateropzuiging van hun legvlak over een periode van 60 seconden (zie tabel 9). Deze classificatie heeft een belangrijke invloed op de keuze van de stelmortel.

Tabel 9 Initieel waterabsorptiegehalte van metselbakstenen (in $\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}$) (*).

Klasse	Gedeclareerde waarde	Keuringscriterium (bv. gemiddelde van een partij)
IW1 Zeer weinig absorberend	$IW \leq 0,5$	$IW < 0,8$
IW2 Weinig absorberend	$0,5 < IW \leq 1,5$	$0,3 < IW \leq 2$
IW3 Matig absorberend	$1,5 < IW \leq 4$	$1 < IW \leq 5$
IW4 Zeer absorberend	$4 < IW$	$3 < IW$

(*) Het product $10 \times IW$ stemt overeen met het (vroeger gebruikte) Hallertal.

Metselstenen uit granulaatbeton (afbeelding 18, p. 16) die bestemd zijn voor een gebruik in buitentoepassingen moeten beantwoorden aan de criteria uit tabel 10. Deze hebben betrekking op de capillaire waterabsorptie van het blootgestelde vlak, gemeten over een periode van 10 minuten (karakteristiek die verband houdt met de weerstand tegen vervuiling).

Tabel 10 Capillaire waterabsorptie van metselstenen uit granulaatbeton (voor buitentoepassingen).

Code	Type metselsteen	Eis
A1	Metselsteen voor decoratief buitenmetselwerk	$\leq 6,0 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}$
A2	Metselsteen voor buitenmetselwerk	$\leq 8,0 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}$

Metselstenen uit cellenbeton (afbeelding 19, p. 16), die bestemd zijn voor een gebruik in bouwwerken die blootgesteld zijn aan het buitenklimaat, moeten voor wat betreft de capillaire waterabsorptie voldoen aan de eisen uit tabel 11 (p. 16).



Afb. 18 Gekloofde metselstenen uit granulaatbeton voor gevelmetselwerk.



Afb. 19 Metselstenen uit cellenbeton.

Tabel 11 Capillaire waterabsorptie van metselstenen uit cellenbeton (voor buitentoepassingen).

Duur van de proef		
10 minuten	30 minuten	90 minuten
$< 4500 \text{ g/m}^2$	$< 6000 \text{ g/m}^2$	$< 8000 \text{ g/m}^2$
$< 184 \text{ g/m}^2\text{s}^{1/2}$	$< 141 \text{ g/m}^2\text{s}^{1/2}$	$< 109 \text{ g/m}^2\text{s}^{1/2}$

Voor **metselstenen uit natuursteen** die gebruikt worden in buitenmetselwerk dient men de maximale capillairewaterabsorptiecoëfficiënt te vermelden.

2.1.4.4 Hygrometrische uitzetting

Metselstenen uit kalkzandsteen, granulaatbeton of cellenbeton die bestemd zijn om gebruikt te worden in buitenomstandigheden of in een ingegraven constructie, moeten een hygrometrische vervorming vertonen die kleiner is dan of gelijk is aan $0,45 \text{ mm/m}$.

2.1.4.5 Waterdampdiffusieweerstand

Met uitzondering van gipsblokken, wordt de waterdampweerstandsfactor (μ -waarde) voor alle metselstenen gepreciseerd in functie van het gebruik. Voor buitentoepassingen wordt deze factor gespecificeerd op basis van tabelwaarden (NBN EN 1745) [B63] of op basis van proeven (NBN EN ISO 12572) [B105].

2.1.5 MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN VAN METSELSTENEN

2.1.5.1 Druksterkte

De categorie en de druksterkte ⁽²⁾ van de metselstenen moeten gespecificeerd worden. Er worden twee categorieën van metselstenen onderscheiden, meer bepaald:

- **categorie I:** metselstenen waarvoor de producent een druksterkte met een hoog betrouwbaarheidsniveau declareert
- **categorie II** (lager betrouwbaarheidsniveau voor de druksterkte): alle andere metselstenen.

De druksterkte (NBN EN 772-1) [B28] wordt gedeclareerd door middel van een fractiel van 50 % (gemiddelde waarde) en/of van 5 % (karakteristieke waarde), die we hierna respectievelijk gaan aanduiden als f_{mean} en f_c , naargelang van de aard van het materiaal (zie tabel 13, p. 17).

De declaratie van de genormaliseerde druksterkte f_b van de metselstenen kan vereist zijn in functie van de aard van het materiaal of voor een gebruik in dragend metselwerk (zie tabel 13, p. 17, en § 3.1, p. 33). De genormaliseerde druksterkte f_b van een metselsteen is de druksterkte van een equivalente aan de lucht gedroogde metselsteen van 100 mm breed en 100 mm hoog. De conversie gebeurt met behulp van de vormfactor δ en de conditioneringsfactor δ_c :

$$f_b = \delta \cdot \delta_c \cdot f_{\text{mean}}$$

⁽²⁾ De druksterkte van gipsblokken is indicatief en wordt niet behandeld in dit document.

Tabel 12 Waarden voor de vormfactor δ (uittreksel uit bijlage A van de NBN EN 772-1) [B28].

Hoogte (*)	Kleinste horizontale afmeting (*)				
	50 mm	100 mm	150 mm	200 mm	≥ 250 mm
40 mm	0,80	0,70	–	–	–
50 mm	0,85	0,75	0,70	–	–
65 mm	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100 mm	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150 mm	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200 mm	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
≥ 250 mm	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

(*) Deze afmetingen hebben betrekking op de beproefde metselstenen (of op het beproefde deel ervan), d.w.z. na de voorbereiding van het proefstuk.

In deze formule is:

- f_b : de genormaliseerde gemiddelde druksterkte van de metselstenen [N/mm^2]
 δ : de vormfactor van de metselsteen volgens bijlage A van de NBN EN 772-1 (zie tabel 12)
 δ_c : de conditioneringsfactor volgens dezelfde bijlage (zie tabel 13)
 f_{mean} : de gemiddelde druksterkte van de metselstenen, gemeten volgens de NBN EN 772-1.

druksterkte een te grote spreiding vertoont, schrijft de Eurocode 6 voor dat de variatiecoëfficiënt op de druksterkte niet groter mag zijn dan 25 %.

2.1.5.2 Buigsterkte

Voor bepaalde slanke **betonmetselstenen** (met een breedte van minder dan 100 mm en een lengte-breedteverhouding van meer dan 10) kan de gemiddelde buigtreksterkte vermeld worden in de plaats van de druksterkte.

Om te vermijden dat er in dragend metselwerk gebruikgemaakt zou worden van metselstenen waarvan de

Tabel 13 Druksterkte en conditioneringswijze volgens de aard van de metselsteen.

Metselsteen	Te preciseren waarden voor de druksterkte van de metselsteen (*)		Door de productnorm voorgeschreven conditioneringswijze en te gebruiken conditioneringsfactor δ_c	
			Conditionering	δ_c
Baksteen (NBN EN 771-1) [B22]	f_{mean}	f_b (indien relevant)	Aan de lucht gedroogde proefstukken	1
Kalkzandsteen (NBN EN 771-2) [B23]	f_{mean}	f_b	In de droogstoof gedroogde proefstukken	0,8
Beton (NBN EN 771-3) [B24]	f_c of $f_{\text{mean}} (= 1,18 f_c)$	f_b (indien relevant)	Aan de lucht gedroogde proefstukken	1
Geautoclaveerd cellenbeton (NBN EN 771-4) [B25]	f_c of $f_{\text{mean}} (= 1,18 f_c)$	f_b (indien relevant)	Proefstukken met een vochtgehalte van 6 ± 2 %	1
Kunststeen (NBN EN 771-5) [B26]	–	f_b (5 %- of 50 %-fractiel, duidelijk te preciseren)	Aan de lucht gedroogde proefstukken	1
			Door onderdompeling geconditioneerde proefstukken	1,2
Natuursteen (NBN EN 771-6) [B27]	f_{mean} (+ eventueel f_c)	f_b (indien relevant) (+ eventueel 5 %-fractiel)	In de droogstoof gedroogde proefstukken	0,8

(*) Bij gebrek aan eenduidige afkortingen in de Europese normen, gebruiken wij de volgende notaties:

- f_{mean} : 50 %-fractiel, gemiddelde druksterktewaarde volgens de NBN EN 772-1 [B28]
- f_c : 5 %-fractiel, karakteristieke druksterktewaarde volgens de productnorm
- f_b : genormaliseerde druksterkte van de metselstenen (zie bijlage A van de NBN EN 772-1). Het gaat hier om de druksterkte van een equivalente aan de lucht gedroogde metselsteen van 100 mm breed en 100 mm hoog.

Voor **metzelstenen uit natuursteen** die onderworpen kunnen worden aan buigspanningen wordt de gemiddelde buigstekte gespecificeerd.

Gipsblokken moeten beantwoorden aan de criteria inzake de dikte en de sterkteklasse (A of R) die gedefinieerd worden door de productnorm.

2.1.5.3 Oppervlaktecohesie

Bepaalde afwerkingen vereisen een ondergrond met een zekere oppervlaktecohesie. Deze eigenschap kan gepreciseerd worden door zich te baseren op proeven, beschreven in de norm NBN EN 1015-12 [B54].

2.1.5.4 Hechtsterkte

Als de metzelstenen bestemd zijn voor gebruik in constructies waaraan stabiliteitseisen gesteld worden (**alle types metzelstenen, met uitzondering van gipsblokken**), kan de hechtsterkte van de metzelsteen in combinatie met de mortel aangegeven worden in termen van:

- de karakteristieke initiële afschuifsterkte op basis van proeven volgens de NBN EN 1052-3 [B58] of op basis van tabelwaarden (zie § 3.1.2.3, p. 36)
- de karakteristieke buigsterkte op basis van proeven volgens de NBN EN 1052-2 [B57] (buiging waarbij het bezwijkvlak evenwijdig is met (f_{xk1}) en/of loodrecht staat op (f_{xk2}) de lintvoegen) (zie § 3.1.2.2, p. 35).

2.1.6 THERMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE METSELSTENEN

Indien de metzelstenen bestemd zijn voor bouwwerken waaraan thermische-isolatie-eisen gesteld worden, moet hun gemiddelde warmtegeleidbaarheid (of equivalente warmtegeleidbaarheid) bij 10 °C en in droge toestand ($\lambda_{10,droog,metzelsteen}$) aangegeven worden in het kader van de CE-markering. Een andere mogelijkheid bestaat erin de configuratie en de volumieke massa van de metzelsteen te declareren.

Volgens de gewestelijke regelgevingen (Transmissiereferentiedocumenten – TRD) [M4, S1, V1] moet de fabrikant in België de warmtegeleidbaarheid die overeenstemt met de $\lambda_{10,droog,metzelsteen}$ (90/90)-waarde vastleggen, verkregen met een betrouwbaarheidsniveau van 90 % op het 90 %-fractiel (zie tabel 14 en § 3.6, p. 48). Aanvullend kan hij de rekenwaarden λ_{Uj} en λ_{Ue} die gedefinieerd werden voor de binnen- en buitenomstandigheden meedelen (zie § 3.6, p. 48).

2.1.7 VORSTBESTENDIGHEID VAN DE METSELSTENEN

Alle **metzelbakstenen** die bestemd zijn voor gebruik in niet-beschermd metselwerk moeten ofwel tot de klasse ‘normaal vorstbestendig’ dan wel tot de klasse ‘zeer vorstbestendig’ behoren (tabel 15). De vorstbestendigheid wordt bepaald volgens de Belgische

Tabel 14 Wijze waarop de warmtegeleidbaarheid gedeclareerd kan worden.

Karakteristiek	Waarde	Opmerkingen
Warmtegeleidbaarheid bij 10 °C en in droge toestand metzelsteen: $\lambda_{10,droog,metzelsteen}$ mortel: $\lambda_{10,droog,mortel}$ (NBN EN 1745) [B63]	Gemiddelde waarde gedeclareerd in het kader van de CE-markering	Niet van belang in België
	90/90-waarde (*) ($\lambda_{10,droog,90/90}$): – eventueel gedeclareerd ter aanvulling op de gemiddelde waarde, verklaard in het kader van de CE-markering – in België te hanteren voor de bepaling van de λ_{Uj} - en λ_{Ue} -waarden, gebruikt voor de berekening volgens de gewestelijke regelgevingen	Van belang in België

(*) Waarde verkregen met een betrouwbaarheidsniveau van 90 % op het 90 %-fractiel.

Tabel 15 Eisen met betrekking tot het vorstgedrag van metzelbakstenen (*).

Klasse	G_c -criterium $\leq -2,5$ (gunstig)	G_c -criterium $> -2,5$ (ongunstig)	Zonder bepaling van G_c
Zeervorstbestendig	Directe proef bij een impregnatie onder een vacuüm van $\frac{3}{4}$ (residuele druk van 25,3 kPa) → geen schade	Directe proef bij een impregnatie onder een volledig vacuüm (residuele druk van 2,7 kPa) → geen schade	Directe proef bij een impregnatie onder een volledig vacuüm (residuele druk van 2,7 kPa) → geen schade
Normaal vorstbestendig	Directe proef bij een impregnatie onder een vacuüm van $\frac{1}{2}$ (residuele druk van 51 kPa) → geen schade	Directe proef bij een impregnatie onder een vacuüm van $\frac{3}{4}$ (residuele druk van 25,3 kPa) → geen schade	Directe proef bij een impregnatie onder een vacuüm van $\frac{3}{4}$ (residuele druk van 25,3 kPa) → geen schade

(*) G_c bepaald volgens de norm NBN B 27-010 [B16]. Directe proef volgens de norm NBN B 27-009/A2 [B15].

Tabel 16 Classificatie van de vorstbestendigheid van metselbakstenen volgens de NBN EN 772-22 [B38].

Methode	Klasse F1(n) (de minst strenge)	Klasse F2	Klasse F2 (80 °C) (de strengste)
Voorafgaandelijke impregnatie	7 dagen in water aan de omgevingstemperatuur		in water aan 80 °C
Aantal cycli zonder beduidende schade	n (n < 100)		100

Tabel 17 Eisen met betrekking tot de vorstbestendigheid van metselstenen uit kalkzandsteen.

Criterium (NBN EN 772-18) [B35]	Klasse F1: gematigde klimatologische belastingen	Klasse F2: strenge klimatologische belastingen
Aantal vorst-dooicycli	≥ 25	≥ 50
Beduidende visuele schade	Geen schade	Geen schade
Vermindering van de druksterkte	≤ 20 %	≤ 20 %

methode die erin bestaat de capillaire karakteristieken van het product te bepalen (G_c -criterium volgens de norm NBN B 27-010) [B16] en een ‘directe’ vorstproef uit te voeren volgens de norm NBN B 27-009/A2 [B15] (20 cycli bij -15 °C).

De NBN EN 772-22 [B38] (zie tabel 16) vormt sinds kort de referentie voor wat betreft de bepaling van de vorstbestendigheid op Europees niveau. Deze methode is voorlopig echter nog minder beproefd dan de methode uit de Belgische norm NBN B 27-009/A2 [S3, S4, S5].

De vorstbestendigheidsklasse van **metselstenen uit kalkzandsteen** wordt bepaald volgens de norm NBN EN 772-18 [B35] (zie tabel 17).

De vorstbestendigheid van **metselstenen uit granulaatbeton** wordt bepaald overeenkomstig de norm NBN B 15-231 [B12]. Voor **metselstenen uit cellenbeton** gebeurt dit volgens de norm NBN EN 15304 [B97]. De vorstbestendigheid van **metselstenen uit natuursteen** moet op haar beurt gespecificeerd worden op basis van de norm NBN EN 12371 [B77], met behulp van een identificatieproef. Deze eigenschap wordt gekarakteriseerd door het aantal vorst-dooicycli N_c dat uitgevoerd kan worden zonder overschrijding van een bepaalde schadegrens.

Voor de geschikte keuze van de metselstenen in functie van de blootstelling verwijzen we naar § 4.2.1 (p. 55).

2.1.8 ANDERE KARAKTERISTIEKEN

De brandreactieklasse moet gedeclareerd worden wanneer de metselsteen bestemd is om gebruikt te worden

in bouwdelen die moeten beantwoorden aan bepaalde brandeisen. Indien het gehalte aan organische stoffen lager is dan 1 massa- of volumepercent, dan kan de metselsteen geassocieerd worden als A1, zonder dat men hiervoor proeven dient uit te voeren. Zo niet, dan moet de metselsteen beoordeeld en geassocieerd worden volgens de norm NBN EN 13501-1 [B92].

De klasse voor het gehalte aan actieve oplosbare zouten in **metselbakstenen** – So (geen eis), S1 of S2 (strengste eis) – wordt gespecificeerd volgens de blootstelling aan water, d.w.z. in functie van het feit of de stenen al dan niet bestemd zijn om gebruikt te worden in weinig of niet-beschermd metselwerk. Deze classificatie is niet gerelateerd aan het risico op uitbloeiingen.

Het ‘uitbloeiende’ karakter van **metselbakstenen** wordt bepaald op basis van proeven, uitgevoerd volgens de NBN B 24-209 [B13]. Deze methode heeft enkel betrekking op de eventuele primaire, snel optredende uitbloeiingen (zie de **WTCB-Dossiers nr. 2019/6.5**) [S6] van de baksteen zelf (en dan vooral deze die te wijten zijn aan een ontoereikende baktemperatuur). Ze levert geen informatie op omtrent het risico op de vaker voorkomende uitbloeiingen die voortkomen uit de baksteen-mortelreactie. Om dit risico te beschrijven, werd er een experimentele methode ontwikkeld die rekening houdt met representatieve bevochtigings-drogingsprocessen, maar deze is vooralsnog niet genormaliseerd [D1].

Gipsblokken moeten aan een aantal bijkomende eisen voldoen (die eventueel het voorwerp kunnen uitmaken van een classificatie) met betrekking tot het vochtgehalte bij het verlaten van de fabriek, de oppervlakte-pH en de oppervlaktehardheid (*shore C*).

2.2 STELPRODUCTEN

Zowel de industriële stelproducten als de bestanddelen van op de bouwplaats gedoseerde mortels moeten beantwoorden aan de eisen uit hun respectievelijke referentiedocumenten (zie tabel 18).

2.2.1 INDUSTRIËLE MORTELS

Industriële mortels zijn bestemd voor de montage, het opvoegen en het opvullen van metselwerk. Het gaat hier om mengsels bestaande uit één of meerdere anorganische (minerale) bindmiddelen, granulaten, water en soms ook vulstoffen en/of toeslagstoffen. Ze moeten beantwoorden aan de eisen uit de norm NBN EN 998-2 [B46] en uit de PTV 651 [B4]. De NBN EN 998-2 beschrijft de eisen die van toepassing zijn op industrieel vervaardigde stel-, voeg- en vulmortels voor gebruik in kolommen, lateien en wanden uit metselwerk. Hierin worden drie morteltypes gedefinieerd, met name 'G', 'T' en 'L' (zie tabel 19).

Naargelang van de mortelconceptie onderscheidt men:

- **prestatiemortels** waarvan de samenstelling en de fabricagemethode gekozen werden door de producent om de gewenste eigenschappen te verkrijgen
- **volgens samenstelling gespecificeerde mortels** (receptmortels) die gefabriceerd worden volgens een welbepaalde verhouding en waarvan de eigenschappen het resultaat zijn van de gedeclareerde dosering van de bestanddelen. Ze worden beschreven aan de hand van de verhouding van hun bestanddelen (cement/kalk/zand) (bv. een volumeverhouding van 1:1:6 of – in percent – van 12,5 %, 12,5 %, 75 %).

Mortels van het type G (afbeelding 20) en L zijn dus mortels en geen mortellijmen.

In de praktijk bedraagt de nominale morteldikte 'traditioneel' 10 tot 12 mm. Over het algemeen worden de mortels van het type G en L geformuleerd voor de volgende diktebereiken: 4 tot 8 mm, 8 tot 12 mm of meer dan 12 mm. Mortellijmen van het type T worden door-

Tabel 18 Referentiedocumenten voor stelproducten.

Stelproduct	Toepassingsgebied	Europese norm (CE-markering)	Belgisch certificatie-document
Industriële mortel	prestatiemortel	NBN EN 998-2 [B46]	PTV 651 [B4]
	receptmortel		–
Op de bouwplaats gedoseerde mortel	cement	NBN EN 413-1 [B19] NBN EN 197-1 [B18]	PTV 603 [B3]
	kalk	NBN EN 459-1 [B20]	–
	zand (*)	NBN EN 13139 [B84]	PTV 411 [B1]
	toeslagstoffen	NBN EN 934-1 tot 3 [B42, B43, B44]	PTV 502 [B2]
Lijm op basis van gips	voor gipsblokken	NBN EN 12860 [B82]	–

(*) De norm NBN EN 13055 [B83] heeft betrekking op lichte granulaten voor beton en mortels (volumieke massa in bulk $\leq 1200 \text{ kg/m}^3$). Dit type granulaten wordt doorgaans niet gebruikt voor op de bouwplaats gedoseerde metselmortels.

Tabel 19 Types industriële mortels, symbolen en definities.

Morteltype	Symbool	Definitie (*)	
Mortel voor algemene toepassingen	G	Metselmortel zonder bijzondere eigenschappen	Gespecificeerd volgens samenstelling Prestatiemortel
Mortel voor dunne voegen Mortellijm (²)	T	Prestatiemortel waarvan de maximale granulaatafmeting kleiner is dan of gelijk is aan 2 mm. Hij beschikt over verbeterde hechtingskarakteristieken (²)	
Lichtgewichtmortel	L	Prestatiemortel waarvan de droge volumieke massa in verharde toestand kleiner is dan of gelijk is aan 1300 kg/m^3	

(¹) Volgens de NBN EN 998-2 [B46] en de NBN EN 1996-1-1 (Eurocode 6) [B68], tenzij anders aangegeven.

(²) Aanvullende definitie van de NBN EN 1996-1-1 ANB [B69]: men maakt hierbij een onderscheid tussen mortels met een uitvoeringsdikte begrepen tussen 0,5 en 3 mm (zie Eurocode 6) en tussen 3 en 6 mm omwille van het gedrag van het metselwerk onder druk (zie § 3.1, p. 33) en het thermische gedrag ervan (zie § 3.6, p. 48).



Afb. 20 Metselmortel.



gaans geformuleerd voor de volgende diktes: 0,5 tot 3 mm of 3 tot 6 mm. De mortelfabrikant dient de uit te voeren voegdikte te specificeren.

Men dient in ieder geval over toereikende gebruiksgaranties te beschikken, het toepassingsgebied van de mortel te respecteren en de uitvoeringsinstructies van de fabrikant in acht te nemen, in het bijzonder de aanbevolen dikte van de mortellaag, die duidelijk vermeld moet worden door de fabrikant.

Hieronder worden de specificaties voor prestatiemortels uit de doeken gedaan. De belangrijkste worden tevens samengevat in Bijlage E (p. 126).

2.2.1.1 Eigenschappen in verse toestand

De verwerkingstijd (ook praktische gebruiksduur genoemd) wordt gedefinieerd als de tijd die volgt op het aanmaken en gedurende welke de mortel gebruikt kan worden. Deze moet groter zijn dan of gelijk zijn aan de gedeclareerde waarde en groter zijn dan of gelijk zijn aan 2 uur of soms zelfs 4 uur voor mortellijmen met een dikte van ≤ 3 mm die uitgevoerd moeten worden in de zomer (temperatuur tussen $+5$ en $+25$ °C, zie technische fiche) in combinatie met metselstenen uit kalkzandsteen of cellenbeton.

De open tijd is de tijd die volgt op het aanbrengen van de mortel op de onderliggende laag en gedurende welke de metselsteen nog geplaatst ('gemetseld' of 'gelijmd') kan worden. De open tijd van mortels van het type T moet groter zijn dan de gedeclareerde waarde en groter zijn dan of gelijk zijn aan 7 minuten.

Het gehalte aan ingesloten lucht moet zich in voorkomend geval binnen het gedeclareerde bereik bevinden (niet vereist voor mortels van het type T). Voor mortels van het type G en L moet het luchtgehalte lager zijn

dan 12 %. Een luchtgehalte van meer dan 12 %, maar minder dan 18 %, is niet uitgesloten op voorwaarde dat men bijzondere aandacht besteedt aan de hechting met de metselsteen. Het chloridegehalte moet op zijn beurt lager zijn dan of gelijk zijn aan de gedeclareerde waarde en 0,1 massaprocent van de droge mortel.

De verhoudingen (in volume of in massa) van receptmortels moeten, net zoals hun druksterkte, gespecificeerd worden op basis van referentiegegevens (zie § 2.2.2.5, p. 24).

2.2.1.2 Druksterkte en buigsterkte

Voor prestatiemortels dient men de druksterkte f_m te vermelden en eventueel ook de druksterkteklasse. Deze laatste wordt uitgedrukt door de letter M, gevolgd door de druksterktewaarde in N/mm^2 (M1, M2,5, M5, M10, M15, M20, of Md, met $d > 25 N/mm^2$).

De druksterkte van receptmortels wordt gespecificeerd op basis van referentiedocumenten, waarbij er een verhouding vastgesteld wordt tussen de eigenschappen van het mengsel en de druksterkte ervan (bv. NBN EN 1996-1-1 ANB) [B69].

De mechanischestertkewaarden die opgelegd worden aan industriële mortels moeten beantwoorden aan minimale eisen, onder meer in functie van de sterkte van de metselsteen (zie § 2.2.2.5, p. 24).

2.2.1.3 Hechtsterkte

Wanneer de prestatiemortels bestemd zijn om gebruikt te worden in constructies waaraan structurele eisen gesteld worden, dan moet de hechtsterkte van de mortel meegedeeld worden in termen van:

- de initiële karakteristieke afschuifsterkte op basis

van proeven volgens de NBN EN 1052-3 [B58] of tabelwaarden (zie § 3.1.2.3, p. 36)

- de karakteristieke buigsterkte op basis van proeven volgens de NBN EN 1052-5 [B60] of de NBN EN 1052-2 [B57] (zie § 3.1.2.2, p. 35). In België zijn de buigsterktes die bepaald worden volgens deze tweede methode vooral relevant voor mortellijmen van het type T (zie NBN EN 1996-1-1 ANB) [B69].

2.2.1.4 Warmtegeleidbaarheid

Wanneer de industriële mortels bestemd zijn om gebruikt te worden in constructies waaraan thermische eisen gesteld worden, dan moet hun gemiddelde warmtegeleidbaarheid bij 10 °C en in droge toestand ($\lambda_{10, \text{droog, mortel}}$) gedeclareerd worden in het kader van de CE-markering op basis van de NBN EN 1745 [B63].

Overeenkomstig de gewestelijke EPB-regelgevingen (Transmissiereferentiedocumenten) [M4, S1, V1] moet de fabrikant de $\lambda_{10, \text{droog, mortel}}$ (90/90)-waarde vastleggen die overeenstemt met het 90 %-fractiel en met een betrouwbaarheidsniveau van 90 % (zie tabel 14, p. 18, en § 3.6, p. 48). De λ_{Uj} - en λ_{Ue} -waarden die respectievelijk overeenstemmen met de binnen- en buitenomstandigheden kunnen op deze manier bepaald worden voor de energieprestatieberekeningen.

2.2.1.5 Vorstbestendigheid

Voor mortels die gebruikt worden in metselwerk dat blootgesteld kan worden aan vocht en vorst-dooicycli dient men een toereikende vorstbestendigheid te specificeren. Bij gebrek aan een op Europees niveau genormaliseerde geharmoniseerde methode [S2] moet er verwezen worden naar de NBN B 15-231 [B12].

De NBN EN 1996-2 [B72] heeft hiertoe een aantal coderingen gedefinieerd die opgenomen zijn in tabel 20 (zie § 4.2.1, p. 55, voor het toepassingsgebied).

Tabel 20 Codering van mortels voor wat betreft hun vorstbestendigheid.

Code	Gebruik
P	Mortels voor gebruik in metselwerk dat onderworpen is aan een passieve blootstelling
M	Mortels voor gebruik in metselwerk dat onderworpen is aan een gematigde blootstelling
S	Mortels voor gebruik in metselwerk dat onderworpen is aan een strenge blootstelling

2.2.1.6 Andere karakteristieken

De **brandreactieklasse** moet gedeclareerd worden indien de mortel bestemd is voor gebruik in bouwdelen die moeten beantwoorden aan bepaalde brandeisen. Wanneer het gehalte aan organische stoffen lager is dan 1 massa- of volumepercent, kan de mortel geclassificeerd worden als A1, zonder dat er hiervoor proeven nodig zijn. Zo niet, dan moet de mortel geclassificeerd worden volgens de NBN EN 13501-1 [B92].

De **waterabsorptie** moet vermeld worden voor metselmortels die gebruikt worden in metselwerk dat blootgesteld kan worden aan slechte weersomstandigheden. In voorkomend geval en indien het gaat om een mortellijm van het type T moet de waarde lager zijn dan of gelijk zijn aan 0,03 kg/m².min^{0,5}.

De **waterdampdiffusieweerstandscoefficiënt** (ook μ -waarde genoemd) moet gespecificeerd worden in het geval van metselmortels voor buitenconstructies.

De **volumieke massa** van de mortel moet groter zijn dan of gelijk zijn aan 1700 kg/m³ voor mortels van het type G en T in verse toestand en kleiner zijn dan of gelijk zijn aan 1300 kg/m³ voor lichtgewichtmortels van het type L in verharde toestand.

Net zoals het geval was voor metselbakstenen (zie § 2.1.8, p. 19) bestaat er tot op heden geen unaniem erkende methode die toelaat om het risico op uitbloeiingen bij industriële mortels te beoordelen.

2.2.2 OP DE BOUWPLAATS GEDOSEERDE MORTELS

2.2.2.1 Cement

De cementsoorten die gebruikt worden als hydraulisch bindmiddel in metselmortels moeten beantwoorden aan de eisen uit de norm NBN EN 413-1 (metselcement) [B19] of NBN EN 197-1 (gewoon cement) [B18] en uit de PTV 603 [B3].

Het cement wordt met name aangeduid door zijn soort, zijn hoofdbestanddelen en zijn druksterkteklasse (zie Bijlage F, tabel F2, p. 129).

Opmerking: de norm NBN EN 413-1 werd specifiek opgesteld voor cement, geformuleerd op basis van Portlandklinker en met een sterkte die bewust lager is dan deze van de cementsoorten beschreven in de NBN EN 197-1. Dit cement is bestemd voor gebruik in metselwerkconstructies (stelmortel) en in bepleisteringen.

2.2.2.2 Kalk

Bouwkalk moet voldoen aan de eisen uit de norm NBN EN 459-1 [B20]. Deze producten worden aangeduid en geclassificeerd in functie van hun eigenschappen (zie Bijlage F, tabel F1, p. 128). Er kunnen twee families bouwkalk onderscheiden worden: luchthardende kalk en kalk met hydraulische eigenschappen.

Luchthardende kalk, ook wel **vette kalk** genoemd, verhardt zeer langzaam door contact met het koolstofdioxide (CO_2) dat aanwezig is in de lucht (carbonatatie-reactie) en vormt dan calciumcarbonaat. Deze kalk heeft geen hydraulische eigenschappen en wordt in twee subfamilies onderverdeeld: calciumhoudende kalk (CL) en dolomitische kalk (DL). In de aanduiding van luchthardende kalk staat de norm aangegeven, de subfamilie, het minimale totaalgehalte aan calcium- en magnesiumoxide evenals de toestand ervan, hetzij ongebluste kalk (Q), hetzij gebluste kalk (kalkhydraat) onder de vorm van poeder (S), kalkdeeg (S PL) of kalkmelk (S ML).

Kalk met hydraulische eigenschappen wordt verdeeld in drie subfamilies:

- natuurlijke hydraulische kalk (NHL) (of magere kalk)
- geformuleerde kalk (FL)
- hydraulische kalk (HL).

Kalk met hydraulische eigenschappen begint te binden en te verharden wanneer hij gemengd wordt met water en/of zich onder water bevindt. De reactie van het calciumhydroxide met het koolstofdioxide dat aanwezig is in de lucht (carbonatatie) draagt bij tot de verharding. In tegenstelling tot luchthardende kalk wordt kalk met hydraulische eigenschappen in klassen ingedeeld naargelang van zijn mechanische druksterkte. In de aanduiding ervan staat de norm aangegeven, de subfamilie evenals de minimale druksterkte na 28 dagen op genormaliseerde mortel.

2.2.2.3 Zand

Het zand moet beantwoorden aan de eisen uit de NBN EN 13139 [B84] en de PTV 411 [B1]. Het wordt voornamelijk aangeduid door de granulaatklasse d/D, waarbij d ($d = 0$) en D ($D \leq 2 \text{ mm}$, of zelfs $\leq 1 \text{ mm}$) respectievelijk de onder- en bovengrenzen van de afmetingen voor-

stellen (de meeste korrels vallen binnen deze grenzen), en door de granulariteitscategorie GF85 (F voor zand, 85 omdat er een doorval van meer dan 85 massapercent vereist is door een zeef met afmeting D).

Voor zand waarbij de doorval door de zeef D hoger ligt dan 99 %, moet de producent de grootste zeef D* definiëren waarvoor de doorval begrepen is tussen 85 en 99 %, en de granulaatklasse o/D aanvullen met een indicatie van de echte zeef D* tussen haakjes, dus 'o/D (o/D*)'.

Men kan drie groepen zand onderscheiden:

- rond zand (dat voortkomt uit de natuurlijke verbrokkeling van rotsen)
- brekerzand (dat voortkomt uit het vergruizen van natuurlijke rots zoals grind)
- gemengd zand (mengeling van rond zand en brekerzand).

De fijnheid van het zand moet aangeduid worden op basis van de fijnheidsmodulus FM ⁽³⁾:

- FF voor fijn zand: $0,6 \leq FM \leq 2,1$
- MF voor middelgrof zand: $1,5 \leq FM \leq 2,8$
- CF voor grof zand: $FM \geq 2,4$.

In stelmortels wordt er doorgaans gebruikgemaakt van zand o/2 waarvan de fijnheidsmodulus begrepen is tussen 1,1 en 2,8 (zie ook § 4.5.3, p. 66).

Er moet melding gemaakt worden van:

- de variabiliteitscategorie van de granulariteit (A: beperkte toleranties, B: verminderde toleranties, C: normale toleranties)
- de categorie die het gehalte aan fijne stoffen karakteriseert (de categorie f7 duidt bijvoorbeeld zand aan waarvan de doorval door de zeef van 0,063 mm kleiner is dan of gelijk is aan 7 massapercent)
- de zuiverheids categorie van het zand ('a', 'b' of 'c', waarbij 'a' het zuiverste zand voorstelt).

Er kunnen ook nog enkele bijkomende categorieën of eigenschappen gespecificeerd worden (de tolerantie-categorie G_{TC} op het granulariteitstype, de werkelijke volumieke massa ...).

Op basis van het voorgaande, geven we hierna een voorbeeld van een mogelijke aanduiding:

rond zand o/2 (o/1) MF A f7 a.

⁽³⁾ De fijnheidsmodulus FM is de som van de gecumuleerde zeefresten (in massapercent) op een reeks zeven van 4 mm tot 0,125 mm, hetzij $FM = \sum [(\geq 4) + (\geq 2) + (\geq 1) + (\geq 0,5) + (\geq 0,25) + (\geq 0,125)] / 100$.

2.2.2.4 Hulpstoffen

Hulpstoffen worden gebruikt in mortels op basis van cement om de eigenschappen ervan in verse en/of verharde toestand te wijzigen. Ze kunnen verschillende functies hebben, waarvan de meeste beschreven staan in § 4.5.4 (p. 66), en moeten beantwoorden aan de eisen uit de normen NBN EN 934-1 tot 3 [B42, B43, B44] en de PTV 502 [B2]. Deze eisen hebben niet alleen betrekking op de beoogde effecten, maar ook op andere specificaties of verklaringen zoals de concentratie aan bepaalde componenten (bv. chloridegehalte en alkalisch gehalte).

2.2.2.5 Dosering en indicatieve prestaties

Gelet op het grote aantal invloedsparameters beperkt de nationale bijlage bij Eurocode 6 zich tot het geven van indicatieve informatie over de samenstelling van op de bouwplaats gedoseerde mortels en de verwachte druksterkte. Ze geeft wel aan dat het nodig is om de mortel aan te passen aan de mechanische eigenschappen van de gebruikte metselstenen (zie tabel 21).

Wat de vorstbestendigheid betreft, kunnen op de bouwplaats gedoseerde mortels waarvoor er referentiegegevens bestaan ook gecodificeerd worden als 'P' (passieve blootstelling), 'M' (gematigde blootstelling) en 'S' (sterke blootstelling) (zie § 2.2.1.5, p. 22).

Voor de thermische eigenschappen dient men er de norm NBN EN 1745 [B63] op na te slaan.

2.2.3 LIJMEN OP BASIS VAN GIPS

Lijmen op basis van gips voor gipsblokken moeten beantwoorden aan de eisen uit de norm NBN EN 12860 [B82]. Deze producten zijn mengsels van calciumsulfaat en toevoegsels.

De belangrijkste specificaties, bepaald op basis van referentieproefmethoden, hebben betrekking op de aanvangstijd van de binding (die hoger moet liggen dan 45 minuten) en op de hechting aan het gipsblok (tijdens de proef moet de breuk zich voornamelijk voordoen in het referentieblok). De pH van het product na hydratatie moet bovendien begrepen zijn tussen 6,5 en 10,5.

Het product kan tot de brandreactieklasse A1 behoren indien het gehalte aan organische stoffen kleiner is dan 1 massa- of volumepercent. Zo niet, dan moet het geclassificeerd worden volgens de norm NBN EN 13501-1 [B92].

2.2.4 AANMAAKWATER

Het aanmaakwater voor de vervaardiging van de stelproducten moet zuiver zijn en beantwoorden aan de eisen uit de norm NBN EN 1008 [B47]. Gewoonlijk wordt er stadswater gebruikt, omdat dit de mortel de geschikte verwerkbaarheid geeft. Een fractie van het aanmaakwater zorgt voor de hydratatie van het hydraulische bindmiddel. De andere fractie verdampt. Een overmaat aan water leidt tot een te poreuze mortel en tot een vermindering van de mechanische sterkte, de vorstbestendigheid en de weerstand tegen agressieve stoffen.

Tabel 21 Indicatieve informatie over de druksterkteprestaties van receptmortels.

Voorbeelden van mortelsamenstellingen					Druksterkte f_m van de mortel (N/mm ²) volgens NBN EN 1015-11 [B53]	Gemiddelde genormaliseerde druksterkte f_b van de metselsteen (N/mm ²)
In massa (kg) bindmiddel per m ³ droog zand	In volumedelen					
	Cement (C)	Lucht-har-dende kalk (CL)	Kalk met hydraulische eigenschappen (hetzij L: NHL, HL of FL)	Zand		
C 400	1	—	—	3	20	$f_b > 20$
C 300	1	—	—	4	12	$12 \leq f_b \leq 48$
C 250 CL 50	2	1	—	9	8	$8 \leq f_b \leq 32$
C 200 L 100	2	—	1	10		
C 200 CL 100	1	1	—	6	5	$5 \leq f_b \leq 20$
C 150 L 150	1	—	1	7		
C 150 CL 150	1	2,5	—	7	2,5	$2,5 \leq f_b \leq 10$
C 100 L 200	1	—	2,5	11		
L 400	—	—	2	5		

2.3 METSELWERKTOEBEHOREN

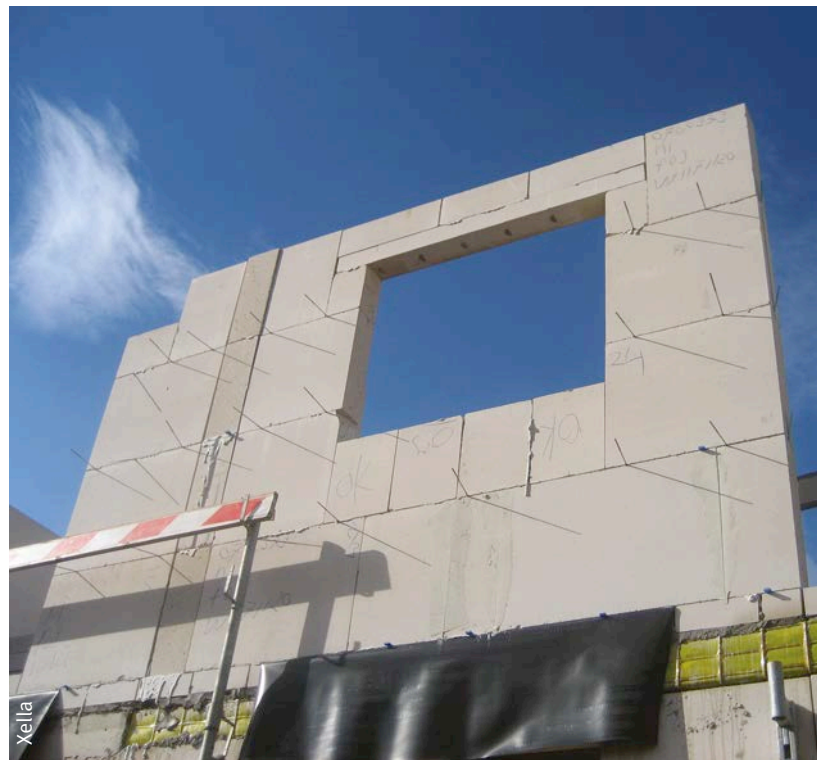
De verschillende soorten metselwerktoebehoren (afbeelding 21) moeten beantwoorden aan de eisen uit de norm die erop van toepassing is (zie tabel 22). Er moeten tal van pertinente gegevens gespecificeerd worden, te beginnen met het genormaliseerde referentienummer van het materiaal voor wat zijn corrosiebestendigheid betreft. De desbetreffende gebruiksaanbevelingen uit deel 2 van de Eurocode 6 (NBN EN 1996-2) [B72] zijn samengevat in § 4.2.2 (p. 55).

Tabel 22 Soorten metselwerktoebehoren en hun respectieve normen.

Toebehoren	Geharmoniseerde norm
Muurankers, bandstaal, balkschoenen en consoles	NBN EN 845-1 [B39]
Lateien	NBN EN 845-2 [B40]
Lintvoegwapening van staal	NBN EN 845-3 [B41]

2.3.1 MUURANKERS

Een muuranker (afbeelding 21) is een voorziening die in staat is om de belastingen van de ene metselwerk-wand aan de andere (of van het metselwerk aan een andere structuur) door te geven, teneinde hun relatieve beweging in één of meerdere vlakken te beperken. In tabel 23 worden de verschillende types symmetrische of asymmetrische muurankers voorgesteld.



Afb. 21 Voorbeelden van metselwerktoebehoren: latei en spouwhaken (ankers).

De materialen en hun genormaliseerde referentienummers zijn opgelijst in tabel 40 (p. 57).

Men dient de totale lengte van de muurankers te declareren, evenals de minimale dikte van de mortel-

Tabel 23 Types symmetrische ⁽¹⁾ en asymmetrische muurankers (NBN EN 845-1) [B39].

Types	Horizontale ankers ⁽²⁾ en hellingsankers ⁽³⁾ voor een spouwmuur			Dwarskrachtankers	Glijankers
	Courant gebruik	Bewegingstoelatend ⁽⁴⁾	Slotankers ⁽⁵⁾		
Overgedragen krachten	Voornamelijk overdracht van axiaalkrachten (trekkrachten/drukkrachten)			Overdracht van axiaalkrachten (trekkrachten/drukkrachten) en dwarskrachten	Overdracht van dwarskrachten
	Laten een beperkte differentiële beweging in het vlak van de muur toe	Laten aanzienlijke differentiële bewegingen in het vlak van de muur toe, zonder aanleiding te geven tot al te grote dwarskrachten	Zorgen ervoor dat het uiteinde van het anker vrij in het slot kan glijden (afstelling bij de installatie en/of differentiële beweging bij gebruik)		
Voorbeeld van gebruik	Verbinding tussen een buitengevelmuur en een draagmuur			Verbinding tussen twee niet-vertande muren ⁽⁶⁾	Verbinding tussen een scheidingmuur en een draagmuur

⁽¹⁾ Symmetrisch: met een identiek fysisch ontwerp en met een identieke verankering aan elk uiteinde.

⁽²⁾ Horizontaal anker: ontworpen om ongeveer horizontaal en in het vlak van de mortelvoeg geplaatst te worden.

⁽³⁾ Hellingsanker: ontworpen om naar behoren te kunnen functioneren onder een aanzienlijke helling ten opzichte van de horizontale.

⁽⁴⁾ Ankers die beweeglijk gemaakt zijn dankzij het gebruik van flexibele materialen, glijsystemen of andere middelen.

⁽⁵⁾ De verankering aan de uiteinden gebeurt door het anker in een voorgevormd profiel (slot) te schuiven.

⁽⁶⁾ Het gaat hier om twee muren waarvan de kruising niet gebeurt door de verspringende opeenstapeling van de blokken, maar onder de vorm van een doorlopende verticale voeg.

voeg waarvoor ze bedoeld zijn. Ook de minimale verankeringslengte aan elk uiteinde moet meegedeeld worden (cf. belastingscapaciteit). De verankeringslengte moet minstens 30 mm bedragen. Deze eisen moeten verenigbaar zijn met de gewenste wanddikte.

De manier waarop de ankers de waterafvoer verzekeren, moet eveneens gepreciseerd worden: door de aanwezigheid van een geprofileerd centraal deel (met druiplijst), met behulp van een waterdichtingsclip of door het afhellen van het anker van de binnen- naar de buitenwand toe.

In de productnorm wordt er geen melding gemaakt van de thermische prestaties.

Wanneer de ankers gebruikt worden in combinatie met een schotelplug, moeten de boordiameter en de boordiepte aangegeven worden.

2.3.1.1 Spouwankers

De afmetingen van en de terminologie in verband met spouwankers (ook spouwhaken genoemd) zijn aangegeven in afbeelding 87 (p. 97).

De spouwbreedte (d.w.z. de afstand tussen de twee wanden) waarvoor de aangegeven prestaties van toepassing zijn, moet meegedeeld worden.

In het geval van bewegingstoelatende of hellingsankers moeten respectievelijk het maximaal toelaatbare bewegingsbereik en de maximaal en minimaal toelaatbare helling vermeld worden. De mechanische sterkte dient bepaald te worden voor de maximale bewegingsvoorwaarden en/of voor de maximale helling.

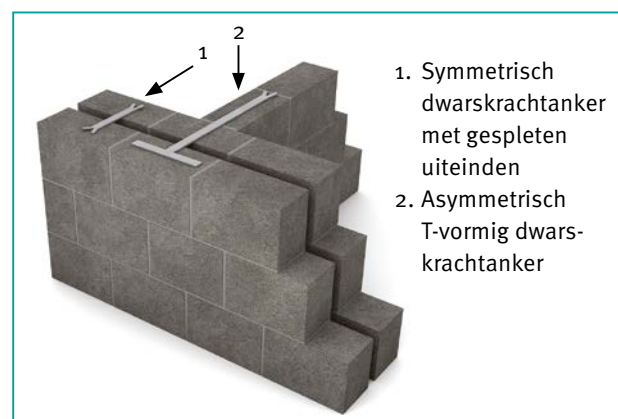
Naast voormelde eisen met betrekking tot de afmetingen, dient men eveneens de mechanische prestaties (toelaatbare trekbelasting, toelaatbare drukbelasting, verplaatsing onder belasting – zie ook § 3.4.1, p. 45) aan te geven en dit, in functie van de gebruikte metselstenen.

Ankers die een akoestische ontkoppeling mogelijk maken, moeten tevens aan de hierboven beschreven specificaties beantwoorden.

2.3.1.2 Dwarskrachtankers en glijankers

Naast voormelde eisen met betrekking tot de afmetingen, dient men ook melding te maken van de mechanische prestaties:

- voor de dwarskrachtankers (afbeelding 23 en afbeelding 81, p. 91) gaat het om de toelaatbare trek-, druk- en dwarskrachtbelasting
- voor de glijankers (afbeelding 24) gaat het om de toelaatbare dwarskrachtbelasting en om de verplaatsing onder de proefbelasting.



Afb. 23 Voorbeelden van dwarskrachtankers.

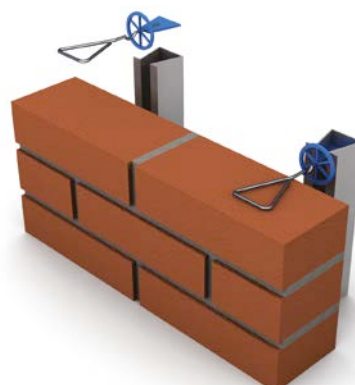
Metalen ankers voor courant gebruik die in de mortel van elk van de te verbinden wanden geplaatst moeten worden



Anker voor courant gebruik en kunststof schotelplug (bevestiging van de isolatie)



Bewegingstoelatend slotanker



Afb. 22 Voorbeelden van spouwankers.



Afb. 24 Voorbeelden van glijankers.



Afb. 25 Voorbeelden van bandstaal.

2.3.2 BANDSTAAL

Bandstaal of bandijzer (zie afbeelding 25) wordt gebruikt om muren uit metselwerk te bevestigen aan andere aangrenzende componenten (zoals vloeren en daken) en is voorzien om weerstand te bieden tegen trekkrachten. De materialen en hun genormaliseerde referentienummers zijn opgelijst in tabel 40 (p. 57).

Er moet gewag gemaakt worden van de totale lengte van elk onderdeel van het bandstaal, evenals van het aantal, de afmeting en de positie van de bevestigingen (naargelang van het geval).

Naast voormelde eisen met betrekking tot de afmetingen, dient men ook de mechanische prestaties (met name de toelaatbare trekbelasting en de verplaatsing onder belasting) te declareren. In de productnorm wordt er geen melding gemaakt van de thermische prestaties.

2.3.3 BALKSCHOENEN

Een balkschoen (ook raveel- of gordingschoen genoemd) (zie afbeelding 26) is een voorziening die gebruikt wordt om een balk of dakspant te ondersteunen en de dwarskrachten over te dragen op de muur.



Afb. 26 Voorbeelden van balkschoenen.

De materialen en hun genormaliseerde referentienummers zijn opgelijst in tabel 40 (p. 57).

Er moet gewag gemaakt worden van de vrije lengte van de flens waarop de balk opgelegd is (≥ 75 mm) evenals van de breedte van de balk waarvoor de balkschoen voorzien is. Deze laatste kan ofwel aan het muurvlak bevestigd worden met behulp van bouten of schroeven, dan wel in de mortelvoeg (minimale dikte te preciseren) door middel van een ingebedde flens (lengte: ≥ 50 mm, te preciseren).

Naast voormelde eisen met betrekking tot de afmetingen, dient men ook de mechanische prestaties (toelaatbare verticale belasting en de verplaatsing onder belasting) te declareren. In de productnorm wordt er geen melding gemaakt van de thermische prestaties.

2.3.4 CONSOLES

Een console (zie afbeelding 27 en afbeelding 112, p. 108) is een voorziening die aan een structureel element bevestigd wordt en het metselwerk ondersteunt. Er kunnen verschillende types consoles onderscheiden worden in functie van de aard van de regeling. De

materialen en hun genormaliseerde referentienummers zijn opgelijst in tabel 40 (p. 57).

Er moet gewag gemaakt worden van de lengte L (afstand tussen het bevestigingsoppervlak en het uiteinde van de flens) en de dikte van het materiaal.

Naast voormelde eisen met betrekking tot de afmetingen, dient men ook de mechanische prestaties (toelaatbare verticale belasting en de verplaatsing onder belasting) te declareren. In de productnorm wordt er geen melding gemaakt van de thermische prestaties.

2.3.5 LATEIEN

Een latei is een structureel horizontaal steunelement dat de bovenzijde van een opening afsluit en de bovenbouw ondersteunt (zie afbeelding 28). De materialen en hun genormaliseerde referentienummers zijn opgelijst in tabel 41 (p. 58).

Geprefabriceerde lateien met een maximale overspanning van 4,5 m die samengesteld zijn uit staal, geauto-claveerd cellenbeton, kunststeen, beton (met uitzondering van lateien die volledig op de bouwplaats



Afb. 27 Voorbeelden van consoles.

Samengevoegde latei uit geauto-claveerd cellenbeton



Samengestelde latei uit baksteen



Afb. 28 Voorbeelden van lateien.

gerealiseerd worden of waarvan de onderdelen die aan trek onderworpen zijn op de bouwplaats geproduceerd worden), baksteen, kalkzandsteen, natuursteen of een combinatie van deze materialen, moeten beantwoorden aan de eisen uit de norm NBN EN 845-2 [B40].

De lateien kunnen volledig zijn of het geprefabriceerde deel vormen van een samengestelde latei. In het eerste geval gaat het ofwel om een enkelvoudige latei die zelfstandig functioneert, dan wel om een samengevoegde latei die opgebouwd is uit twee of meer structurele delen (zie afbeelding 28). In het tweede geval omvat de latei een geprefabriceerd deel en een aanvullend deel uit ter plaatse gerealiseerd metselwerk of beton die samenwerken (afbeelding 28 en afbeelding 21, p. 25).

De volgende gegevens moeten vermeld worden:

- de afmetingen: lengte, breedte, hoogte, en – in het geval van niet-rechthoekige doorsneden – een schema van de configuratie met aanduiding van de afmetingen
- de massa en de massa per oppervlakte-eenheid
- de oplegglengte (die minstens 100 mm bedraagt).

Naast voormelde eisen moeten ook de mechanische prestaties (toelaatbare belasting, buigsterkte en kortetermijndoorbuiging) gedeclareerd worden, evenals de thermische eigenschappen en alle andere informatie die relevant is voor de correcte plaatsing en de brandweerstandsklasse van de latei. Wanneer deze eigenschappen van belang zijn, moet er tevens gewag gemaakt worden van de vorstbestendigheid, de waterabsorptie en de waterdampdoorlaatbaarheid (behalve voor lateien uit staal).

2.3.6 LINTVOEGWAPENING VAN STAAL

De lintvoegwapeningen van staal (afbeelding 66, p. 85) voor structurele en niet-structurele toepassingen moeten beantwoorden aan de eisen uit de norm NBN EN 845-3 [B41]. De materialen en hun genormaliseerde referentienummers zijn opgelijst in tabel 42 (p. 59).

Deze producten komen voor onder de vorm van gelaste of geweven draadnetten of van strekmetalen netten, geproduceerd uit bandstaal. Voor structurele toepassingen komen enkel netten uit gelaste draden in aanmerking. In dit geval moeten de langsdraden een mini-

male diameter van 3 mm hebben. Voor niet-structurele toepassingen moet de minimale diameter van de langsdraden van het net (gelaste of geweven draden) 1,25 mm bedragen. De dwarsdraden van geweven wapeningsnetten moeten minstens anderhalve keer rond de langsdraden gewikkeld worden.

De afmetingen van de wapening (lengte, breedte, profielhoogte, diameter van de draden, oppervlakte van de dwarsdoorsnede, steek van de draden, maaswijdte) moeten gespecificeerd worden.

In het geval van producten die bestemd zijn voor structurele toepassingen, dient er naast voormelde eisen ook gewag gemaakt te worden van de volgende mechanische prestaties: de karakteristieke vloeisterkte van de dwars- en langsdraden, de ductiliteitsklasse van de draden, de afschuifweerstand van de lassen ... Ook de uittreksterkte en de verankeringslengte voor de opgegeven combinaties ‘mortel-metselstenen’ moeten aangegeven worden.

In het geval van producten die bestemd zijn voor niet-structurele toepassingen, moet enkel de karakteristieke vloeisterkte van de draden (wapeningsnet) of van het bandstaal (strekmetaal) gedeclareerd worden.

2.4 ISOLERENDE BOUWBLOKKEN VOOR EPB-BOUWKNOPEN

Deze blokken laten toe om de bouwknopen aan de aansluiting tussen de isolatielaag van een muur en de isolatielaag van een vloer of een dak (muurvoet, dakopstand ...) te behandelen met respect voor de EPB-regelgeving ⁽⁴⁾.

Als het isolerende bouwblok onder een metselsteen-gerelateerde norm valt (bv. isolerende metselsteen uit baksteen, uit kalkzandsteen, uit cellenbeton of uit beton met lichte granulaten), dan moeten zijn thermische prestaties zodanig zijn dat de λ -waarde laag genoeg is om aan de basisregels te voldoen (λ -waarde van minder dan of gelijk aan 0,2 W/mk in verticale en horizontale richting, toereikende warmteweerstand ten opzichte van de aangrenzende isolatielagen) of dat de grenswaarden van de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt (Ψ_{lim}) van het detail gerespecteerd worden.

⁽⁴⁾ Voor de muurvoet van een buitenmuur die de scheiding vormt tussen de grond en het beschermde volume, bestaan er twee andere oplossingen: ofwel kan men de isolatie van de gevel over een toereikende afstand verlengen (regel van de weg van de minste warmteweerstand die groter moet zijn dan of gelijk moet zijn aan 1 m), ofwel kan men een isolerend metselwerk uitvoeren ($\lambda \leq 0,2$ W/mK) dat deel uitmaakt van de isolatielaag.

Indien het isolerende bouwblok niet onder een norm valt, moet de bruikbaarheid ervan bij voorkeur gewaarborgd worden door een derde organisme dat de prestaties en de gebruiksgeschiktheid certificeert (bv. door middel van een goedkeuring of een technische beoordeling). De prestatie-eisen van het product moeten ten minste overeenkomen met die van de ‘traditionele’ metselstenen. Daarnaast kunnen er nog een aantal bijkomende eisen gesteld worden, afhankelijk van de specifieke kenmerken van het blok.

Wij bevelen aan om een beroep te doen op producten die beschikken over een gebruiksgeschiktheidsverklaring (ATG of gelijkwaardig). De bruikbaarheid ervan, met name in een metselwerk, moet vastgesteld worden op basis van de eisen, vermeld in hoofdstuk 3 (§ 3.1.2 in het bijzonder).

2.5 GEPREFABRICEERD METSELWERK

Hoewel de meeste metselwerkwanden nog met traditionele technieken op de bouwplaats opgetrokken worden, wendt men tegenwoordig ook steeds vaker hun geprefabriceerde tegenhangers aan. Het gebruik ervan heeft immers tal van voordelen te bieden. Zo laten dergelijke wanden onder meer toe om de bouwsnelheid te verhogen. Bovendien worden ze in een binnenomgeving gefabriceerd (industriële controle), waardoor de productie niet beïnvloed wordt door de weersomstandigheden.



Verbo

Afb. 29 De geprefabriceerde wanden worden voor hun transport op sledes geplaatst.

Op maat geprefabriceerd metselwerk bestaat doorgaans uit blokken (zie § 2.1, p. 11) en een mortel of een mortellijm (zie § 2.2.1, p. 20). Het gebruik van innovatieve materialen (zoals polyurethaanlijmen) is niet uitgesloten, op voorwaarde dat ze hiervoor geschikt zijn.

Voor de prefabricage van de muren dient de fabrikant zich te baseren op de bouwplannen. De muren kunnen – afhankelijk van hun dikte en de productiemogelijkheden – 8 tot 9 m lang, 3 tot 4 m hoog en 3 tot 5 ton zwaar zijn. De keuze van de afmetingen kan afgestemd worden op het draagvermogen en de positie van de op de bouwplaats aanwezige kraan. Het is echter ook mogelijk om de kraan te kiezen in functie van de beoogde afmetingen.

Bij de prefabricage kan er aan de muurvoet reeds in een folie tegen opstijgend vocht voorzien worden. Deze dient dan uit te steken ten opzichte van het metselwerk, om de continuïteit ter hoogte van de aansluitingen te verzekeren. Verder dient de fabrikant de nodige maatregelen te treffen om te verhinderen dat de onderste laag metselstenen bij het transport en de plaatsing zou loskomen. De aannemer kan er ook voor kiezen om de eerste rij blokken samen met de folie uit te voeren op de bouwplaats en nadien de geprefabriceerde muren aan te brengen. De functie van anticapillaire barrière kan in sommige gevallen ook vervuld worden door een geschikte lijmvoeg in de geprefabriceerde muur.

Wanneer de muurvoet uitgerust moet worden met een isolerend bouwblok teneinde een EPB-aanvaarde bouwknop te verkrijgen, dan kan dit element ofwel fabrieksmatig in de geprefabriceerde muur geïntegreerd worden, ofwel ter plaatse uitgevoerd worden. Verder kunnen ook de uitsparingen voor de vensters en de deuren, de afschuining van de puntgevels en de lateien boven de openingen reeds in de geprefabriceerde muren aangebracht worden.

Om het metselwerk na het verlaten van de fabriek te kunnen vervoeren, wordt het op sledes geplaatst (zie afbeelding 29).

Gelet op het feit dat geprefabriceerd metselwerk niet onder een norm valt, moet de fabrikant, of beter nog een onafhankelijk organisme, alle kwaliteits- en gebruiksgeschiktheidsgaranties ter beschikking stellen (ATG of gelijkwaardig).

Net zoals alle andere bouwproducten, moet geprefabriceerd metselwerk voldoen aan een aantal specificaties met betrekking tot zijn karakteristieken en zijn prestaties: afmetingen, warmteweerstand en mecha-

nische sterkte in het bijzonder. Voor wat betreft de mechanische sterkte kunnen de formules en de tabelwaarden uit de Eurocode 6 (NBN EN 1996-1-1 ANB) [B69] en de resultaten van proeven, uitgevoerd volgens de normen van de reeks NBN EN 1052 [B56 tot B60] de basis vormen voor de eisen en de declaraties.

Het ontwerp kan in het algemeen gebeuren overeenkomstig de Eurocode 6 en zijn nationale bijlagen.

2.6 ISOLATIEMATERIALEN VOOR SPOUWMUREN

Er bestaan verschillende soorten isolatiematerialen, die echter niet allemaal geschikt zijn voor een gebruik in spouwmuren. Isolatiematerialen voor toepassing in spouwmuren moeten beantwoorden aan de eisen uit de desbetreffende normen (tabel 24) evenals aan de eisen, gedefinieerd door de Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUTgb) [B114].

2.7 AFDICHTINGSMEMBRANEN

De afdichtingsmembranen (ook soepele afdichtingsfolies genoemd) die bestemd zijn om het opstijgen van capillair grondvocht te voorkomen, moeten beantwoorden aan de eisen uit de norm NBN EN 13967 [B95]. Zo moet met name de afdichting die ze verzekeren aangetoond worden aan de hand van meerdere kunstmatige verouderingscycli (zie tabel 25). Er worden ook eisen gesteld voor wat betreft de weerstand tegen scheuren, de sterkte van de voegen (in voorkomend geval), de statische ponsweerstand, de treksterkte, de vervorming onder de proefbelasting ...

2.8 CHEMISCHEVERANKERINGSPRODUCTEN

De chemische verankering en afdichting vormen samen een kit die voldoet aan de specificaties van EAD 330076-00-0604 [E4]. De metalen ankers zijn over

Tabel 24 Isolatiematerialen voor gebruik in spouwmuren [B114].

Aard van het materiaal	Minerale wol (MW)	Kunststoffschuimen				Cellenglas (CG)
		Geëxpandeerd polystyreen (EPS)	Geëxtrudeerd polystyreen (XPS)	Polyurethaan (PU)	Fenol (PF)	
Geharmoniseerde norm	NBN EN 13162 [B85]	NBN EN 13163 [B86]	NBN EN 13164 [B87]	NBN EN 13165 [B88]	NBN EN 13166 [B89]	NBN EN 13167 [B90]
Eisen gesteld aan gecertificeerde producten	Dimensionale toleranties, maatvastheid ... [B114]					
Warmtegeleidbaarheid λ_d (W/mK)	0,030-0,040	0,030-0,040	0,029-0,040	0,019-0,026	0,018-0,026	0,036-0,050

Tabel 25 Soepele afdichtingsfolies volgens de norm NBN EN 13967 [B95].

Functie van de folie (¹)	Type	Definitie	Afdichtingsdruk tegen water (²)
Afdichting	A	Folie die boven of onder de vloeren of vloerplaten of tegen de muren aangebracht wordt om opstijgend water (zonder hydrostatische druk) vanuit de grond naar de binnenomgeving tegen te gaan.	2 kPa
Afdichting en ventilatie of drainage	V	Folie die beantwoordt aan de definitie van het type A en die een holte of een doorlopende structuur kan vormen waarbij waterdamp of vocht vrij tussen de folie en om het even welke andere constructie kan circuleren.	2 kPa
Bekuiping	T	Folie die beantwoordt aan de definitie van het type A en die gebruikt wordt bij het optrekken van muren of die boven of onder de vloeren of vloerplaten aangebracht wordt om opstijgend water (onder hydrostatische druk) vanuit de grond naar de binnenomgeving tegen te gaan of om te vermijden dat het van een bepaald deel van de structuur naar een ander zou doorsijpelen.	60 kPa

(¹) Kunststoffolie of elastomeerfolie. Onder de term kunststoffolie verstaat men een soepele fabrieksmatig geproduceerde folie op basis van een kunststofpolymeer die ook composieten van andere materialen kan bevatten. Onder de term elastomeerfolie verstaat men een soepele fabrieksmatig geproduceerde folie op basis van een elastomeerpolymeer die ook composieten van andere materialen kan bevatten.

(²) Inclusief na een blootstelling aan kunstmatige veroudering (12 weken), aan een langdurige belasting (28 dagen), aan alkaliën (kalkmelk) en, in voorkomend geval, aan bitumen.

het algemeen opgebouwd uit carbonstaal, roestvast staal of plooibaar gietijzer. De chemische afdichting is een mortel op basis van cement, zuivere epoxy, epoxy-acrylaat, polyester of methacrylaat-urethaan. De kit bevat tevens een plug met een zeefje uit metaal of kunststof (indien hij voorzien is voor gebruik in hol metselwerk, d.w.z. met gaten of openingen).

De kitten kunnen in verschillende gebruikscategorieën ingedeeld worden. Deze hebben betrekking op:

- **de ondergrond:**
 - b: vol metselwerk
 - c: hol metselwerk
 - d: metselwerk uit geautoclaveerd cellenbeton
- **de plaatsing en de verwerking:**
 - d/d: plaatsing en verwerking in structuren die onderworpen zijn aan droge binnenomstandigheden
 - w/d: plaatsing in droge of vochtige ondergronden en verwerking in structuren die onderworpen zijn aan droge binnenomstandigheden
 - w/w: plaatsing en verwerking in structuren die onderworpen zijn aan droge of vochtige omstandigheden
- **de diensttemperatuurschommelingen:**
 - Ta: van -40 °C tot 40 °C
 - Tb: van -40 °C tot 80 °C
 - Tc: van -40 °C tot T₁ > 40 °C.

3

EISEN EN PRESTATIES VAN METSELWERK

3.1 MECHANISCHE STERKTE EN STABILITEIT

3.1.1 ALGEMEENHEDEN

Dragend metselwerk moet zodanig ontworpen zijn dat het voldoet aan de Eurocode 6 en zijn nationale bijlagen (NBN EN 1996-1-1 ANB en NBN EN 1996-3 ANB) [B69, B74], rekening houdend met de belastingen die erop aangrijpen (NBN EN 1991-1-x ANB). Wanneer het zich in een seismische zone bevindt, moet het ontworpen worden volgens de Eurocode 8 en zijn nationale bijlagen (NBN EN 1998-1 ANB) [B76]. We verwijzen de geïnteresseerde lezer tevens naar de STS 22 [F2] waarin een aantal rekenvoorbeelden opgenomen zijn.

Voor de dimensionering wordt er gebruikgemaakt van de mechanische prestaties van het metselwerk. De

belangrijkste ervan zijn bij wijze van informatie beschreven in § 3.1.2. In § 3.1.3 (p. 36) worden de partiële veiligheidscoëfficiënten die aan de materialen toegekend moeten worden beschreven. In Bijlage H (p. 131) wordt een samenvatting gegeven van deze verschillende aspecten.

Uit gipsblokken opgebouwde wanden worden niet als dragend metselwerk beschouwd en worden bijgevolg niet ontworpen volgens de richtlijnen uit de Eurocodes 6 en 8. De mechanische sterkte en de stabiliteit van niet-dragend metselwerk worden behandeld in § 3.4.2 (p. 45).

3.1.2 VOORNAAMSTE MECHANISCHE PRESTATIES VAN METSELWERK

De voornaamste mechanische prestaties van metselwerk zijn de druksterkte, de buigsterkte en de afschuifsterkte.

In de huidige versie van de Eurocode 6 wordt er nog niet ingegaan op de sterkte van hybride metselwerk, d.w.z. metselwerk dat opgebouwd is uit materiaallagen van verschillende aard (bv. metselwerk met akoestische stroken, muurvoet met een laag isolerende bouwblokken). Bij het ontwerp hiervan dient men voor de sterktebeoordeling dan ook rekening te houden met het materiaal met de laagste sterkte, tenzij men voor het hybride metselwerk in kwestie kan teruggrijpen naar de resultaten van proeven, uitgevoerd volgens de normen van de reeks NBN EN 1052 [B56 tot B60]. Indien men beschikt over correctiefactoren die afgeleid zijn uit resultaten van proeven volgens de reeks NBN EN 1052, dan kan men de invloed van de verschillende materialen op het hybride metselwerk berekenen.

Het spreekt voor zich dat de fabrikant van het in het metselwerk geïncorporeerde product (akoestische strook, isolerend bouwblok) de prestaties van zijn product dient te waarborgen (en eventueel beschikt over een gebruiksgeschiktheidsverklaring van het type ATG of gelijkwaardig).

Aandachtspunten

- De mechanische prestaties van het metselwerk zijn afhankelijk van de aard en de groep van de metselstenen, van het type en de dikte van de mortelvoegen, van de sterkte van de materialen en van de opvulling van de horizontale en verticale voegen.
- Ze worden bepaald op basis van formules en tabelwaarden (Eurocode 6), maar kunnen ook proefondervindelijk vastgelegd worden (reeks NBN EN 1052-x) [B56 tot B60].
- De sterkte van het metselwerk is lager dan de sterkte van de materialen waaruit het opgebouwd is.
- Hybride metselwerk vormt een bijzonder geval dat aandachtig bekeken moet worden, aangezien de druksterkte ervan veel lager ligt dan deze van metselwerk dat opgebouwd is uit de metselstenen met de grootste sterkte.

3.1.2.1 Druksterkte

De karakteristieke druksterkte van metselwerk f_k kan volgens de Eurocode 6 niet alleen verkregen worden door de uitvoering van proeven op proefmuurtjes overeenkomstig de norm NBN EN 1052-1 [B56], maar eveneens aan de hand van de volgende vergelijking ⁽⁵⁾:

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta$$

waarbij:

f_b = de genormaliseerde gemiddelde druksterkte van de metselsteen (cf. NBN EN 772-1) [B28]

f_m = de gemiddelde druksterkte van de mortel (cf. NBN EN 1015-11) [B53]

K, α, β = nationale parameters (tabel 26) die afhankelijk zijn van de groep (§ 2.1.3.4, p. 14, en Bijlage B, p. 121) en de aard van de metselsteen, van de mortel en van de voegvulling.

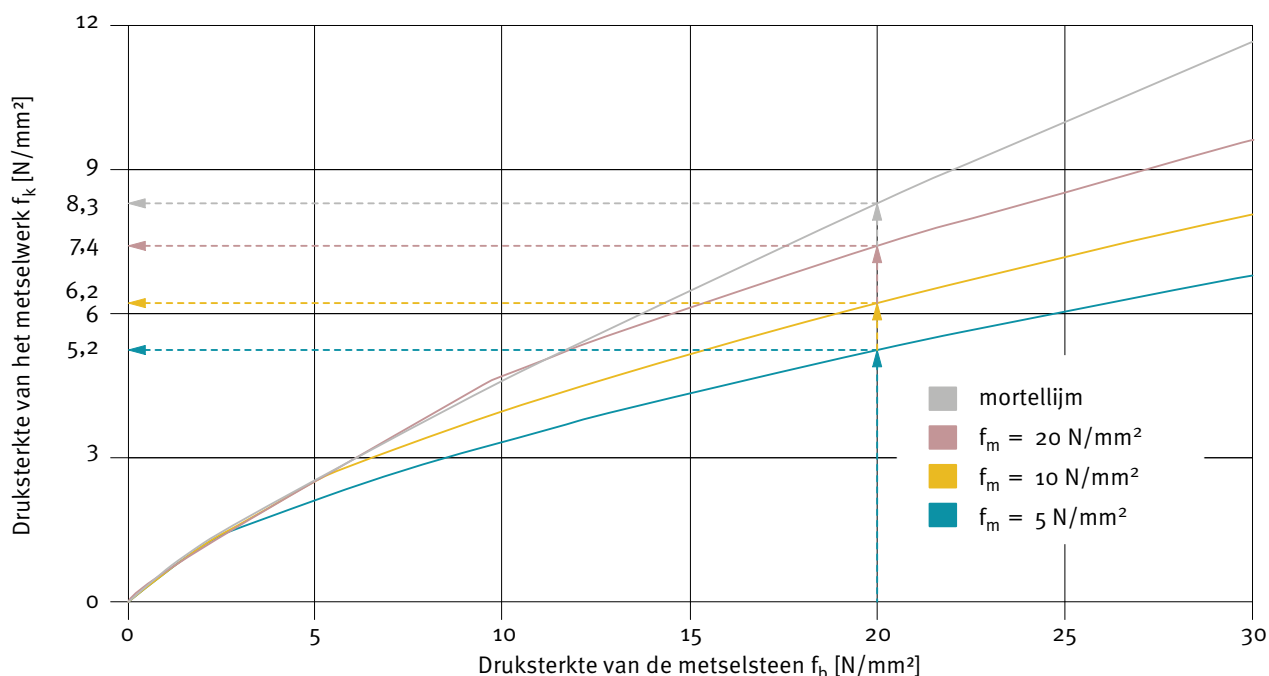
Uit deze vergelijking kunnen de volgende tendensen afgeleid worden (zie afbeelding 30).

De karakteristieke druksterkte van het metselwerk f_k stijgt op niet-lineaire wijze naarmate de genormali-

Tabel 26 Waarden voor K, α en β voor de meest courante groepen metselstenen en de meest courante mortels (NBN EN 1996-1-1 ANB) [B69].

Metselstenen		Mortel voor algemene toepassingen (type G) (voegdikte groter dan 3 mm)			Mortellijm van type T (voegdikte van 0,5 tot 3 mm)		
		K	α	β	K	α	β
Baksteen	Groep 2 (*)	$0,50 \times (\delta)^{-0,65}$	0,65	0,25	$0,50 \times (\delta)^{-0,80}$	0,80	0
Kalkzandsteen	Groep 1	0,60	0,65	0,25	0,80	0,85	0
Granulaatbeton	Groep 2	0,50	0,65	0,25	0,65	0,85	0
Cellenbeton	Groep 1	0,60	0,65	0,25	0,80	0,85	0

(*) δ is de vormfactor zoals gedefinieerd in de norm NBN EN 772-1 [B28].



Afb. 30 Druksterkte van het metselwerk f_k in functie van de druksterkte f_b van de gebruikte metselsteen en de gebruikte mortel (metselwerk uit beton van groep 2).

⁽⁵⁾ De formule kan gebruikt worden voor metselwerk met onderbroken voegen (*shell bedded masonry*), op voorwaarde dat er een reductiefactor toegepast wordt die rekening houdt met de verhouding mortelrillen.

seerde gemiddelde druksterkte f_b van de metselsteen toeneemt. Voor de op de markt beschikbare metselstenen geldt bovendien dat de f_k -waarde steeds kleiner is dan de f_b -waarde. De druksterkte van het metselwerk is kleiner dan deze van de metselstenen waaruit het samengesteld is.

De invloed van de mortel is minder groot dan deze van de metselsteen. In het geval van gelijmd metselwerk met dunne voegen (mortel T met een dikte ≤ 3 mm) houdt de f_k -waarde geen rekening met de druksterkte van de mortel. De mortel oefent hier – gelet op zijn geringe dikte – immers geen enkele invloed meer uit (voor $\beta = 0$ geldt dat $f_m^\beta = 1$).

We willen erop wijzen dat het gebruik van de formules onderhevig is aan beperkende voorwaarden voor wat de sterkte van de materialen betreft (zie Bijlage H, p. 131).

De secans elasticiteitsmoduli op korte (E) en op lange termijn ($E_{\text{lange termijn}}$) zijn rechtstreeks afhankelijk van de karakteristieke druksterkte f_k . Volgens de aangeraden formule geldt: hoe hoger de druksterkte, hoe ‘stijver’ het metselwerk (zie § 3.7.4, p. 51, en Bijlage H, p. 131).

Wanneer ten minste één van de lagen van het metselwerk bestaat uit metselstenen die buiten het toepas-

singsgebied van de Eurocode 6 vallen en/of een heterogene samenstelling of morfologie vertonen, kunnen er excentrischedrukproeven op een muur noodzakelijk zijn om de gebruiksgeschiktheid te kunnen aantonen en om de controle van de stabiliteit van het metselwerk onder druk toe te laten.

De druksterkte van hybride metselwerk is een stuk lager dan deze van metselwerk dat opgebouwd is uit metselstenen met de hoogste sterkte [D2, M1].

3.1.2.2 Buigsterkte buiten het vlak

De buigsterkte buiten het vlak wordt gekarakteriseerd door twee parameters:

- de karakteristieke buigsterkte van het metselwerk waarvan het breukvlak evenwijdig is met het legvlak (f_{xk1})
- de karakteristieke buigsterkte van het metselwerk waarvan het breukvlak loodrecht staat op het legvlak (f_{xk2}).

De Eurocode 6 en zijn ANB geven waarden bij ontstentenis (tabelwaarden) op voor f_{xk1} en f_{xk2} in functie van het type metselsteen en het morteltype (tabel 27). Logischerwijze zijn de waarden voor f_{xk1} en f_{xk2} vaak gunstiger voor mortels van het type T (mortellijmen).

Tabel 27 Karakteristieke buigsterkte van het metselwerk ⁽¹⁾ (NBN EN 1996-1-1 ANB) [B69].

Metselstenen		f_{xk1} (N/mm ²) ⁽²⁾		f_{xk2} (N/mm ²) ⁽³⁾ ⁽⁴⁾	
		Mortel voor algemene toepassingen ($f_m \geq 10$ N/mm ²)	Mortellijm	Mortel voor algemene toepassingen ($f_m \geq 10$ N/mm ²)	Mortellijm
Baksteen	Groep 1	0,20	0,50	0,40	0,90 (0,80)
	Groep 2	0,20	0,20	0,50 (0,30)	0,50 (0,30)
Kalkzandsteen	Groep 1	0,10	0,50	0,40	0,50 (0,35)
	Groep 2	0,10	0,20	0,40	0,50 (0,35)
Granulaatbeton	Groep 2 courante granulaten	0,20	0,20	0,50	0,50 (0,30)
	Andere	0,10	0,20	0,40	0,30
Geautoclaveerd cellenbeton ⁽⁵⁾	Groep 1	Niet gebruikt	0,15	Niet gebruikt	0,30 (0,15)

⁽¹⁾ De buigsterkte van het metselwerk mag niet hoger zijn dan de buigsterkte van de metselsteen.
⁽²⁾ f_{xk1} : karakteristieke buigsterkte van het metselwerk waarvan het breukvlak evenwijdig is met het legvlak.
⁽³⁾ f_{xk2} : karakteristieke buigsterkte van het metselwerk waarvan het breukvlak loodrecht staat op het legvlak.
⁽⁴⁾ De waarden tussen haakjes zijn van toepassing wanneer de verticale voeg beschouwd wordt als niet-gevuld (afwezigheid van mortel over de volledige hoogte van de voeg of mortelbreedte die kleiner is dan 40 % van de breedte van de metselsteen).
⁽⁵⁾ De Eurocode 6 stelt ook formules voor die gebaseerd zijn op de druksterkte van metselstenen uit geautoclaveerd cellenbeton. Deze formules houden rekening met de invloed van de open voegen op f_{xk2} .

De buigsterkte van het metselwerk kan ook bepaald worden op basis van proefresultaten volgens de norm NBN EN 1052-2 [B57].

3.1.2.3 Afschuifsterkte

De karakteristieke afschuifsterkte van het metselwerk f_{vk} kan bepaald worden op basis van een formule die afhankelijk is van de initiële karakteristieke afschuifsterkte f_{vko} , evenals van een fractie van de drukspanning die uitgeoefend wordt op de sectie ⁽⁶⁾. Ze kan ook bepaald worden op basis van proefresultaten volgens de norm NBN EN 1052-3 [B58].

De norm NBN EN 998-2 en de Eurocode 6 vermelden waarden bij ontstentenis (tabelwaarden) voor de initiële karakteristieke afschuifsterkte van het metselwerk f_{vko} (zie tabel 28). Volgens eerstgenoemde norm zijn deze waarden enkel afhankelijk van het morteltype, terwijl ze volgens de Eurocode 6 bepaald worden door het type metselsteen, het morteltype en – in het geval van een prestatiemortel voor algemene toepassingen (type G) – eveneens door de gedeclareerde druksterkte.

We willen erop wijzen dat de tabelwaarden uit de Eurocode 6 voor de initiële karakteristieke afschuifsterkte van mortels voor dunne voegen T minstens gelijk zijn aan deze voor mortels voor algemene toepassingen G en twee tot vier keer groter zijn dan deze voor lichtgewichtmortels L en voor mortels voor algemene toepassingen G met geringe sterkte ($< 2,5 \text{ N/mm}^2$).

Bij de bepaling van de karakteristieke afschuifsterkte f_{vk} , dient men een reductiefactor van 50 % toe te passen op de initiële sterkte f_{vko} wanneer de verticale voegen droog zijn en de metselstenen in contact met elkaar geplaatst werden. In de formules uit de Eurocode 6 wordt geen rekening gehouden met droge open voegen.

3.1.3 VEILIGHEIDSCOËFFICIËNTEN

De partiële veiligheidscoëfficiënten (γ_M) die toegewezen moeten worden aan de mechanische prestaties van het metselwerk in de uiterste grenstoestanden (UGT) zijn afhankelijk van het attesterings- en certificeringsniveau van de gebruikte materialen en de uitvoeringsklasse (N voor normaal of S voor speciaal, zie § 1.3, p. 7).

Tabel 28 Tabelwaarden voor de initiële afschuifsterkte f_{vko} .

Referentiedocument	Metselstenen	$f_{vko} [\text{N/mm}^2]$ ⁽¹⁾			
		Mortel voor algemene toepassingen (G) ⁽²⁾ van de gegeven sterkteklasse		Lichtgewichtmortel (L)	Mortel voor dunne voegen (T) ⁽³⁾
Eurocode 6 NBN EN 1996-1-1 [B68]	Baksteen	M10 – M20	0,30	0,15	0,30
		M2,5 – M9	0,20		
		M1 – M2	0,10		
	Kalkzandsteen	M10 – M20	0,20		0,40
		M2,5 – M9	0,15		
		M1 – M2	0,10		
	Granulaatbeton	M10 – M20	0,20		0,30
NBN EN 998-2 (bijlage C) [B46]	Geautoclaveerd cellenbeton	M2,5 – M9	0,15		
	Natuursteen of kunststeen	M1 – M2	0,10		
	–	–	0,15		0,30
	–	–	0,15		0,30

⁽¹⁾ Initiële afschuifsterkte van het metselwerk (karakteristieke waarde) volgens de proefmethode uit de NBN EN 1052-3 [B58].
⁽²⁾ De waarden uit de Eurocode 6 zijn enkel geldig op voorwaarde dat de mortels voor algemene toepassingen geen hulpstoffen of toevoegsels bevatten.
⁽³⁾ Lintvoeg $\geq 0,5 \text{ mm}$ en $\leq 3 \text{ mm}$ volgens Eurocode 6.

⁽⁶⁾ Het principe is geldig voor metselwerk met onderbroken voegen (*shell bedded masonry*), op voorwaarde dat er een reductiefactor toegepast wordt op f_{vko} die rekening houdt met de verhouding mortelrillen.

Tabel 29 Partiële veiligheidscoëfficiënten γ_M die toegewezen moeten worden aan de materialen (UGT).

Code	Materiaal	Uitvoeringsklasse	
		S	N
A	Metselwerk samengesteld uit metselstenen van categorie I met een productcertificatie (BENOR-merk); prestatiemortel met productcertificatie (BENOR-merk)	2,0	2,5
B	Metselwerk samengesteld uit metselstenen van categorie I zonder productcertificatie; alle morteltypes	2,3	2,8
C	Metselwerk samengesteld uit metselstenen van categorie II ⁽¹⁾ ; alle morteltypes	3,0	3,5
D	Verankering van wapeningsstaal	2,2	2,7
E	Wapeningsstaal en voorspanstaal	1,15	
F	Ander toebehoren zoals ankers ⁽²⁾ ⁽³⁾	2,2	2,7
G	Lateien overeenkomstig de NBN EN 845-2 [B40]	1,5 tot 2,5	

⁽¹⁾ Als kan gewaarborgd worden dat de variatiecoëfficiënt van de druksterkte van de metselsteen niet hoger wordt dan 25 %, dan zijn de waarden die toegewezen moeten worden aan γ_M respectievelijk gelijk aan 2,5 en 3,0 voor de klassen S en N.

⁽²⁾ De gedeclareerde waarden zijn gemiddelde waarden.

⁽³⁾ De coëfficiënt γ_M voor het metselwerk wordt verondersteld rekening te houden met de capillaireonderbrekingsstroken.

Deze veiligheidscoëfficiënten zullen gunstiger (lager) zijn wanneer het metselwerk vervaardigd werd volgens de voorwaarden van de uitvoeringsklasse S met stenen van categorie I en een prestatiemortel die allebei beschikken over een productcertificatie (BENOR-merk).

In geval van berekend metselwerk moet er in de contractuele documenten melding gemaakt worden van de uitvoeringsklasse N of S en van de code A, B of C die overeenstemt met de samenstelling van het metselwerk (zie tabel 29).

In de bruikbaarheidsgrenstoestanden (BGT) bedraagt de partiële veiligheidscoëfficiënt γ_M die aan de mechanische prestaties van het metselwerk toegewezen moet worden 1,15 (bv. voor het bestuderen van de invloed van de vervormingen).

Seismisch risico – Aandachtspunten

België bevindt zich in een zone met een lage tot matige, doch niet te verwaarlozen seismische activiteit. De gebeurlijke aardbevingen kunnen destructief zijn, vooral in de omgeving van Luik, Bergen en Limburg. Dergelijke aardbevingen die schade veroorzaken aan gebouwen zullen echter redelijk gespreid zijn in de tijd, met een gemiddelde terugkeerperiode van ongeveer 30 jaar ⁽⁷⁾.

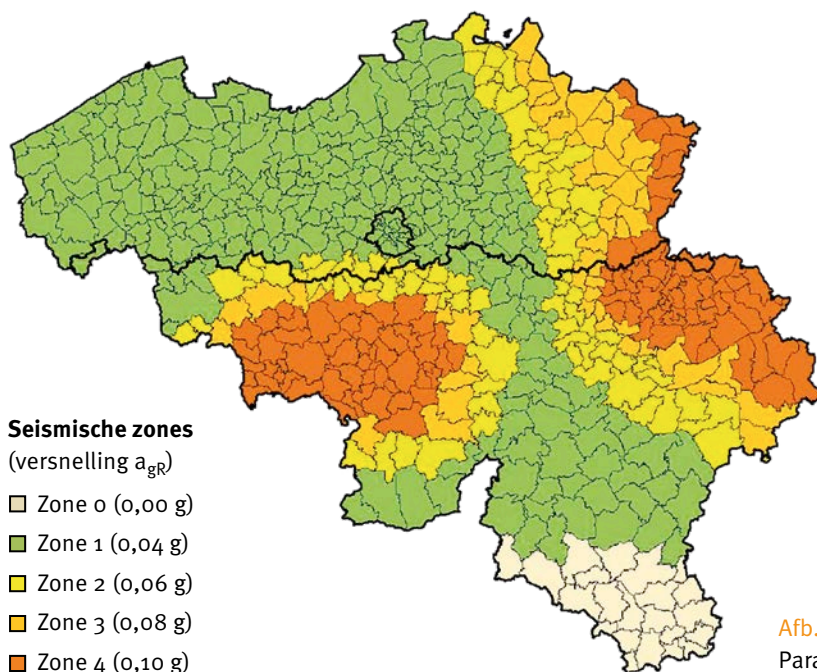
Voor de aannemer is het van groot belang te weten welke constructieve schikkingen hij in welke gevallen dient te respecteren (zie tabel 32, p. 39).

3.1.4 SEISMISCH RISICO

In Europa wordt de dimensionering van gebouwen die onderhevig zijn aan seismische belastingen beregeld door de Eurocode 8 (NBN EN 1998-1) [B75]. Hierin wordt het effect van een aardbeving omschreven als een horizontale versnelling van de grond ter hoogte van de gebouwfunderingen, die bij het ontwerp van het gebouw in aanmerking genomen moet worden. De basiswaarde is de maximale referentiegrondversnelling a_{gR} , die uitgedrukt wordt als een fractie van de zwaartekrachtversnelling (g).

Deze versnelling wordt eveneens gebruikt om de regionale seismische kaarten op te stellen. Zoals voorgesteld in afbeelding 31 (p. 38) wordt België in vijf zones ingedeeld op basis van de door de Koninklijke Sterrenwacht van België geïdentificeerde a_{gR} -grondversnellingswaarden. De met deze zones geassocieerde versnellingen schommelen tussen 0 en 0,10 g. De nationale bijlage van de NBN EN 1998 bevat een lijst van de Belgische gemeenten met een indicatie van hun seismische zone.

⁽⁷⁾ De terugkeerperiode stemt overeen met de statistische tijd tussen twee aardbevingen.



Afb. 31 Kaart met de seismische zones in België – Parameter a_{gR} (NBN EN 1998-1 ANB) [B76].

Deze versnellingswaarden zijn van toepassing op weerstandbiedende grond (rotsachtige bodem met een hoogstens 5 m dikke laag uit minder sterke afzettingen). Dit betekent echter eveneens dat de grondbewegingen aan het oppervlak aanzienlijker kunnen zijn wanneer er een samenspel is van ongunstige geotechnische omstandigheden. Deze toegenomen beweging kan in rekening gebracht worden door op de referentiegrondversnelling a_{gR} een vermenigvuldigingsfactor S toe te passen die begrepen is tussen 1 (voor een rotsachtige bodem) en 1,8 (voor een grond met zeer geringe weerstand) (tabel 30).

Bovendien moet de intensiteit van de aardbeving in functie van de belangrijkheidsklasse van het gebouw verminderd of vermeerderd worden door een zoge-

noemde belangrijkheidsfactor γ_I . Deze laatste houdt rekening met de gevolgen van een gebeurlijke aardbeving op menselijk, economisch en sociaal vlak, alsook met het belang van het gebouw voor de openbare veiligheid en de civiele bescherming (tabel 31).

Zodra de referentiewaarde van de seismische versnelling aangepast (vermeerderd of verminderd) werd om rekening te houden met het grondeffect en de belangrijkheidsklasse van het gebouw, dient men deze waarde ($\gamma_I \cdot a_{gR} \cdot S$) te vergelijken met de grenswaarden voor de grondversnelling die opgenomen zijn in de Eurocode 8 en zijn Belgische bijlage (tabel 32). Deze leggen vast welk seismischrisiconiveau in aanmerking genomen moet worden voor het ontwerp van het gebouw.

Tabel 30 Bodemklassen – Parameter S .

Bodemklasse	Beschrijving van het stratigrafische profiel	S
A	Rots of een andere geologische formatie van dit type met een oppervlaktelaag van maximum 5 m uit een zwakker materiaal	1,00
B	Stijve afzettingen van zand, grind of overgeconsolideerde klei van minstens meerdere tientallen meters dik, gekarakteriseerd door een progressieve toename van de mechanische eigenschappen met de diepte	1,35
C	Diepe afzettingen van zand met een gemiddelde dichtheid, van grind of van matig stijve klei, met een dikte van enkele tientallen tot meerdere honderden meters	1,50
D	Afzettingen van onsamenvangende grond met een geringe tot matige dichtheid (met of zonder zachte samenvangende lagen) of die voornamelijk uit zachte tot stevige samenvangende grond bestaan	1,80
E	Bodemprofiel bestaande uit een alluviale oppervlaktelaag met een dikte begrepen tussen ongeveer 5 m en 20 m, die gelegen is op een stijver materiaal	1,60

Tabel 31 Belangrijkeheidsklassen voor gebouwen – Parameter γ_l .

Belangrijkeheidsklasse	Type gebouwen	Belangrijkeheidscoefficiënt γ_l
I	Gebouwen met slechts weinig belang voor de publieke veiligheid, zoals agrarische gebouwen	0,8
II	Courante gebouwen die niet tot de andere klassen behoren	1
III	Gebouwen waarvoor de seismische weerstand belangrijk is, rekening houdend met de gevolgen van een instorting (scholen, culturele instellingen ...)	1,2
IV	Gebouwen waarvoor de integriteit in geval van een aardbeving van vitaal belang is voor de civiele bescherming (ziekenhuizen, brandweerkazernes, elektrische centrales ...)	1,4

Tabel 32 Ontwerpregels die voortvloeien uit het risico op seismische belastingen.

Risico op seismische belastingen	$\gamma_l \cdot a_{gR} \cdot S$ (¹)	Dimensionering	Aantal verdiepingen (²)	Minimaal te respecteren technologische schikkingen (³)
Zeër laag	$\leq 0,06 \text{ g}$	Verwaarloosbaar seismisch risico – seismische versnelling niet in rekening gebracht bij het ontwerp	–	–
Laag	$> 0,06 \text{ g}$ en $\leq 0,1 \text{ g}$	Toepassing van de eenvoudige aardbevingsbestendige ontwerpregels (lengte en positionering van de verstijwingsmuren, criteria voor de regelmaat ...)	1 of 2	Geen specifieke bijkomende constructieve maatregelen ten opzichte van de niet-seismische situatie
			> 2	Tot stand brengen van een toereikende verbinding OF minimale dikte van de verstijwingsmuren van 188 mm
Matig	$> 0,1 \text{ g}$	Expliciete controle volgens de Eurocode 8 noodzakelijk	1 of 2	Tot stand brengen van een toereikende verbinding
			> 2	Tot stand brengen van een toereikende verbinding EN minimale dikte van de verstijwingsmuren van 188 mm

(¹) γ_l : belangrijkheidsfactor die toegekend wordt aan het gebouw
 a_{gR} : referentiewaarde van de seismische versnelling voor de beschouwde geografische zone
 g : zwaartekrachtversnelling
 S : grondfactor.

(²) De ruimten onder het dak (zolders) die gelegen zijn boven de volledige verdiepingen, worden niet in rekening gebracht.

(³) Zie § 5.6.1 (p. 89) en § 5.6.5 (p. 94) voor de beschrijving van de technologische schikkingen.

Indien het seismische risico laag (voor gebouwen met meer dan twee verdiepingen) tot matig is, is het met het oog op de seismische stabiliteit nodig om een toereikende verbinding tussen de loodrecht op elkaar staande muren en tussen de muren en de vloeren tot stand te brengen. Naargelang van de hoogte van het gebouw en het risico op seismische belastingen kunnen de eisen in verband met de verbindingen vervangen worden door of aangevuld worden met vereisten omtrent de minimale dikte van de verstijwingsmuren die een rol te spelen hebben voor de seismische weerstand (tabel 32). In voorkomend geval moet de ontwerper zich voor het afleveren van de bouwplaatsspeci-

fieke voorschriften baseren op deze principes. In § 5.6.1 (p. 89) en § 5.6.5 (p. 94) worden een aantal voorbeelden van geschikte oplossingen gegeven.

3.1.5 WEERSTAND TEGEN DE WINDBELASTING

Gebouwen – en het metselwerk in het bijzonder – moeten bestand zijn tegen de windbelasting. Deze wordt berekend volgens de norm NBN EN 1991-1-4 en zijn nationale bijlage [B65, B66] waarin onder meer de Belgische windzones en de terreinruwheidscategorieën vastgelegd zijn (zie Bijlage I, p. 132).

3.2 BRANDVEILIGHEID

3.2.1 ALGEMEEN KADER

In België werden er bepalingen ter verzekering van de brandveiligheid van gebouwen uitgewerkt die opgenomen werden in de nationale wetgeving. Zo leggen het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 en zijn wijzigingen [F1] de basisnormen ter preventie van brand en ontploffing vast waaraan de nieuwe gebouwen moeten voldoen.

Dit Besluit, dat in het vervolg van deze tekst aangeduid zal worden als het KB Basisnormen, is van toepassing op alle categorieën van nieuwe gebouwen, d.w.z. zowel op bouwwerken die nog opgetrokken moeten worden als op uitbreidingen van bestaande gebouwen en dit, ongeacht hun bestemming: appartementsgebouwen, kantoorgebouwen ... We willen erop wijzen dat het niet van toepassing is op eengezinswoningen, noch op lage gebouwen met maximaal twee bouwlagen met een totale oppervlakte van minder dan 100 m².

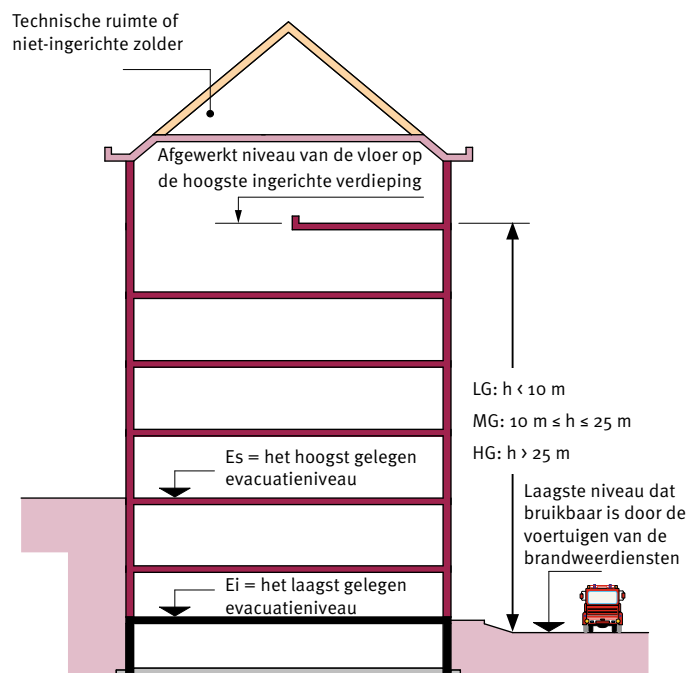
Het KB Basisnormen sluit geenszins uit dat er nog andere reglementen met betrekking tot de brandpreventie van toepassing kunnen zijn. De bevoegdheid voor deze materie is in België immers verdeeld over verschillende bestuursniveaus, met name de Federale diensten, de Gemeenschappen en de Gewesten en de Gemeenten. Deze verschillende bestuursniveaus kunnen specifieke reglementen uitvaardigen met het oog op de aanvulling of aanpassing van het KB Basisnormen. Er mag echter geen afbreuk gedaan worden aan de erin vervatte regels (d.w.z. dat deze niet globaal versoepeld of verstrengd mogen worden).

De eisen zijn afhankelijk van de hoogte h van het gebouw die bij conventie beschouwd wordt als de afstand tussen het afgewerkte niveau van de vloer van de hoogste ingerichte verdieping en het laagste niveau van de wegen rondom het gebouw die gebruikt kunnen worden door de voertuigen van de brandweerdiensten. Wanneer er op de dakverdieping enkel technische ruimten aanwezig zijn, wordt deze niet in aanmerking genomen bij de berekening.

Men maakt een onderscheid tussen (zie afbeelding 32):

- lage gebouwen (LG) met een hoogte h van minder dan 10 m
- middelhoge gebouwen (MG) met een hoogte h begrepen tussen 10 en 25 m
- hoge gebouwen (HG) met een hoogte h van meer dan 25 m.

Voor meer informatie over dit onderwerp verwijzen we



Afb. 32 Lage, middelhoge en hoge gebouwen.

de geïnteresseerde lezer naar de rubriek van de Normen-Antenne 'Brandpreventie' op www.wtcb.be.

3.2.2 BRANDREACTIE EN BRANDWEERSTAND

De reglementaire documenten leggen voornamelijk eisen op met betrekking tot de brandreactie en de brandweerstand, twee verschillende karakteristieken die men niet met elkaar mag verwarren.

Zo is de **brandreactie** van een **bouwproduct** het geheel van eigenschappen van dit product die het ontstaan en de ontwikkeling van een brand kunnen beïnvloeden. De brandreactieclassificatie (zie kader op de volgende bladzijde) wordt beschreven in de norm NBN EN 13501-1 [B92]. Ze wordt gedeclareerd in de begeleidende informatie bij de CE-markering.

Bepaalde producten en materialen met een welkend en stabiel brandgedrag moeten niet aan de voorziene proeven onderworpen worden. Hun brandreactie moet evenmin proefondervindelijk bewezen worden. Ze vallen onder de beschikkingen van de Commissie die in het Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen gepubliceerd werden onder de benamingen '*deemed to satisfy*' (verondersteld te voldoen) en/of '*classified without further testing*' (CWFT) (geklasseerd zonder verdere proeven). Dit is het geval voor genormaliseerde metselstenen (normenreeks NBN EN 771) [B22 tot B27] en genormaliseerde metsel-

Europese classificatie van de brandreactie van bouwproducten

Hoofdklassen:

- A1, A2: onbrandbaar of weinig brandbaar
- B, C, D, E, F: brandbaar
- NPD (*no performance determined*): niet bepaald

Bijkomende indices:

- rookontwikkeling (klasse s voor *smoke*): s1, s2 en s3; de index s1 stemt overeen met weinig ondoorzichtige rook en de index s3 met zeer ondoorzichtige rook
- vorming van druppels (klasse d voor *droplets*): d0, d1 en d2; de index d0 stemt overeen met de afwezigheid van de vorming van brandende druppels, d1 met de afwezigheid van de vorming van brandende druppels gedurende meer dan 10 seconden en d2 met een onbeperkte vorming.

mortels (norm NBN EN 998-2) [B46], evenals voor gipsblokken die zonder proeven geclassificeerd kunnen worden als A1 op voorwaarde dat hun gehalte aan organische stoffen niet hoger is dan 1 %.

De **brandweerstand** kan dan weer omschreven worden als het vermogen van een **bouwelement** om gedurende een bepaalde tijdspanne zijn dragende functie, zijn vlamdichtheid en/of zijn thermische isolatie in geval van brand te behouden. De classificatie van de brandweerstand staat beschreven in de norm NBN EN 13501-2 [B93]. Ze wordt uitgedrukt in minuten en voorafgegaan door één of meerdere van de volgende criteria:

- R, voor de brandstabiliteit
- E, voor de vlamdichtheid
- I, voor de thermische isolatie (in de context van brandveiligheid gaat het om het vermogen van een element om de warmteoverdracht tegen te gaan).

3.2.3 EUROCODE 6, DEEL 'BRAND'

De delen van de Constructieve Eurocodes die gewijd zijn aan brand, zoals de NBN EN 1996-1-2 ANB [B71], gaan dieper in op de manier waarop constructies of delen ervan berekend moeten worden om hun brandweerstand te waarborgen. De meest gangbare procedure in het geval van metselwerk is gebaseerd op de resultaten van genormaliseerde brandweerstandsproeven (zie § 3.2.4 hierna).

3.2.4 TABELWAARDEN VOOR DE BRANDWEERSTAND

De brandweerstand van muren uit metselwerk kan beoordeeld worden aan de hand van de tabelwaarden

uit bijlage B van de NBN 1996-1-2 en zijn nationale bijlage evenals uit de NBN EN 15318 [B70, B71, B98]. De betreffende tabellen geven de minimale nominale dikte van het metselwerk aan die nodig is om de verwachte brandweerstandsklasse te bereiken en dit, afhankelijk van de aard van de metselsteen, diens groep en volumieke massa, het type mortel en het belastingsniveau. Ze gelden ook voor metselwerkconstructies die uitgevoerd worden met een horizontale lintvoegwapening. Metselwerk, opgebouwd uit metselstenen uit natuursteen, komt niet in aanmerking.

In tabel 33 (p. 42) wordt een niet-beperkende samenvatting van de tabelwaarden gegeven.

De tabelwaarden voor metselwerk zonder oppervlakteafwerking kunnen eveneens gebruikt worden indien de stootvoegen niet opgevuld zijn met mortel en hun breedte kleiner is dan of gelijk is aan 2 mm. Indien de voegbreedte gelegen is tussen 2 en 5 mm, zijn deze waarden bruikbaar op voorwaarde dat de blokken voorzien zijn van een tand en groef of dat ze op minstens één zijde voorzien zijn van een gipsbepleistering van minimum 1 mm dik.

De detaillering van de metselwerkconstructies (met inbegrip van de verbindingen tussen de bouwelementen) mag de brandweerstand van het bouwwerk niet verminderen (zie § 5.6 'Verbindingen', p. 89, § 5.11.1 'Sleuven en uitsparingen', p. 108, en § 3.2.5 'Doorvoeringen in brandwerende wanden', hierna).

De verbindingen tussen de niet-dragende wanden en de andere bouwelementen mogen de vereiste brandweerstand niet in het gedrang brengen (zie § 5.6, p. 89, en **Technische Voorlichting nr. 254**) [W18].

Tabel 33 Minimale nominale dikte, afwerking niet inbegrepen, van dragende en niet-dragende scheidende muren ⁽¹⁾ uit metselwerk die nodig is om de verhoopde brandweerstand te bereiken en dit, in functie van de aard en de groep van de metselstenen (niet-beperkende lijst, zie NBN EN 1996-1-2 ANB en NBN EN 15318) [B71, B89].

Metselsteen ⁽²⁾	Groep ⁽³⁾	Brandweerstand voor een duur in minuten ⁽⁴⁾							
		Dragende muren				Niet-dragende muren ⁽⁵⁾			
		REI 30	REI 60	REI 120	REI 240	EI 30	EI 60	EI 120	EI 240
Baksteen	1 ⁽⁶⁾	90 mm (90 mm)	100 mm (90 mm)	140 mm ⁽⁷⁾ (140 mm)	190 mm ⁽⁷⁾ (190 mm)	60 tot 100 mm (50 tot 70 mm)	100 mm (90 mm)	130 mm (130 mm)	190 mm (170 mm)
	2	90 mm (90 mm)	90 mm (90 mm)	140 mm (130 mm) ⁽⁸⁾	190 mm (190 mm)				
Kalkzandsteen	1	90 mm (90 mm)	90 mm (90 mm)	140 mm (140 mm) ⁽⁸⁾	190 mm (170 mm) ⁽⁸⁾	70 mm (50 mm)	90 mm (70 mm)	120 mm (120 mm)	140 mm (140 mm)
Beton	1	90 mm (90 mm)	90 mm (90 mm)	130 mm (120 mm)	170 mm (170 mm)	50 mm (50 mm)	90 mm (70 mm)	130 mm (120 mm)	170 mm (170 mm)
	2	90 mm (90 mm)	100 mm (90 mm)	150 mm (140 mm)	210 mm (200 mm)	50 mm (50 mm)	90 mm (90 mm) ⁽⁹⁾	150 mm (140 mm)	210 mm (200 mm)
Cellenbeton	1 en 1S	90 mm (90 mm)	90 mm (90 mm)	90 mm (90 mm)	190 mm (190 mm)	50 mm (50 mm)	70 mm (70 mm)	90 mm (90 mm)	190 mm (190 mm)
Gipsblokken ⁽¹⁰⁾									
– holle	–	–	–	–	–	–	60 mm	70 mm	–
– volle	–	–	–	–	–	–	50 mm ⁽¹¹⁾	60 mm	100 mm

⁽¹⁾ Scheidende muren zijn bestemd om elke vorm van brandvoortplanting van één plaats naar een andere te voorkomen en zijn slechts aan één zijde blootgesteld (voorbeeld: muren van vluchtwegen, muren van trappenhuisen, compartimenteringsmuren).

⁽²⁾ Gecombineerd met een mortel voor algemene toepassingen (G) of een mortel voor dunne voegen (T).

⁽³⁾ Zie definities in Bijlage B (p. 121).

⁽⁴⁾ De waarden tussen haakjes hebben betrekking op muren met een afwerking (met uitzondering van cementgebonden bepleisteringen, die de brandweerstand van een muur uit metselwerk bij deze waarden gewoonlijk niet doen toenemen) met een minimale dikte van 10 mm aan beide zijden van een enkelwandige muur of aan de blootgestelde zijde van een spouwmuur. Voorbeelden van afwerkingen: gipspleister (NBN EN 13279-1) [B91], bepleistering van het type LW of T (NBN EN 998-1) [B45].

⁽⁵⁾ Deze diktes zijn enkel van toepassing voor muren met een slankheid van maximum 40 (hoogte/dikte ≤ 40). Voor een muur van 9 cm dik moet de hoogte bijvoorbeeld kleiner zijn dan of gelijk zijn aan 360 cm.

⁽⁶⁾ Schijnbare bruto volumieke massa ≥ 800 kg/m³.

⁽⁷⁾ De eis is minder streng voor metselstenen uit groep 1S.

⁽⁸⁾ Een minder belaste muur leidt tot een minder grote dikte.

⁽⁹⁾ De eis is minder streng voor gewone granulaten dan voor lichte granulaten.

⁽¹⁰⁾ Met een gemiddelde (M) of hoge (D) dichtheidsklasse.

⁽¹¹⁾ Enkel met een gemiddelde (M) dichtheidsklasse.

3.2.5 DOORVOERINGEN IN BRANDWERENDE WAN- DEN

Volgens het KB Basisnormen mogen de doorvoeringen van leidingen voor fluïda of elektriciteit, alsook andere verzwakkingen zoals stopcontacten en schakelaars, de vereiste brandweerstand van de bouwelementen niet nadelig beïnvloeden.

Om de brandweerstand van een bouwelement (zoals een muur uit metselwerk) te waarborgen, is het van essentieel belang dat alle onvermijdelijke doorboringen (elektrische kabels, leidingen voor fluïda, luchtkanalen, schakelaars, stopcontacten, lineaire voegen ...) die erin aanwezig zijn, correct afgedicht worden. De

uitvoeringsvoorschriften voor deze afdichtingen worden uit de doeken gedaan in de [Technische Voorlichting nr. 254](#) [W18].

3.2.6 BRANDVEILIGHEID VAN GEVELS

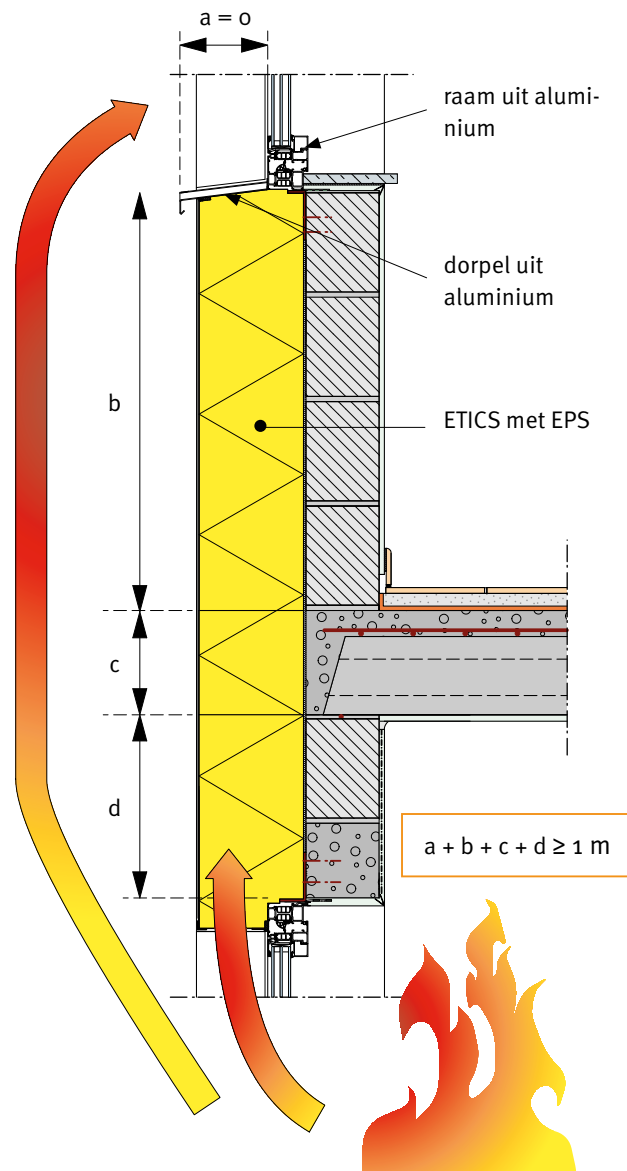
Met uitzondering van eengezinswoningen, waarvoor er geen bijzondere brandveiligheidseisen van toepassing zijn, moeten alle nieuwe gebouwen beantwoorden aan de reglementaire eisen ter beperking van het risico op brandoverslag via de gevels. De huidige voorschriften hebben betrekking op:

- de [brandreactie van de gevelbekleding](#); minimale klasse D-s3, d1 voor lage gebouwen (h < 10 m) en

B-s3, d1 voor middelhoge ($10 \text{ m} \leq h \leq 25 \text{ m}$) en hoge gebouwen ($h > 25 \text{ m}$). Deze eis is van toepassing op de gevelbekleding, d.w.z. op de buitenafwerking van het metselwerk (voor zover aanwezig). De eventuele invloed van de onderliggende lagen (achter de bekleding) moet in aanmerking genomen worden, tenzij deze beschermd zijn door een element dat tot de beschermingsklasse $K_2 10$ behoort. Zichtbaar blijvend metselwerk dat opgebouwd is uit de genormaliseerde producten, beschreven in hoofdstuk 2, beantwoordt in de regel aan deze criteria, aangezien het tot de klasse A1 behoort (zie § 3.2.2, p. 40) en redelijkerwijs beschouwd kan worden als ten minste beantwoordend aan de klasse $K_2 10$.

- de brandweerstand van het gevelement en de aansluiting ervan met de vloer; in het geval van middelhoge en hoge gebouwen moet het gevelement een brandweerstand E 60 vertonen (vlamdichtheid gedurende 60 minuten) over een minimale ontwikkelde lengte van 1 m, berekend volgens het KB Basisnormen (afbeelding 33). Hierbij worden enkel de elementen met een brandweerstand E 60 in aanmerking genomen, wat dus dorpels en ramen uit aluminium en pleistersystemen op EPS en dergelijke uitsluit.

Element van de beschermingsklasse $K_2 10$ (of $K_2 30$): element dat gedurende 10 minuten (of 30 minuten) beschermd is tegen een te sterke opwarming en een beginnende verbranding of carbonisatie.



Afb. 33 Bepaling van de ontwikkelde lengte in het geval van een muur met een ETICS.

Het risico op brandoverslag via de gevel wordt vandaag de dag niet rechtstreeks gedekt door de Europese proefmethoden en is ook niet expliciet voorzien in de van kracht zijnde Belgische reglementeringen. Het gaat hier onder meer om de brandoverslag via de brandbare gevelonderdelen (onder meer de isolatie), of via de geventileerde luchtsponw die zich achter de gevelbekleding bevindt en een schoorsteeneffect kan teweegbrengen. De brandweerdiensten kunnen aanbevelingen formuleren om dit risico in aanmerking te nemen in het kader van hun advies, gekoppeld aan de vergunningsaanvraag. Bij gebrek aan geharmoniseerde richtlijnen, kunnen deze aanbevelingen echter van brandweerdienst tot brandweerdienst verschillen.

De regelgeving wordt momenteel herzien en zal bij de publicatie van deze TV waarschijnlijk een aantal grondige wijzigingen ondergaan hebben.

3.3 HYGIËNE, GEZONDHEID EN MILIEU

3.3.1 RISICO OP CONDENSATIE

Het risico op condensatie is afhankelijk van de samenstelling van de volledige wand, van de omgeving aan weerszijden van de wand en dus ook van de binnenklimaatklasse (zie tabel 34, p. 44) en de detaillering van de bouwknopen.

Er moet ook gezorgd worden voor een toereikende luchtdichtheid (zie TV 255) [W19]. De continuïteit van de luchtdichtheid moet gewaarborgd worden op het

Tabel 34 Courante gebouwen (*) en hun overeenkomstige binnenklimaatklassen.

Binnenklimaatklassen en betrokken gebouwtypes		Gebouwvoorbeelden
Klasse I	Gebouwen met weinig tot geen permanente vochtproductie	Stapelplaatsen voor droge goederen, kerken, toonzalen, garages, werkplaatsen
Klasse II	Gebouwen met beperkte vochtproductie per m ³ en een goede ventilatie	Geventileerde woningen, scholen, winkels, niet-geklimateerde kantoren, sportzalen en polyvalente hallen
Klasse III	Gebouwen met een belangrijke vochtproductie per m ³ en een matige ventilatie	Niet-geventileerde woningen, ziekenhuizen, verzorgingstehuizen, verbruikszalen, restaurants, feestzalen, theaters, laaggeklimateerde gebouwen (RV ≤ 60 %)
Klasse IV	Gebouwen met een hoge vochtproductie	Hooggeklimateerde gebouwen (RV > 60 %), hydrotherapieruimten, overdekte zwembaden, vochtige industriële ruimten zoals wasserijen, drukkerijen, brouwerijen, papierfabrieken ...
(*) Voor gebouwen in overdruk of met een sterk wisselend vochtgehalte (bv. discotheken) is er een bijzondere hygrothermische studie vereist.		

niveau van het beschermde volume van het gebouw en dit, om luchtlekken te voorkomen. Deze laatste kunnen immers niet alleen de energieprestaties van het gebouw beïnvloeden, gelet op de warmteverliezen door infiltratie/exfiltratie die ze teweegbrengen, maar kunnen ook aan de grondslag liggen van inwendige condensatieproblemen.

Zowel bij nieuwbouw als bij renovatie kan een geschikte behandeling van de bouwknopen het risico op condensatie beperken. Bouwknopen worden namelijk enerzijds verondersteld toe te laten om de thermische verliezen door transmissie te verminderen en anderzijds om het risico op oppervlaktecondensatie of schimmelontwikkeling te verkleinen of zelfs te elimineren. Vermits deze twee prestaties nauw met elkaar verbonden zijn, kan het risico op condensatie en op schimmelontwikkeling beoordeeld worden door een numerieke berekening op basis van de temperatuurfactor (f). Zo bestaan er aanbevelingen met betrekking tot de temperatuurfactor die bereikt moet worden om dit risico binnen de perken te houden [L1].

Het voorzien van een buitenisolatie komt het hygrothermische gedrag van een wand doorgaans ten goede. Er moet echter bijzondere aandacht besteed worden aan situaties die minder gunstig zijn, zoals de aanwezigheid van een ruimte van de binnenklimaatklasse IV. In het geval van spouwmuren waarvan de spouw volledig opgevuld wordt, mag het binnenklimaat van het gebouw niet te vochtig zijn om het risico op bevochtiging tegen te gaan. Voor gebouwen uit de binnenklimaatklasse IV is de volledige spouwopvulling af te raden, tenzij er gepaste vochtbeheersingsmaatregelen getroffen worden aan de hand van een voorafgaandelijke hygrothermische studie.

Bij nieuwbouw is een isolatie van de buitenmuren langs de binnenzijde eerder ongebruikelijk. Dit vereist immers bijzondere maatregelen voor wat het hygrothermische gedrag van de wand betreft en dit, niet alleen in de ontwerpfase, maar ook tijdens de uitvoering [L2].

3.3.2 BLOOTSTELLING VAN SPOUWMUREN AAN SLAGREGEN IN GEVAL VAN EEN VOLLEDIGE SPOUWOPVULLING

De luchtspouw van spouwmuren doet dienst als decompressiekamer en als capillaire onderbreking. De afwezigheid ervan in geval van een volledige spouwopvulling leidt tot een sterkere vochtbelasting van de buitenwand. Deze verhoogde belasting leidt enerzijds tot een groter risico op uitbloeiingen en een sterkere vorst-dooibelasting, wat gepaard kan gaan met schade. Anderzijds verhoogt de afwezigheid van een spouw het risico op infiltraties bij slagregen.

De volledige opvulling van de spouw is bijgevolg afgeraden voor gevels met een sterke blootstelling aan wind en regen. De hoogte ervan dient met andere woorden beperkt te worden in functie van de windzone en de terreinruwheidscategorie (zie tabel 35).

Muren met een noordelijke, noordoostelijke en oostelijke oriëntatie zijn doorgaans minder blootgesteld aan slagregen, maar kunnen in geval van neerslag soms toch bevochtigd worden als gevolg van wervels (bv. door de randeffecten of de bebouwde omgeving). Dit neemt niet weg dat men voor gevels met een noordwestelijke tot noord- à zuidoostelijke oriëntatie een terreinruwheidscategorie van een minder strenge klasse kan hanteren.

Tabel 35 Beperking van de blootstelling aan slagregen ⁽¹⁾ van spouwmuren met een volledige spouwopvulling. Aanbevolen maximale referentiehoogtes Z_e .

Terreinruwheidscategorie ⁽²⁾		Referentiewindsnelheid $v_{b,0}$			
		26 m/s	25 m/s	24 m/s	23 m/s
Kuststreek	0	0 m			
Platteland	I	0 m	0 m	0 m	0 m
Zone met lage vegetatie	II	4 m	5 m	6 m	8 m
Voorstedelijke zone; bos	III	12 m	15 m	19 m	21 m
Stad	IV	25 m ⁽³⁾	25 m ⁽³⁾	25 m ⁽³⁾	25 m ⁽³⁾

⁽¹⁾ Deze beperking is gebaseerd op een waterdichtheidsdruk van 500 Pa. De waterdichtheidsdruk wordt gegeven door de volgende empirische formule, gebaseerd op de NBN EN 1991-1-4 ANB [B66]: $\frac{1}{2} c_{p,e} + q_{p(Z_e)} c_{prob}^2$ met $c_{p,e} = 1,3$, $c_{prob} = 1$ (terugkeerperiode van 50 jaar) en $q_{p(Z_e)}$ = dynamische piekdruk.
⁽²⁾ Voor de ruwheidscategorieën en de windzones verwijzen we naar Bijlage I (p. 132).
⁽³⁾ Bij gebrek aan ervaring is het aanbevolen om deze waarde te beperken tot 25 m.

3.4 GEBRUIKSVEILIGHEID

3.4.1 WINDWEERSTAND VAN BUITENGEVELMUREN

Bij spouwmuren die blootgesteld worden aan zijdelingse windbelastingen, moeten de ankers die de twee spouwbladen met elkaar verbinden in staat zijn om de belastingen die aangrijpen op de buitengevel naar de draagstructuur over te dragen. De windbelasting wordt berekend volgens de norm NBN EN 1991-1-4 en zijn nationale bijlage [B65, B66] en is met name afhankelijk van de windzone, de hoogte van het gebouw en de terreinruwheidscategorie. Ze moet door het studiebureau meegedeeld worden aan de aannemer. De sterkte van het anker wordt afgeleid uit de informatie die verstrekt wordt door de fabrikant. Gelet op de ervaring worden er in België gewoonlijk minstens 5 ankers per m^2 aangebracht (vastgelegd in de NBN EN 1996-1-1 ANB) [B69].

Indien het ontwerp afwijkt van de gewone regels, bv. wanneer de dikte van de gevel kleiner is dan 9 cm of er minder dan 5 ankers per m^2 gebruikt worden (in tegenstelling tot wat vastgelegd is in de NBN EN 1996-1-1 ANB), moet men de dimensionering volgens de Eurocode 6 (zie tabel 36) aanvullen met een controle van het gedrag bij buiging van het gevelmetselwerk bij blootstelling aan de totale windbelasting. In dit geval moet ook de schokbestendigheid nagegaan worden.

3.4.2 GEBRUIKSVEILIGHEID VAN METSELWERK

Metselwerk wordt in het algemeen geacht bestand te zijn tegen accidentiele schokken (zacht en zwaar lichaam dat de handeling van een persoon die per ongeluk tegen de wand valt, nabootst), rekening hou-

Tabel 36 Minimum aantal ankers (n_f) waarin voorzien moet worden per m^2 .

Rekenwaarde van de sterkte van het anker F_d ⁽¹⁾	Rekenwaarde van de windbelasting W_{ed} ⁽²⁾		
	≤ 1000 Pa	≤ 1500 Pa	≤ 2000 Pa
≥ 200 N	5	8	10
≥ 300 N	5	5	7
≥ 400 N	5	5	5
≥ 500 N	5	5	5

⁽¹⁾ $F_d = F_k / \gamma_M$ met:
 F_k = de gemiddelde gedeclareerde sterkte van de ankers volgens de NBN EN 845-1 [B39] (zie § 2.3, p. 25)
 γ_M = partiële veiligheidscoëfficiënt ter waarde van 2,7 of 2,2 in functie van de uitvoeringsklasse (normaal of speciaal; zie § 3.1.3, p. 36).
⁽²⁾ Zie norm NBN EN 1991-1-4 ANB [B66] (opmerking: 1 Pa = 1 N/m²).

dend met de bestemming van het gebouw (woongebouw, kantoorgebouw, bijeenkomstruimten, handelspanden ...). Wanneer een controle van de sterkte vereist is (niet-traditioneel metselwerk, dun metselwerk, niet-dragende wand met grote hoogte ...), dan moet de voorschrijver zich voor het vastleggen van de eisen laten leiden door het Technisch Rapport 001 (TR001) van de EOTA [E2] en/of door de norm NBN ISO 7892 [B109]. Borstweringen uit metselwerk moeten beantwoorden aan de eisen uit de NBN B 03-004 [B8].

Niet-dragend metselwerk vormt een secundaire structuur die niet bijdraagt tot de stabiliteit van het gebouw. Het heeft als voornaamste functie om de ruimten af te bakenen. Bij het ontwerp ervan moet echter wel voldoende aandacht uitgaan naar de stabiliteit en dit, om de veiligheid van personen te vrijwaren. De belastingen waaraan het blootgesteld is en die in rekening gebracht moeten worden, zijn:

- differentiële drukken (drukverschillen in geval van

sterke wind, bijvoorbeeld door de accidentele opening van een gevelvenster)

- horizontale belastingen ten gevolge van een belasting door personen (bv. collectieve druk in openbare ruimten)
- bijzondere belastingen (zware tot heel zware voorwerpen die opgehangen worden aan de wand, scheidingswanden in een gevangenis ...).

Deel 1-1 van de Eurocode 1 bepaalt de horizontale lineaire belasting die men in beschouwing moet nemen voor muren of scheidingswanden en dit, in functie van de gebruikscategorieën die erin gedefinieerd worden. De dimensionering gebeurt op basis van de norm NBN EN 1996-1-1 [B68] of aan de hand van proefresultaten. Voor het vastleggen van de eisen en de proefmethoden kan men zich laten leiden door de ETAG 003 [E3]. Deze eisen en methoden zijn samengevat in de *Technische Voorlichting nr. 233* [W14].

De sterkte van niet-dragende wanden wordt niet alleen beïnvloed door de aard en de afmetingen van de materialen waaruit het metselwerk samengesteld is, maar ook door de opleggingsvoorwaarden (onderaan, bovenaan, zijdelings).

3.5 BESCHERMING TEGEN LAWAAI

3.5.1 ALGEMEEN KADER

België beschikt over normen die de akoestische criteria voor woon- (NBN S 01-400-1) [B111] en schoolgebouwen (NBN S 01-400-2) [B112] vastleggen. Er is ook een norm met criteria voor niet-residentiële gebouwen (NBN S 01-400-3) in voorbereiding. Zolang deze nog niet van kracht is, blijven de eisen uit de normen NBN S 01-400 [B110] en NBN S 01-401 [B113] van toepassing.

De eisen ter bescherming tegen geluidshinder moeten in aanmerking genomen worden vanaf het ontwerp, bij het uitwerken van de bouwdetails en in de uitvoeringsmethoden.

De norm NBN S 01-400-1 bepaalt de akoestische prestaties die vereist zijn opdat een afgewerkt gebouw dat volledig of gedeeltelijk bestemd is voor bewoning een normaal akoestisch comfort of een verhoogd akoestisch comfort zou kunnen verzekeren. Er worden prestatie-eisen gesteld aan de gevelisolatie, aan de lucht- en contactgeluidsisolatie tussen woongebouwen en aan het geluidsniveau van technische installaties. Het bereiken van een verhoogd akoestisch comfort vraagt om een expliciete vermelding in de technische

beschrijving, evenals om specifieke oplossingen en een gespecialiseerde behandeling.

De norm NBN S 01-400-2 legt de akoestische prestaties vast die vereist zijn voor afgewerkte schoolgebouwen. Hij heeft zowel betrekking op de lucht- en contactgeluidsisolatie, als op het installatielawaai en de nagalm.

Hieronder volgt een korte samenvatting van de akoestische aspecten die van belang zijn voor metselwerk.

3.5.2 LUCHTGELUIDSISOLATIE VAN MUREN UIT METSELWERK

3.5.2.1 Geluidsverzwakkingsindex van enkelvoudige wanden

De geluidsverzwakkingsindex R karakteriseert de weerstand die door een bouwelement in het laboratorium geboden wordt tegen de transmissie van luchtgeluid. Naarmate de geluidsverzwakkingsindex hoger is, zal het bouwelement minder geluidsvermogen doorlaten. De geluidsverzwakkingsindex is afhankelijk van de frequentie van het invallende geluid. De norm NBN EN ISO 717-1 [B101] laat toe om het gemeten isolatiespectrum om te zetten in een eengetalswaarde R_w .

De gewogen geluidsverzwakkingsindex R_w van enkelvoudige wanden uit metselwerk wordt voornamelijk bepaald door de oppervlaktemassa, uitgedrukt in kg/m^2 . De akoestische isolatie verbetert naarmate de wanden zwaarder zijn.

Bij metselwerkwanden die opgebouwd zijn uit redelijk poreuze materialen zoals lichte betonblokken speelt ook de afwerking een belangrijke rol. Indien deze blokken niet minstens aan één zijde afgewerkt zijn met een bepleistering kunnen de akoestische prestaties sterk beperkt worden (tot 20 dB) omwille van de gebrekkige akoestische lekdichtheid.

3.5.2.2 Geluidsverzwakkingsindex van dubbele wanden

De geluidsisolatieniveaus die bereikt worden met dubbele wanden kunnen hoger zijn dan deze die bereikt worden met even zware enkelvoudige wanden, mits aan enkele voorwaarden voldaan is. Voor aanpalende constructies kan een ankerloze spouwmuur die opgebouwd is uit twee (half)zware deelwanden een akoestisch performante oplossing bieden. Men dient

Definities en symbolen

- R_w [dB]: de volgens de NBN EN ISO 717-1 [B101] berekende en in het laboratorium gemeten gewogen geluidsverzwakkingsindex van een bouwelement. Deze berust op een meting per tertsband van de geluidsverzwakkingsindex R volgens de NBN EN ISO 10140-2 [B104].
- $D_{nT,w}$ [dB]: het volgens de NBN EN ISO 717-1 [B101] berekende en ter plaatse gemeten gewogen gestandaardiseerde geluidsdruk-niveaunderschil tussen twee ruimten. Dit berust op een meting per tertsband van het gestandaardiseerde geluidsdruk-niveaunderschil D_{nT} volgens de NBN EN ISO 16283-1 [B107].
- D_{Atr} [dB]: het volgens de NBN EN ISO 717-1 [B101] berekende en ter plaatse gemeten gewogen gestandaardiseerde geluidsdruk-niveaunderschil van een gevelvlak, vermeerderd met een aanpassingsterm voor het stadsverkeerslawaai ($D_{Atr} = D_{2m,nT,w} + C_{tr}$). Dit berust op een meting per tertsband van het gestandaardiseerde geluidsdruk-niveaunderschil $D_{2m,nT}$ volgens de NBN EN ISO 16283-3 [B108].

hierbij echter wel de volgende voorzorgsmaatregelen te treffen:

- elke structurele koppeling tussen de twee deelwanden (via mortelbruggen, spouwankers, doorlopende plafonds, vloeren of kopse wanden) moet vermeden worden. Voor de aansluitingen met de funderingen en de gevels gelden er een aantal specifieke bouwrichtlijnen (zie § 3.5.3)
- de spouwbreedte moet minstens 4 cm bedragen
- de spouw mag volledig opgevuld worden met een poreuze en soepele thermische isolatie. Harde thermische-isolatiepanelen mogen gebruikt worden indien er een minimale luchtspouw van 2 cm behouden blijft om elk hard structureel contact te vermijden
- indien de twee deelwanden uit hetzelfde materiaal bestaan, kan het nuttig zijn om voor elk ervan in een verschillende dikte te voorzien.

3.5.3 GLOBALE BOUWCONCEPTEN

3.5.3.1 Geluidsisolatie tussen twee ruimten

Het gestandaardiseerde geluidsdruk-niveaunderschil $D_{nT,w}$ tussen twee ruimten hangt af van de (directe) geluids-

verzwakkingsindex *in situ* van de gemene muur, van diens oppervlakte, van het volume van de ontvangstruimte en van de flankerende geluidstransmissie.

Er bestaan 12 flankerendetransmissiewegen (namelijk 4 bouwknopen tussen twee balkvormige ruimten en 3 wegen per bouwknop). Voor een welbepaalde flankerendetransmissieweg is de geluidsisolatie afhankelijk van de oppervlakttemassa van de betrokken wanden en van de koppelingsdemping die voor deze transmissieweg optreedt in de bouwknop.

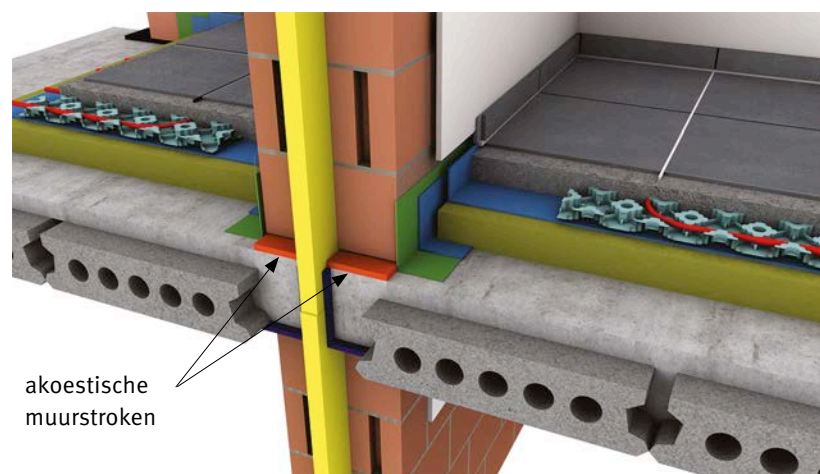
Om een normaal of een verhoogd akoestisch comfort te bereiken, dient men dus te kijken naar het globale bouwconcept en niet alleen naar de structuur van de gemene muur.

3.5.3.2 Toepassing van akoestische muurstroken

Om de verticale flankerende transmissie via metselwerk wanden tussen appartementen met halfzware vloeren te verminderen, kunnen er akoestische muurstroken op of onder de dragende muren toegepast worden (afbeelding 34). Deze stroken zorgen voor een bijkomende koppelingsdemping aan de aansluiting tussen de muur en de vloer.

De aanwezigheid van akoestische muurstroken onder en boven de twee deelwanden laat toe om de akoestische prestaties van de structuur te verbeteren, zelfs indien de vloerplaat niet ononderbroken is.

Het gebruik van deze akoestische stroken vergt een aantal bijzondere maatregelen, met name ter hoogte van de aansluiting met de zwevende vloer (afbeelding 34). Ze



Afb. 34 Aansluitingsdetail van een halfzware constructie met akoestische muurstroken.

moeten bovendien aangebracht worden volgens de instructies van de fabrikant, rekening houdend met hun impact op het draagvermogen van de muur.

3.5.3.3 Specifieke bouwrichtlijnen voor de funderingen

Ankerloze spouwmuren vereisen specifieke aansluitingsdetails ter hoogte van de fundering. Afbeelding 35 toont een aantal mogelijke oplossingen die toelaten om een normaal ($D_{nT,w} \geq 58$ dB) of verhoogd ($D_{nT,w} \geq 62$ dB) akoestisch comfort tussen twee aangrenzende woningen te verkrijgen.

3.5.3.4 Gevelisolatie en specifieke bouwrichtlijnen voor de aansluiting met de gevel

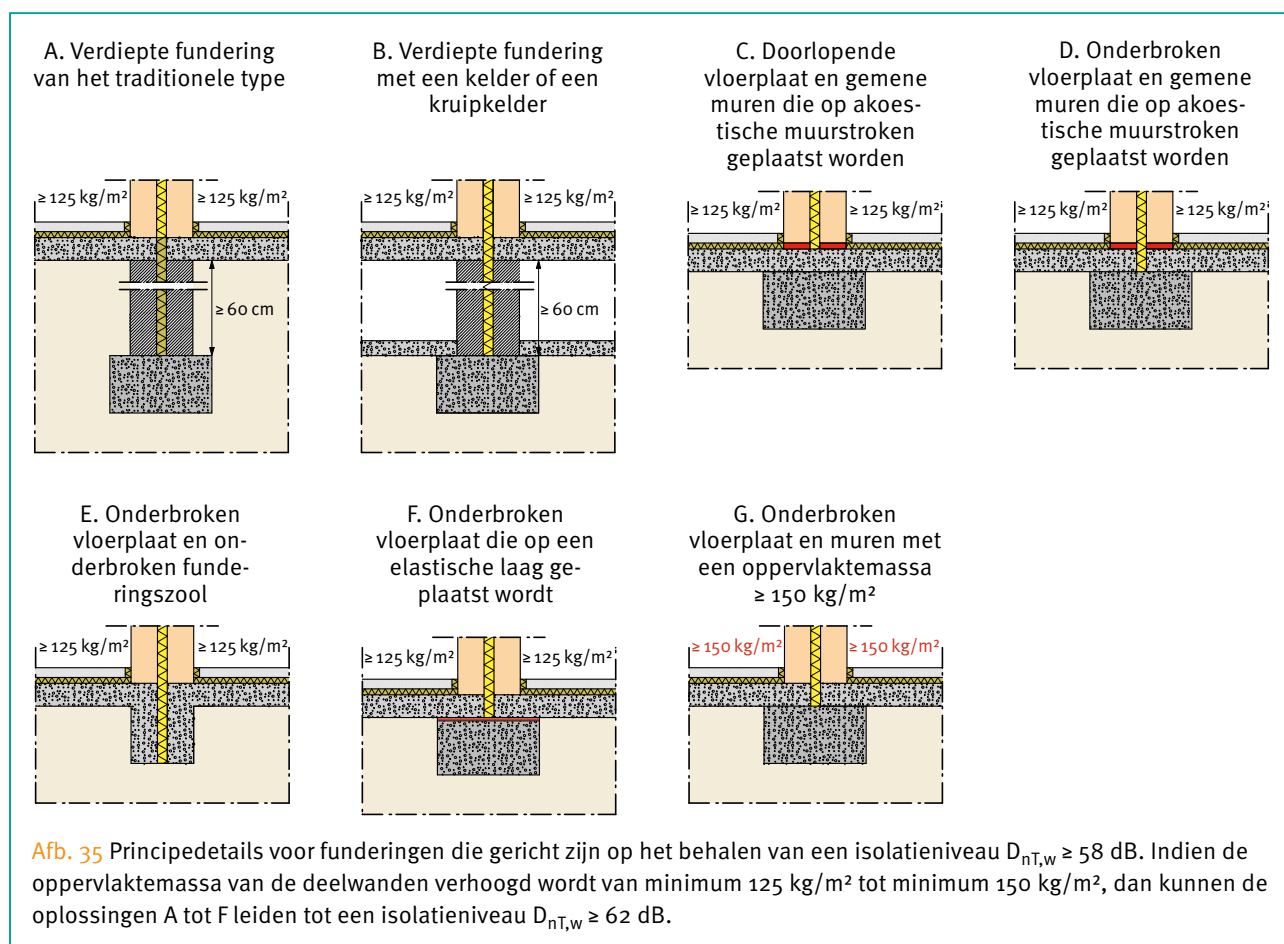
De geluidstransmissie doorheen de massieve delen van gevels is meestal verwaarloosbaar vermits de akoestische isolatie van de gevel D_{Atr} in hoofdzaak bepaald wordt door de prestaties van de lichte elementen (vensters, deuren, ventilatieroosters ...).

Ter hoogte van de gemene muur mag het binnenspouwblad in geen geval doorlopend zijn. Indien men een verhoogd akoestisch comfort wenst te verkrijgen, is het aanbevolen om ook het buitenspouwblad te onderbreken en de voeg eventueel op te vullen met een soepel materiaal (zie afbeelding 109, p. 106).

Om omloopgeluid via de spouw te vermijden, strekt het tot aanbeveling om deze ter hoogte van de gemene muur plaatselijk op te vullen met een soepele en poreuze thermische isolatie, en dan vooral indien er vensters aanwezig zijn in de nabijheid van de gemene muur.

3.6 ENERGIEZUINIGHEID EN THERMISCHE ISOLATIE

De energieprestatieregelgeving voor gebouwen (EPB) is van toepassing op het volledige gebouwenpark (behalve de in de regelgeving expliciet vermelde uitzonderingen) en voor alle bouw-, renovatie- en verbouwingswerken waarvoor een stedenbouwkundige vergunning vereist is.



Ze vereist onder meer dat de warmteverliezen in de lopende delen van de wanden beperkt worden en dat er rekening gehouden wordt met de bouwknopen (uitsluitend voor nieuwe of gelijkgestelde gebouwen).

Om te voldoen aan de EPB-regelgeving mag de warmtedoorgangscoefficiënt (U-waarde) van de wand niet hoger zijn dan een bepaalde grenswaarde ($U_{\max}$ -waarde), die door elk Gewest vastgelegd is en die terug te vinden is op hun respectievelijke websites. Elke lineaire of plaatselijke onderbreking van een wand die deel uitmaakt van het verliesoppervlak en die verdeeld is over dit oppervlak, moet verplicht in aanmerking genomen worden bij de berekening van de warmtedoorgangscoefficiënt (door het volgen van een vereenvoudigde rekenmethode of aan de hand van een numerieke berekening).

De warmteweerstand van het metselwerk wordt bepaald op basis van de norm NBN EN 1745 [B63]. Voor de gedetailleerde berekening van de warmteweerstand (R-waarde) en van de warmtedoorgangscoefficiënt (U-waarde) van bouwelementen kan men er een aantal Europese normen zoals de NBN EN ISO 6946 [B102], de NBN EN ISO 10077-1 [B103] en de NBN EN ISO 13370 [B106] op naslaan. De berekeningen, uitgevoerd in het kader van de gewestelijke energieprestatieregelgevingen voor gebouwen, moeten conform zijn met de Transmissiereferentiedocumenten (TRD) [M4, S1, V1] die opgenomen werden in de EPB-regelgeving van de verschillende Gewesten.

Om de bouwknopen in aanmerking te nemen in over-

eenstemming met de EPB-regelgeving, dient de verantwoordelijke voor de EPB-berekening een keuze te maken uit één van de opties A, B of C – zie afbeelding 36 (meer informatie hieromtrent is beschikbaar in het Toelichtingsdocument volgens het ‘Ontwerp tot wijziging van Bijlage IV/V van het EPB-besluit’) [T1]. Voor de detaillering ter hoogte van de bouwknopen verwijzen we bovendien ook naar de **Technische Voorlichting nr. 264** [W21].

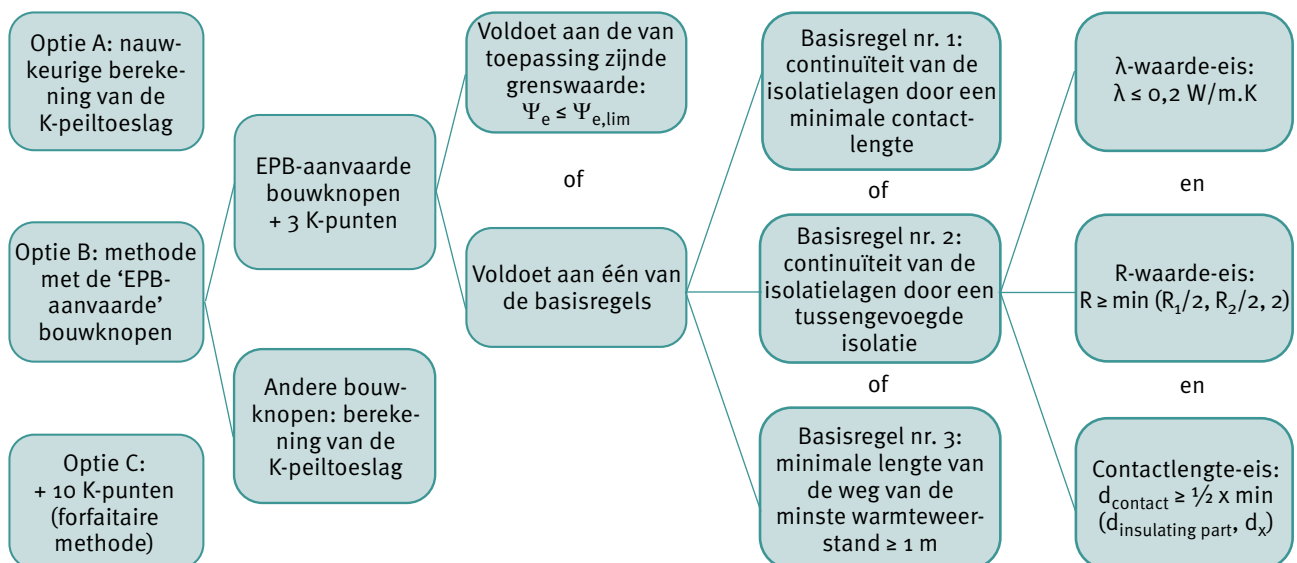
We willen onderstrepen dat het metselwerk niet als functie heeft om de luchtdichtheid van het gebouw te verzekeren (zie hiervoor ook de **TV nr. 255**) [W19].

De geïnteresseerde lezer kan de referentiedocumenten raadplegen op <http://www.energiesparen.be>, <http://energie.wallonie.be>, <https://leefmilieu.brussels/>, evenals op de website van de Normen-Antenne ‘Energie en Binnenklimaat’ van het WTCB.

3.7 DUURZAAMHEID EN GEBRUIKSGESCHIKTHEID

3.7.1 ALGEMEENHEDEN

Het metselwerk moet zodanig ontworpen en uitgevoerd worden dat de prestaties ervan aangepast zijn aan het voorziene gebruik. De keuze van de materialen is van groot belang om de duurzaamheid te verzekeren en hangt niet alleen af van de prestaties die beoogd worden in het geheel van hoofdstuk 3, maar ook van de blootstelling van het metselwerk.



Afb. 36 Opties waarmee men de impact van de bouwknopen kan bepalen.

Voor wat betreft de blootstelling dient men een onderscheid te maken tussen macrovoorwaarden en microvoorwaarden (zie NBN EN 1996-2) [B72].

Onder **macrovoorwaarden** verstaat men de weersfactoren die afhankelijk zijn van het algemene klimaat van de streek waarin het bouwwerk opgetrokken wordt en die gewijzigd worden door het effect van de plaatselijke topografie en/of door andere bouwplaatsgerelateerde aspecten. Het effect van de macrovoorwaarden op de microvoorwaarden moet in aanmerking genomen worden bij de bepaling van de bevochtiging van het metselwerk en de blootstelling ervan aan vorst-dooicycli. Men dient rekening te houden met de invloed van sneeuw en regen, de combinatie van wind en regen, temperatuurschommelingen en variaties van de relatieve vochtigheid.

Onder **microvoorwaarden** verstaat men de plaatselijke weers- en omgevingsfactoren die afhankelijk zijn van de positie van de metselsteen in de algemene structuur en dit, met inachtneming van de effecten van de bescherming (bv. aanwezigheid van een dakoversteek) of het gebrek aan bescherming (bv. afwezigheid van een muurafdekking) door de bouwdetails of de afwerkingen.

Deze voorwaarden zijn ingedeeld in de klassen MX1 tot MX5 (zie tabel 37), gelet op de weersfactoren, de graad van blootstelling aan vocht of bevochtiging ⁽⁸⁾, de blootstelling aan vorst-dooicycli en de blootstelling aan chemisch agressieve producten.

In kustgebieden moet men rekening houden met de blootstelling van het metselwerk aan zeewater en aan in de lucht gesuspenderde chloriden (klasse MX4).

Elke chemisch agressieve omgeving die het metselwerk zou kunnen aantasten, wordt in de klasse MX5 ingedeeld en moet in aanmerking genomen worden. Mogelijke bronnen van sulfaten zijn onder meer de natuurlijke grond, de grondwaterlagen, stortplaatsen en ophogingen, bouwmaterialen en in de lucht gesuspenderde pollutanten.

Wanneer de zouten via het geïnfiltreerde water doorheen het metselwerk getransporteerd kunnen worden, strekt het tot aanbeveling om rekening te houden met een mogelijke verhoging van de concentraties en de aanwezige chemische producthoeveelheden.

3.7.2 BLOOTSTELLINGSKLASSEN

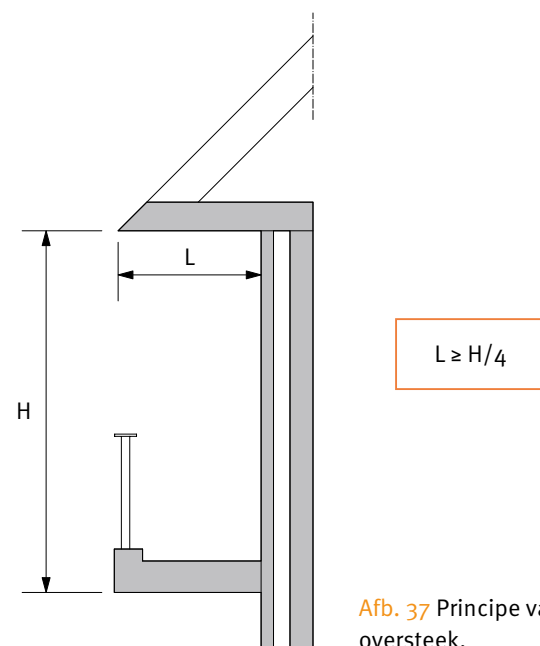
De microblootstellingsklassen zijn gerepertorieerd zoals aangegeven in tabel 37 (gebaseerd op de NBN EN 1996-2) [B72]. De materialen worden onder meer op basis van deze klassen gekozen (zie § 4.2, p. 55).

3.7.3 BESCHERMING TEGEN DE REGEN

Metselwerk dat sterk blootgesteld is aan slagregen en aan vorst-dooicycli (klasse MX3.2 - zie tabel 37) moet uitgevoerd worden met geschikte materialen (zie § 4.2, p. 55). Omwille van de hoge vochtbelasting vertonen deze muren een verhoogd risico op bevuilding, uitbloeiingen en de vorming van een mostapijt.

Dit risico kan beperkt worden door het treffen van geschikte maatregelen en een correcte materiaalkeuze. Zo strekt het tot aanbeveling om het dak te laten uitkragen ten opzichte van de gevel. Om een toereikende bescherming te bieden aan het onderliggende gevelmetselwerk, zou de grootte van deze oversteek (L) minstens 1/4 van de te beschermen gevelhoogte moeten bedragen (zie afbeelding 37).

De muurafdekkingen en de vensterdorpels zijn eveneens van belang (deze laatste worden immers zeer zwaar belast door het water dat van het glas afloopt). Ze moeten bijgevolg uitkragen ten opzichte van de



Afb. 37 Principe van de oversteek.

⁽⁸⁾ Het deel 'Uitvoering' van de Eurocode 6 (NBN EN 1996-2) [B72] geeft aanduidingen omtrent de vochtbelasting op onbeschermd muren en hun relatieve blootstelling aan water (regen).

Tabel 37 Blootstellingsklassen voor metselwerk.

Klasse	Microvoorwaarde van het metselwerk	Voorbeelden
MX1	Droge omgeving	Interieur van gebouwen voor normale bewoning of van kantoorgebouwen, met inbegrip van het binnenspouwblad van spouwmuren waar vochtindringing onwaarschijnlijk is. Bepleisterd buitenmetselwerk zonder blootstelling aan matige of hevige slagregen en afgeschermd van vocht uit de aangrenzende materialen of het aangrenzende metselwerk.
MX2 MX2.1	Blootstelling aan vocht of bevochtiging Blootstelling aan vocht, maar niet aan vorst-dooicycli, noch aan externe bronnen van sulfaten of agressieve chemische producten.	Binnenmetselwerk, blootgesteld aan aanzienlijke hoeveelheden waterdamp (bv. in een wasserij). Buitenmuren uit metselwerk, overdekt met een dakoversteek of een muurkap, zonder blootstelling aan regen. Metselwerk in een vorstvrije zone in een niet-agressieve en goed gedraineerde bodem.
MX2.2	Blootstelling aan sterke bevochtiging, maar niet aan vorst-dooicycli, noch aan externe bronnen van sulfaten of agressieve chemische producten.	Metselwerk zonder blootstelling aan vorst, noch aan agressieve chemische producten (bv. metselwerk ingegraven op een diepte van meer dan 80 cm).
MX3 MX3.1	Blootstelling aan vocht en aan vorst-dooicycli Blootstelling aan vocht of aan bevochtiging en aan vorst-dooicycli, maar niet aan belangrijke externe bronnen van sulfaten of agressieve chemische producten.	Metselwerk van de klasse MX2.1, blootgesteld aan vorst-dooicycli. Onvoldoende beschermde gevelmuur, maar zonder blootstelling aan slagregen, opgaande muur met luchtspouw, opgaande muur zonder luchtspouw met een toereikende bescherming.
MX3.2	Blootstelling aan een sterke bevochtiging en aan vorst-dooicycli, maar niet aan externe bronnen van sulfaten of agressieve chemische producten.	Metselwerk van de klasse MX2.2, blootgesteld aan vorst-dooicycli. Ondermuur vlak bij het maaiveld, opstand, schoorsteen, muurkap, kroonlijst, schermwand, grensmuur of tuinmuur, grondkerende muur, onvoldoende beschermde gevelmuur, opgaande muur zonder luchtspouw (bv. buitenspouwblad van een spouwmuur waarvan de spouw volledig opgevuld is met een isolatiemateriaal, langs binnen geïsoleerde buitenmuur), horizontaal metselwerk of metselwerk in permanent contact met water of met de grond.
MX4	Blootstelling aan een met zout verzadigde lucht, aan zeewater of aan dooizouten	Metselwerk in de kuststreek (tot 10 km van de kust). Metselwerk in de nabijheid van wegen die in de winter met dooizouten bestrooid worden.
MX5	Chemisch agressieve omgeving	Metselwerk in contact met de natuurlijke grond of met grond van ophogingen waarin water en sulfaten aanwezig zijn. Metselwerk in contact met een zeer zure grond, met vervuilde grond of met vervuild grondwater. Metselwerk in de nabijheid van een industriezone, waar agressieve chemische producten in de lucht aanwezig zijn.

Opmerking: bij de bepaling van de blootstelling van het metselwerk, is het tevens aanbevolen om het effect van de aangebrachte afwerkingen en/of de beschermende bekledingen in aanmerking te nemen.

onderliggende gevel, terwijl een opstand dient te verhinderen dat er aan de zijkanten van de dorpel water in de spouw van de muur zou binnenleken. Het dorpelvlak moet waterdicht zijn en naar buiten hellen. De binnenzijde moet voorzien zijn van een druiplijst en dit, bij voorkeur over de volledige lengte.

3.7.4 VERVORMBAARHEID VAN HET METSELWERK

Tabel 38 (p. 52), die gebaseerd is op de norm NBN

EN 1996-1-1 [B68] en de STS 22 [F2], vat de vervormbaarheidskarakteristieken van het metselwerk samen (zie ook § 5.9, p. 103).

3.8 MILIEUASPECTEN

Duurzaam bouwen is bouwen met bijzondere aandacht voor de technische, ecologische, economische en sociale aspecten van het bouwwerk. De milieupact is een deelaspect dat hierbij alsmaar belangrij-

Tabel 38 Vervormbaarheidskarakteristieken van het metselwerk.

Metselsteen		Secans elasticiteitsmodulus op korte termijn E [N/mm²]	Uiterste kruipcoëfficiënt Φ_{∞} ⁽¹⁾	Hygrometrische krimp en zwelling	Warmte-uitzettingscoëfficiënt [10 ⁻⁶ /K]
Baksteen		1000 f _k ⁽²⁾	0,5 tot 1,5	≤ 0,1 mm/m	4 tot 8
Kalkzandsteen			1,0 tot 2,0	≤ 0,45 mm/m	7 tot 11
Granulaatbeton			1,0 tot 2,0	≤ 0,45 mm/m	6 tot 12
Beton van lichte granulaten			1,0 tot 3,0	≤ 0,45 mm/m	6 tot 12
Geautoclaveerd cellenbeton			0,5 tot 1,5	≤ 0,6 mm/m	7 tot 9
Natuursteen	Magmatisch		(3)	≤ 0,1 mm/m	5 tot 9
	Sedimentair	2 tot 7			
	Metamorf	1 tot 18			

⁽¹⁾ De uiterste kruipcoëfficiënt $\Phi_{\infty} = \varepsilon_{c\infty} / \varepsilon_{el}$, waarbij $\varepsilon_{c\infty}$ de uiterste kruipvervorming voorstelt en $\varepsilon_{el} = \sigma / E$.
⁽²⁾ f_k is de karakteristieke druksterkte van het metselwerk (zie § 3.1.2.1, p. 34).
⁽³⁾ Deze waarden zijn normaal zeer laag.

ker wordt. De voornaamste punten die men in deze context in aanmerking dient te nemen, zijn: de selectie van de materialen, het transport, de sloop/ontmanteling, het hergebruik, de afvalbehandeling en de mogelijkheden tot renovatie. In de verschillende Gewesten van ons land zijn er dan ook diverse milieureglementeringen van kracht.

3.8.1 LEVENSCYCLUSANALYSE (LCA)

Levenscyclusanalyses (LCA voor *Life Cycle Analysis*) worden gebruikt om de milieu-impact van een materiaal, gebouwelement of gebouw te berekenen. Een LCA houdt rekening met de verschillende levenscyclusfasen: de productie, het transport, de installatie, het gebruik, de afbraak en de verwerking van het afval. De milieu-impact wordt ofwel uitgedrukt onder de vorm van indicatoren (klimaatverandering, verzuring van de bodem en het water, fijnstofvorming, uitputting van de grondstoffen ...), ofwel onder de vorm van een eenge-talsscore die bekomen wordt na normalisatie, weging en aggregatie van de resultaten. Voor wat de bouwsector betreft, zijn er geharmoniseerde Europese normen voor de milieu-evaluatie van bouwproducten (NBN EN 15804+A1) [B99] en gebouwen (NBN EN 15978) [B100] voorhanden. Voor meer informatie over dit onderwerp verwijzen we de geïnteresseerde lezer naar [Infofiche nr. 64](#) [1].

Om de Belgische bouwsector te ondersteunen bij het evalueren en optimaliseren van de milieuprestaties van gebouwen en bouwelementen, hebben de drie Gewesten van ons land de TOTEM-tool (*Tool to Opti-*

mise the Total Environmental impact of Materials of tool ter verbetering van de totale milieu-impact van materialen) gelanceerd [W2]. Deze tool berust op een Europese methodologie en staat gratis ter beschikking op de website www.totem-building.be. Hij kan gebruikt worden door iedere bouwprofessioneel met enige kennis van levenscyclusanalyse (LCA).

Het WTCB heeft reeds verschillende LCA-studies op metselwerkconstructies uitgevoerd. Voor meer informatie hieromtrent kan men er een drietal interessante WTCB-Dossiers op naslaan [W3, W4, W5].

3.8.2 MILIEUPRODUCTVERKLARING (EPD)

Een milieuproductverklaring of EPD (*Environmental Product Declaration*) is een gestandaardiseerde fiche met pertinente milieu-informatie over een specifiek product, die gebaseerd is op een levenscyclusanalyse. Ze heeft tot doel om de bouwprofessionelen te helpen bij het maken van een milieubewuste materiaalkeuze en dit, in alle objectiviteit en zonder een waardeoordeel te vellen.

Door de publicatie van het koninklijk besluit van 22 mei 2014 tot vaststelling van de minimumeisen voor het aanbrengen van milieuboodschappen op bouwproducten, is elke fabrikant die een milieuboodschap op zijn producten wenst aan te brengen er toe verplicht om een EPD op te stellen en om deze te laten registreren in de [federale EPD-databank](#) (publiek toegankelijk via de website www.b-epd.be). Deze staat open voor alle EPD's van bouwproducten die in over-

eenstemming zijn met de Belgische en Europese rekenregels [W1]. Elke consument kan zodoende toegang krijgen tot de achterliggende milieu-informatie van een product. Het doel van dit systeem is echter niet om een vergelijking van de milieu-impact van bouwproducten te maken op basis van de EPD's.

Hoewel de EPD's zich beperken tot bouwproducten, kunnen ze ook gebruikt worden als basis voor de milieu-evaluatie van bouwelementen of van gebou-

wen in hun geheel. Bij de beoordeling van een bouw-materiaal mag men zich echter niet focaliseren op het product *an sich*. **Men dient eveneens rekening te houden met de toepassing ervan in het gebouw.** Het is immers mogelijk dat het gebruik van een product met een geringe milieu-impact de milieuprestaties van het gebouw vermindert, omdat het bijvoorbeeld een bijkomend bevestigingsmateriaal vereist of een intensiever onderhoud gedurende de volledige levenscyclus van het bouwwerk.

4

MATERIAALKEUZE

4.1 ALGEMENE KEUZE VAN DE METSELSTENEN

De metselstenen worden gekozen in functie van het gebruik dat ervan gemaakt zal worden, van hun technische of esthetische karakteristieken (zie § 2.1, p. 11) evenals in functie van de eigenschappen die ze aan het metselwerk verlenen (zie hoofdstuk 3, p. 33).

Voor **gevelmuren** houdt het vermettelen van stenen met een breedte die kleiner is dan de traditionele waarde van 9 cm een zeker risico in (stabiliteitsproblemen en dergelijke) en vereist het bijzondere aandacht. Het vermettelen van stenen met een breedte van minder dan 6,5 cm wordt ten stelligste afgeraden.

Wanneer de metselwerken uitgevoerd worden **bij koud weer** (zie ook § 5.5.8, p. 83), dient men bij voorkeur gebruik te maken van metselstenen met een eerder geringe capillaire porositeit.

Gipsblokken worden gekozen in functie van de bijzondere belastingen waaraan ze blootgesteld zijn (zie NBN EN 15318) [B98]. Ze mogen enkel binnen toegepast worden. Hun gebruik is afgeraden in gebouwen met een hoge vochtproductie (binnenklimaatklasse IV). In vochtige ruimten, d.w.z. ruimten die met tussenpozen blootgesteld worden aan water, hetzij door hun gebruik, hetzij door de noodzaak om hun oppervlakken te reinigen met veel water, moet men vochtwerende blokken aanwenden (aanduiding H1 of H2 volgens het voorziene gebruik van de ruimte en de blootstellingsgraad van de wand aan water). Indien de zones onderhevig kunnen zijn aan waterprojecties (bv. douche in een huiselijke badkamer), is het aanbevolen om de vochtwerende blokken te bekleden met waterdichte afwerkingslagen.

In ruimten waar het oppervlak bestand moet zijn tegen schokken (bv. scholen, gangen ...) wordt aanbevolen om in de desbetreffende zones gebruik te maken van blokken met hoge dichtheid (aanduiding D). De eerste rij van elke wand moet bovendien uitgevoerd worden met vochtwerende blokken. Men dient er de technische goedkeuring van het product op na te slaan.

4.2 MATERIAALKEUZE IN FUNCTIE VAN DE BLOOTSTELLINGSKLASSE

De aard en de prestaties van de metselwerkproducten (metselstenen, mortel, toebehoren) moeten gekozen worden in functie van de toekomstige blootstelling van het metselwerk. De blootstellingsklassen staan beschreven in § 3.7.2 (p. 50).

4.2.1 METSELSTENEN EN METSELMORTELS

Metselstenen en metselmortels die blootgesteld worden aan vochtige omstandigheden of aan vorst-dooicycli moeten weerstand kunnen bieden aan een dergelijke omgeving. Tabel 39 (p. 56) geeft een overzicht van hun minimale prestaties (in detail beschreven in § 2.1.7, p. 18, § 2.2.1.5, p. 22, en § 2.2.2.3, p. 24) in functie van de strengheid van de blootstelling.

4.2.2 TOEBEHOREN

Om duurzame oplossingen te kunnen aanreiken (corrosie), moet de aard van het toebehoren afgestemd worden op de blootstelling ervan.

De tabellen 40, 41 en 42 (p. 57, 58 en 59), die gebaseerd zijn op de Eurocode 6 (NBN EN 1996-2) [B72], geven aanbevelingen voor het gebruik van het toebehoren en dit, in functie van de blootstellingsklassen, gedefinieerd in § 3.7.2 (p. 50). We willen erop wijzen dat in deze aanbevelingen geen onderscheid gemaakt wordt tussen de subklassen MX2.1 en MX2.2 enerzijds en MX3.1 en MX3.2 anderzijds. Met uitzondering van de aanbevelingen voor lateien, wordt er voor het andere toebehoren bovendien ook geen onderscheid gemaakt tussen de klassen MX2 (vocht) en MX3 (vocht en vorst-dooicycli).

Bepaalde op de Belgische markt verkrijgbare ankers (haken) zijn voorzien van een zinklaag van om en bij de 60 g/m², hetzij een dikte van 8,5 µm, wat overeenkomt met het materiaal dat in de norm NBN

Tabel 39 Minimaal in acht te nemen specificaties voor metselstenen en metselmortels met het oog op de verzekering van hun duurzaamheid ⁽¹⁾ ⁽²⁾.

Blootstel- lingsklasse	Metselsteen					Metselmor- tel
	Baksteen ⁽³⁾	Kalkzandsteen	Granulaatbe- ton ⁽¹⁾	Geauto- claveerd cellenbeton	Natuursteen	
	Proefmethode voor de vorstbestendigheid (zie § 2.1.7, p. 18, en § 2.2.1.5, p. 22)					
	NBN B 27-009/ A2 [B15] en/of NBN EN 772-22 [B38] ⁽⁴⁾	NBN EN 772-18 [B35] ⁽⁴⁾	NBN B 15-231 [B12]	NBN EN 15304 [B97]	NBN EN 12371 [B77] ⁽⁵⁾	NBN B 15-231 [B12]
MX1 ⁽⁶⁾ – Droge omgeving	Geen eis met betrekking tot de vorst-dooiweerstand					P ⁽⁷⁾
MX2.1 – Vocht zon- der vorst-dooicycli						M ⁽³⁾
MX2.2 – Streng bevochtiging zon- der vorst-dooicycli						
MX3.1 – Bevochti- ging en vorst-dooi- cycli	Normale vorstbestendig- heid en/of F2	F1	Vorstbesten- digheid	Volumieke massa ≥ 400 kg /m ³	N _c ≥ 70	S ⁽³⁾
MX3.2 – Streng bevochtiging en vorst-dooicycli	Zeere vorstbestendig en/of F2 (80°)	F2		Volumieke massa ≥ 400 kg /m ³ Vorstbesten- digheid	Uitstekend of in een niet-verticale opstand: N _c ≥ 84 In contact met de grond: N _c ≥ 140	
MX4 – Met zout verzadigde lucht	Men dient voor elk geval de graad van blootstelling aan zout, bevochtiging en vorst-dooicycli te beoordelen en de fabrikant te consulteren.					
MX5 – Chemisch agressieve omgeving	Men dient voor elk geval in het bijzonder de omgeving en het effect van de chemische producten te beoordelen, rekening houdend met de concentraties, de aanwezige hoeveelheden en de reactiviteit en de fabrikant te consulteren.					

⁽¹⁾ Metselstenen uit kunststeen (NBN EN 771-5) [B26] worden in België slechts weinig gebruikt en mogen gelijkgesteld worden met metselstenen uit granulaatbeton.

⁽²⁾ Gipsblokken (niet hernomen in deze tabel) en hun stelproducten zijn enkel bestemd voor gebruik in binnenomstandigheden zonder vorst-dooicycli.

⁽³⁾ Wanneer er metselbakstenen met een gehalte aan oplosbare zouten van klasse S1 gebruikt moeten worden in een metselwerk-constructie van de blootstellingsklasse MX2.2, MX3.2, MX4 of MX5, dan dienen de metselmortels bovendien bestand te zijn tegen sulfaten.

⁽⁴⁾ F1, F2, F2 (80 °C): klassen van vorst-dooiweerstand.

⁽⁵⁾ N_c: aantal vorst-dooicycli dat bereikt wordt zonder overschrijding van een bepaalde schadegrens (identificatieproef volgens de NBN EN 12371) [B77].

⁽⁶⁾ De klasse MX1 is van toepassing voor zover het metselwerk of één van zijn bestanddelen tijdens de uitvoering niet over langere tijd blootgesteld wordt aan strengere voorwaarden.

⁽⁷⁾ Wanneer er mortels met de aanduiding P gespecificeerd zijn, dient men zich ervan te vergewissen dat de metselstenen, de mortels en het metselwerk tijdens de uitvoering volledig beschermd zijn tegen verzadiging en vorst.

EN 845-1 [B39] het referentienummer 20 krijgt. De Eurocode 6 raadt het gebruik van dit type ankers echter af in buitentoepassingen (blootstellingsklassen MX2 tot MX5) en beveelt een minimale zinklaag van 710 g/m^2 , hetzij een dikte van $100 \mu\text{m}$, aan (materialen met de referentienummers 8, 9 of 10) voor buitenomgevingen (blootstellingsklassen MX2 en MX3) die niet 'zilt' (MX4) of chemisch agressief zijn (MX5). Haken met een dergelijke aanbevolen minimale galvanisatiedikte zijn niet courant en soms zelfs onbestaand.

De huidige aanbevelingen, de op de markt beschikbare producten en de hierop geboden garanties tonen aan dat het voor buitentoepassingen noodzakelijk is om gebruik te maken van haken uit roestvast staal (van het type 'Inox 304', referentienummer 3, in de blootstellingsklassen MX2 en MX3, en van het type 'Inox 316', referentienummer 1, in een 'zilde' omgeving, klasse MX4). Er kunnen ook alternatieven (bv. synthetische materialen) overwogen worden (zie tabel 40).

Tabel 40 Aanbevelingen ⁽¹⁾ betreffende het corrosiebeschermingssysteem van de door de NBN EN 845-1 [B39] beoogde ankers, bandstaalonderdelen, balkschoenen en consoles in functie van de blootstellingsklasse (zie NBN EN 1996-2) [B72].

Materiaal	Referen- tienr.	Blootstellingsklasse			
Specificatie ⁽²⁾ van het materiaal en van de oppervlaktebehandeling die overeenstemt met het referentienummer		MX1	MX2 MX3	MX4	MX5
Austenitisch roestvast staal (molybdeen-chroom-nikkellegeringen – 'Inox 316')	1	U	U	U	R
Kunststof, gebruikt voor het lijf van de muurankers	2	U	U	U	R
Austenitisch roestvast staal (chroom-nikkellegeringen – 'Inox 304')	3	U	U	R	R
Ferritisch roestvast staal	4	U	X	X	X
Fosforbrons	5	U	U	X	X
Aluminiumbrons	6	U	U	X	X
Koper	7	U	U	X	X
Draad uit verzinkt staal (940 g/m ² – galvanisatiedikte: 132 µm)	8	U	U	R	X
Component uit verzinkt staal (940 g/m ² – galvanisatiedikte: 132 µm)	9	U	U	R	X
Component uit verzinkt staal (710 g/m ² – galvanisatiedikte: 100 µm)	10	U	U	R	X
Component uit verzinkt staal (460 g/m ² – galvanisatiedikte: 65 µm)	11	U	R	R	X
Component uit verzinkt staal (395 g/m ² – galvanisatiedikte: 55 µm)	11A	U	R	R	X
Plaat of strip uit verzinkt staal (300 g/m ² – galvanisatiedikte: 42 µm) met een organische bekleding (2 types) op alle buitenoppervlakken van de afgewerkte component	12.1 12.2	U	U	R	X
Draad uit verzinkt staal (265 g/m ² – galvanisatiedikte: 37 µm)	13	U	R	X	X
Plaat of strip uit verzinkt staal (300 g/m ² – galvanisatiedikte: 42 µm) met een organische bekleding op alle snijranden	14	U	R	X	X
Plaat of strip uit verzinkt staal (300 g/m ² – galvanisatiedikte: 42 µm)	15	U	R	X	X
Plaat of strip uit verzinkt staal (137 g/m ² – galvanisatiedikte: 19 µm) met een organische bekleding (2 types) op alle buitenoppervlakken van de afgewerkte component	16.1 16.2	U	U	R	X
Strip uit voorverzinkt staal (137 g/m ² – galvanisatiedikte: 19 µm) met verzinkte randen	17	U	R	X	X
Draad uit verzinkt staal (60 g/m ² – galvanisatiedikte: 8,5 µm) met een organische bekleding op alle buitenoppervlakken van de afgewerkte component	18	U	R	R	X
Draad uit verzinkt staal (105 g/m ² – galvanisatiedikte: 15 µm)	19	U	R	X	X
Draad uit verzinkt staal (60 g/m ² – galvanisatiedikte: 8,5 µm)	20	U	X	X	X
Plaat uit voorverzinkt staal (137 g/m ² – galvanisatiedikte: 19 µm)	21	U	X	X	X
Draad uit verzinkt staal (60 g/m ² – galvanisatiedikte: 8,5 µm) met een epoxybekleding op alle oppervlakken van de afgewerkte component	22	U	U	R	X
Austenoferritisch roestvast staal	23	U	X	X	X
⁽¹⁾ U: onbeperkt gebruik van het materiaal in de aangegeven blootstellingsklasse. R: beperkt gebruik. Het is aangewezen om de fabrikant of een specialist te raadplegen voor aanbevelingen in verband met de specifieke ontwerpvoorwaarden. X: niet-aanbevolen materiaal voor gebruik in deze blootstellingsklasse. ⁽²⁾ De aangegeven massa's voor de aangebrachte oppervlaktebehandeling zijn benaderende waarden voor één zijde.					

4.3 VOEGDIKTE EN DIMENSIONALE TOLERANTIES VAN DE METSELSTEEN

De dimensionale toleranties van een metselsteen, meer bepaald de toleranties op de afmetingen (§ 2.1.3.1, p. 13, en Bijlage A, p. 118), de vlakheid en de

evenwijdigheid van de legvlakken (§ 2.1.3.2, p. 14, en Bijlage A, p. 118), kunnen gebruikt worden om na te gaan of deze geschikt is om vermeteld te worden met een bepaalde voegdikte en volgens een bepaalde technologie. Deze toleranties kunnen tevens een belangrijke invloed hebben op het uitzicht.

Tabel 41 Aanbevelingen ⁽¹⁾ betreffende het corrosiebeschermingssysteem van de door de NBN EN 845-2 [B40] beoogde lateien in functie van de blootstellingsklasse (zie NBN EN 1996-2) [B72].

Materiaal		Blootstellingsklasse				
Specificatie ⁽²⁾ van het materiaal en van de oppervlaktebehandeling of de betondekking die overeenstemt met het referentienummer of de referentieletter	Referentienr.	MX1	MX2	MX3	MX4	MX5
Austenitisch roestvast staal (molybdeen-chroom-nikkellegeringen – ‘Inox 316’)	L1	U	U	U	U	R
Austenitisch roestvast staal (chroom-nikkellegeringen – ‘Inox 304’)	L3	U	U	U	R	R
Austenoferritisch roestvast staal	L4	U	X	X	X	X
Component uit verzinkt staal (710 g/m ² – galvanisatiedikte: 100 µm)	L10	U	U	U	R	X
Component uit verzinkt staal (460 g/m ² – galvanisatiedikte: 65 µm)	L11	U	D	D	R	X
Component uit verzinkt staal (460 g/m ² – galvanisatiedikte: 65 µm) met een organische bekleding (2 types) op bepaalde oppervlakken	L11.1 L11.2	U	U	U	R	X
Component uit verzinkt staal (395 g/m ² – galvanisatiedikte: 55 µm)	L11A	U	R	R	R	X
Component uit verzinkt staal (395 g/m ² – galvanisatiedikte: 55 µm) met een organische bekleding (2 types) op alle buitenoppervlakken van de afgewerkte component	L11.1A L11.2A	U	U	U	R	X
Plaat of strip uit verzinkt staal (300 g/m ² – galvanisatiedikte: 42 µm) met een organische bekleding (2 types) op alle buitenoppervlakken van de afgewerkte component	L12.1 L12.2	U	U	U	R	X
Plaat of strip uit verzinkt staal (300 g/m ² – galvanisatiedikte: 42 µm) met een organische bekleding op alle snijranden	L14	U	D	D	R	X
Plaat of strip uit verzinkt staal (137 g/m ² – galvanisatiedikte: 19 µm) met een organische bekleding (1 type) op alle buitenoppervlakken van de afgewerkte component	L16.1	U	D	D	R	X
Plaat of strip uit verzinkt staal (137 g/m ² – galvanisatiedikte: 19 µm) met een organische bekleding (2 types) op alle buitenoppervlakken van de afgewerkte component	L16.2	U	U	U	R	X
Austenoferritisch roestvast staal	L23	U	X	X	X	X
Beton ⁽³⁾ of beton en metselwerk	A	U	U	R	R	R
Beton ⁽³⁾ of beton en metselwerk	B	U	U	R	R	X
Beton ⁽³⁾ of beton en metselwerk	C	U	U	R	X	X
Beton ⁽³⁾ of beton en metselwerk	D	U	U	X	X	X
Beton ⁽³⁾ of beton en metselwerk	E	U	X	X	X	X
Beton ⁽³⁾ of metselwerk met een wapening uit roestvast staal	F	U	U	R	R	R
Geautoclaveerd cellenbeton met een wapening die beschermd is door een oppervlaktebehandeling	G	U	R	R	R	R

⁽¹⁾ U: onbeperkt gebruik van het materiaal in de aangegeven blootstellingsklasse.
R: beperkt gebruik. Het is aangewezen om de fabrikant of een specialist te raadplegen voor aanbevelingen in verband met de specifieke ontwerpvoorwaarden.
D: met een waterdichte barrière boven de latei is het gebruik onbeperkt (U). Zonder waterdichte barrière is het gebruik beperkt (R).
X: niet-aanbevolen materiaal voor gebruik in deze blootstellingsklasse.

⁽²⁾ De aangegeven massa's voor de aangebrachte oppervlaktebehandeling zijn benaderende waarden voor één zijde.

⁽³⁾ Een fabrikant of een specialist kan eventueel een minder beperkend gebruik toestaan, rekening houdend met de plaatselijke ervaring.

De voegdikte moet beantwoorden aan de instructies van de mortelfabrikant en moet toelaten om de fabricage- en plaatsingstoleranties van de metselstenen op te nemen. Deze laatste kunnen verschillend zijn in functie van het gebruikte type metselsteen.

Bij zichtmetselwerk (met inbegrip van gevelmetselwerk) is er een strengere spreidings- of tolerantieklasse voor de metselstenen vereist indien men het bouwwerk een strak uitzicht wenst te geven. Voor metselstenen die het metselwerk een rustiek uitzicht moeten verlenen, kan er daarentegen een ruimere tolerantie- of spreidingsklasse gekozen worden.

Tabel 42 Aanbevelingen ⁽¹⁾ betreffende het corrosiebeschermingssysteem van de door de NBN EN 845-3 [B41] beoogde lintvoegwapening van staal in functie van de blootstellingsklasse (zie NBN EN 1996-2) [B72].

Materiaal		Blootstellingsklasse			
Specificatie ⁽²⁾ van het materiaal en van de oppervlaktebehandeling die overeenstemt met het referentienummer of de referentieletter	Referentienr.	MX1	MX2 MX3	MX4	MX5
Austenitisch roestvast staal (molybdeen-chroom-nikkellegeringen – ‘Inox 316’)	R1	U	U	U	R
Austenitisch roestvast staal (chroom-nikkellegeringen – ‘Inox 304’)	R3	U	U	R	R
Draad uit verzinkt staal (265 g/m ² – galvanisatiedikte: 37 µm)	R13	U	R	X	X
Draad uit verzinkt staal (60 g/m ² – galvanisatiedikte: 8,5 µm) met een organische bekleding op alle oppervlakken van de afgewerkte component	R18	U	U	R	X
Draad uit verzinkt staal (105 g/m ² – galvanisatiedikte: 15 µm)	R19	U	R	X	X
Draad uit verzinkt staal (60 g/m ² – galvanisatiedikte: 8,5 µm)	R20	U	X	X	X
Plaat of strip uit voorverzinkt staal (137 g/m ² – galvanisatiedikte: 19 µm)	R21	U	X	X	X
Draad uit verzinkt staal (60 g/m ² – galvanisatiedikte: 8,5 µm) met een epoxy-bekleding op alle oppervlakken van de afgewerkte component	R22	U	U	R	X
Austenoferritisch roestvast staal	R23	U	X	X	X
⁽¹⁾ U: onbeperkt gebruik van het materiaal in de aangegeven blootstellingsklasse. R: beperkt gebruik. Het is aangewezen om de fabrikant of een specialist te raadplegen voor aanbevelingen in verband met de specifieke ontwerpvoorwaarden. X: niet-aanbevolen materiaal voor gebruik in deze blootstellingsklasse. ⁽²⁾ De aangegeven massa's voor de aangebrachte oppervlaktebehandeling zijn benaderende waarden voor één zijde.					

4.3.1 VOEGDIKTE ≤ 3 mm

Metselstenen die bestemd zijn om gebruikt te worden in een bouwwerk dat uitgevoerd wordt met behulp van een mortellijm met een voegdikte van 1 à 3 mm moeten minstens tot de klasse R₁⁺ of R₂⁺ behoren voor metselbakstenen, tot de tolerantieklassen T₂ of T₃ (voegdikte < 2 mm) voor kalkzandstenen (afbeelding 38), tot de tolerantieklasse D₄ voor betonmetselstenen, tot de



Afb. 38 Metselwerk uit kalkzandsteenblokken met dunne voegen (0,5 - 3 mm).

klassen TLMA of TLMB (voegdikte < 2 mm) voor metselstenen uit cellenbeton en tot de categorie D₃ voor metselstenen uit natuursteen.

Bij een voegdikte van minder dan of gelijk aan 3 mm, mag de afwijking op de vlakheid van het legvlak niet groter worden dan 1 % van de lengte van de diagonaal van het legvlak, met een individueel maximum van 2 mm. De maximale afwijking op de evenwijdigheid van de vlakken bedraagt 2 mm.

Wanneer de voorziene mortelvoeg kleiner is dan 2 mm, moet de maximale afwijking op de vlakheid beperkt worden tot 1 mm en de maximale afwijking op de evenwijdigheid van de vlakken tot 1 mm. Een voegdikte van minder dan 1 mm vergt metselstenen waarvan de legvlakken vlak en evenwijdig zijn en waarvoor de afwijking op de hoogte miniem is (bv. geslepen stenen).

In tabel 43 (p. 60) worden deze eisen samengevat.

4.3.2 VOEGDIKTE ≥ 3 mm BIJ GEVELMETSSELWERK

Bij gevelmetselwerk kunnen variaties in de voegdikte of in de verticale uitlijning van de stootvoegen als esthetisch storend ervaren worden, zodat een goede afstemming tussen de voegdikte en de fabricage- en plaatsingstoleranties noodzakelijk is.

Tabel 43 Dimensionale eisen voor metselstenen in functie van de nominale voegdikte.

Nominale dikte van de dunne voeg [mm]	Metselsteen						
	ALLE		Baksteen	Kalk-zandsteen	Beton	Geauto-claveerd cellenbeton	Natuursteen
	Vlakheid van de legvlakken	Evenwijdigheid van de legvlakken	Minimale tolerantieklasse				
$2 \leq \dots \leq 3$	$\leq 1 \%$ en $\leq 2 \text{ mm}$	$\leq 2 \text{ mm}$	R_1^+, R_2^+	$T_2^{(1)}$	D_4	TLMA ⁽¹⁾	$D_3^{(2)}$
$1 \leq \dots < 2$	$\leq 1 \text{ mm}$	$\leq 1 \text{ mm}$		$T_3^{(2)}$		TLMB ⁽²⁾	
$\dots < 1$	Er zijn metselstenen met vlakke en evenwijdige legvlakken vereist waarbij de afwijking op de hoogte miniem is ($\leq 0,5 \text{ mm}$, bv. geslepen stenen).						
⁽¹⁾ Geen eisen voor wat betreft de vlakheid en de evenwijdigheid van de legvlakken.							
⁽²⁾ De klasse impliceert een afwijking op de vlakheid en de evenwijdigheid van de legvlakken $\leq 1 \text{ mm}$.							

De aan te houden voegdikte wordt bij voorkeur op de bouwplaats bepaald, in functie van de dimensionale afwijkingen van de geleverde metselstenen (zie afbeelding 54, p. 74).

Wanneer men de voegdikte vooraf wenst vast te leggen, dient men een inschatting te maken van de verwachte dimensionale afwijkingen. In theorie zou men de minimale voegdikte kunnen bepalen door de maatspreiding van de stenen op te tellen bij de plaatsingstoleranties (zie hoofdstuk 6, p. 113). In de praktijk is de kans echter klein dat alle uiterste waarden voor deze toleranties op dezelfde plaats zullen optreden.

Om een goede benadering van de te verwachten variaties in de voegdikte te bekomen, moet men de toleranties kwadratisch bij elkaar optellen aan de hand van de volgende formule:

$$s_t = \sqrt{\sum (s_i)^2},$$

waarbij s_t staat voor de totale tolerantie en s_i voor de individuele toleranties. Het is tevens mogelijk om de uitlijning van de voegen tijdens de uitvoering enigszins aan te passen, wat toelaat om de uiterste afwijkingen op te vangen.

Tabel 44 vermeldt de nominale voegdikte en de eraan gekoppelde maatspreiding van de bakstenen. Deze waarden moeten toelaten om een voldoende strakke uitlijning van de voegen te bekomen en dit, ongeacht het verband. De tabel houdt eveneens rekening met de vlakheid van de legvlakken. De eventuele vlakheidsafwijkingen van het legvlak worden gemeten met een lat en diktestrookjes. Ze staan los van de maatafwijkingen van de metselstenen. Vermits de vlakheid een invloed heeft op de voegdikte, dient men vooraf met de fabri-

kant na te gaan of de in de tabel voorgestelde waarden ook in de praktijk gerealiseerd worden.

Vóór de uitvoering kunnen de werkelijke maatafwijkingen afgemeten worden op de geleverde metselstenen, zodat de voegdikte nog aangepast kan worden.

In de tabel wordt een gereduceerde uitvoeringstolerantie gehanteerd. We willen erop wijzen dat deze reductie niet mag plaatsgrijpen zonder voorafgaandelijk akkoord van het bedrijf dat de werken voor zijn rekening neemt, aangezien dit een invloed kan hebben op de uitvoeringstermijn en de kostprijs.

Bij metselbakstenen voor gebruik in metselwerk dat uitgevoerd wordt met een mortellijm met een voegdikte van 3 tot 6 mm, moet de toepasbaarheid van de gedeclareerde waarden – zowel wat de klassen als de vlakheid van het legvlak en de evenwijdigheid van de vlakken betreft – het voorwerp uitmaken van een akkoord tussen de fabrikant en de klant. Voor metselstenen die bestemd zijn om vermetseld te worden in wild verband, volstaan de vermeldingen T_m en R_m . In dit geval wordt de zin ‘enkel geschikt voor metselwerk in wild verband’ op de verpakking aangebracht. Wanneer het metselwerk in wild verband uitgevoerd wordt, hebben de afwijkingen op de lengte van de baksteen minder invloed op het uitzicht van de gevel.

Doorgaans voorziet men voor handvormstenen bredere voegen dan voor strengpersstenen, die strakker en maatvaster zijn in het zichtvlak. Sommige strengpersstenen hebben omwille van hun productieproces echter een snijbraam die tot 2 mm dik kan zijn. Hierdoor is het aangewezen om bij zulke stenen in een nominale voegdikte van 6 mm of meer te voorzien.

Tabel 44 Aanbevolen maximale maatafwijking en toleranties op de voegdikte bij gevelmetselwerk.

Nominale voegdikte 'e'			15 mm	10 mm	8 mm	6 mm	4 mm	3 mm
A	Maximale vlakheidsafwijking van de legvlakken		6 mm	5 mm	4 mm	3 mm	2 mm	1 mm
B	Uitvoeringstolerantie		4 mm (normaal)				2 mm (streng)	
Gevelbaksteen met courante afmetingen ⁽¹⁾								
Aanbevolen maximale maatspreiding			R ₁	R ₁	R ₁	R ₂	R ₂	R ₂ ⁽²⁾
e ± C/2 ⁽³⁾	Lintvoegdikte	Statistische variatie	15 ± 3,5 mm	10 ± 3 mm	8 ± 3 mm	6 ± 2,5 mm	4 ± 1,5 mm	3 ± 1,5 mm
e ± D/2 ⁽⁴⁾		Uiterste variatie ⁽⁵⁾	15 ± 7,5 mm	10 ± 7 mm	8 ± 6,5 mm	6 ± 4,5 mm	4 ± 3 mm	3 ± 2,5 mm
e ± E/2 ⁽⁶⁾	Stootvoegdikte	Statistische variatie	15 ± 4 mm	10 ± 4 mm	8 ± 4 mm	6 ± 2,5 mm	4 ± 2 mm	3 ± 1,5 mm
e ± F/2 ⁽⁷⁾		Uiterste variatie ⁽⁵⁾	15 ± 6,5 mm	10 ± 6,5 mm	8 ± 6,5 mm	6 ± 4,5 mm	4 ± 3,5 mm	3 ± 3 mm
Betonblokken								
Aanbevolen maximale maatspreiding			D ₁	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₄
e ± C/2 ⁽³⁾	Lintvoegdikte	Statistische variatie	15 ± 4 mm	10 ± 4 mm	8 ± 3 mm	6 ± 2,5 mm	4 ± 1,5 mm	3 ± 1,5 mm
e ± D/2 ⁽⁴⁾		Uiterste variatie ⁽⁵⁾	15 ± 9 mm	10 ± 8,5 mm	8 ± 6 mm	6 ± 5 mm	4 ± 3 mm	3 ± 2,5 mm
e ± E/2 ⁽⁶⁾	Stootvoegdikte	Statistische variatie	15 ± 3,5 mm	10 ± 3,5 mm	8 ± 2,5 mm	6 ± 2,5 mm	4 ± 1,5 mm	3 ± 1,5 mm
e ± F/2 ⁽⁷⁾		Uiterste variatie ⁽⁵⁾	15 ± 6 mm	10 ± 6 mm	8 ± 4 mm	6 ± 4 mm	4 ± 3 mm	3 ± 3 mm

⁽¹⁾ Tot 240 mm lang en 63 mm hoog (module 65).

⁽²⁾ Voor bakstenen tot 210 mm lang. Niet van toepassing bij een wild verband.

⁽³⁾ $C = \sqrt{2 \left(\frac{\Delta(h)}{2} \right)^2 + 2 \left(\frac{A}{2} \right)^2 + B^2}$, waarbij Δ(h) staat voor de spreiding op de hoogte.

⁽⁴⁾ D = Δ(h) + A + B

⁽⁵⁾ De uitlijning van de lintvoegen of de stootvoegen kan plaatselijk aangepast worden om de uiterste waarde van de afwijkingen te kunnen opnemen.

⁽⁶⁾ $E = \sqrt{2 \left(\frac{\Delta(l)}{2} \right)^2 + B^2}$, waarbij Δ(l) de spreiding op de lengte voorstelt.

⁽⁷⁾ F = Δ(l) + B.

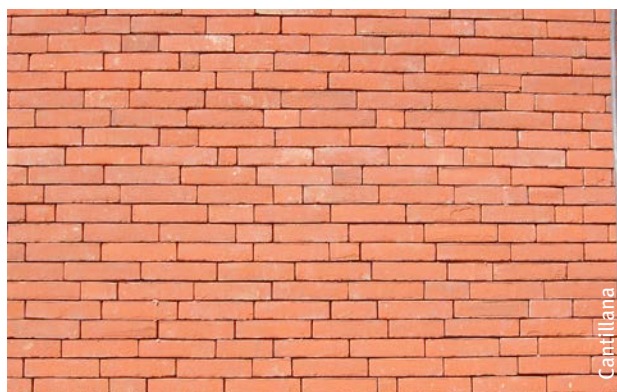
Betonmetselstenen voor decoratieve, al (A1) dan niet (B1) blootgestelde toepassingen, moeten minstens tot de tolerantieklasse D₃ behoren. Niet-decoratieve betonmetselstenen voor gebruik in blootgestelde toepassingen (A2) of als binnengevelsteen (B2) moeten minstens tot de tolerantieklasse D₂ behoren.



Afb. 39 Gelijmd metselwerk met dunne voegen. Regelmatig verband. Slechte uitlijning van de stootvoegen omwille van een baksteen met minder strenge toleranties.



Afb. 40 Gelijmd metselwerk met dunne voegen. Regelmatig verband. Goede uitlijning van de stootvoegen.



Afb. 41 Gelijmd metselwerk met dunne voegen. Onregelmatige baksteen in wild verband.

4.4 KEUZE VAN DE MORTEL

4.4.1 ALGEMEENHEDEN

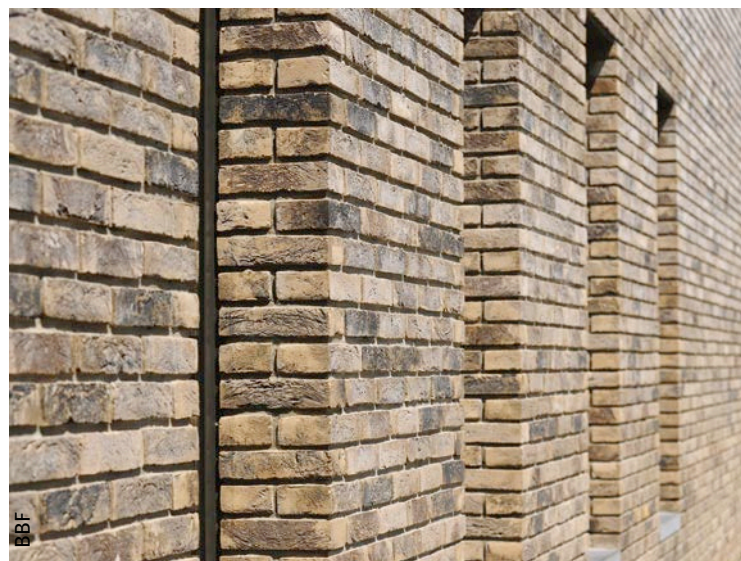
De keuze van de mortel moet gebeuren op basis van:

- de aard van de materialen, de voegdikte en de klimaatomstandigheden
- de porositeit, de initiële waterabsorptie en het vochtgehalte van de metselsteen (of de druksterkte ervan) (zie § 2.2.2.5, tabel 21, p. 24)
- het soortelijke gewicht van de metselsteen. De mortel moet in staat zijn om het gewicht van de die dag gemetselde lagen metselstenen te dragen, zonder verzakkingen te vertonen (zie § 5.5.3, p. 78)
- de hechting aan de metselsteen
- de aan het metselwerk opgelegde sterktekenmerken en de blootstellingsklasse van het bouwwerk in kwestie.

Men dient de aanbevelingen van de fabrikant met betrekking tot al deze punten na te leven.

4.4.2 OP BASIS VAN HET GEWENSTE ESTHETISCHE UITZICHT

In het geval van gevelmetselwerk vormen het uitzicht van het bouwwerk en de gewenste voegdikte doorgaans de belangrijkste criteria voor de keuze van het morteltype. Men kan de gevel verschillende esthetische uitzichten geven die elk het gebruik van een aangepaste mortel vragen (zie tabel 45, p. 64).



Afb. 42 Uitzicht van een gevelmetselwerk.

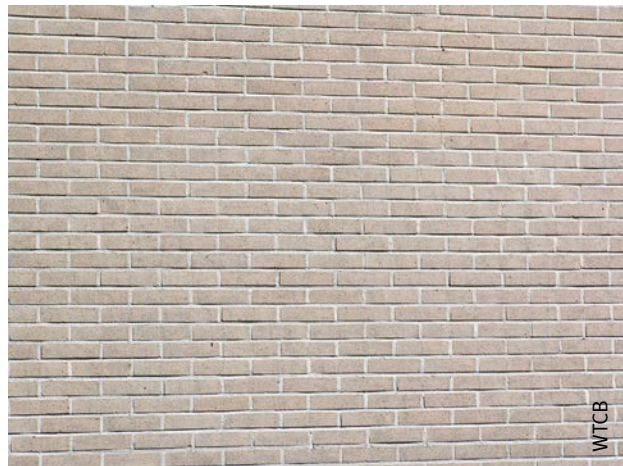
4.4.2.1 Traditioneel metselwerk

Om het uitzicht van een ‘traditioneel’ metselwerk te bekomen (geval 1 – tabel 45, p. 64), gebruikt men ofwel een stelmortel van het type G (prestatiemortel of volgens samenstelling gespecificeerde mortel) (zie § 2.2.1, p. 20), ofwel een op de bouwplaats gedoseerde mortel (zie § 2.2.2, p. 22, en § 4.5, p. 65).

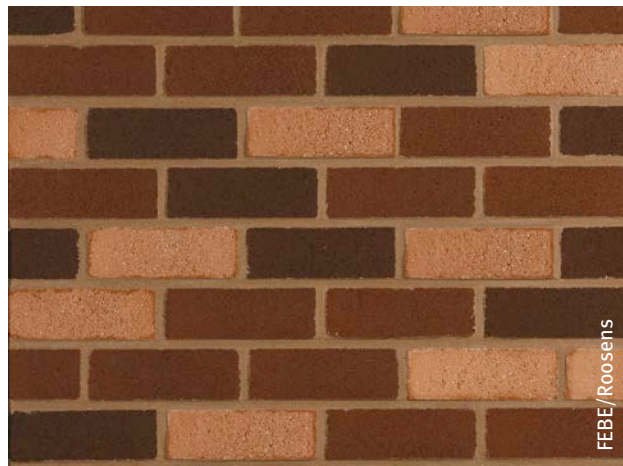
Het esthetische uitzicht van de voegen wordt verwezenlijkt door een aangepaste opvoeging met behulp van een mortel van het type G (geval 1). Het voegwerk vormt in principe eveneens een bescherming voor de achterliggende metselmortel. Deze kan eventueel gepigmenteerd (in de massa gekleurd) worden om het gewenste esthetische effect te bekomen. Voor meer informatie over dit onderwerp verwijzen we naar de [Technische Voorlichting nr. 208](#) [W10].

4.4.2.2 Metselwerk met dunne voegen

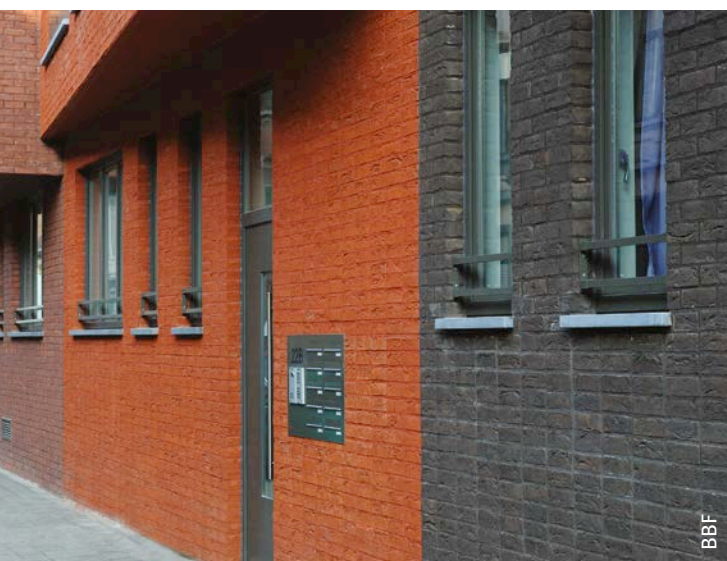
Metselwerk met dunne voegen (gevallen 2, 3 en 4 – tabel 45) wordt doorgaans niet opgevoegd. Dit is in de praktijk overigens zo goed als onmogelijk voor voegen, dunner dan 8 mm. Eén van de moeilijkheden van deze techniek ligt in het wegwerken van de eventuele maatafwijkingen van de metselstenen. Vóór de uitvoering moet er dus een specifiek uitvoeringsschema (controle van de dimensionale toleranties) opgesteld worden (zie § 5.3.3, p. 72).



Afb. 44 Traditioneel metselwerk uit baksteen.



Afb. 45 Traditioneel metselwerk uit betonblokken.



Afb. 43 Traditioneel metselwerk uit baksteen.

Voor de verlijming van gevelmetselwerk met dunne voegen (zie § 5.3.3, p. 72) (geval 4) wordt er gebruikgemaakt van specifiek geformuleerde mortellijmen.

Er bestaan mortels voor algemene toepassingen die geformuleerd worden om op traditionele manier met een dikte van de orde van 4 à 8 mm (geval 3) (§ 5.3.1, p. 70) aangebracht te worden.

Er zijn ook metselstenen met een speciale vorm op de markt (zie afbeelding 48, p. 64) die toelaten om een gevelmetselwerk met dunne voegen (± 4 mm) op traditionele manier uit te voeren, met gebruik van een mortel voor algemene toepassingen – dus zonder speciale karakteristieken – en een dikte van de orde van 10 à 12 mm (geval 2).

Aangezien het metselwerk niet opgevoegd wordt, zullen ook de kleur en de diepte van de mortellijm ten



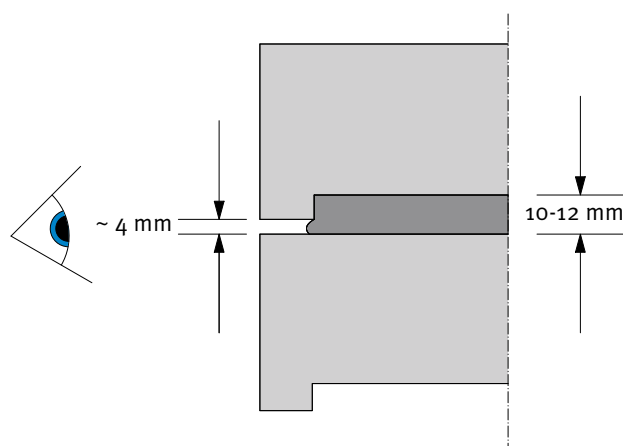
Afb. 46 Gelijmd baksteenmetselwerk met dunne voegen.



Afb. 47 Gelijmd metselwerk met metselstenen uit natuursteen met dunne voegen.

opzichte van het zichtvlak een invloed hebben op het uitzicht van de gevel. Zo zal het gebruik van een mortel met een donkerdere kleur dan de baksteen (om de schaduwwerking te versterken) de onvermijdelijke variaties in de diepte van de stelmortel minder in het oog doen springen. Bij een toon-op-toonuitvoering kunnen de kleurverschillen in de stelmortel daarentegen geaccentueerd worden. Doorgaans bekomt men het beste visuele resultaat wanneer de mortellijm ongeveer 10 mm terugliggend aangebracht wordt ten opzichte van het gevelvlak. Wat de morteldiepte betreft, past men best een tolerantie van ± 5 mm toe. Deze waarden kunnen echter nog wel aangepast worden afhankelijk van het formaat van de metselstenen (bv. bij dunne gevelstenen).

Wanneer de stootvoegen open gelaten worden, kan de toepassing van donkerkleurige stelmortels vermijden



Afb. 48 Voorbeeld van een metselsteen met een bijzondere vorm die toelaat om metselwerk met dunne voegen op traditionele manier uit te voeren.

Tabel 45 Keuze van een mortel in functie van het gewenste esthetische uitzicht (gevelmetselwerk).

Geval	Grootteorde voor de visueel gewenste voegdikte	(Doorgaans) gewenste verbeterde hechtingsprestatie	Reële dikte van de toegepaste mortel	Te kiezen morteltype	Courante benaming van het metselwerk
1	± 10 tot 12 mm	NEEN	10 tot 12 mm	G (voor voegen van 10 tot 12 mm) ⁽²⁾	Traditioneel (met opvoegen)
2	± 4 mm	NEEN	10 tot 12 mm ⁽¹⁾		Traditioneel met dunne voegen (zonder opvoegen)
3	± 4 tot 8 mm	NEEN	4 tot 8 mm	G (voor voegen van 4 tot 8 mm) ⁽²⁾	
4	± 3 tot 6 mm (2 tot 7 mm)	JA	3 tot 6 mm (2 tot 7 mm)	T (voor voegen van 3 tot 6 mm) ⁽²⁾	Gelijmd met dunne voegen (zonder opvoegen)

⁽¹⁾ Vereist het gebruik van metselstenen met een bijzondere vorm (zie afbeelding 48).
⁽²⁾ Met expliciete vermelding van de uit te voeren morteldikte (zie de technische documentatie van de mortelproducent).

dat er een te groot uitzichtsverschil ontstaat. De lege stootvoegen lijken immers donkerder door de schaduwwerking. Doordat de koppen van bepaalde metselstenen een iets rondere vorm kunnen hebben, is een minimale stootvoegdikte van 2 à 3 mm aangewezen.

We willen erop wijzen dat de isolatie van de spouwmuur bij metselwerk met open stootvoegen mogelijk zichtbaar zal zijn doorheen het gevelmetselwerk.

4.5 KEUZE VAN DE BESTANDDELEN VAN OP DE BOUWPLAATS GEDOSEERDE MORTELS

4.5.1 HET CEMENT

In principe kan men een geschikte mortel aanmaken met om het even welke soort cement. Gewoonlijk wordt er een normaal cement, d.w.z. van het type CEM I, CEM II of CEM III (zie § 2.2.2.1, p. 22), aangewend. De omgevingstemperatuur en de gewenste gebruiksduur kunnen er niettemin toe leiden dat men de voorkeur dient te geven aan een welbepaalde cementsoort.

Een mortel op basis van CEM I levert een hogere initiële sterkte op en vereist dus een snellere verwerking. Dit morteltype is dan ook beter geschikt voor een vermeteling bij koud weer.

Met een CEM III kan de mortel langer verwerkt worden bij warm weer, op voorwaarde dat het aanmaakwater niet vroegtijdig verdampt. Dit morteltype is tevens beter geschikt in een agressief milieu.

In bepaalde gevallen kan het nodig zijn om een speciale cementsoort toe te passen. Indien het metselwerk regelmatig of permanent bevochtigd zal worden (bv. kaaimuur), wordt bijvoorbeeld het gebruik van cement met een laag alkaligehalte (LA) aanbevolen. Indien het gaat om metselwerk dat blootgesteld is aan sulfaten, is het aangewezen een HSR-cement (*high sulphate resisting*) toe te passen.

Tabel 46 geeft een overzicht van de voornaamste aanbevolen cementsoorten.

4.5.2 DE KALK

In metselmortels wordt er doorgaans een luchthardende kalk (zie § 2.2.2.2, p. 23) gecombineerd met een cement (bastaardmortel). Er wordt meestal gebruikgemaakt van gehydrateerde calciumhoudende kalk 90 in poedervorm (EN 459-1 CL 90-S).

Bastaardmortels op basis van kalkhydraat bieden voordelen wanneer de werken uitgevoerd worden in de zomer, omdat het in het algemeen de verwerkbaarheid, de smeugheid en de waterretentie verbetert. Het kalkhydraat vertraagt de verharding, de droging en de binding, wat toelaat om de verwerkbaarheidstermijn te verlengen. Dit zorgt er echter ook voor dat de vorstgevoeligheid van de mortel toeneemt, vooral op jonge leeftijd. Daarom dient men in een geschikte bescherming (nabehandeling) te voorzien indien het gaat om buitenwerkzaamheden in de winter (van begin november tot eind maart) en wanneer er een blootstelling aan vorst mogelijk is.

Tabel 46 Keuze van het cement ⁽¹⁾ in functie van de toepassing en de uitvoeringsomstandigheden.

Courant gebruikte cementsoorten voor metselwerk (stelmortel)	Metselwerk	Typetoepassing	Aanmaakt temperatuur (°C)		
			0 tot 10 °C	10 tot 20 °C	20 tot 30 °C
Snel Portlandcement CEM I 42,5 R HES ⁽³⁾ CEM I 52,5 R HES ⁽³⁾	*	Mortel bij kans op vorst	*	—	—
Portlandcement CEM I 52,5 N	**	Hoge prestaties. Metselmortel, in het bijzonder in de winterperiode	***	**	—
Portlandcomposietcement CEM II/B-M 32,5 N CEM II/B-V 32,5 R	***	Veelzijdig gebruik, waaronder metselmortel	*	***	**
Hoogovencement CEM III/A 42,5 N LA	***	Mortel in een agressief milieu: vochtig milieu, ondergrondse werken en/of in contact met schadelijk water (zeewater, afvalwater)	*	***	***

(1) *** zeer geschikt ** geschikt * minder geschikt — ongeschikt

Men dient de voorschriften en de aanbevelingen van de cementfabrikant te respecteren.

(2) Niet metselen bij te warm weer (> 30 °C) of bij vorst (< 0 °C).

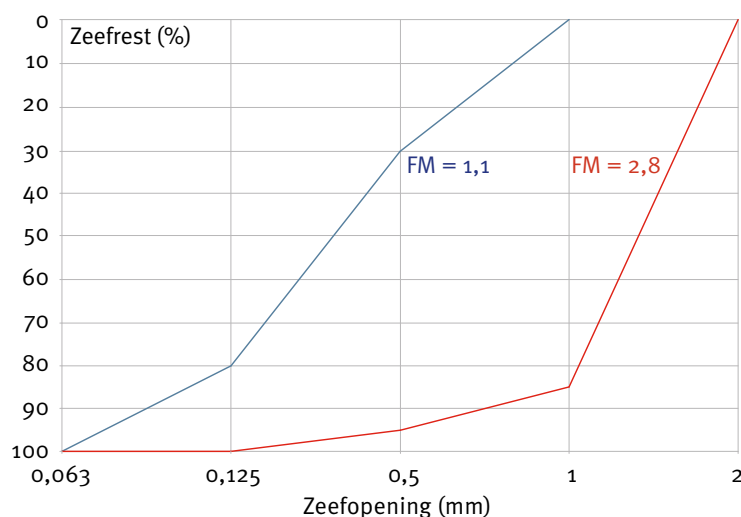
(3) HES: *high early strength* (hoge initiële sterkte).

Verder vermindert de druksterkte van bastaardmortels gewoonlijk naarmate het gehalte aan kalkhydraat toeneemt. In vergelijking met mortels op basis van cement leidt de toevoeging van kalkhydraat aan de mortel tot een lagere elasticiteitsmodulus en een reductie van de krimp. Het gebruik van kalkhydraat bewerkstelligt dus een meer vervormbaar metselwerk (gunstiger gedrag in het geval van zettingen of hygrothermische belastingen).

In metselmortels kan de kalk met hydraulische eigenschappen (zie § 2.2.2.2, p. 23) ofwel gecombineerd worden met een cement (bastaardmortel) ofwel gebruikt worden als enig bindmiddel.

4.5.3 HET ZAND

Het zand (zie § 2.2.2.3, p. 23) moet zuiver zijn en mag geen stoffen bevatten waarvan de aard, de samenstelling of het gehalte niet verenigbaar zou zijn met het beoogde gebruik (kleiklonsters, organische onzuiverheden, zouten ...). Het gehalte aan organische stoffen mag niet groter zijn dan 0,5 %. Het zand kan opgeslagen worden in zakken, in silo's of in bulk en moet beschermd worden tegen mogelijke bevuiling.



Afb. 49 Voorbeelden van granulometrische curves (FM = fijnheidsmodulus van 1,1 en 2,8).

De korrelverdeling van het zand is essentieel voor de kwaliteit van de mortel. Hoe grover het gebruikte zand, hoe minder aanmaakwater er nodig is en hoe moeilijker verwerkbaar het mengsel wordt (vermindering van de smeugheid). De mechanische sterkte van de mortel gaat er wel op vooruit en de krimp wordt beperkt. Hoe fijner het gebruikte zand, hoe meer aanmaakwater en bindmiddel er nodig is en hoe gevoeliger de mortel zal worden voor krimp. Te fijn zand (zie hierna voor het criterium voor de fijnheidsmodulus) is niet toegelaten, onder meer omwille van de hogere vorstgevoeligheid.

Voor een gebruik in metselmortels neemt men meestal zijn toevlucht tot zand waarvan de korrelverdeling in hoofdzaak begrepen is tussen 0,063 en 2 mm. Voor stelmortels zou de fijnheidsmodulus FM begrepen moeten zijn tussen 1,1 en 2,8 (zie afbeelding 49). Middelfijn zand (MF) is dan ook aanbevolen. Het gehalte aan fijne deeltjes (fractie < 0,063 mm) en aan deeltjes groter dan 2 mm (fractie > 2 mm) moet minimaal zijn. Het gehalte aan fijne deeltjes zou beperkt moeten blijven tot 7 %, hetzij klasse f_7 of zelfs nog strenger.

4.5.4 DE HULPSTOFFEN

Het is van groot belang dat men de door de fabrikant voorgeschreven dosering respecteert en dat men beschikt over toereikende garanties voor wat betreft het gebruik van de hulpstoffen (zie § 2.2.2.4, p. 24). Er moet ook duidelijk melding gemaakt worden van de eventuele neveneffecten: verminderde sterkte van de mortel, verminderde hechting aan de metselsteen, corrosiviteit ten opzichte van de ingewerkte metalen (bv. ankers, wapening). We willen eveneens de aandacht vestigen op het feit dat de hulpstoffen het risico op uitbloeiingen kunnen verhogen.

Luchtbelvormers en plastificeerders ⁽⁹⁾ accentueren de vloeien en/of kunnen zorgen voor een vermindering van het vochtgehalte bij een gelijke consistentie. Waterophoudende stoffen laten op hun beurt toe om het waterverlies tijdens de binding te reduceren. Bindingsversnellers (of -remmers) vervroegen (of vertraagen) het tijdstip waarop het mengsel van zijn plastische naar zijn harde toestand begint over te gaan. Verhardingsversnellers verhogen de ontwikkelingsnelheid van de initiële sterkte van de mortel.

⁽⁹⁾ (Super)plastificeerders worden ook wel aangeduid als waterreducerende middelen. Het effect van een superplastificeerder is meer uitgesproken dan dat van een gewone plastificeerder.

4.6 MATERIAALKEUZE MET HET OOG OP DE BEPERKING VAN HET RISICO OP UITBLOEIINGEN IN BAKSTEENMETSELWERK

Het fenomeen van uitbloeiingen wordt beschreven in de [WTCB-Dossiers nr. 2019/6.5](#) [S6]. Hierin worden eveneens een aantal preventiemaatregelen en remedies voorgesteld. Een geschikte materiaalkeuze vormt één van de belangrijkste pistes ter preventie van bepaalde types uitbloeiingen. De meest voorkomende uitbloeiingen zijn [primaire uitbloeiingen die ontstaan door de interactie tussen de mortel en de baksteen](#).

Om het [fenomeen van het uitzweten](#) van de mortelvoegen enigszins te beperken (zonder het echter volledig te kunnen tegengaan), kan men zijn toevlucht nemen tot cement dat minder klinker bevat, zoals bijvoorbeeld hoogovencement. Dit is echter minder geschikt bij lage temperaturen. Tijdens de uitvoering dient men een aantal voorzorgen te nemen (zie kader)

Teneinde [primaire uitbloeiingen vanuit de baksteen](#) te vermijden, moet de baktemperatuur voldoende hoog zijn om de alkalische sulfaten op te lossen. De baktemperatuur van de gevelsteen die tegenwoordig in België geproduceerd wordt, is van de orde van 1050 °C en zou normaal moeten volstaan ⁽¹⁰⁾. Om zekerheid te krijgen hieromtrent, moet men opteren voor niet-uitbloeiende bakstenen in de zin van de NBN B 24-209 [B13]. Deze norm heeft echter enkel betrekking op de aanwezigheid van zeer oplosbare zouten en dit, terwijl de minder oplosbare calciumsulfaten minstens even belangrijk zijn bij het vormingsproces van deze uitbloeiingen ⁽¹¹⁾.

Teneinde de [primaire uitbloeiingen ten gevolge van de interactie tussen de baksteen en de mortel](#) tegen te gaan, strekt het tot aanbeveling om minder uitbloeiende materialen te gebruiken die minder alkaliën en sulfaten bevatten. Ter beperking van het gehalte aan calciumsulfaten, is er een toereikende baktempe-

ratuur (≥ 1050 °C) voor de bakstenen vereist. De alkaliën in de mortel zijn voornamelijk afkomstig van het Portlandcement. Door gebruik te maken van een Portlandcement met een laag alkaligehalte (LA), van een hoogovencement (CEM III) of van een cement met vliegassen (CEM V, CEM II B-M (S-V), CEM II B-V) lijkt het mogelijk om de verschijning van primaire uitbloeiingen af te remmen. De ervaring leert ook dat het gebruik van mortellijmen een gunstig effect heeft en dit, waarschijnlijk omwille van hun snelle binding en meer gesloten structuur. Het zand en het water, gebruikt om de mortel voor te bereiden, dient zuiver te zijn (zie NBN EN 13139 en NBN EN 1008) [B84, B47] en moet zo weinig mogelijk alkalische zouten bevatten.

Het WTCB heeft een voorstel van proefprocedure uitgewerkt [D1] met als doel de bouwprofessionelen te helpen bij de preventie en de karakterisering van het probleem. Hoewel ze niet het statuut van een norm heeft, laat deze procedure wel toe om het risico op het ontstaan van primaire uitbloeiingen ten gevolge van de interactie tussen de baksteen en de mortel in normale gebruiksomstandigheden te beoordelen. Ook tijdens de uitvoering dient men een aantal voorzorgen te nemen (zie kader).

Om het verschijnen van secundaire uitbloeiingen van calciumsulfaat te vermijden, lijkt het ten slotte beter gebruik te maken van mortels met weinig hulpstoffen in plaats van hun hulpstofrijke tegenhangers.

Voorzorgen tijdens de uitvoering

Om het uitbloeiingsfenomeen te beperken, dient men het verse metselwerk tijdens en net na de werken goed te beschermen tegen de regen (zie § 5.5.6.2, p. 81).

⁽¹⁰⁾ De baktemperatuur van snelbouwstenen is op haar beurt van de orde van 900 °C. Deze elementen moeten niet onderworpen worden aan de proef volgens de NBN B 24-209 [B13] in het kader van de benoriserie. Er bestaan dus geen keuzecriteria voor wat het risico op primaire uitbloeiingen betreft.

⁽¹¹⁾ Ondanks deze voorzorgen stelt men soms reeds uitbloeiingen vast op de bakstenen die nog op de paletten op de bouwplaats liggen.

5

UITVOERING VAN HET METSELWERK

5.1 TRANSPORT, OPSLAG EN VERLADING VAN DE MATERIALEN

De opslagruimte van de materialen moet vrij zijn van stoffen die schadelijk zouden kunnen zijn voor de materialen *an sich* of die de verbinding tussen de producten (bv. baksteen en mortel, mortel en lintvoegwapening, staal en beton) nadelig zouden kunnen beïnvloeden.

5.1.1 METSELSTENEN

De metselstenen mogen pas aangevoerd worden na het bereiken van de gedeclareerde sterktekenmerken en nadat ze een toereikende dimensionale stabiliteit verkregen hebben (d.w.z. wanneer de eventuele initiële krimp uitgewerkt is).

Gewoonlijk worden de metselstenen door de fabrikant in pakken verpakt. De stenen moeten steeds zo vervoerd worden dat de pakken tijdens het transport niet omver kunnen vallen of dat ze niet uit de vrachtwagen kunnen vallen. Ze moeten dusdanig op de vrachtwagen (of een ander transportmiddel) gestapeld worden dat er tijdens het vervoer geen schade kan optreden.

Het verladen moet geschieden met geschikte en veilige middelen die geen schade kunnen berokkenen aan de metselstenen. Het uitladen moet gebeuren op een plaats die beschermd is tegen opstijgend vocht. Op de werf moeten de metselstenen opgeslagen worden op een plek die beschut is tegen regen en bevuilding van buitenaf. Ze moeten op een voldoende stabiele manier gestapeld worden, zodat ze niet omver kunnen vallen en geen schade kunnen veroorzaken. De veiligheidsvoorschriften moeten nageleefd worden.

5.1.2 STELPRODUCTEN

De bindmiddelen van ter plaatse gedoseerde mortels en de zakken met industriële mortels moeten op een droge plek bewaard worden, die beschut is tegen de wind, opstijgend vocht en regen. De hulpstoffen moeten op hun beurt opgeslagen worden op een plaats die beschermd is tegen vorst en bevuilding.

Wanneer de mortel geleverd wordt in kuipen, moeten deze laatste proper zijn en afgeschermd worden tegen bezonning en wind om vroegtijdige uitdroging tegen te gaan. De mortel moet eveneens beschermd worden tegen regen en tegen pollutanten van buitenaf.

Wanneer de mortel geleverd wordt in silo's, moeten deze laatste stabiel op een verharde horizontale ondergrond geplaatst worden, rekening houdend met alle veiligheidsvoorschriften.

5.1.3 TOEBEHOREN

Iedere beschadiging of vervorming van het toebehoren (wapening, ankers ...) tijdens de opslag en de verlading moet vermeden worden. Het toebehoren moet bij voorkeur droog, duidelijk geïdentificeerd en beschermd tegen bevuilding opgeslagen worden (geen contact met de grond, modder, olie, vet of verf, en op een veilige afstand van de gebeurlijke slijp- en laswerken).

5.2 INONTVANGSTNAME VAN DE PARTIJEN

Indien dit vereist wordt in de ontwerpspecificaties, moeten er monsters genomen worden om de materialen te beproeven. Materialen van producenten die beschikken over een productcertificaat (zie § 1.2, p. 6) dat afgeleverd werd door een onafhankelijk en erkend organisme zijn doorgaans vrijgesteld van een dergelijke monsternamen.

De CE-markering moet op een zichtbare, leesbare en onuitwisbare manier aangebracht worden op alle bouwproducten (of hun etiket) die onder een geharmoniseerde norm of een Europese technische beoordeling vallen en waarvoor er bijgevolg een prestatieverklaring (DoP) opgesteld werd. Indien dit – gelet op de aard van het product – niet mogelijk of niet gerechtvaardigd is, moet de CE-markering aangebracht worden op de verpakking of opgenomen zijn in de begeleidende documenten bij het product. De CE-markering maakt onder meer melding van de unieke identificatiecode van het producttype en van het referentienummer van de prestatieverklaring.

Bij iedere levering en zeker vóór de plaatsing moet de aannemer, de architect of hun afgevaardigde de conformiteit van de levering met de bestelling nagaan (type metselstenen, morteltype, type toebehoren). Indien de levering niet conform is, dient men contact op te nemen met de leverancier.

Zoals reeds aangehaald werd in § 2.1.3.3 (p. 14), moet het aantal onvolkomenheden in de geleverde metselstenen beperkt blijven (zie Bijlage D, p. 124). Wanneer de stenen bestemd zijn voor een gevelmetselwerk of om zichtbaar te blijven, moeten de vlakken die esthetische onvolkomenheden vertonen zo veel mogelijk georiënteerd worden naar de niet-zichtbare zijde.

Over het algemeen wordt er afgezien van het gebruik van beschadigde metselstenen omwille van hun mogelijke effecten op de stabiliteit en/of het esthetische uitzicht. Dergelijke stenen worden dan ook verwijderd. Men dient echter wel na te gaan of er voor deze elementen geen specifieke toepassing mogelijk is (bv. herbruikbare halve metselstenen).

Het is evenwel niet gebruikelijk om de beschadigde materialen uit te zoeken vóór de uitvoering. Dit maakt ook geen deel uit van de normale werken van de onderneming, tenzij dit specifiek vermeld werd in de contractuele documenten. Indien de levering betwist wordt, dient men de hoeveelheid beschadigde elementen te beoordelen op basis van een representatief aantal stenen (bijvoorbeeld op basis van minimum 100 gevelbakstenen).

5.3 PLAATSINGSTECHNIKEN

Naast de ‘traditionele’ plaatsing werden er nog diverse andere technieken ontwikkeld, die mogelijk specifiek gereedschap en speciaal geformuleerde mortels vereisen. Ze vergen in elk geval een aantal bijzondere voorzorgen. Zo moeten de gebruikte materialen verenigbaar zijn met de beoogde plaatsingstechniek.

De hierna beschreven technieken kunnen ofwel uitgevoerd worden met handgereedschap, dan wel met kleine kranen, bijvoorbeeld in het geval van zware metselstenen (afbeelding 7, p. 9, en afbeelding 50).

5.3.1 TRADITIONELE PLAATSING

Muren uit metselwerk worden traditioneel opgetrokken met de hand met behulp van een troffel. De plaatsing gebeurt blok per blok in een vol mortelbed. Hier toe wordt er ofwel gebruikgemaakt:

- van een industriële mortel voor algemene toepassingen (type G) of eventueel van een lichtgewichtmortel (type L) (zie § 2.2.1, p. 20, en § 4.4, p. 62)
- ofwel van een ter plaatse gedoseerde mortel (§ 2.2.2, p. 22, § 4.4, p. 62, § 4.5, p. 65).

De traditionele dikte van de mortelvoegen bedraagt 10 tot 12 mm.

De materiaalkeuze is gebaseerd op de voorschriften van de opdrachtgever en op de criteria, beschreven in de hoofdstukken 2 en 4 (p. 11 en p. 55).

Zichtmetselwerk wordt in het algemeen opgevoegd (§ 5.10, p. 108, en TV 208) [W10], hetzij opgaand (bv. bij zichtbaar blijvend dragend metselwerk), hetzij achteraf (aanbevolen voor decoratief metselwerk). We wil-



Afb. 50 Plaatsing van zware metselstenen met behulp van een kleine kraan.



Afb. 51 Traditionele plaatsing.

len erop wijzen dat er bij het opgaand opvoegen een oppervlakkig mortellaagje kan ontstaan dat gevoeliger is voor vorst.

In bepaalde gevallen is het ook met traditioneel geplaatste gevelstenen mogelijk om het uitzicht van een metselwerk met dunne voegen te verkrijgen. In voorkomend geval hoeft er gewoonlijk niet opgevoegd te worden (zie § 4.4.2, p. 62).

5.3.2 VERLIJMING MET DUNNE VOEGEN (0,5 - 3 mm)

Het gebruik van dunne mortelvoegen is opgekomen in de laatste 20 jaren van de XX^e eeuw en dit, in eerste instantie vooral voor metselstenen uit kalkzandsteen

en cellenbeton. Het concept werd later ook uitgebreid naar de andere soorten metselstenen. We willen erop wijzen dat de vermindering van de voegdikte de prestaties van het metselwerk beïnvloedt (zie hoofdstuk 3, p. 33) en de toepassing van metselstenen met strengere toleranties vereist (zie § 4.3, p 57).

De met deze dunne voegen behaalde prestaties en karakteristieken zijn opmerkelijk, maar dat geldt eveneens voor de hiermee geassocieerde uitvoeringstechnieken. De mortel wordt ofwel aangebracht door het legvlak van de metselsteen in een bad met een aangepaste vloeibare mortel te dompelen (minder courante techniek), ofwel met speciaal gereedschap, zoals een getande spatel (afbeelding 52A), een rolbak (afbeelding 52B) of een lijmbak (afbeeldingen 52C en 52D).

A. Verlijming van dragende blokken uit geautoclaveerd cellenbeton met behulp van een getande spatel (kam)



B. Verlijming van snelbouwstenen met behulp van een rolbak



C. Verlijming van dragende blokken uit kalkzandsteen met behulp van een lijmbak



D. Verlijming van dragende blokken uit kalkzandsteen met behulp van een lijmbak – Metselwerk met onderbroken voegen (*shell bedded masonry*)



Afb. 52 Verlijmingstechnieken voor dragende blokken.

De combinatie ‘metselsteen-mortel’, het te gebruiken gereedschap en de plaatsingstechniek worden in de regel aanbevolen door de metselsteenfabrikant (tenzij de gebruiksgeschiktheid geverifieerd werd in functie van de beoogde prestaties – zie § 3.1.2, p. 33). Gelet op het specifieke karakter van deze technieken, dient men de richtlijnen van de fabrikant in acht te nemen.

Deze ontwikkelingen gaan gepaard met andere tendensen die onder meer tot doel hebben de aangebrachte hoeveelheid mortel beter te controleren (bv. dankzij het specifieke formaat van de metselstenen) of volledige wanden te prefabriceren (zie § 5.3.4, p. 75).

We willen erop wijzen dat deze technieken niet louter bestemd zijn voor het verlijmen van dragende blokken, maar ook toepasbaar zijn op niet-dragende metselstenen, waaronder gipsblokken.

5.3.3 VERLIJMING VAN GEVELMETSSELWERK MET DUNNE VOEGEN (3 - 6 mm)

Het verlijmen van gevelmetselwerk met dunne voegen heeft sinds de jaren 2000 in België een sterke opmars gekend. De laag mortellijm wordt aangebracht met behulp van een pistool (gecombineerd met een pomp), een spuitzak of eventueel een troffel, om een dikte van ongeveer 3 tot 6 mm te verkrijgen (afbeelding 53).

Bij dit type metselwerk wordt er gebruikgemaakt van mortels die specifiek geformuleerd werden om in geringe diktes toegepast te worden en dit, teneinde een verbeterde hechting te bekomen en meestal ook snel de verwachte mechanische karakteristieken te verkrijgen (zie § 4.4.2, p. 62). De toepasbaarheid van de techniek hangt onder meer af van de fabricagetoleranties van de metselstenen of -blokken (zie § 4.3.2, p. 59). Het is immers niet realistisch om een regelmatige en zeer dunne voeg te eisen indien de opdrachtgever opteert voor een metselsteen met een zeer onregelmatig uitzicht (vorm en randen).

Wanneer deze techniek overwogen wordt, moet men een aantal specifieke punten in aanmerking nemen.

De verlijming van gevelmetselwerk met dunne voegen moet gebeuren door aannemers die hiervoor opgeleid en gekwalificeerd zijn. Gewoonlijk worden deze opleidingen verstrekt door de fabrikanten. De techniek vereist immers een specifieke werkorganisatie: steigers die breed genoeg zijn om de pomp te plaatsen, voldoende personeel om de plaatsing te kunnen uitvoeren binnen de open tijd van de mortellijm, hantering van de

pomp (zorgvuldige reiniging bij onderbrekingen en systematische reiniging op het einde van de dag) ...

De dimensionale karakteristieken (toleranties, vlakheid en evenwijdigheid van de vlakken) van de metselsteen moeten verenigbaar zijn (§ 4.3.2, p. 59):

- met de voorgeschreven voegdikte, zowel voor wat de lintvoegen als de stootvoegen betreft. Naarmate de voeg dunner is, zullen de toleranties strenger zijn
- met het gewenste esthetische uitzicht (toleranties op de uitlijning van de stootvoegen; zie § 6.3, p. 115).

De modulaire afmetingen (bv. strek van 188 mm, kop van 88 mm en voeg van 12 mm) zijn niet van toepassing wanneer de voegdikte niet traditioneel is (3 tot 6 mm). Men dient hier dan ook rekening mee te houden vanaf de ontwerpfase (positie en afmetingen van de gevelopeningen). In de uitvoeringsfase kan men overgaan tot een controle door de eerste laag metselstenen zonder mortel te plaatsen.

De mortellijm wordt gekozen in functie van de karakteristieken van de te verlijmen metselsteen (§ 4.4, p. 62). Hij moet echter ook verenigbaar zijn met de plaatsingstechniek (bv. afwezigheid van grove granulaten die de pomp en het pistool zouden kunnen blokkeren).

De keuze van de plaatsingstechniek kan afhankelijk zijn van de complexiteit van de gevel en de geveldetails. Zo zal het gebruik van een pomp en een pistool gewoonlijk eerder geschikt zijn voor lange metselsteenlagen zonder complexe details (bv. gevelopeningen). Men moet er echter wel rekening mee houden dat de pomp en het pistool bij warm weer minder goed kunnen werken. De gekozen plaatsingstechniek moet ook steeds afgestemd worden op de aanbevelingen van de fabrikant.

Wanneer de opdrachtgever open stootvoegen voorschrijft, moet men rekening houden met het feit dat er een grotere hoeveelheid water naar de spouw kan migreren. Om infiltraties in het binnenspouwblad te vermijden, moet men de volgende zaken in acht nemen:

- de luchtdichtheid van het binnenspouwblad moet gewaarborgd zijn, in het bijzonder ter hoogte van de aansluitingen met het schrijnwerk
- een volledige opvulling van de spouw zonder geventileerde luchtsponw moet vermeden worden
- de nominale breedte van de voegen (ter hoogte van de smalste doorsnede) moet overeenkomen met deze die voorgeschreven werd (tussen 3 en 6 mm). Voor grotere breedtes moeten er in aanwezigheid van vocht- of uv-gevoelige isolatiematerialen en in aanwezigheid van gevels die sterk blootgesteld zijn aan slagregen of die gelegen zijn in de kuststreek (op

A. Uitstorten van het mortellijmpoeder in de trechter van de pomp



B. Controle van de werking van het pistool



C. Aanbrengen van de lijmrillen met een pistool



D. Plaatsing van de baksteenlaag



E. Aanbrengen van de mortellijmrillen op de kopse kanten



F. Aanbrengen van de mortellijmrillen met behulp van een spuitzak



Afb. 53 Verlijming van gevelbaksteen met dunne voegen met behulp van een mortellijm.

300 m van de zee) bijzondere constructieve schikkingen getroffen worden, die geval per geval te bestuderen zijn: compartimentering van de spouw, (zwart) regenscherm op de isolatie ... Wanneer de onderliggende isolatielaag zichtbaar is doorheen de open voeg is het uit esthetische overwegingen aanbevolen om een bijkomend zwart regenscherm aan te brengen of om gebruik te maken van een isolatiemateriaal dat reeds voorzien is van een zwarte bekleding.

De mortellijmrillen (doorgaans twee evenwijdige rillen) worden zodanig aangebracht dat de mortellijm na de plaatsing van de metselsteen:

- ongeveer 1 cm inspringt t.o.v. het gevelvlak
- de eventuele perforaties van de metselsteen bedekt om vorstschade in geval van waterstagnaties in de perforaties te vermijden.

De mengtijd, de verhardingstijd, de levensduur van het mengsel en de open tijd van de mortellijm moeten gerespecteerd worden (zie de technische fiches van de mortelfabrikant en § 2.2.1.1, p. 21). In het algemeen moet de open tijd, die gewoonlijk slechts enkele minuten bedraagt, in geval van warm weer nog ingekort worden, wat een grote uitvoeringssnelheid vergt (bv. toereikende mankracht).

Druipsporen van mortellijm op het gevelvlak zijn te vermijden, omdat ze moeilijk te reinigen zijn en het uitzicht van het bouwwerk kunnen verstoren.

Het toebehoren (zie § 2.3, p. 25) moet verenigbaar zijn met de beperkte voegdikte (het in de mortel ingewerkte deel van de ankers moet bijvoorbeeld dun genoeg zijn).

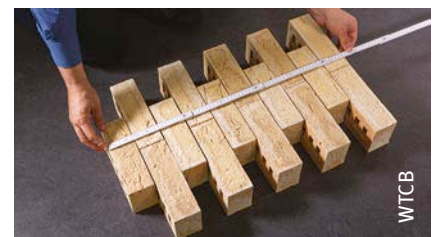
Wanneer er gebruikgemaakt wordt van metselstenen met minder strenge toleranties (bv. bakstenen R₁):

- zijn regelmatige verbanden (bv. halfsteensverband) afgeraden indien de voegen open zijn, aangezien hun breedte hoger zal zijn dan 6 mm, wat de regendichtheid in het gedrang kan brengen (zie hoger)
- is een wild verband (niet-uitgelijnde stootvoegen) aan te bevelen om afwijkingen op de uitlijning van de verticale voegen te vermijden.

Bij de modulaire standaardformaten stemt de lengte van de strek van een baksteen overeen met de som van het dubbel van de kop en een voeg van ongeveer 12 mm. Bij gelijmd metselwerk met dunne voegen is deze verhouding echter verschillend. Indien men een volwaardig halfsteensverband wil uitvoeren, zal het dan ook nodig zijn om een deel van de bakstenen te verzagen. Bepaalde fabrikanten stellen daarom baksteenformaten voor die aangepast zijn aan een uitvoering met dunne voegen. Het is eveneens belangrijk om de voegdikte aan te passen teneinde de verschillende dimensionale afwijkingen van de bakstenen te kunnen compenseren. Zo stelt men soms bijvoorbeeld vast dat de stootvoegdikte constant gehouden wordt door er een kunststof plaatje in te schuiven. Door op deze manier tewerk te gaan, zal de afwijking op de lengte van de stenen echter onvermijdelijk een weerslag hebben op de uitlijning van de stootvoegen.

Om rekening te houden met de maatafwijkingen van de metselsteen en de modulaire afmetingen te bepalen, dient men de gecumuleerde lengte en hoogte van tien willekeurig uit verschillende partijen ontnomen metselstenen te meten (zie afbeelding 54). De lagenmaat kan berekend worden door de aldus bekomen waarde te delen door het aantal metselstenen, vermeerderd met de gekozen voegdikte. Om een nauwkeuriger resultaat te bekomen, is het aanbevolen om deze oefening enkele malen te herhalen. De aldus bepaalde lagenmaat kan dienst doen als meeteenheid om de uitlijning van het metselwerk te controleren.

Het is bovendien aanbevolen om een proefmuurtje op te trekken teneinde na te gaan of het type metselstenen, de voegdikte en het verband compatibel zijn met het gewenste uitzicht. Dit proefmuurtje moet het gemiddelde uitzicht van het metselwerk weergeven, maar is doorgaans te klein om een idee geven van de mogelijke variaties in de voegdikte. Hiervoor zou men moeten verwijzen naar een referentiemetselwerk waarin dezelfde keuzes gemaakt werden. Ook in dat geval dient men er echter rekening mee te houden dat de maatspreiding van de metselstenen kan variëren naargelang van de levering.



Afb. 54 Bepaling van de modulaire afmetingen.

5.3.4 PLAATSIING VAN GEPREFABRICEERD METSELWERK

De plaatsing van geprefabriceerd metselwerk (§ 2.5, p. 30, en afbeelding 55) heeft slechts weinig gemeen met de traditionele metseltechniek en vereist een specifieke benadering. Indien ervoor geopteerd wordt om geprefabriceerd metselwerk te plaatsen, heeft dit ook implicaties in termen van planning en kostprijs. Men gaat ervan uit dat deze techniek relevant is vanaf een totale oppervlakte van 500-1000 m². De kostprijs

Verladen van geprefabriceerd metselwerk uit kalkzandsteenblokken met behulp van een kraan



Verladen van geprefabriceerd metselwerk uit snelbouwstenen met behulp van een kraan

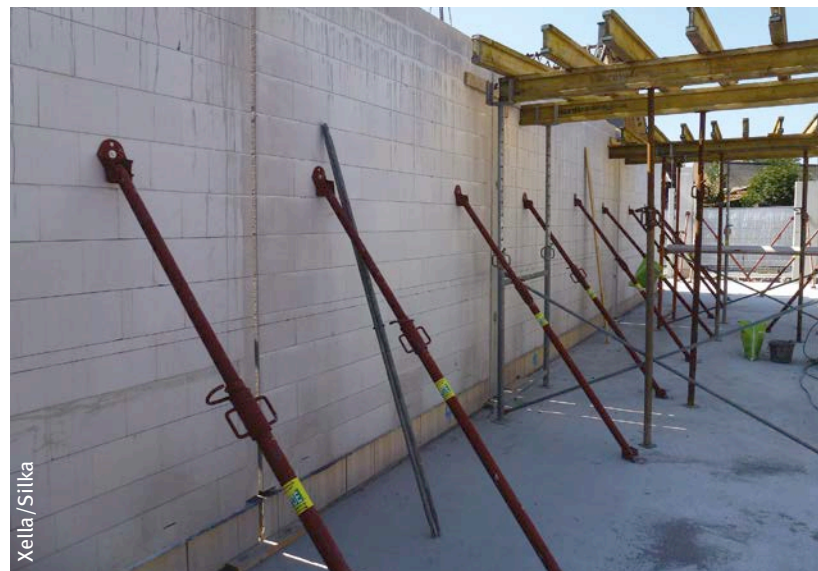


Afb. 55 Plaatsing van geprefabriceerd metselwerk.

ervan zal slechts vergelijkbaar zijn met deze van ter plaatse opgericht metselwerk indien er een hoog rendement behaald wordt. Dit vereist echter een goede voorbereiding en coördinatie. Bij het overwegen van deze techniek dient men een aantal specifieke punten in aanmerking te nemen (zie tabel 47, p. 76).

Het geprefabriceerde metselwerk wordt op de bouwplaats aangeleverd naarmate de werken vorderen en moet opgeslagen worden op een vlak oppervlak met een toereikend draagvermogen. De plaatsing ervan gebeurt niet alleen op basis van de voorschriften uit de STS 22 en de Eurocode 6 en zijn nationale bijlagen, maar ook rekening houdend met de specifieke richtlijnen van de fabrikant.

De positie van de muren moet met markeringen en eventueel met stelplankjes op de betonnen draagvloer uitgezet worden. Bovendien moeten er voor elke muur minstens twee stelblokjes in de dikte van een krimp-vrije mortellaag aangebracht worden. Men dient erop toe te zien dat deze blokjes meer vervormbaar zijn dan de mortel. De eventuele oneffenheden in de ondergrond kunnen geëlimineerd worden door de dikte van de mortel en de stelblokjes aan te passen. Door deze manier van werken is het in principe mogelijk om oneffenheden tot 10 mm uit te vlakken. Vervolgens moeten de muren met regelbare trek- en drukschoren vastgezet worden en dient de loodrechtheid desgevallend gecorrigeerd te worden (zie afbeelding 56). Na de plaatsing van deze schoren mogen de hijsmiddelen losgemaakt worden. Het is verboden om de muren daarna nog te verplaatsen.



Afb. 56 Geprefabriceerde muren die vastgezet worden met regelbare trek- en drukschoren.

Tabel 47 Specifieke aandachtspunten bij de plaatsing van geprefabriceerd metselwerk.

Beschrijving
1. De plaatsing van geprefabriceerd metselwerk moet gebeuren door een onderneming die hiervoor opgeleid en gekwalificeerd is (*).
2. De kostprijs zal slechts vergelijkbaar zijn met deze van ter plaatse opgericht metselwerk wanneer er een hoog rendement bereikt wordt.
3. Er is een goede voorbereiding en coördinatie vereist.
4. Het ontwerp en de uitvoering moeten in overeenstemming zijn met de reglementeringen, met de Eurocode 6 en met de richtlijnen van de fabrikant.
5. Het is aanbevolen om gebruik te maken van systemen die beschikken over een gebruiksgeschiktheidsverklaring (bv. technische goedkeuring) (§ 2.5, p. 30).
6. De (doorgaans op sledes geleverde) wanden moeten op een vlak oppervlak met een toereikende draagkracht opgeslagen worden.
7. Het verladen van wanden van meerdere m ² op de bouwplaats vereist het gebruik van een kraan met een toereikend draagvermogen.
8. De positie van de muren moet met markeringen op de betonnen vloerplaat aangeduid worden.
9. Elke wand moet op stelblokjes geplaatst worden die in een krimprijke mortellaag geïntegreerd worden (de stelblokjes moeten meer vervormbaar zijn dan de mortel).
10. De muren moeten vastgezet worden met behulp van regelbare druk- en trekschoren (correctie van de loodrechte stand).
11. De hijsmiddelen mogen pas losgemaakt worden wanneer de schoren ter plaatse zijn en de muur gepositioneerd is.
12. De verticale voegen tussen de muren moeten opgevuld worden met een geschikte mortel.
13. De schoren mogen pas weggenomen worden na de verharding van de mortel en/of de plaatsing van de bovenliggende vloerplaat en wanneer de stabiliteit van de muur gewaarborgd is.
(*) De fabrikant voorziet doorgaans in aangepaste opleidingen.

De verticale voegen tussen de geprefabriceerde muren moeten met de door de fabrikant voorgeschreven mortel opgevuld worden (bv. met behulp van een spuitmachine). Soms zijn er in de voegen metalen lussen aanwezig, via dewelke wapeningsstaven aangebracht kunnen worden ter versterking van de voeg. De schoren mogen pas weggenomen worden wanneer de stabiliteit van de muren gewaarborgd is, d.w.z. wanneer de mortel onderaan de wand en in de voegen voldoende verhard is. De wanddelen die niet met dwarse wanden verbonden zijn, dienen geschoord te blijven tot de bovenliggende vloerplaat of dakconstructie voor de nodige stabiliteit zorgt.

5.4 VOORBEREIDING VAN DE MORTELS

5.4.1 INDUSTRIËLE MORTELS

In hoofdstuk 4 (p. 55) werden de keuzecriteria voor de materialen beschreven. De instructies van de mortelfabrikant (type G, L of T, zie § 2.2.1, p. 20) moeten gevolgd worden, met name voor wat betreft de aanmaakduur (mengtijd) en het type mengmachine.

De mortel moet zodanig aangemaakt (gemengd) worden dat de gelijkmatige verdeling van de bestanddelen gewaarborgd is. De aanmaakuitrusting (menguit-

rusting) op de bouwplaats en de te volgen procedure moeten beantwoorden aan de instructies van de mortelfabrikant en dit, ook bij koud weer. Kant-en-klare mortels moeten gebruikt worden binnen de door de fabrikant vermelde termijn.

Na het aanmaken van de mortel moet deze bewaard worden in propere kuipen, die beschermd zijn tegen de zon, de wind (om uitdroging te vermijden), de regen of eender welke andere vorm van bevuilding. Het is verboden om na het aanmaken nog water aan het mengsel toe te voegen.

5.4.1.1 Metselmortel (G en L)

De traditionele plaatsing werd kort beschreven in § 5.3.1 (p. 70). De mortel moet smeug blijven gedurende een welbepaalde verwerkingstijd, zonder dat er waterverlies optreedt. De troffel moet gemakkelijk in de mortel te drukken zijn. Deze laatste moet dan ook een goede cohesie vertonen. De metselsteen moet eenvoudig op het gewenste niveau geplaatst kunnen worden. Zodra de mortel niet langer bewerkt wordt, moet hij vormvast zijn. Bij het uitsmeren op een verticaal vlak (stootvoegen) moet de mortel aan de baksteen blijven hechten. Eens aangebracht, moet hij voldoende verstijven om het gewicht van de volgende lagen te kunnen opvangen.

Opmerking: een indicatieve proef om de hechtsterkte van de mortel te testen, bestaat erin om een baksteen uit de verse mortel te trekken en na te gaan of er een deel van de mortel aan de steen blijven hangen is.

5.4.1.2 Mortellijm (T)

De verlijmingstechnieken staan beschreven in § 5.3.2 (p. 71) voor voegen van 0,5 tot 3 mm en in § 5.3.3 (p. 72) voor voegen van 3 tot 6 mm. De instructies van de fabrikant van de mortellijm moeten steeds gevolgd worden in functie van de metselsteen en de gebruikte applicatiemethode.

5.4.2 OP DE BOUWPLAATS GEDOSEERDE MORTELS

Op de bouwplaats voorbereide mortels moeten gedoseerd worden volgens de voorgeschreven formule om de vereiste karakteristieken te bekomen. Wanneer de formulering niet aangegeven is in het ontwerpdocument, dan moeten de gedetailleerde specificatie van de bestanddelen, hun verhoudingen en de aanmaakmethode gekozen worden op basis van proeven of erkende referenties. Indien er geen specifieke informatie beschikbaar is, dan kan men zich baseren op § 2.2.2.5 (p. 24).

Wanneer proeven noodzakelijk blijken, dan moeten deze gebeuren in overeenstemming met de ontwerp-specificaties. Indien de proeven niet het verwachte resultaat opleveren, moeten de mengverhoudingen aangepast worden. Indien de verhoudingen gespecificeerd zijn in de ontwerpvoorschriften, moet de aanpassing gebeuren in samenspraak met de ontwerper. Wanneer de mortelkarakteristieken getest worden, moeten de voorbereiding en de proeven gebeuren volgens de NBN EN 1015-11 [B53]. De volgens de NBN EN 1015-3 [B48] gemeten vloeimaat moet $175 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ bedragen indien er geen enkele specifieke waarde voorgeschreven werd.

De verschillende bestanddelen moeten gewichtsmatig of volumetrisch gedoseerd worden met propere en geschikte doseer- en meettoestellen en dit, rekening houdend met het vochtgehalte van het gebruikte zand.

Van zodra de verschillende bestanddelen in de kuip of de menger samengevoegd zijn, moet de mengtijd (aanmaakduur) lang genoeg zijn om een homogeen en consistent mengsel te verkrijgen. De mengtijd wordt berekend vanaf het ogenblik dat alle bestanddelen in de menger samengebracht zijn en loopt minstens tot

het bindmiddel voldoende bevochtigd is. Voor cementgebonden mortels bedraagt deze termijn gewoonlijk minstens 3 minuten, voor bastaardmortels minstens 5 minuten. In het geval van mortels met vertraagde binding mag de mengtijd niet langer worden dan 15 minuten. Bij gebruik van luchtbelvormers kan een te lange mengtijd leiden tot een overmatige luchtbelvorming en bijgevolg tot een vermindering van de hechting en de duurzaamheid. Het mengen kan gebeuren met behulp van de volgende toestellen:

- in een kuip met een mengarm (meer gebruikelijk voor mortellijmen)
- in een gewone vrijevalmenger
- in een geautomatiseerde menger met vochtmeting
- in een geautomatiseerde schroefmenger met waterdosering (voor silo's).

Algemeen kan gesteld worden dat een cementgebonden mortel een goede duurzaamheid vertoont wanneer zijn W/C_{eff} -factor tussen 0,3 en 0,7 ligt (de W/C_{eff} -factor kan gedefinieerd worden als de water-cementverhouding op het moment dat de baksteen geen water uit de mortel meer opneemt na de uitvoering) [E1].

5.4.3 LIJMEN OP BASIS VAN GIPS

De lijm wordt ter plaatse voorbereid volgens de instructies van de fabrikant, door het droge mengsel (gips, bindingsvertrager, hulpstoffen) in zuiver water te strooien, te mengen tot er een homogene massa ontstaat en deze vervolgens enkele minuten te laten rusten. De consistentie moet zodanig zijn dat de lijm bij het aanbrengen uit de voegen komt.

5.5 VERWERKING

5.5.1 AFNAME VAN DE METSELSTENEN VOOR DECORATIEF METSELWERK

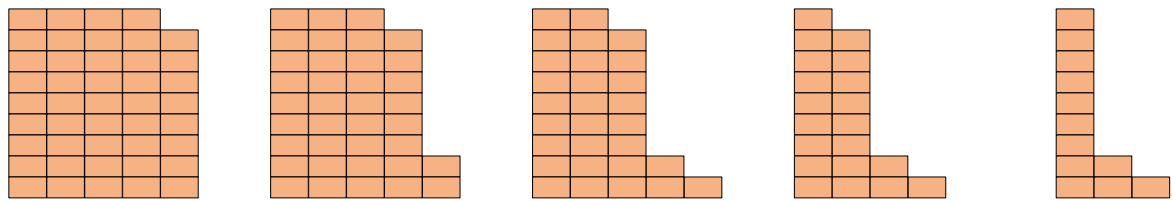
De afname van de metselstenen is van groot belang voor decoratief metselwerk. Hiervoor is er immers een geschikte mengeling nodig (zie kader op p. 78).

5.5.2 VERBAND

Het te gebruiken steensverband moet vermeld staan in het bestek. Bij het opstellen van de uitvoeringsplannen (gevels, muuropeningen ...) dient de ontwerper rekening te houden met de modulaire maatafstemming. Het verband van het metselwerk moet aan de

Afname van de metselstenen voor decoratief metselwerk – Aandachtspunten

Men moet metselstenen van eenzelfde productie gebruiken voor het volledige project of toch ten minste voor de bouwdelen die niet met elkaar in contact komen. Men dient de metselstenen van verschillende paletten te mengen (afbeelding 57). Voor de mengeling moeten stenen uit minstens vijf verschillende pakken gebruikt worden. De stenen worden per pak van boven naar beneden en overhoeks in de pakken afgenomen; wanneer alle metselstenen van een vorig pak opgebruikt zijn, dient men een nieuw pak aan te breken.



Afb. 57 Voorbeeld van de afname van metselstenen uit verschillende paletten om een goede mengeling te bekomen.

Men dient een maximum aan metselstenen op de bouwplaats te stockeren om een zo goed mogelijke mengeling te verkrijgen. Indien het niet mogelijk is om alle metselstenen op te slaan op de bouwplaats, dient men ervoor te zorgen dat de volgende levering tijdig plaatsvindt om geen al te bruuske overgangen te hebben en om de metselstenen uit de verschillende leveringen goed te kunnen mengen.

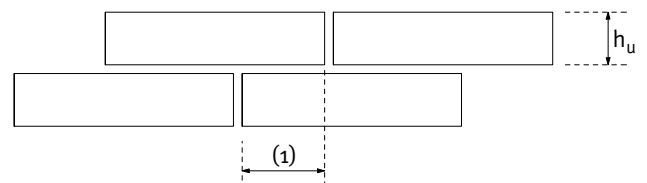
volgende voorwaarden voldoen:

- de verticale voegen van twee opeenvolgende lagen moeten verspringen ten opzichte van elkaar (afbeelding 58); de overlap moet minstens $0,4 h_u$ bedragen, met een minimum van 4 cm wanneer de hoogte h_u van de metselsteen kleiner is dan of gelijk is aan 250 mm, en minstens $0,2 h_u$ met een minimum van 10 cm wanneer h_u groter is dan 250 mm. Indien er om één of andere (esthetische) reden afgeweken wordt van deze voorwaarde, dan dient men passende maatregelen te treffen om de stabiliteit van het geheel te waarborgen (wapening ...)
- men mag nooit delen van metselstenen aanwenden waarvan de hoogte de breedte of de lengte overtreft. Deze regel geldt in het bijzonder voor de hoeken, de openingen ...
- aan de kruisingen en de verbindingen moet het steensverband een correcte ineensluiting toelaten.

Voor een beschrijving van de verschillende verbanden verwijzen we naar de STS 22 [F2].

5.5.3 UITVOERING

Voor wat de uitvoering betreft, dient men er de uitvoeringsnormen op na te slaan, meer bepaald de NBN EN 1996-2 en zijn nationale bijlage, evenals de NBN



Wanneer $h_u \leq 250$ mm, overlap (1) $\geq 0,4 h_u$ met een minimum van 4 cm
Wanneer $h_u > 250$ mm, overlap (1) $\geq 0,2 h_u$ met een minimum van 10 cm

Afb. 58 Overlap van de metselstenen.

EN 15318 [B72, B73, B98]. Voor systemen met een technische goedkeuring (ATG of gelijkwaardig) dient men ook de plaatsingsvoorschriften uit de gebruiksgeschiktheidsverklaring te raadplegen.

De plaatsingstechniek (zie § 5.3, p. 70) moet voorgeschreven worden door de ontwerper of toch gekozen worden in samenspraak met de ontwerper, aangezien ze een weerslag heeft op de metselwerkprestaties.

De metselstenen moeten ontstof worden. In sommige gevallen is het beter om de stenen vooraf te bevochtigen (zie de instructies van de fabrikant). Deze bevochtiging is vooral nuttig voor gevelbakstenen en

betonblokken met lichte granulaten, in het bijzonder wanneer de temperatuur hoger wordt dan 25 °C.

Tenzij anders aangegeven door de fabrikant (bv. cel-beton), gebeurt het verzagen van de stenen gewoonlijk met voldoende water om de werkzaamheden te vergemakkelijken en stofproductie tegen te gaan. Men dient zuiver water te gebruiken en erop toe te zien dat men de te verzagen metselstenen niet in een stoffige waterbak plaatst. Dit zou immers een negatieve invloed kunnen hebben op het uitzicht en de prestaties van de metselstenen.

De mortel wordt in een toereikende hoeveelheid op het legvlak aangebracht om de gewenste einddikte te verkrijgen. Vervolgens worden de metselstenen in de mortel geplaatst en op het gewenste niveau gebracht. De einddikte van de mortelvoeg wordt bepaald in functie van de baksteenhoogte, de toleranties, de totale hoogte van de muur en het morteltype.

In de regel worden alle horizontale voegen opgevuld met mortel. De verticale voegen worden daarentegen niet altijd opgevuld. Hiervoor kunnen verschillende redenen aangehaald worden (stenen met koppen met tand en groef, rendement, esthetisch uitzicht...). Wanneer de verticale voegen open blijven, kunnen de metselwerkprestaties verminderen ten gevolge van:

- regendoorslag bij buitenmetselwerk (zie § 5.3.3, p. 72)
- een vermindering van de thermische isolatie (zie § 3.6, p. 48, en § 5.7.1, p. 95)
- een daling van de akoestische isolatie (zie § 3.5, p. 46)
- een vermindering van de brandweerstand (zie § 3.2, p. 40)
- een gebrekkige stabiliteit van het metselwerk onder horizontale belasting (§ 3.1.2.2, p. 35, en § 3.1.2.3, p. 36).

De mortel moet verwerkt zijn vóór de start van de binding. Hiertoe dient men rekening te houden met de verwerkingstijd, voorgeschreven door de mortelfabrikant of door de leverancier van de bindingsvertrager of -versneller. Indien er geen andere informatie beschikbaar is en de temperatuur lager is dan 20 °C, wordt ervan uitgegaan dat de mortel in minder dan 2 uur verwerkt moet zijn. Bij temperaturen van meer dan 20 °C zal de verwerkingstijd nog korter zijn. Na de voorbereiding van de mortel is het in elk geval verboden om nog water aan het mengsel toe te voegen.

Van zodra de baksteen op het juiste niveau gebracht is, moet de overtollige en uitpuilende mortel onmiddellijk

verwijderd worden. Hierbij dient men erop toe te zien dat er geen mortelresten in de spouw terechtkomen.

In geval van een extreem klimaat dient men er § 5.5.7 'Metselen bij warm weer' en § 5.5.8 'Metselen bij koud weer' (p. 83) op na te slaan.

Tenzij anders aangegeven (later op te voegen metselwerk, gelijmd buitenmetselwerk – zie § 5.3.3, p. 72), is het aanbevolen om de voegen niet meer dan 5 mm te laten inspringen in muren met een dikte van 200 mm of minder. In het geval van metselstenen van de groep 2 of 3 (geperforeerde stenen) mogen de mortelvoegen – tenzij anders vermeld – niet inspringen over meer dan 1/3 van de dikte van de buitenwand van de steen (zie Bijlage B, p. 121). Dit sluit de latere opvoeging van bepaalde types blokken, zoals snelbouwstenen uit.

Wanneer het metselwerk 'achter de hand' of opgaand opgevoegd wordt, dient men de mortel stevig aan te drukken alvorens hij zijn plasticiteit verliest. Indien het metselwerk nagevoegd wordt (§ 5.10, p. 108), moeten de voegen uitgekrabd worden zoals beschreven in § 5.5.4.

De dagelijkse bouwhoogte moet afgestemd worden op de bindingssnelheid van de mortel en op het gewicht van de metselstenen. 1,2 m is de gebruikelijke dagelijkse verwerkingshoogte, behalve voor grote stenen (verdiepingshoogte) en dunne stenen (10 lagen).

5.5.4 UITKRABBen VAN DE VOEGEN VOOR HET NAVOEGEN

Wanneer het metselwerk nagevoegd wordt, moet men de niet-verharde mortelvoegen op het einde van de dag en in elk geval vóór de volledige verharding van de mortel uitkrabben. Dit gebeurt tot op een diepte van minstens 10 mm en maximum 15 % van de muurdikte, begrensd op 15 mm en gemeten vanaf de rand van het legvlak. Voor dragend metselwerk is het niet toegelaten om de voegen – zonder verificatie – uit te krabben over een diepte van meer dan 30 % van de absolute waarde van de gecumuleerde dikte van de metselsteen (zie Bijlage B, p. 121). Dit stemt in de regel overeen met een diepte van 15 à 25 mm.

Voor metselstenen van de groep 2 of 3 (geperforeerde stenen) is het – tenzij anders aangegeven – niet toegelaten om de voegen over meer dan 1/3 van de dikte van de buitenwand uit te krabben.

Dit teneinde de stabiliteit van de muur te vrijwaren.

5.5.5 AFFILMEN VAN WANDEN UIT GIPSBLOKKEN

Tijdens het optrekken van een wand uit gipsblokken (afbeeldingen 59 en 60) moeten de lijmresten ter hoogte van de voegen verwijderd worden met behulp van een pleisterspaan alvorens ze volledig verhard zijn. Van zodra de voegen tussen de blokken ontdaan zijn van de lijmresten, kunnen de gebeurlijke kleine onvolkomenheden weggewerkt worden. Grotere beschadigingen kunnen tijdens of na het optrekken van de wand hersteld worden met gips of een lijm-gipsmengsel.

Als de wand na het afstrijken van de voegen nog steeds niet glad genoeg is om verder afgewerkt te worden, kan het oppervlak al dan niet volledig voorzien worden van een zeer dun laagje afwerkpleister. Deze techniek wordt doorgaans aangeduid als 'affilmen' en kan bijzonder nuttig zijn om een voldoende glad oppervlak te bekomen bij wanden met naderhand opgevulde uitsparingen (bv. doorvoering van elektrische of sanitaire leidingen). Deze werkzaamheden dienen te geschieden op een droge en ontstofte ondergrond. Om het affilmen te vereenvoudigen, zou het opvullen van de uitsparingen bij voorkeur met een lichte insprong ten opzichte van het oppervlak van de blokken moeten gebeuren.

Er moet een onderscheid gemaakt worden tussen de uitvoeringstoleranties op de wand en de afwerkingsgraad die gewenst wordt voor de latere bekleding. Het belang van de oppervlakteafwerking van de wand is afhankelijk van de aard van de later aan te brengen bekleding.

Indien de wand voorzien moet worden van een betegeling, zal het respecteren van de uitvoeringstoleranties



Afb. 59 Niet-dragende binnenwand uit gipsblokken.

vaak een bepalende voorwaarde zijn om de vereiste tolerantieklasse op de afwerking te kunnen behalen (vooral voor grootformaattegels). Het uitzicht en de homogeniteit van het wandoppervlak spelen in dit geval een minder belangrijke rol.

Deze aspecten vormen wel een aandachtspunt indien men de wand wil afwerken met een satijn- of glansverf. Desgevallend strekt het tot aanbeveling om een affilm-laag toe te passen. Het schilderen van de wanden moet gebeuren volgens de voorschriften uit de TV 249 [W17] en dit, rekening houdend met de voorziene uitvoeringsgraad van de schilderwerken. Voorafgaand



Afb. 60 Uitvoering van een wand uit gipsblokken.

aan de schilderwerken is er een voorbehandeling nodig, afgestemd op de gewenste uitvoeringsgraad.

5.5.6 TE TREFFEN MAATREGELEN TIJDENS DE UITVOERING

5.5.6.1 Schoren

Vrijstaande muren moeten op een geschikte manier geschoord worden, rekening houdend met de dikte van de muur, het type mortel, het type metselstenen, de eventuele aanwezigheid van verstijvingsmuren, de blootstelling aan de wind, het seizoen en de duur van de tijdelijke constructie. Het nazicht van de schoring dient te gebeuren overeenkomstig de Eurocodes 1 en 6 (NBN EN 1991-1-4, 1991-1-6 en 1996-1-1) [B65, B67, B68]. De windbelastingen die voor deze controle in aanmerking genomen moeten worden, kunnen op twee manieren bepaald worden:

- ofwel zal men ernaar streven om de **stabiliteit van de muur** te waarborgen. In dat geval zal de verificatie gebaseerd zijn op de referentiewindsnelheden in België – tussen 23 en 26 m/s (zie § 3.1.5, p. 39) – die eventueel gereduceerd kunnen worden om rekening te houden met de beperkte duur van de constructiefase [Z1]
- ofwel zal men ernaar streven om de **veiligheid op de bouwplaats** te waarborgen, door de schoring te dimensioneren voor een windsnelheid die lager is dan de referentiewaarde en de gevaarlijke zones op de bouwplaats te evacueren indien er windsnelheden verwacht worden die hoger zijn dan de beschouwde waarde. Bij wijze van voorbeeld raadt de Amerikaanse vereniging voor betonmetselwerk NCMA een evacuatie van de bouwplaats aan vanaf een windsnelheid van 10 m/s [N1].

De geplaatste schoren moeten in staat zijn om zowel de trek- als de drukkrachten op te nemen. Zo niet, dan moeten de muren aan beide zijden geschoord worden.

De schoren worden gewoonlijk onder een hoek van 45° à 60° ten opzichte van de horizontale geplaatst, met een aangrijpingspunt op ongeveer 2/3 van de muurhoogte (muren tot 3 m hoog). De puntreactie van de schoor moet op een geschikte manier over de muur verdeeld worden, bijvoorbeeld door het voorzien van verdeelbalken met toereikende afmetingen op het niveau van de aangrijpingspunten.

Tabel 48 legt het minimumaantal te voorziene schoren vast in functie van de muurlengte voor geprefabriceerd metselwerk tot 3 m hoog.

Tabel 48 Minimumaantal schoren voor geprefabriceerd metselwerk tot 3 m hoog.

Muurlengte	Minimumaantal schoren
≤ 2 m	1
≤ 5 m	2
per extra 2 m	+ 1

5.5.6.2 Bescherming tegen bevochtiging

Men dient het metselwerk te beschermen tegen opstijgend vocht om de hieruit voortvloeiende schade te beperken. Deze aanbeveling is eveneens van toepassing voor gevelmetselwerk omwille van de mogelijke aanwezigheid van zouten in de bodem.

In geval van regen moeten er maatregelen getroffen worden om de metselstenen, de mortel en het verse metselwerk te beschermen tegen een bevochtiging tijdens en onmiddellijk na de uitvoering en dit, teneinde het risico op uitbloeiingen en uitslag te beperken (zie afbeelding 61, § 4.6, p. 67, en de [WTCB-Dossiers nr. 2019/6.5](#)) [S6].



Afb. 61 Verschijning van uitbloeiingen in de lente wanneer de drogingsomstandigheden gunstig zijn.



Afb. 62 Voorbeeld van de bescherming van een vers gemetseld buitenspouwblad.

Aangezien regenwater de voornaamste oorzaak van de migratie van de oplosbare mortelbestanddelen naar de baksteen is, is het niet toegelaten om zichtbaar blijvend metselwerk te realiseren bij regenweer zonder toereikende beschermingsmaatregelen te treffen tijdens de uitvoering. Vers gevelmetselwerk moet afgedekt worden tot de mortel een fijne capillaire structuur heeft kunnen ontwikkelen (afbeelding 62). Dit proces zal minder lang duren bij zacht weer of wanneer er gebruikgemaakt wordt van een 'snelle' mortel. De aangemaakte mortel dient zo compact mogelijk te zijn. Bij mortel voor normale toepassingen moeten de verticale voegen goed opgevuld worden, vooral indien er gebruikgemaakt wordt van grootformatblokken.

Als de kans op regen reëel is, moet het verse metselwerk op het einde van de dag systematisch afgedekt worden, rekening houdend met de windwerking. Men zou hiertoe ook kunnen gebruikmaken van een afdekklaar met een voldoende oversteek. Deze rechtstreekse bedekking mag echter niet bestaan uit hout of een ander materiaal dat in geval van regen sporen zou kunnen nalaten op het metselwerk. Men dient eveneens te vermijden dat de laatste laag geperforeerde metselstenen blootgesteld zou worden aan

waterstagnaties (bv. risico op vorstschade achteraf). De dorpels, goten en regenwaterafvoeren moeten zo snel mogelijk geplaatst worden om het afgewerkte metselwerk te beschermen.

Om het risico op een beschadiging van de gipsblokken door de inwerking van vocht te beperken, moeten de volgende richtlijnen in acht genomen worden:

- het gebouw moet regen- en winddicht zijn tijdens en na de plaatsing van de gipsblokken
- tijdens de plaatsing en de afwerking van de wanden mag de temperatuur niet lager worden dan 5 °C
- na de plaatsing en de afwerking van de wanden moet een langdurige blootstelling aan vocht vermeden worden
- na de uitvoering van natte werkzaamheden zoals pleisterwerken of de plaatsing van een dekvloer moet er voldoende geventileerd worden
- indien er geen risico op opstijgend vocht bestaat, worden de blokken rechtstreeks op de vloerplaat aangebracht
- indien de kans op opstijgend vocht reëel is (bv. vloerplaat op het gelijkvloers die rechtstreeks in contact staat met de grond of met een natte dekvloer), dient men onder de wand een U-vormig pvc-profiel aan te brengen (bij plaatsing op een afgewerkte vloer) of een polyethyleenfolie (bij plaatsing op een betonvloer). In dit laatste geval moet de folie boven het afgewerkte niveau uitsteken en moet er in een toereikende overlapping voorzien worden ter hoogte van de aansluitingen.

5.5.6.3 Bescherming tegen beschadiging

Het metselwerkoppervlak (in het bijzonder van decoratief metselwerk) moet beschermd worden tegen beschadiging. Dit geldt met name voor de kwetsbare naden aan de hoeken en de openingen, voor de plinten en voor alle andere uitstekende delen. Hierbij moet onder andere rekening gehouden worden met:

- de verdere afwerking van het bouwwerk
- het verkeer op de bouwplaats
- het pompen van het beton
- de installatie en het gebruik van steigers met steunpunten in het metselwerk.

Het afgewerkte metselwerk moet beschermd worden tegen de gevolgen van latere werkzaamheden die het oppervlak zouden kunnen bevuilen of de hechting van de eventuele bepleistering in het gedrang zouden kunnen brengen. In aanwezigheid van kleigrond kan het gevelmetselwerk bijvoorbeeld onderaan afgeschermd worden met behulp van een plastic zeil.

■ Bijkomende maatregelen voor decoratief metselwerk

Er moeten bijkomende maatregelen getroffen worden om een bevuiling ten gevolge van lopers en mortelresten of andere werkzaamheden zoals pleisterwerken of zaagwerken te vermijden. Wanneer het metselwerk achteraf opgevoegd wordt, moeten de voegen uitgekraasd worden (zie § 5.5.4, p. 79).

■ Bijkomende maatregelen voor af te werken metselwerk

Om de goede uitvoering van de latere afwerking toe te laten, dient men mortelbaarden te vermijden (bv. uitvoering van de bepleistering, plaatsing van de isolatie).

5.5.7 METSELEN BIJ WARM WEER

Bij droog en warm weer kan het nodig zijn om het metselwerk herhaaldelijk te bevochtigen (zonder het te bevullen) tot de hydratatiegraad voldoende hoog is (en de mortel geen plastische vervorming meer kan ondergaan). Dit heeft echter slechts weinig zin voor mortels met een hoog kalkgehalte en kan bovendien het risico op uitbloeiingen en uitslag verhogen.

5.5.8 METSELEN BIJ KOUD WEER

Het is ten stelligste afgeraden om te metselen bij **temperaturen van minder dan 5 °C**. Deze temperatuur mag ook niet onderschreden worden tijdens de verharding (± 24 h). De chemische reactie tussen het water en het cement vereist immers een bepaalde aanvangswarmte. De binding en de verharding zullen op hun beurt trager verlopen naarmate de temperatuur lager is.

Indien de metselwerken toch bij koud weer uitgevoerd moeten worden (**bij temperaturen < 5 °C**) dient men de volgende maatregelen te treffen:

- vóór hun gebruik moeten de metselstenen goed beschermd worden tegen vocht
- de aangewende mortel mag niet te vloeibaar zijn en zou bij voorkeur gemengd moeten worden met water met een voldoende hoge temperatuur
- de mortel mag in geen geval aangemaakt worden met bevroren zand
- na het aanbrengen moet de mortel zo snel mogelijk bedekt worden met een metselsteen
- de werken mogen in geen geval uitgevoerd worden met bevroren materialen of verdergezet worden op een bevroren metselwerk

- vers gemetselde muren moeten over hun volledige hoogte beschermd worden tegen vocht (met een zeil).

Wanneer het verse metselwerk gedurende de verharding van de mortel (± 24 h) blootgesteld is aan **negatieve temperaturen (tussen 0 °C en -5 °C)**:

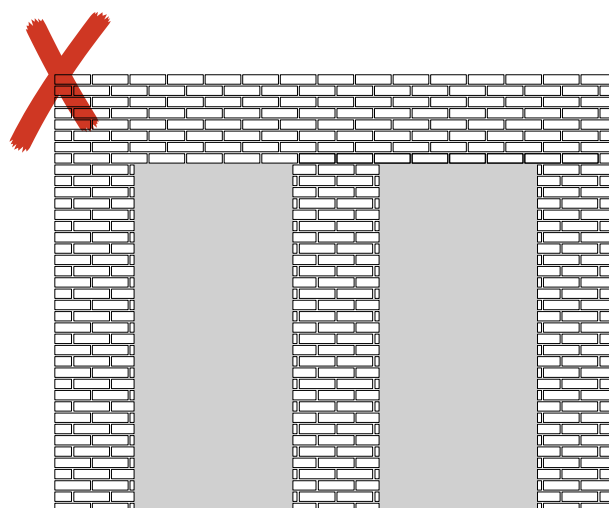
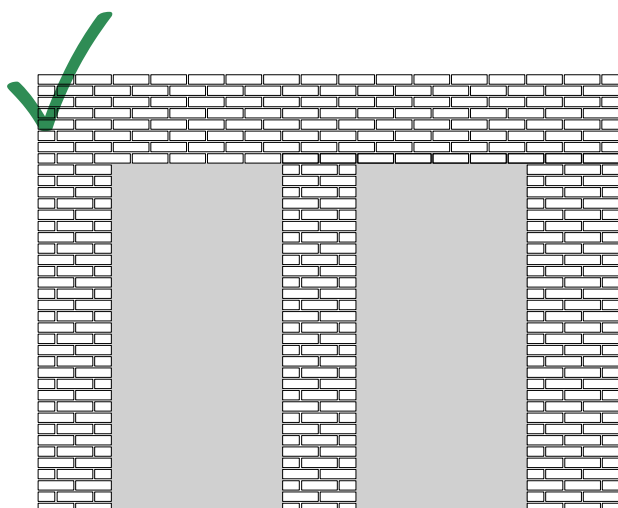
- is het aanbevolen om te werken met verwarmd water (bv. op 20 °C) en met cement uit een hogere druksterkteklasse zoals Portlandcement CEM I, dat een hogere initiële sterkte vertoont, maar ook een snellere verwerking vereist; het gebruik van hoog-ovencement is minder geschikt bij koud weer
- is het gebruik van antivriesmiddelen toegelaten voor zover deze geen afbreuk doen aan de uiteindelijke sterkte of hechting en het risico op uitbloeiingen niet verhogen (men dient er de richtlijnen van de mortelfabrikant of van de hulpstoffenleverancier op na te slaan)
- moet de vers gemetselde muur over zijn volledige hoogte beschermd worden tegen vorst en vocht en dit, met behulp van een isolatiemateriaal en een zeil
- moeten de delen van het metselwerk die beschadigd zijn door vorst (of eender welk ander fenomeen) vervangen worden.

Het strekt tot aanbeveling om niet te metselen wanneer er **temperaturen van minder dan -5 °C** te vreezen zijn. Het water in de verse mortel zou immers kunnen bevriezen en de hieruit voortvloeiende volumetoename zou de mortelstructuur kunnen verstoren. De vorst zou bovendien de reactie tussen het cement en het water kunnen onderbreken of verhinderen, waardoor het metselwerk achteraf weer afgebroken zou moeten worden.

Opmerking: metselstenen en/of mortels die niet vorstbestendig zijn, moeten bij metselwerken tijdens een vorstperiode ook beschermd worden tegen bevochtiging.

5.5.9 GEBRUIK VAN PASSTUKKEN

Indien de maatvoering van de muren en de afmetingen van de metselsteen bij zichtbaar blijvend metselwerk niet op elkaar afgestemd zijn, strekt het tot aanbeveling om vanaf de hoeken naar het midden toe te werken en om in het midden passtukken te voorzien. Dit principe kan eveneens gebruikt worden bij de deur- en vensteropeningen (zie afbeelding 63). Uit esthetische overwegingen is het aangeraden om geen fragmenten te gebruiken die kleiner zijn dan een kop (gewoonlijk 9 cm).



Afb. 63 Aanpassing van het verband met passtukken in het midden van het gevelmetselwerk.

5.5.10 GEBOGEN METSELWERK

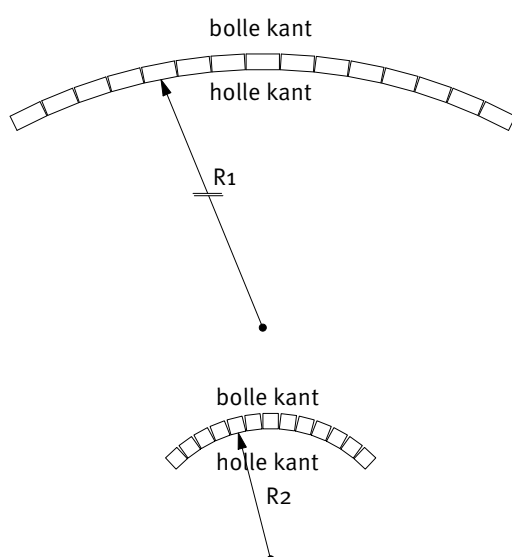
Gebogen metselwerk komt meestal voor onder de vorm van een cirkelsegment (bv. een kwart van een cirkel). Bij dit type uitvoeringen dient men bijzondere aandacht te besteden aan de verticale voegen (zie afbeelding 64).

Wanneer de holle kant zichtbaar blijft, dan kan de breedte van de verticale voeg probleemloos aangehouden worden. Indien het daarentegen de bolle kant is die zichtbaar blijft, dan moet men verifiëren welke voegbreedte men zal bekomen wanneer de randen van de koppen aan de holle kant met elkaar in contact staan. Indien men een kleinere straal wil realiseren,

zal men:

- ofwel de metselstenen in trapeziumvorm moeten zagen
- ofwel moeten werken met een kleinere strek (bv. halve stenen).

Het gebruik van een kleinere strek laat ook toe om al te grote hoogteverschillen tussen boven elkaar geplaatste stenen te vermijden. Bij toepassing van kleinere strekken (bv. koppen) is het wel aanbevolen om de verticale voegen te verkleinen, vermits de kleur van de voegen in dit geval een sterkere impact heeft op het uitzicht van het metselwerk. Deze voorzorg geldt des te meer naarmate het contrast tussen de kleur van de baksteen en de kleur van de voeg groter is.



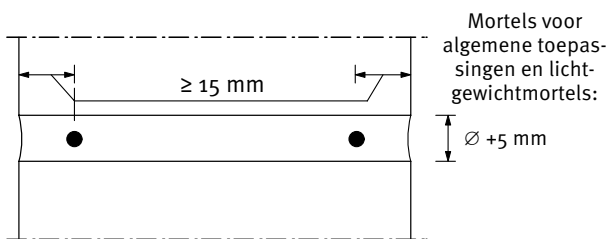
De kromtestraal $R_1 \gg R_2$. De sterke kromming van R_2 wordt verkregen door gebruik te maken van metselstenen met een kleinere strek.



Afb. 64 Gebogen metselwerk.

5.5.11 PLAATSIJNG VAN HET TOEBEHOREN

Om de ontwikkeling van de hechtsterkte toe te laten wanneer er zich wapeningsstaal in de lintvoegmortel bevindt, moet de morteldekking op het wapeningsstaal minstens gelijk zijn aan 15 mm aan de zichtzijde (zie afbeelding 65). In het geval van mortels voor algemene toepassingen en van lichtgewichtmortels moet de morteldekking op de wapening bovendien zodanig zijn dat de voeg minstens 5 mm dikker is dan de diameter van het wapeningsstaal. Hiertoe moet de wapening ingebed worden in een eerste laag mortel, waarop men vervolgens een tweede laag mortel aanbrengt.



Afb. 65 Morteldekking op de wapening in de lintvoegen.



Afb. 66 Lintvoegwapening uit gelaste draden (vakwerktipe).

Deze maatregel mag achterwege gelaten worden indien de wapening voorzien is van afstandhouders (afbeelding 66).

Indien nodig, kan het inwerken van de ankers in de mortel (afbeelding 67) eveneens in twee stappen gebeuren. De door de fabrikant aangegeven minimale verankeringslengte (ten minste 30 mm) moet hierbij steeds gerespecteerd worden (zie toelaatbare belasting). Bij het ontwerp en de uitvoering ervan dient men er bovendien op toe te zien dat er nog ten minste 20 mm mortel achter de ankers aangebracht kan worden om te vermijden dat ze door de muur gedrukt zouden worden onder invloed van de drukkrachten (zie afbeelding 87, p. 97).

In geval van een mechanische bevestiging (afbeelding 68), eventueel in combinatie met een chemische verankering, moeten de boordiameter en de boordiepte in overeenstemming zijn met de aanbevelingen van de fabrikant. Tenzij expliciet anders aangegeven, is het gebruik van klopboren in metselwerk in principe uitgesloten, aangezien dit de ondergrond en bijgevolg ook de treksterkte van de bevestiging zou kunnen verzwakken.



Afb. 67 Inwerken van een anker in de mortellijm.



Afb. 68 Mechanische bevestiging van een anker.

5.5.12 DEUR- EN VENSTEROPENINGEN

5.5.12.1 In dragende muren

De oplegglengte van de balken, de lateien en de metalen profielen (≥ 10 cm voor lateien overeenkomstig de NBN EN 845-2) [B40] volgt uit de stabiliteitsberekeningen (zie STS 22) [F2].

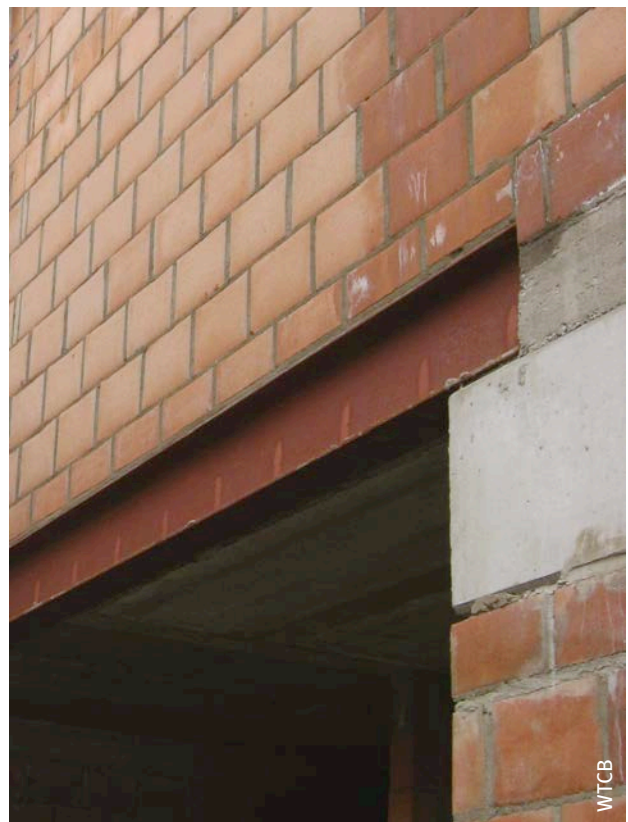
Geprefabriceerde balken moeten op een mortellaag aangebracht worden (afbeelding 69) om:

- de verticale belasting gelijkmatig over het metselwerk te verdelen
- een toereikende wrijving te verkrijgen om de horizontale belastingen van de balken en de lateien te kunnen overdragen op het metselwerk.

Een uitzondering op deze regel is metselwerk uit kalkzandsteenblokken waarbij er gebruikgemaakt wordt van een membraan om één van de opleggingen van de latei te scheiden van de muur (zie ook afbeelding 106, p. 105).

Indien men vreest dat de belasting te excentrisch zou zijn of dat de verse mortel te veel weggedrukt zou worden door het gewicht van de betonnen of stalen balk, strekt het tot aanbeveling om in de mortellaag een profiel (bv. uit neopreen) of een staaf aan te brengen waarvan de elasticiteitsmodulus bij voorkeur lager is dan die van de mortel en dit, teneinde de belasting door het eigengewicht zo gelijkmatig mogelijk over de muur te verdelen.

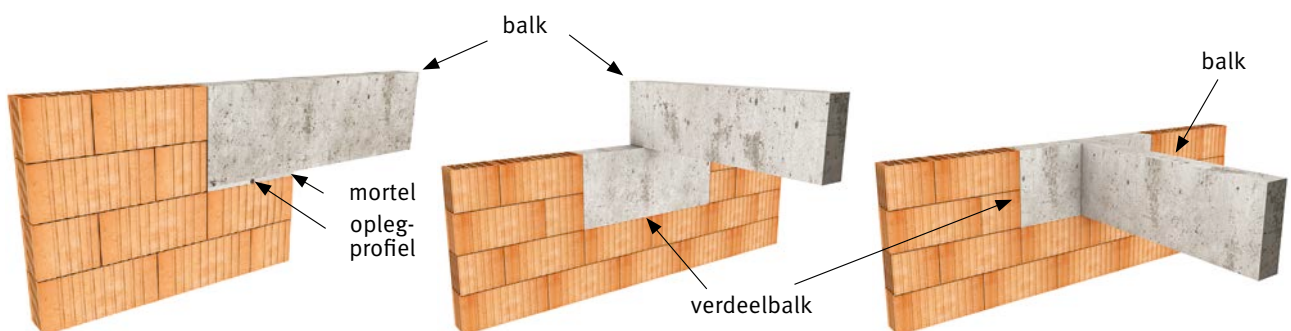
Indien de balk loodrecht staat op de muur en de vereiste oplegbreedte niet gerealiseerd kan worden door de breedte van de balk en de muur, dient er een verdeelbalk gebruikt te worden om de noodzakelijke oplegoppervlakte te realiseren. Deze verdeelbalk kan onder de balk of in de muur ingewerkt worden (zie afbeelding 70).



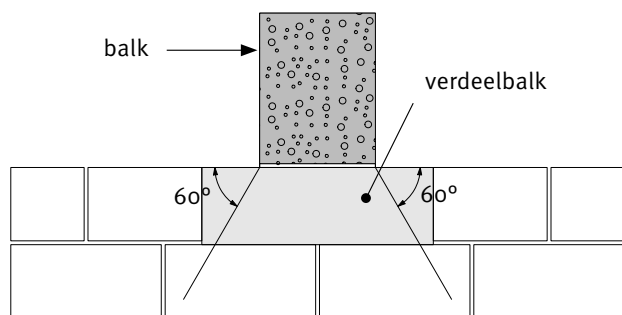
Afb. 69 Geprefabriceerde balk die op een mortellaag en een verdeelbalk aangebracht wordt.

De ontwerper dient er de STS 22 op na te slaan voor de controle van de stabiliteit en de opstelling van zijn voorschriften [F2].

De geconcentreerde belasting wordt verdeeld over een metselsteen van groep 1 of over een ander massief materiaal (bv. verdeelbalk uit beton indien het metselwerk opgebouwd is uit metselstenen van de groepen 2 of 3) (zie Bijlage B, p. 121) en dit, over een welbepaalde minimale lengte. Deze laatste is gelijk aan de vereiste oplegglengte, aan iedere zijde vermeerderd met een lengte, berekend op basis van een spreiding van 60° .



Afb. 70 Oplegging van balken op het metselwerk.



Afb. 71 Minimale afmeting van een metselsteen van groep 1 of van een verdeelbalk onder geconcentreerde belastingen.

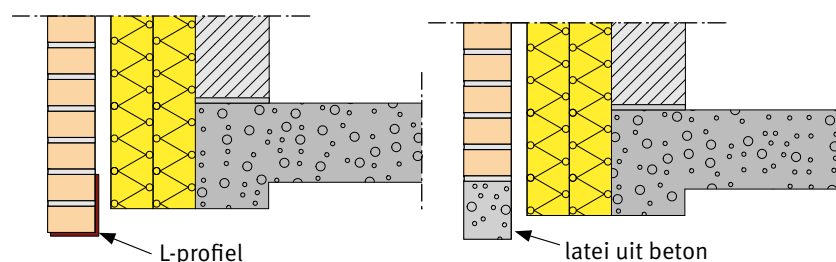
tot de onderzijde van het materiaal of de verdeelbalk (zie afbeelding 71). In het geval van een oplegging aan de kop van de muur is er slechts een bijkomende lengte vereist aan één enkele zijde.

Voor gebouwen met meer dan twee verdiepingen die zich in een zone met zwakke seismische activiteit bevinden en voor elk gebouw in een gematigde seismische zone (zie § 3.1.4, p. 37, en STS 22) dient men voldoende stijve verbindingen aan te brengen tussen de muren (langse en dwarse verstijwingsmuren; zie § 5.6.1, p. 89), evenals tussen de draagmuren en de balken. Aangezien het metselwerk ter hoogte van de opleggingen een discontinuïteit vertoont waardoor het kwetsbaarder wordt, is het in bovenvermelde seismische zones noodzakelijk om voor de lateien in een minimale oplegging van 30 cm te voorzien.

5.5.12.2 In gevelmetselwerk

5.5.12.2.1 Algemeenheden

Ter hoogte van de gevelopeningen moeten er maatregelen getroffen worden om het bovenliggende metselwerk te ondersteunen. Idealiter zouden deze maatre-



Afb. 72 Voorbeelden van lateien.

gelen zodanig moeten zijn dat er geen stijve verbinding gecreëerd wordt tussen de buitengevel en de binnenmuur. Dit zou immers kunnen leiden tot warmteverliezen door koudebruggen of tot bijkomende spanningen in de buitenmuur (zie ook § 5.9, p. 103).

Men zou dan ook de voorkeur moeten geven aan:

- L-profielen of andere stalen lateien
- balken of lateien uit beton
- lateien uit natuursteen
- consoles met thermische onderbreking
- lintvoegwapening met speciale haken
- een combinatie van deze elementen
- onafhankelijke rollagen, in geval van een beperkte overspanning
- streklagen
- elementen in boogvorm.

5.5.12.2.2 Lateien

De lateien (zie § 2.3.5, p. 28, en de voorbeelden in de afbeeldingen 72 en 73) moeten beantwoorden aan de eisen van de blootstellingsklasse MX3 (zie tabel 41, p. 58). Indien men om stabiliteitsredenen beslist gebruik te maken van geveldragers, dan moeten deze voorzien zijn van een thermische onderbreking teneinde de invloed van de koudebruggen tot een minimum te beperken.

De afmetingen van de lateien worden bepaald in functie van de belasting en de overspanning. De technische gegevens van de leverancier van de lateien moeten hierbij in aanmerking genomen worden. Men dient in een toereikende oplegglengte te voorzien in functie van de overspanning (≥ 10 cm, of zelfs ≥ 20 cm in geval van seismische belastingen) en dit, teneinde de doorbuiging⁽¹²⁾ en dus ook het risico op scheurvorming links en rechts van de latei te beperken.



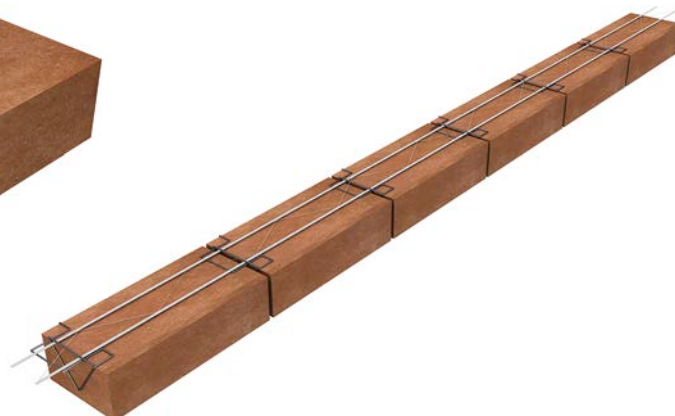
Afb. 73 Latei (L-profiel).

⁽¹²⁾ Zie NBN B 03-003 voor de grenswaarden [B7].

Baksteen op zijn kop



Baksteen op zijn strek



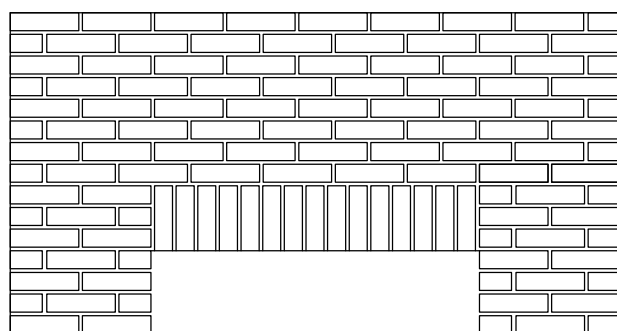
Afb. 74 Lateihaakjes en lintvoegwapening.

5.5.12.2.3 Wapening

Een andere oplossing is het gebruik van een lintvoegwapening en lateihaakjes uit roestvast staal in de verticale voegen van de rollaag of van de eerste strek-laag (afbeelding 74). De eerste lintvoegwapening wordt onder de lateihaakjes geschoven. Voor grotere overspanningen moeten ook de volgende lagen voorzien worden van een lintvoegwapening (zie hiervoor de technische richtlijnen van de producent van de wapening). Het is belangrijk om een mortel te kiezen die een toereikende hechting met de metselsteen oplevert.

5.5.12.2.4 Metselsteenlagen

Onafhankelijke rollagen zijn enkel geschikt om een geringe belasting op te nemen (afbeelding 75). Ze mogen dus enkel toegepast worden voor kleine overspanningen (bv. ≤ 900 mm).



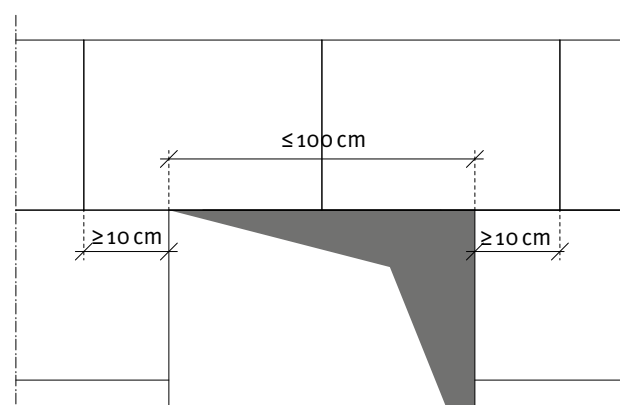
Afb. 75 Rollaag boven een gevelopening.

Om grotere overspanningen of belastingen op te vangen, kan men een beroep doen op streklagen (gewone strek, gebogen strek, hanenkam of getoogde strek) of elementen in boogvorm. Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar de STS 22 [F2].

5.5.12.3 Wanden uit gipsblokken

In het geval van niet-dragende wanden uit gipsblokken kunnen er deur- en vensteropeningen tot 100 cm breed uitgevoerd worden zonder gebruik van lateien of een voegwapening (afbeelding 76). Er moet een oplegging met een minimale lengte van ongeveer 10 cm gerealiseerd worden voor gipsblokken die dergelijke openingen overspannen. De verticale voeg tussen de blokken moet zich in het midden van de opening bevinden.

Openingen van meer dan 100 cm moeten verstevigd worden met een latei, zoals een gegalvaniseerd T- of M-profiel.



Afb. 76 Opening met een breedte van kleiner dan of gelijk aan 1 m in een wand uit gipsblokken.

5.6 VERBINDINGEN

De voegen, met inbegrip van de uitzetvoegen in de muren of tussen de muren en de andere scheidingswanden, moeten zodanig ontworpen en uitgevoerd worden dat ze beantwoorden aan alle gestelde eisen, met name voor wat betreft de brandweerstand van de muren.

Wanneer er uitzetvoegen uitgevoerd moeten worden in een brandwerende wand, dan moeten deze afgedicht worden met minerale materialen waarvan het smeltpunt hoger is dan of gelijk is aan 1000 °C (bv. rotswol). De voegen moeten perfect dichtgemaakt worden, zodanig dat de brandweerstand niet in het gedrang zou komen door een gebeurlijke beweging van de muur. Indien er andere materialen gebruikt moeten worden, dient men door beproeving aan te tonen dat aan de criteria E en I voldaan is (zie § 3.2, p. 40, en NBN EN 1366-4) [B62].

5.6.1 VERBINDINGEN TUSSEN DRAGENDE MUREN

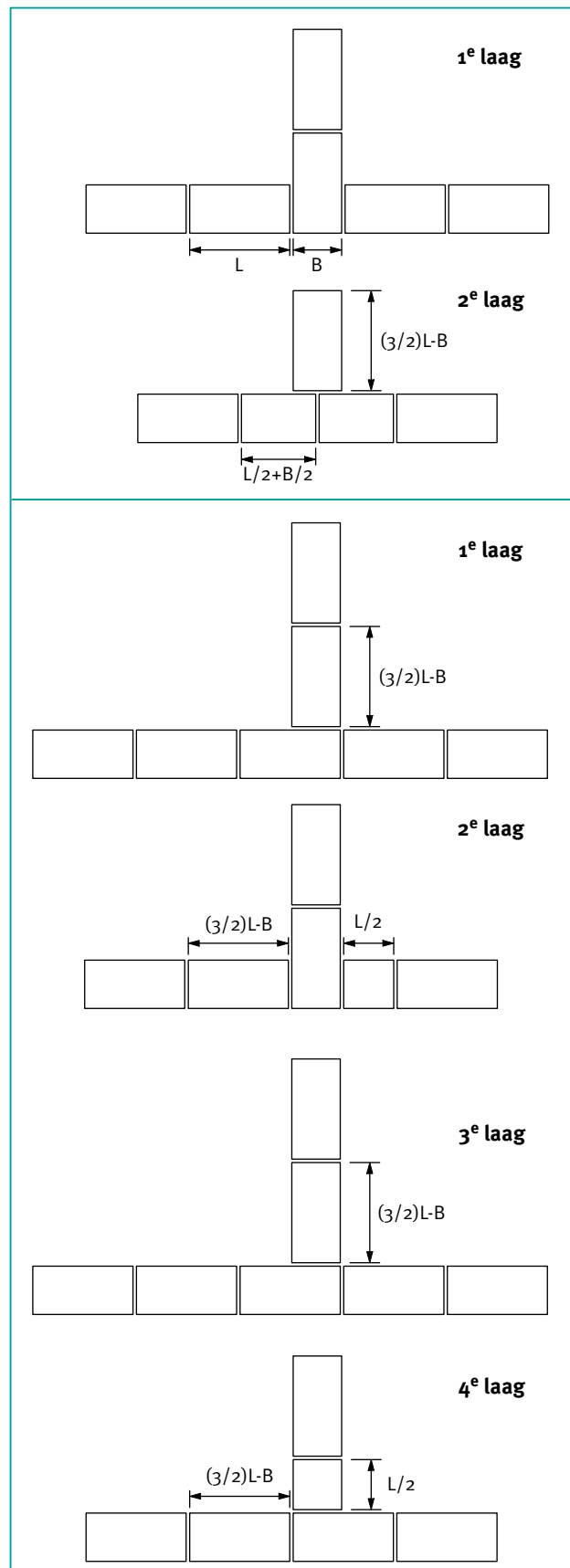
De verbindingen tussen dragende muren moeten zodanig uitgevoerd worden dat ze in staat zijn om de verticale en de horizontale belastingen over te dragen. De verbindingen kunnen gerealiseerd worden door:

- het steensverband (vertanding)
- de plaatsing van wapening in de muren
- het aanbrengen van dwarskrachtankers (zie § 2.3.1, p. 25).

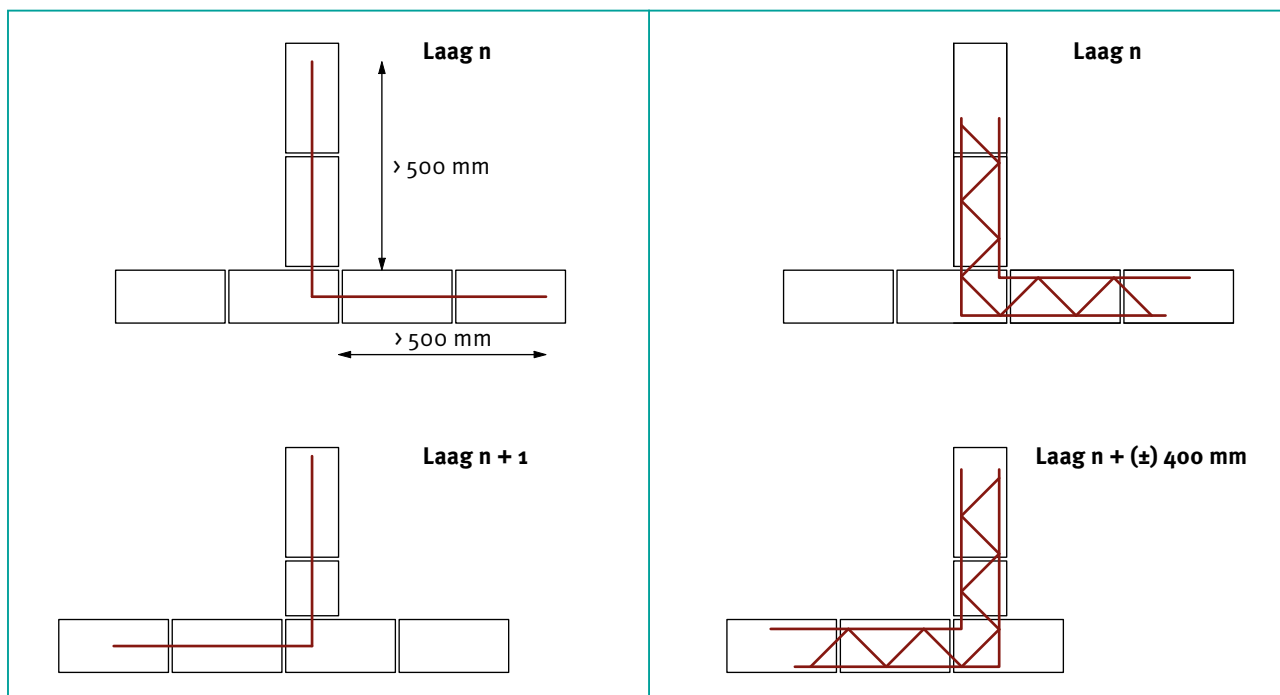
De voorbeelden van verbindingen die voorgesteld zijn in de afbeeldingen 77 tot 81 (p. 90 en 91) zijn eveneens geschikt om de door de seismische norm gevraagde globale cohesie van het gebouw te verzekeren, behalve dan voor gebouwen die uitgerust zijn met houten vloeren die in één richting dragen. Hiervoor moet er in elke laag een voegwapening aangebracht worden over een verbindingshoogte van $4 t_{ef}$ boven en $4 t_{ef}$ onder de vloer (waarbij t_{ef} de effectieve dikte van de wand voorstelt).

5.6.2 VERBINDING TUSSEN NIET-DRAGENDE MUREN EN DE DRAAGSTRUCTUUR

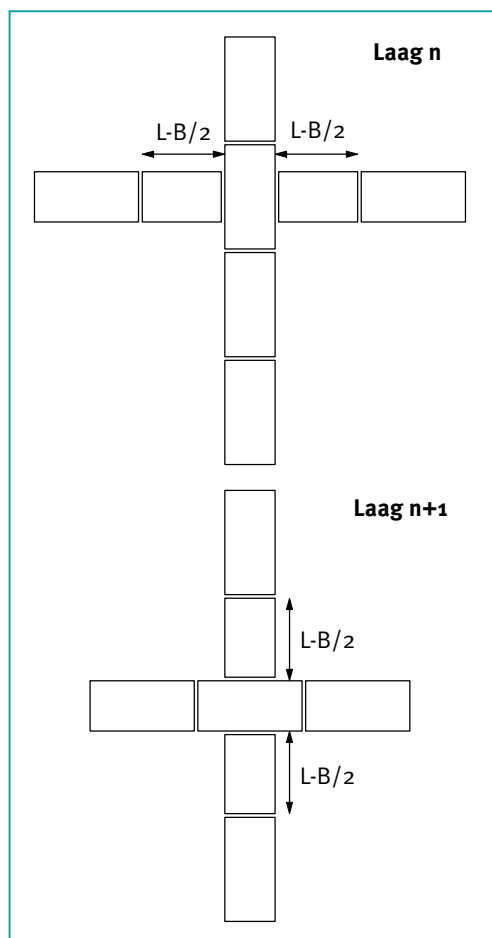
De verbinding tussen niet-dragende muren zonder verstijvingsfunctie en de draagstructuur moet zodanig uitgevoerd worden dat hun relatieve beweging niet in het gedrang komt en dat de stabiliteit van de niet-dragende muren gewaarborgd blijft.



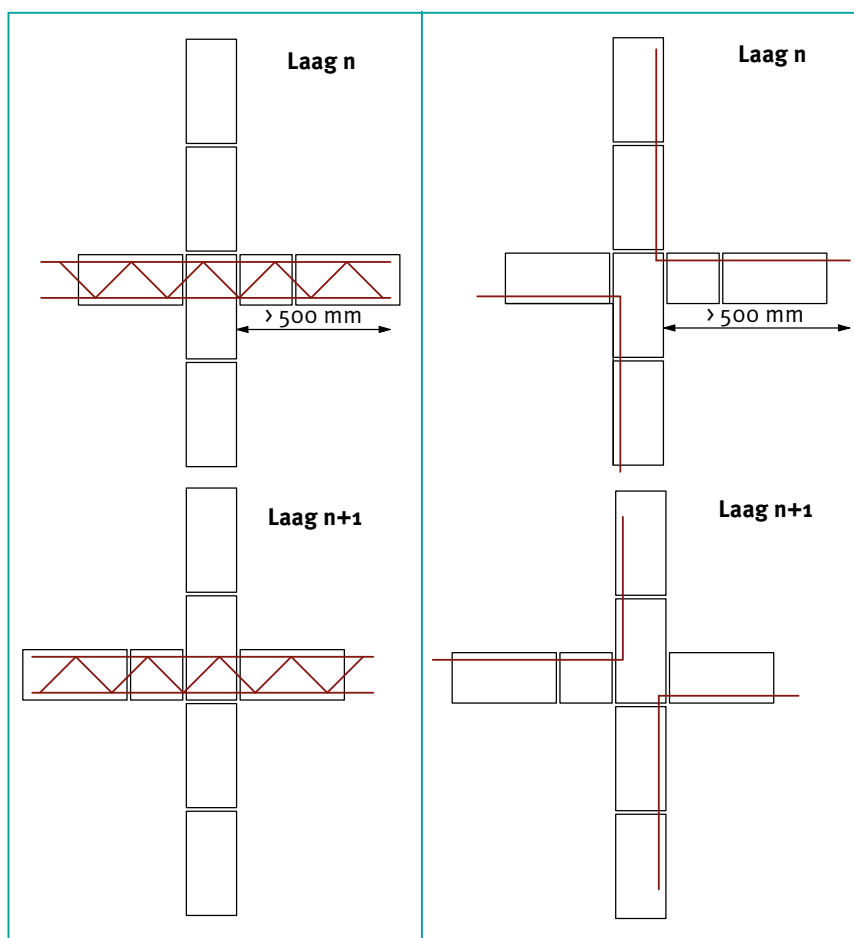
Afb. 77 Voorbeelden van T-verbindingen door middel van een steensverband (vertanding). Boven-aanzicht.



Afb. 78 Voorbeelden van T-verbindingen door middel van een wapening.



Afb. 79 Voorbeelden van kruisingen door middel van een halfsteensverband.



Afb. 80 Voorbeelden van kruisingen door middel van een wapening.



Afb. 81 Voorbeelden van verbindingen met behulp van dwarskrachtankers (koppelstrips).

5.6.2.1 Verbinding met dragende muren

Het strekt tot aanbeveling om de verbinding met de dragende muren uit te voeren met behulp van:

- glijankers (zie § 2.3.1, p. 25) die in staat zijn om de verwachte bewegingen op te vangen en dit, zowel in horizontale als in verticale richting (afbeelding 82)
- uitsparingen in het dragende metselwerk (afbeelding 83).

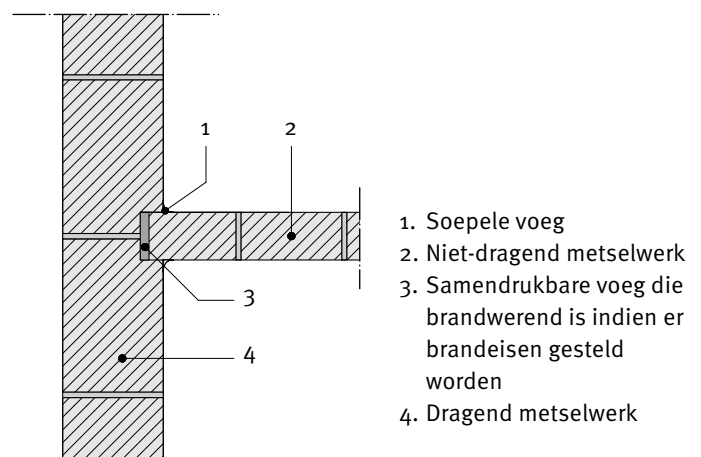
Indien het metselwerk uit verschillende types metselstenen opgebouwd is, dan moeten de verbindingen ook de verschillen in hygrothermische beweging kunnen opvangen.



Afb. 82 Voorbeeld van een glijanker (veeranker).

In het geval van niet-dragende binnenwanden uit gipsblokken, worden de verbindingen met de dragende muren in de regel uitgevoerd zonder glijankers of uitsparingen in het metselwerk. De volgende richtlijnen zijn van toepassing:

- indien de dragende muren stabiel zijn en geen vervormingen vertonen en indien er geen verhoogde eisen gelden op het vlak van akoestisch comfort, dan mogen de verbindingen stijf uitgevoerd worden met behulp van een gipsgebonden mortellijm
- indien de dragende muren onderhevig zijn aan vervormingen of indien er verhoogde eisen gelden op het vlak van akoestisch comfort, dan kunnen de verbindingen uitgevoerd worden met een elastische aansluiting (elastische stroken op basis van rotswol, bitumen, kurk, PE of PU, in combinatie met een gipsgebonden lijm). Deze techniek wordt het vaakst toegepast en wordt doorgaans als de regel beschouwd.



Afb. 83 Verbinding door middel van een uitsparing in het dragende metselwerk.

De verbinding mag het brandgedrag van de wand in haar geheel niet in het gedrang brengen. Hiertoe dient men rekening te houden met de schikkingen uit de norm NBN EN 15254-2 [B96] of het brandgedrag van de wand en de verbindingen aan te tonen aan de hand van een brandclassificatieverslag volgens de norm NBN EN 13501-2 [B93].

5.6.2.2 Verbinding met vloeren

De vloeren mogen niet opgelegd worden op niet-dragende muren, die op hun beurt geen dienst mogen doen als bekisting voor de dragende delen.

Niet-dragende muren uit metselwerk moeten vrij kunnen bewegen in horizontale richting, zonder onderhevig te zijn aan verticale bewegingen en zonder de andere prestaties in het gedrang te brengen (thermische of akoestische isolatie, brandweerstand ...).

De niet-dragende muren moeten onafhankelijk zijn van de draagstructuur. Om hun scheuring in de mate van het mogelijke tegen te gaan, mogen de niet-dragende muren pas vermeteld worden op de vloer nadat alle steunen weggehaald werden en de vloer volledig zelfdragend geworden is. In bepaalde gevallen zal dit pas mogelijk zijn na de uitvoering van de volledige draagstructuur van het gebouw. Om het ongunstige effect van de actieve doorbuiging ten gevolge van het gewicht van de muur te beperken, is het eveneens aanbevolen om de metselstenen op de vloer te plaatsen, zo dicht mogelijk tegen de plek waar de muur gemetseld zal worden. Voor meer informatie omtrent de scheuring van niet-dragend metselwerk verwijzen we naar [Infofiche nr. 60](#) [W22].

In de meeste gevallen wordt de stabiliteit van de niet-dragende muren gewaarborgd door verstijwingsmuren. Zo niet, dan moet er een verbindingssysteem aan de onderzijde van de vloer aangebracht worden. In [afbeelding 84](#) is er een voorbeeld van een dergelijke verbinding ter hoogte van de vloeren en de plafonds voorgesteld. Er wordt eerst een glijlaag ([nr. 6, afbeelding 84](#)) aangebracht om de muur onafhankelijk te maken van de vloer. Indien er eveneens akoestische eisen gesteld worden, strekt het tot aanbeveling om speciaal hiertoe ontworpen elastische muurstroken te gebruiken.

Om de muur gedeeltelijk zelfdragend te maken, is het aanbevolen om een lintvoegwapening aan te brengen in de onderste lagen ([nr. 4, afbeelding 84](#)). Deze maatregel is des te belangrijker naarmate de vloer sterker vervormbaar is. In geval van een doorbuiging vormt er

zich immers een inwendige boog in de muur. Om de muur scheurvrij te houden, moeten de onderste lagen desgevallend voorzien worden van een trekwapening.

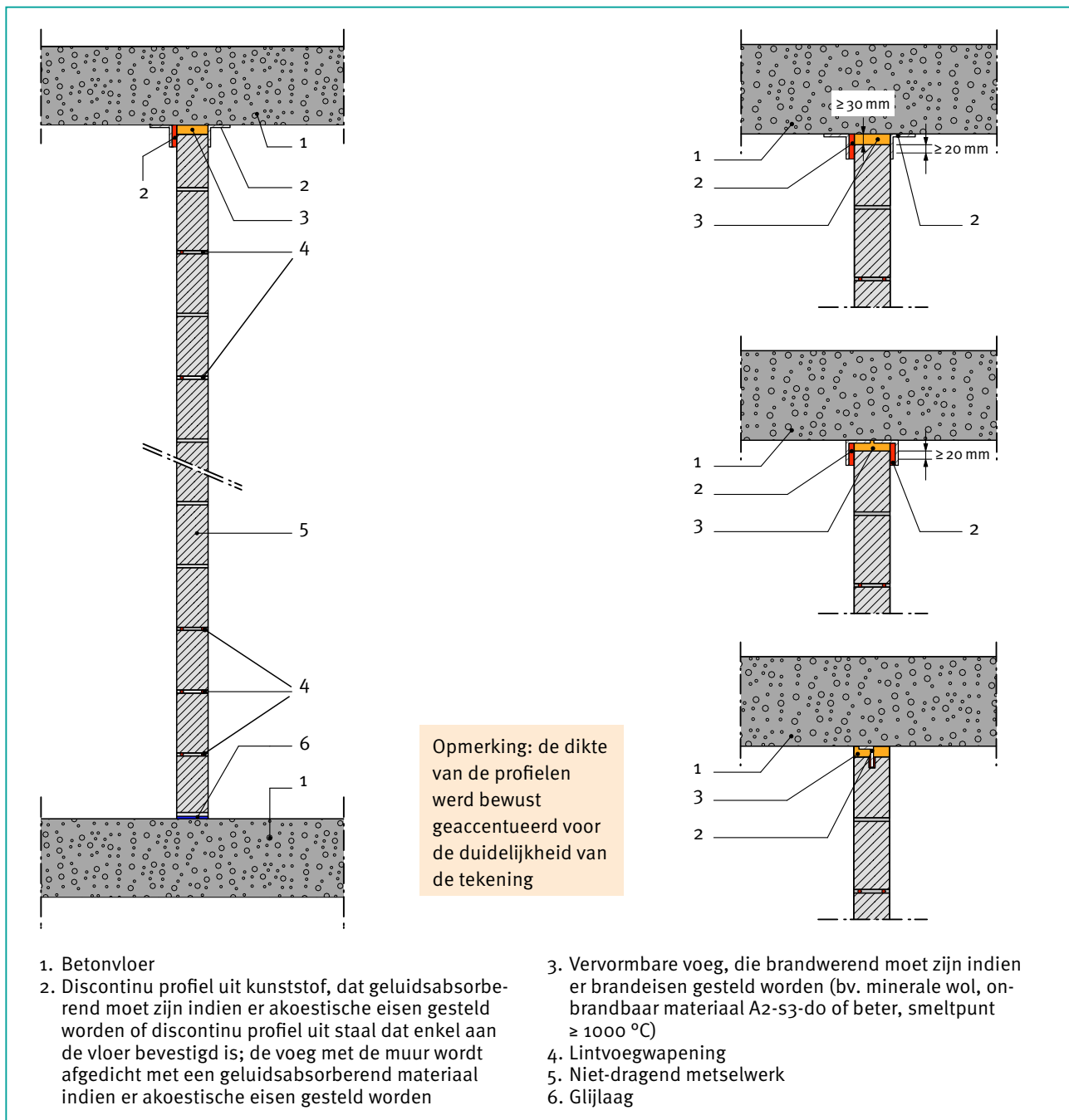
Aan de zijkanten van de muur kunnen er verankeringen in de aangrenzende muren of kolommen aangebracht worden, zoals aangegeven in § 5.6.2.1 (p. 91) en § 5.6.4 (p. 94). Er kan tevens in een lintvoegwapening voorzien worden ([nr. 4, afbeelding 84](#)) over de volledige hoogte (om de 40 à 60 cm) teneinde een toereikende horizontale buigsterkte of impactweerstand te verkrijgen. Bij gebrek aan een zijdelingse verankering en in afwezigheid van voldoende verstijwingsmuren (te berekenen door het studie bureau), zal een verankering aan de bovenliggende vloer met behulp van bijvoorbeeld hoekijzers noodzakelijk blijken. De hoekijzers mogen enkel in de vloer bevestigd worden. Indien er akoestische eisen gesteld worden, kan er aan het hoekprofiel een geluidsabsorberend materiaal toegevoegd worden of kan men de opening tussen het hoekprofiel en de muur opvullen met een voldoende stevig geluidsabsorberend materiaal ([nr. 2, afbeelding 84](#)).

Bovenaan de muur dient men de ruimte tussen de muur en de bovenliggende vloer of balk op te vullen met een elastisch voegmateriaal dat, indien er brandeisen gesteld worden, ook brandwerend moet zijn ([nr. 3, afbeelding 84](#); onbrandbaar materiaal met een smeltpunt ≥ 1000 °C, bijvoorbeeld minerale wol van de klasse A2-s3-do of beter, of nog, een ander type materiaal indien men de gebruiksgeschiktheid ervan kan aantonen aan de hand van een brandproef).

In het geval van niet-dragende wanden uit gipsblokken moeten [de verbindingen met de draagvloer](#) (betonnen vloerplaat, al dan niet zwevende dekvloer ...) uitgevoerd worden volgens de volgende richtlijnen:

- indien de dragende vloeren geen al te grote vervormingen vertonen, er geen bijzondere akoestische eisen gelden en er geen verhoogd risico op opstijgend vocht bestaat, dan kunnen de verbindingen met de dragende vloer stijf uitgevoerd worden met behulp van een gipsgebonden mortellijm
- indien de dragende vloeren onderhevig zijn aan vervormingen of indien er verhoogde eisen gelden op het vlak van akoestisch comfort, dan kunnen de verbindingen uitgevoerd worden met behulp van een elastische aansluiting (elastische stroken op basis van rotswol, bitumen, kurk, PE of PU, in combinatie met een gipsgebonden lijm).

De [verbindingen](#) van niet-dragende wanden uit gipsblokken [met de onderzijde van de vloer](#) worden doorgevoerd zonder gebruik te maken van mecha-



Afb. 84 Verbinding tussen een niet-dragende muur en een vloer (vloer en plafond).

nische bevestigingen of profielen. De volgende richtlijnen zijn van toepassing:

- indien de doorbuiging van het plafond beperkt is en er geen verhoogde eisen gelden op het vlak van akoestisch comfort, dan wordt de verbinding uitgevoerd met behulp van een PU-schuim, afgewerkt met een gipsgebonden product en een wapeningsstrook
- indien er akoestische eisen gesteld worden, dan moeten de verbindingen uitgevoerd worden met behulp van een elastische aansluiting (bv. elasti-

sche stroken op basis van rotswol, bitumen, kurk, PE of PU, in combinatie met een gipsgebonden lijm)

- indien er aanzienlijke vervormingen van de plafondplaat te vrezen zijn, dan kan er in een aangepaste glijdende aansluiting voorzien worden.

De verbinding mag het brandgedrag van de wand in haar geheel niet in het gedrang brengen. Hiertoe dient men rekening te houden met de richtlijnen uit de norm NBN EN 15254-2 [B96] of dient men het brandgedrag

van de wand en de aansluitingen aan te tonen op basis van een brandclassificatieverslag volgens de NBN EN 13501-2 [B93].

5.6.3 VERBINDING TUSSEN NIET-DRAGENDE WANDEN UIT GIPSBLOKKEN

In het geval van (T-vormige) verbindingen tussen niet-dragende wanden uit gipsblokken, kan men kiezen voor één van de volgende drie technieken:

- een vertande uitvoering van de T-verbinding
- het voorzien van een uitsparing in één van de wanden
- het maken van een stijve verbinding met behulp van een gipsgebonden lijm.

5.6.4 VERBINDINGEN TUSSEN MUREN EN KOLOMMEN

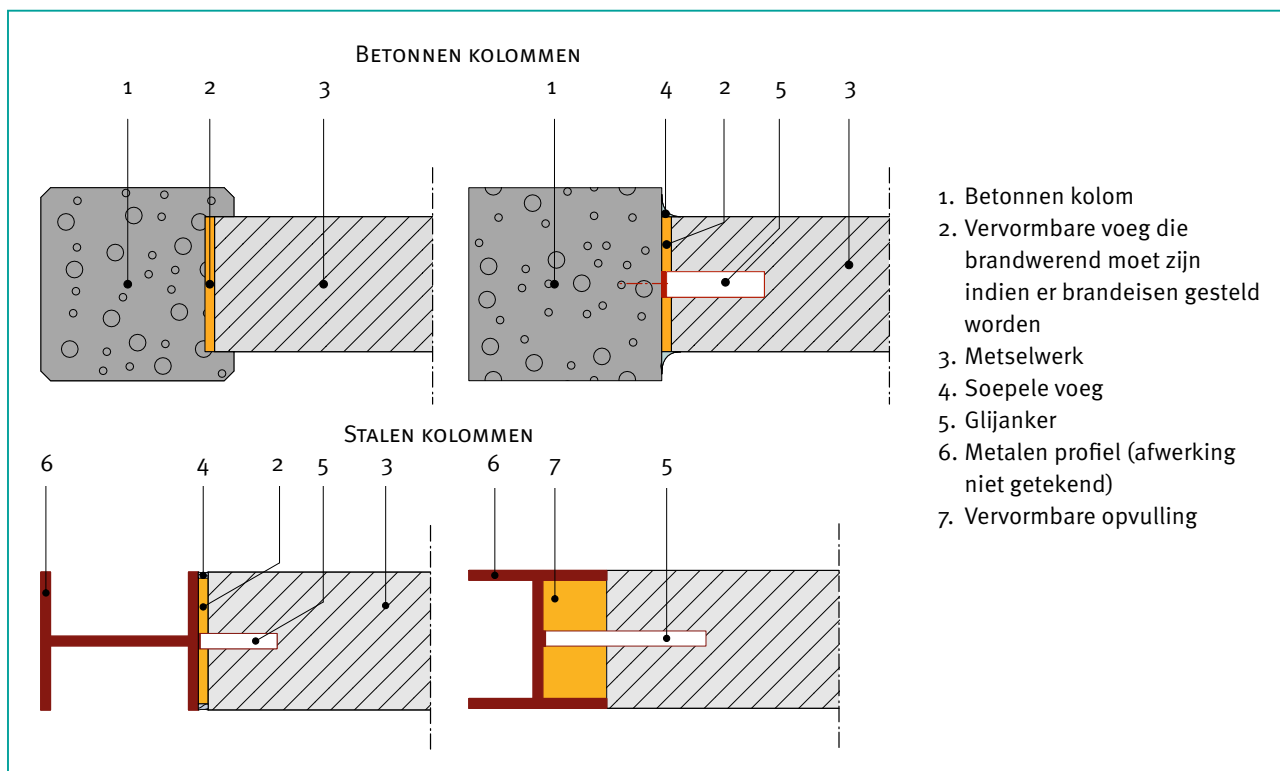
Kolommen uit beton of staal kunnen een verschillend bewegingsgedrag vertonen naargelang van de materiaalkarakteristieken, de aanwezige belastingen, de zettingen en de differentiële uitzetting of krimp (schommelingen van het vochtgehalte of de temperatuur). Dit is de reden waarom er in een bewegingsvoeg voorzien moet worden tussen de muren en de kolommen. In afbeelding 85 worden er enkele voorbeelden gegeven.

5.6.5 OPLEGGING VAN VLOEREN OP DRAGENDE MUREN

De verschillende in overweging te nemen types opleggingen, hun ontwerp en hun uitvoering worden beschreven in de [Technische Voorlichting nr. 223](#) [W12] evenals in de STS 22 [F2].

De dragende vloeren moeten over een toereikende oplegglengte op de dragende muren beschikken en hun hoekverdraaiing mag niet leiden tot afbrokkeling van of scheurvorming in het metselwerk. De maatregelen die getroffen moeten worden ter hoogte van een uitwelfsels bestaande vloer staan beschreven in de [WTCB-Dossiers nr. 2016/2.2](#) [W23].

De oplegacties en oplegreacties moeten zo gelijkmatig mogelijk verdeeld worden en dit, zowel over de muur als over de rand van de opgelegde vloer. Daarom kunnen droge opleggingen enkel in overweging genomen worden indien de vloeren weinig belast zijn (overspanningen van minder dan 5 à 6 m, typisch voor residentiële gebouwen) en indien de bovenste laag van het metselwerk en de onderzijde van de vloer voldoende vlak zijn. Ze worden afgeraden in aanwezigheid van voorgespannen vloerelementen of indien de te verwachten rotatie ter hoogte van de oplegging aanzienlijk is.



Afb. 85 Voorbeelden van verbindingen tussen een muur en een kolom.

Als alternatief voor een droge oplegging zou men een oplegmateriaal kunnen gebruiken dat aangepast is aan de situatie. De meest courante oplossing is om de vloer op te leggen op een vers mortelbed, waarin men best ook (in het midden van de oplegzone) een wapeningsstaaf aanbrengt (bv. Ø 10 mm) teneinde de dikte en de dwarse stabiliteit te waarborgen. Dit laat toe om de wrijving die vereist is voor de stabiliteit te verkrijgen.

In gebouwen met meer dan twee verdiepingen die in een zone met zwakke seismische activiteit liggen en in alle gebouwen die gelegen zijn in een gematigde seismische zone (zie § 3.1.4, p. 37) zal het voor de stabiliteit veelal nodig zijn om een geschikte verbinding tussen de muren en de vloeren voor te schrijven en uit te voeren. De vloeren dienen immers als stabiliserende schijf om de horizontale belastingen aan de verstijwingsmuren door te geven. In voorkomend geval mogen de vloeren niet droog of op een glijlaag opgelegd worden. De verbinding kan ontworpen en uitgevoerd worden door een oplegging in een mortellaag (zoals hiervoor beschreven), zodanig dat er een toereikende wrijving gecreëerd wordt, ofwel door te voorzien in een geschikte wapening indien de berekeningen dit vereisen.

Voor het ontwerpen en voorschrijven van verbindingen op basis van een berekening dient de ontwerper zich te baseren op de NBN EN 1998-1 en diens nationale bijlage [B75, B76]. In situaties die geen berekening vereisen, kan het in bepaalde gevallen – die samengevat zijn in tabel 32 (p. 39) – noodzakelijk blijken om gepaste constructieve schikkingen te treffen.

Afbeelding 86 (p. 96) illustreert een aantal technische oplossingen om de benodigde verbinding te verwezenlijken tussen een betonnen vloerplaat en een muur uit metselwerk in een gebouw met meer dan twee verdiepingen in een zone met zwakke seismische activiteit (optionele schikkingen, zie tabel 32, p. 39) en in eender welk gebouw in een gematigde seismische zone (verplichte schikkingen). Deze oplossingen worden gedetailleerd beschreven in de STS 22.

5.7 SPOUWMUREN

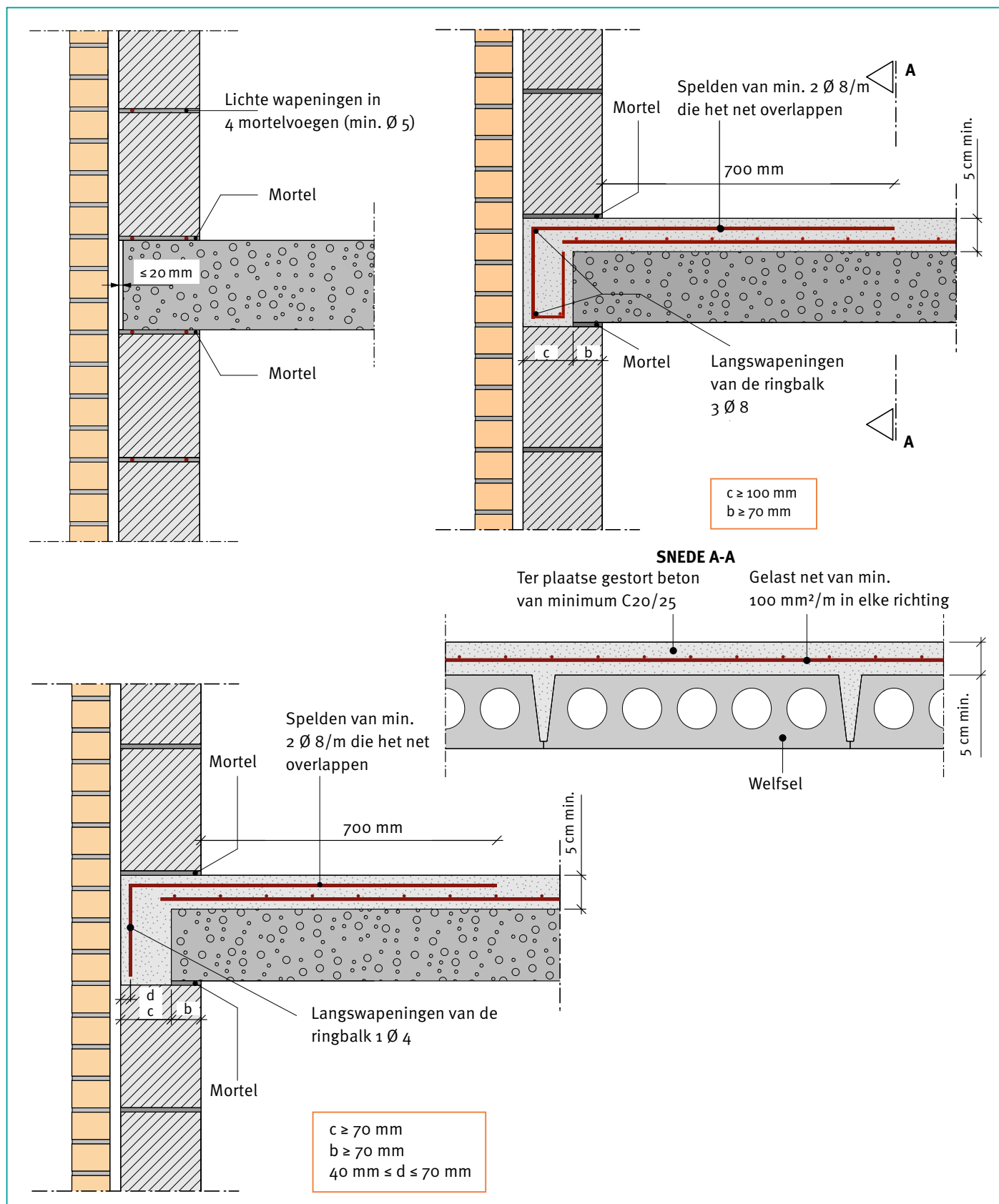
5.7.1 OPBOUW EN WERKING

Een spouwmuur is opgebouwd uit de volgende elementen met elk een specifieke functie (afbeelding 87, p. 97):

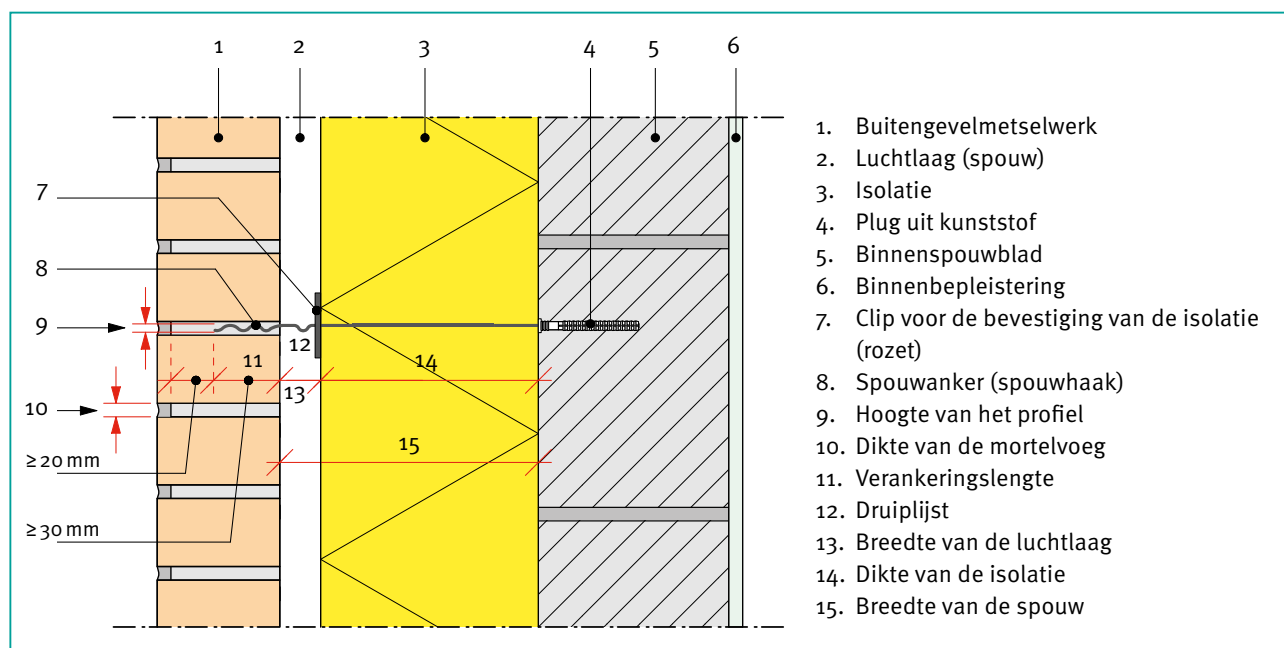
- een **binnenspouwblad** met een al dan niet dragende functie, waaraan eisen gesteld kunnen worden op het vlak van thermische isolatie, akoestische isolatie, brandweerstand ... en dat doorgaans

niet blootgesteld is aan de weersomstandigheden. Indien de wand zelf geen toereikende luchtdichtheid biedt, moet ze minstens aan één zijde voorzien worden van een bepleistering. Deze bepleistering moet er bovendien voor zorgen dat het luchtdrukverschil tussen de spouw en de binnenruimte geen aanleiding geeft tot vochtinfiltraties en dat de regendoorslag doorheen het buitenspouwblad kan aflopen via de onderzijde van de spouw

- een **spouw** die deels of volledig opgevuld kan zijn met een thermische isolatie en eventueel uitgerust kan zijn met een dampscherm (zie tabel 49, p. 97):
 - spouw met een gedeeltelijke opvulling; men gaat ervan uit dat het regenwater kan aflopen via de luchtlaag. Deze laag, die enerzijds dienst doet als decompressiekamer en anderzijds als anticapillaire barrière, vormt dus een tweede barrière tegen slechte weersomstandigheden
 - spouw met volledige opvulling; de hoogte van de gevel moet beperkt worden (zie § 3.3.2, p. 44). Voor lage gebouwen zal de aanwezigheid van een oversteek een gunstig effect hebben op de blootstelling (zie ook § 3.7.3, p. 50). Er mogen enkel soepele en waterafstotende isolatiematerialen gebruikt worden, teneinde de onregelmatigheden van het metselwerk te kunnen compenseren
- een **buitenspouwblad**, al dan niet afgewerkt met een bepleistering of een verf. Deze wand doet dienst als regenscherm (eerste barrière tegen slechte weersomstandigheden), beschermt de thermische isolatie en de binnenmuur, en kan eveneens een esthetische rol te spelen hebben. Ze heeft doorgaans echter geen dragende functie. Sterk capillaire metselstenen zorgen voor een zeker buffereffect ten opzichte van vocht alvorens er zich een waterfilm vormt aan het oppervlak wanneer de metselstenen verzadigd raken. Om de stabiliteit ervan te verzekeren, wordt het buitenspouwblad aan het binnenspouwblad verbonden met behulp van spouwankers
- **spouwankers**, gekozen volgens § 2.3.1.1 (p. 26) en tabel 40 (p. 57). Het aantal ankers per m² metselwerk wordt voorgeschreven door de ontwerper (minstens 5 gelijkmatig verdeelde ankers per m², zie § 3.4.1, p. 45). De ankers moeten voldoende stevig zijn om enerzijds de horizontale krachten van het binnenaar het buitenspouwblad te kunnen overdragen en de stabiliteit van het buitenspouwblad te kunnen verzekeren en anderzijds toch een toereikende onafhankelijke beweging van het buitenspouwblad ten opzichte van het binnenspouwblad toe te laten. Indien er metalen ankers aangebracht worden in de hoeken, dan moet men deze beschouwen als stijve verbindingen die in aanmerking te nemen zijn bij de bepaling van de bewegingsvoegen (zie § 5.9, p. 103).



Afb. 86 Voorbeelden van technische oplossingen die toelaten om de benodigde verbinding te verwezenlijken tussen een betonnen vloerplaat en een muur uit metselwerk in een gebouw met meer dan twee verdiepingen in een zone met zwakke seismische activiteit of in eender welk gebouw in een gematigde seismische zone.



Afb. 87 Opbouw van een spouwmuur.

Tabel 49 Opvulling van de spouw bij spouwmuren.

Uitvoering			Opvulling van de spouw	
			gedeeltelijk ⁽¹⁾	volledig ⁽²⁾ ⁽³⁾
Uitvoeringstech- niek van het gevelmetselwerk	Mortel voor algemene toepassingen ‘G’	Dikte op plan ⁽⁴⁾ van de spouw tussen het buitenspouwblad en de isolatie	≥ 3 cm	0 cm
	Mortellijm ‘T’		≥ 2 cm	
Te beschouwen isolatietypes			Alle types beschreven in § 2.6 (p. 31)	Soepele en wateraf- stotende materialen
Uitvoeren van een ononderbroken isolatielaag	Minerale wol		Verstrengeling van de vezels	
	Kunststofschuim ⁽⁵⁾		Gewoonlijk met een randafwerking met tand en groef of in een sponning	–
	Cellenglas		Gebruik van een voegdich- tingsmateriaal	–

⁽¹⁾ De meest gebruikte aanbevolen techniek.

⁽²⁾ Afgeraden of zelfs verboden techniek in de volgende gevallen:

- bij gevelmetselwerk met open stootvoegen
- bij een blootstelling aan een waterdruk van meer dan 500 Pa.

⁽³⁾ Zie de TV 246 [W16] voor wat betreft het na-isoleren van spouwmuren door het opvullen van de spouw.

⁽⁴⁾ In het geval van een gedeeltelijke opvulling hebben deze beperkingen tot doel om een ononderbroken spouw te verkrijgen, rekening houdend met de uitvoeringstoleranties en de toleranties op de dikte van de materialen.

⁽⁵⁾ Wanneer er twee lagen isolatieplaten aangebracht worden, moeten deze geschrant gemonteerd worden (afbeelding 90, p. 99).

5.7.2 UITVOERING

De verschillende uitvoeringsstappen van een spouwmuur volgen een bepaalde fasering, in de wetenschap dat het aanbevolen is om eerst het binnenspouwblad op te trekken. Het is inderdaad zo dat de plaatsing van het buitenschrijnwerk ofwel als laatste kan gebeuren,

na de montage van het binnenspouwblad, de plaatsing van de isolatie en het optrekken van het gevelmetselwerk, dan wel na de montage van het binnenspouwblad en dus vóór de plaatsing van de isolatie en het optrekken van het gevelmetselwerk. Deze laatste fasering wordt alsmaar gebruikelijker, omdat ze een betere aansluiting van de isolatielaag op het schrijnwerk toelaat.

Het optrekken van een spouwmuur verloopt zoals hierna beschreven.

Wanneer het binnenspouwblad uit metselwerk bestaat, dan moet de eerste laag stenen op een egaliserende mortellaag van ongeveer 2 cm dik aangebracht worden om de onregelmatigheden van de betonnen ondergrond te kunnen opvangen. Er moet in een anticapillaire barrière tegen opstijgend vocht voorzien worden en dit, ofwel in de mortellaag onder deze eerste laag stenen, of hoger, op de halve hoogte van de toekomstige plint van de binnenafwerking (afbeelding 88A). De overlapping van deze anticapillaire membranen, met name in de hoeken en aan de kruising van de muren, moet uitgevoerd worden over de volledige dikte van het metselwerk en mag nooit kleiner zijn dan 150 mm.

Na het optrekken van het binnenmetselwerk moeten alle mortelresten en baarden verwijderd worden ten einde een vlakke ondergrond te verkrijgen voor de isolatie (zie tabel 52, p. 116) of een cohesief oppervlak voor een eventuele bepleistering. Indien de wand aan de binnenzijde niet afgewerkt is met een voldoende dikke pleisterlaag die de luchtdichtheid ervan waarborgt (wat bijvoorbeeld het geval is bij zichtbaar blijvend binnenmetselwerk), moet men de spouwzijde van de wand immers bedekken met een waterbestendige bepleistering (een cementering of gelijkwaardig). Zonder deze luchtdichte barrière zullen de gebeurlijke

luchtinfiltraties leiden tot aanzienlijke warmteverliezen en zal ook het risico op regendoorslag toenemen.

Na de montage van het binnenspouwblad wordt er een waterdichtingsmembraan geplaatst aan de voet van de muur (afbeelding 88B) om het ingegraven deel van het metselwerk te beschermen. De naden worden verlijmd of gelast. Het membraan moet minstens 15 cm boven het afgewerkte niveau van de buitenverharding uitsteken en kan doorlopen tot aan de anticapillaire barrière die zich in het binnenspouwblad bevindt.

De thermische isolatie wordt aangebracht na de uitvoering van het binnenspouwblad en eventueel na de plaatsing van het schrijnwerk, afhankelijk van de fasering van de werken (afbeeldingen 89 en 90). Wanneer een deel van de isolatie onder het niveau van de buitenverharding aangebracht wordt, moet deze uit een materiaal bestaan dat geschikt is voor een dergelijke toepassing (vochtbestendig).

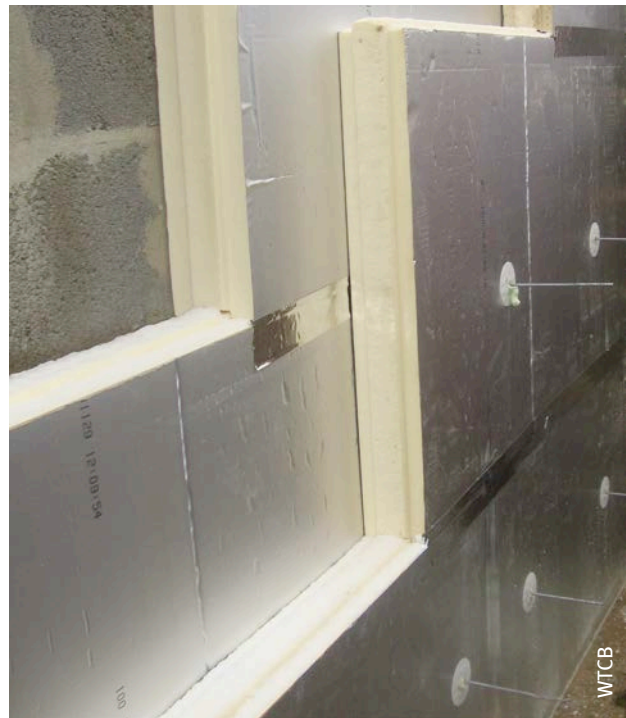
Indien de spouwankers reeds ter plaatse zijn vóór het aanbrengen van de isolatie, zullen ze het isolatiemateriaal doorboren bij de montage. Dit kan leiden tot aanzienlijke schade aan de isolatie, vooral indien het gaat om stijve panelen. Het is daarom aangewezen om de ankers aan te brengen met een plug na de plaatsing van de thermische isolatie en om bevestigingsgaten met een aangepaste diameter te boren. De isolatie moet vlak tegen het binnenspouwblad aangebracht worden



Afb. 88 Muurvoet van het binnenspouwblad.



Afb. 89 Plaatsing van het schrijnwerk juist na het optrekken van het binnenspouwblad.



Afb. 90 Doorlopende en geschrante plaatsing van de isolatiepanelen tegen de wand en bevestiging van de isolatie met behulp van spouwankers met een kunststof schotelplug.

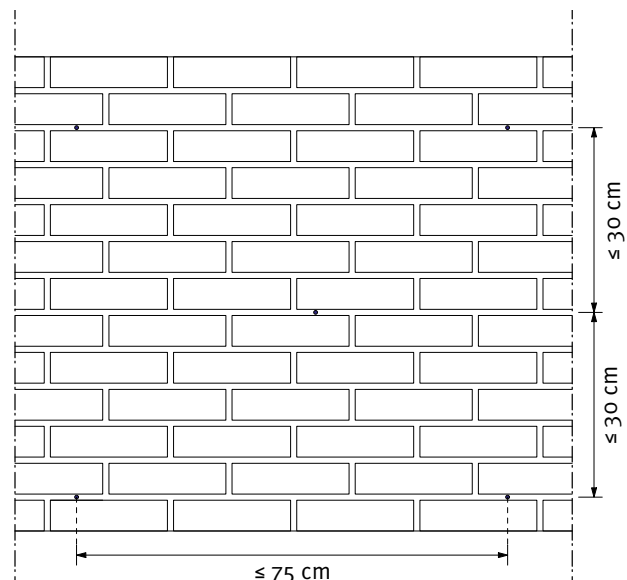
om de dikte van de luchtlaag tussen de isolatie en het binnenspouwblad te beperken en om ongecontroleerd lucht- en watertransport te vermijden. Een slechte uitvoering kan de doeltreffendheid van de thermische isolatie sterk reduceren.

Voor zover hun dimensionale toleranties dit toelaten, moeten de isolatiepanelen zodanig geplaatst worden dat ze een aaneensluitende laag vormen ⁽¹³⁾ ⁽¹⁴⁾ (zie tabel 49, p. 97). De voorschriften van de producent van de isolatie moeten steeds gerespecteerd worden.

Het buitenspouwblad wordt gemetseld (verlijmd) na de montage van de isolatie (behalve in het geval van een na-isolatie). Tabel 49 (p. 97) geeft aan welke spouwbreedte (luchtlaag) er gerespecteerd moet worden.

Het buitenspouwblad wordt met het binnenspouwblad verbonden met behulp van gelijkmatig verdeelde ankers (afbeelding 91), zodanig dat het geïnfiltreerde water naar buiten afgevoerd kan worden (bv. door een geschikte helling van de ankers). De voorkeur gaat uit naar metalen ankers met een thermische onderbre-

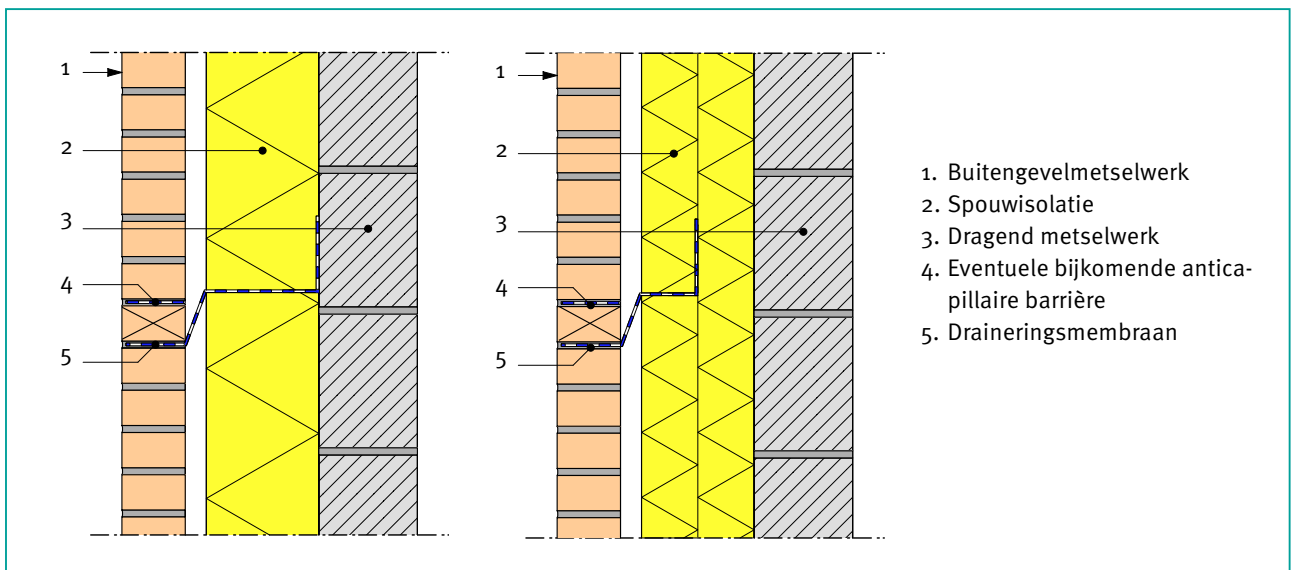
king. De plaatsing ervan is beschreven in § 5.5.11 (p. 85) en moet gebeuren met respect voor de vereiste dekking (afbeelding 87, p. 97).



Afb. 91 Gelijkmatige verdeling van de spouwankers.

⁽¹³⁾ Indien het materiaal een redelijk hoge lineaire thermische-uitzettingscoëfficiënt vertoont, dan kunnen de thermische bewegingen er in de winter toe leiden dat de naden zich gaan openen.

⁽¹⁴⁾ De NBN B 62-002 [B17] houdt via correctiefactoren rekening met eventuele luchtspleten. Wanneer de breedte van de luchtspleet kleiner is dan 5 mm, dan is de correctiefactor gelijk aan nul (weinig invloed op de U-waarde).



Afb. 92 Aanbrengen van een draineringsmembraan in de spouw.

Men moet een draineringsmembraan aanbrengen op de geschikte plaatsen in de spouw (aan de muurvoet en boven de openingen), opdat het in de spouw binnengedrongen water correct naar buiten afgeleid zou kunnen worden en niet in de leefruimten zou binnensijpelen (afbeelding 92). Dit membraan laat tevens een onafhankelijke glijbeweging van het buitenspouwblad toe.

In de hoeken en aan de kruising van muren dient men de overlapping van deze draineringsmembranen aan de muurvoet uit te voeren over de volledige dikte van het metselwerk. Ze mag nooit kleiner zijn dan 150 mm. Men moet er bovendien op letten dat het water over de volledige omtrek naar buiten afgevoerd wordt. Hiertoe worden de overlappingen bij voorkeur verlijmd of gelast.

Bij een sterke vochtbelasting en poreuze stenen is het nuttig om in een bijkomende anticapillaire barrière tegen opstijgend vocht, afkomstig van het in de spouw afdruipe water, te voorzien (nr. 4, afbeelding 92).

Boven de deuren en de vensters moet er evenzeer een doorlopend draineringsmembraan geplaatst worden (afbeelding 93). Dit kan gebeuren door de uiteinden ervan omhoog te plooiën om te vermijden dat het water in de spouw of op de isolatie zou terechtkomen (afbeelding 94). Deze opstand moet minstens 20 cm van de gevelopeningen verwijderd zijn.

Boven elk draineringsmembraan moet er minstens één open stootvoeg per strekkende meter ($6 \text{ cm}^2/\text{m}$) aanwezig zijn om het water af te voeren (afbeelding 95).

Men dient ervoor te zorgen dat de spouw door zo min

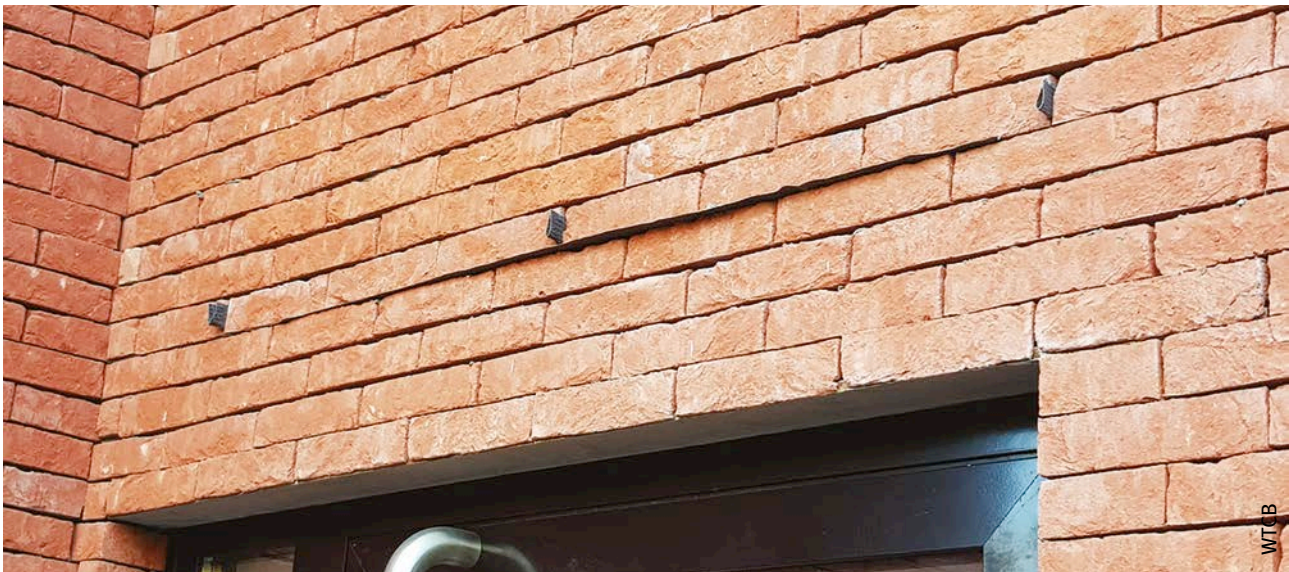
mogelijk mortel- of andere resten geblokkeerd wordt die een contact tussen het binnen- en het buitenspouwblad of tussen het buitenspouwblad en de isolatie tot stand zouden kunnen brengen.



Afb. 93 Draineringsmembraan boven een opening.



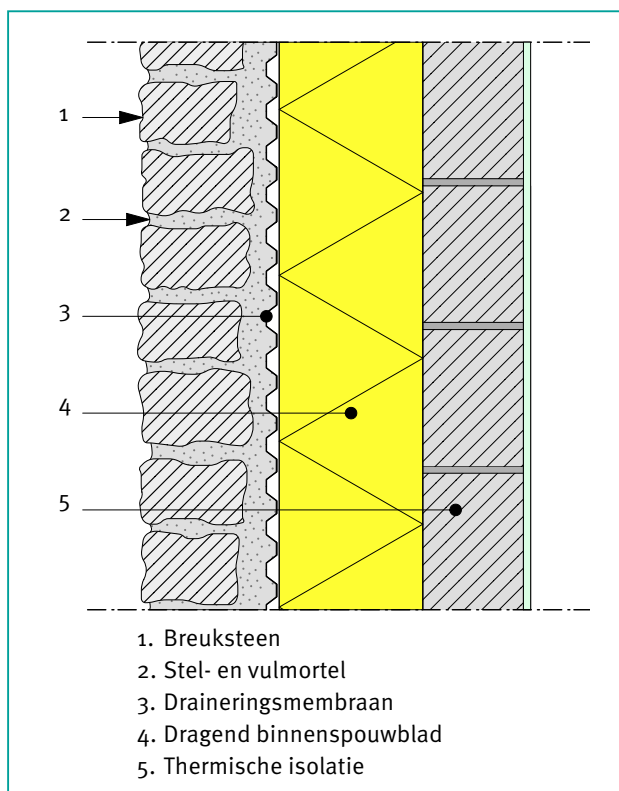
Afb. 94 Opstand van het draineringsmembraan aan één van de uiteinden.



Afb. 95 Open stootvoegen boven het draineringsmembraan.

5.7.3 SPOUWMUREN UIT NIET-GEKANTRECHTE BREUKSTEEN EN MET WILLEKEURIGE VORM

Spouwmuren uit niet-gekantrechte breuksteen en met willekeurige vorm vertonen een aantal specifieke eigenschappen (afbeelding 96).



Afb. 96 Spouwmuur uit niet-gekantrechte breuksteen en met willekeurige vorm.

Er is geen luchtpouw aanwezig aangezien de ruimte tussen het gevelmetselwerk en de stijve en vochtbestendige isolatie opgevuld is met mortel. Deze opvulling heeft tot doel om de laagbreedte en de belastingsoverdracht te waarborgen, gelet op het feit dat de breedte van de breuksteen niet altijd constant is.

Bovendien wordt er een anticapillaire barrière vormend draineringsmembraan op de isolatielaag aangebracht om de bevochtiging ervan tegen te gaan en te vermijden dat er water in het binnenspouwblad zou dringen.

Tot slot worden er zijdelings membranen aangebracht om elk contact tussen het schrijnwerk en de vulmortel te vermijden.

5.7.4 AANSLUITINGSDetails

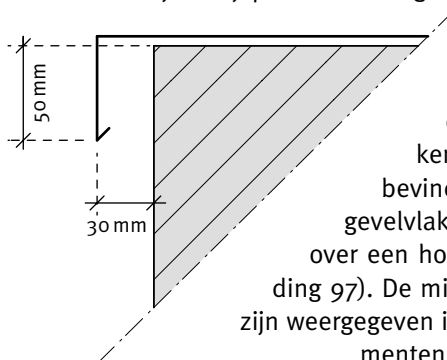
We verwijzen de lezer naar § 5.8 (hierna) voor de details aan de bovenkant van de muur en naar de [Technische Voorlichting nr. 264 \[W21\]](#) voor de details ter hoogte van de bouwknopen.

5.8 MUURAFDEKKINGEN

De bovenzijde van muren moet beschermd worden tegen een overmatige bevochtiging door een doeltreffende muurafdekking die ervoor zorgt dat het regenwater niet langs het bovenvlak van de muur kan dringen en in de mate van het mogelijke naar buiten afgeleid wordt. De desbetreffende regels voor spouwmuren kunnen eveneens toegepast worden op massieve muren.

Een doeltreffende muurafdekking beantwoordt aan de volgende eisen.

1. De afdekking moet waterdicht zijn. In dit verband is het gebruik van op kant of in ezelsruggen (zoals wel eens toegepast wordt bij tuinmuurtjes) gemetselde stenen afgeraden. Dit leidt immers tot een te sterke bevochtiging van de bovenzijde van de muur en verhoogt het risico op schade (bv. vorstschade, uitbloeiingen, vroegtijdige vergroening).
2. Opdat het regenwater van de gevel weggeleid zou worden, moet de afdekking een helling van minstens 2 % vertonen, uitsteken ten opzichte van de gevel en voorzien zijn van een doeltreffende druiplijst. Bij platte daken geniet een helling naar de

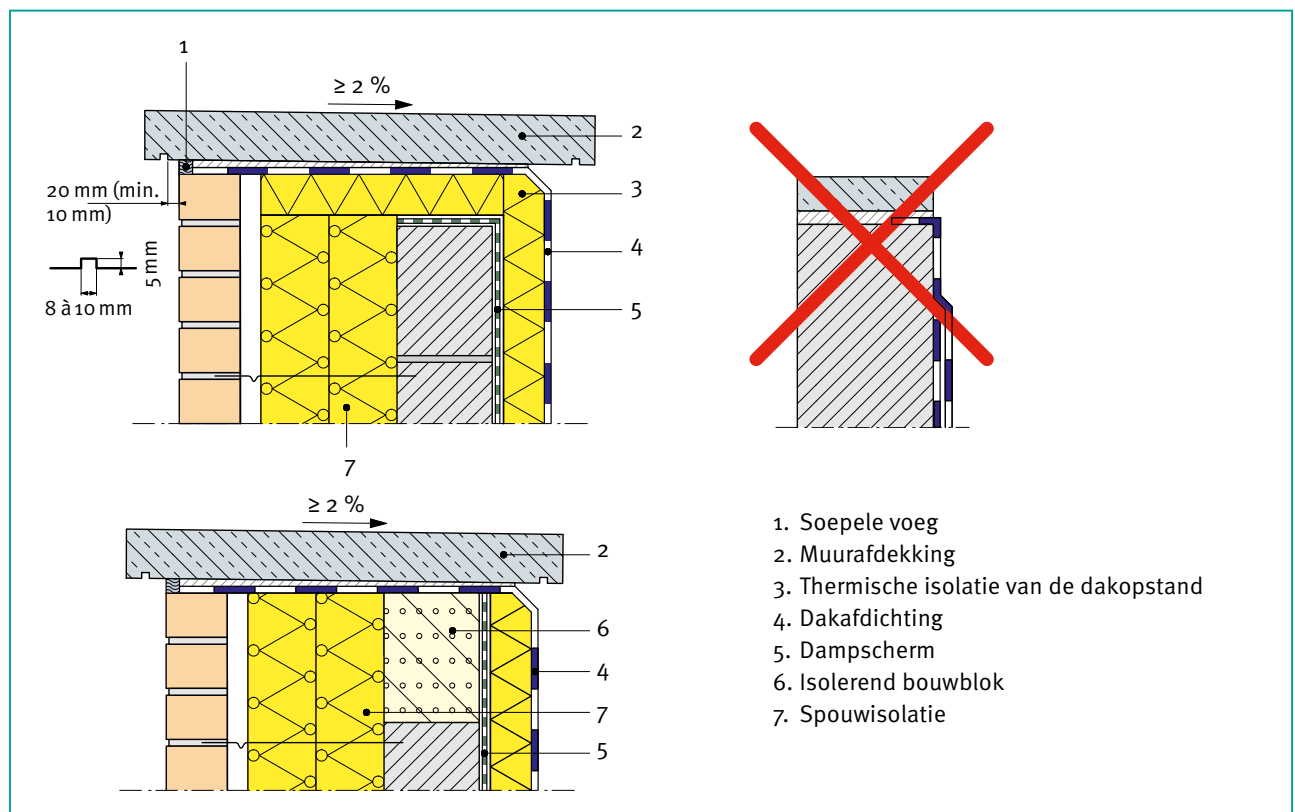


Afb. 97 De ideale druiplijst.

dakzijde toe de voorkeur om de regenbelasting op de gevel tot een minimum te beperken. De ideale druiplijst bevindt zich op 30 mm van het gevelvlak en beschermt de rand over een hoogte van 50 mm (afbeelding 97). De minimale afmetingen ervan zijn weergegeven in afbeelding 98 voor elementen uit steen en in afbeelding 99 voor elementen uit

metaal. Het gaat hier om *in situ* gemeten waarden. Het is dus beter om bij het ontwerp iets grotere waarden aan te houden (20 mm) om rekening te houden met de plaatsingstoleranties van de druiplijst en de fabricagetoleranties van de afdekkingen.

3. De voegen tussen de muurafdekkingen moeten waterdicht zijn, zoniet dient men te voorkomen dat het vocht in de muur zou kunnen binnendringen. Hiertoe dient men:
 - de voegen tussen de steenachtige elementen op te vullen met een elastische kit (afbeelding 100, p. 104), die regelmatig gecontroleerd en onderhouden moet worden (één keer om de drie jaar of jaarlijks indien hij een waterdichtingsfunctie heeft)
 - in een systeem te voorzien dat het binnendringen van water in de voegen tegengaat, bijvoorbeeld een slotvoeg voor elementen uit beton (afbeelding 100, p. 104), uit metaal of uit baksteen of een verhoging van de elementen uit gehouwen steen
 - in een waterafvoer onder de voeg te voorzien, door een geultje uit te voeren met een bitumineus membraan, met een profiel uit kunststof of uit metaal (afbeelding 100, p. 104) of zelfs – wat niet vaak meer gebeurt – met een spuer uit



Afb. 98 Muurafdekking uit natuursteen.

gehouden steen. Dit geultje of deze spuwer moet over de gehele lengte van de voeg geplaatst worden en uit het gevelvlak uitsteken, net zoals de muurafdekking. Om druipsporen te vermijden, moeten de voegen tussen de metalen elementen dichtgemaakt worden met strips die meegeleverd worden door de fabrikant (afbeelding 99).

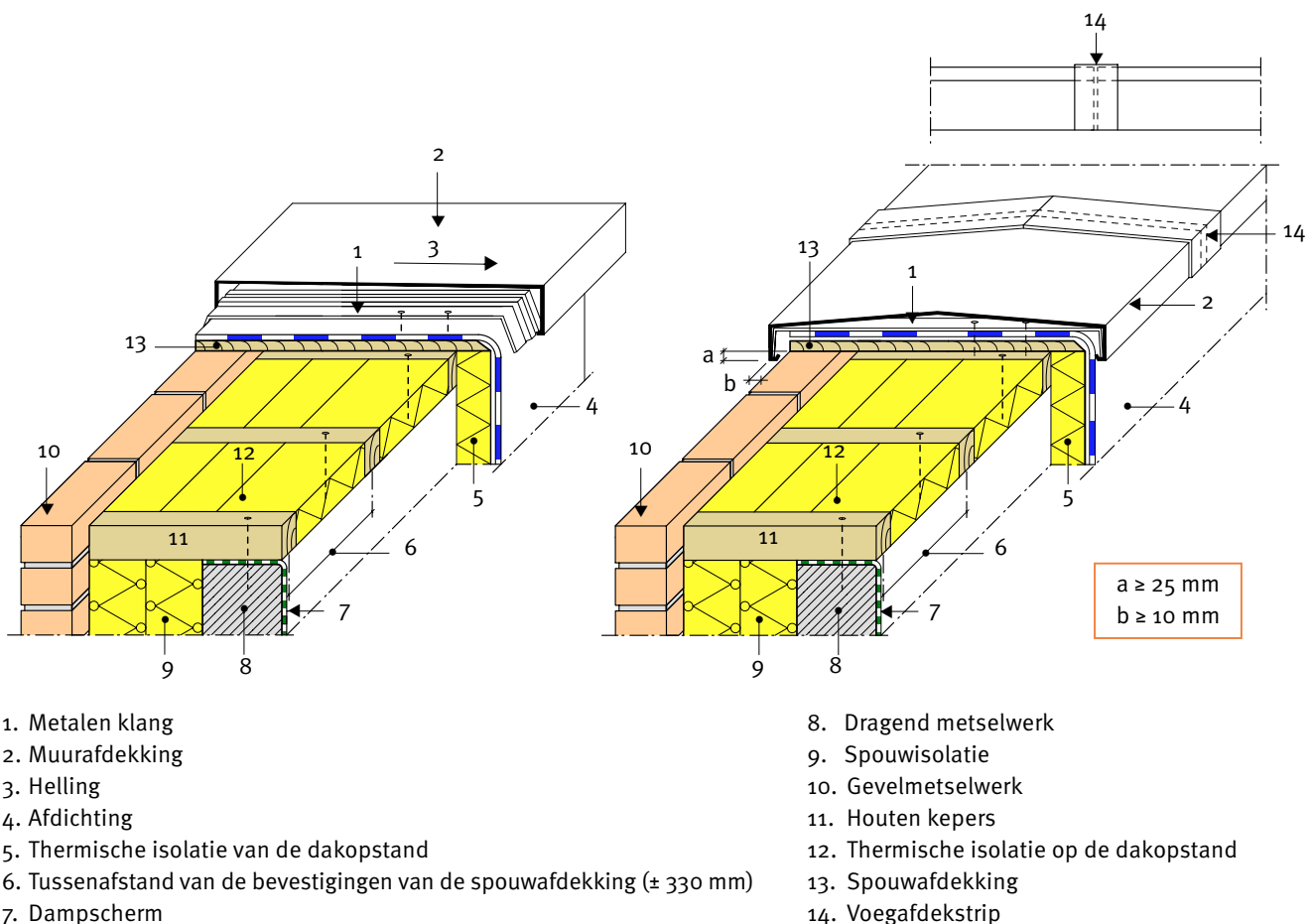
Voor muurafdekkingen die opgebouwd zijn uit elementen van beton of natuursteen dient men ongeveer om de tien meter in een uitzettingsvoeg te voorzien. Deze voegen moeten afgedicht worden met een elastische kit. Om het cumulatieve effect van de uitzetting van de muurafdekkingen tussen twee uitzettingsvoegen te beperken, moeten de gewone voegen tussen de elementen gevuld worden met een magere mortel of een bastaardmortel, die minder stijf is dan een cementmortel. Deze regel is uiteraard niet van toepassing wanneer de voegen met een elastische kit opgevoegd worden. De uitzettingsvoegen die aanwezig zijn in de structuur dienen overgenomen te worden in de muurafdekking.

5.9 BEWEGINGSVOEGEN

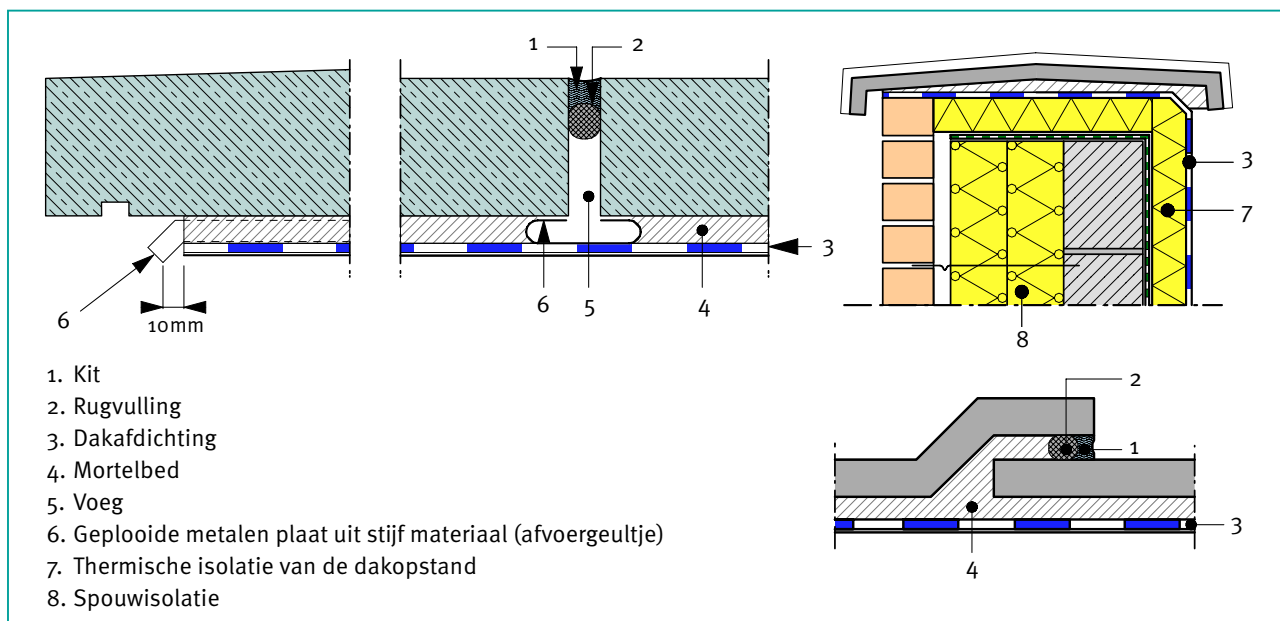
5.9.1 ALGEMEENHEDEN

Bewegingsvoegen hebben tot taak om het risico op scheurvorming in het metselwerk, dat niet goed bestand is tegen trekspanningen, te beperken. Ze moeten in staat zijn om de gevolgen van de dimensionale schommelingen van hygrothermische oorsprong te compenseren, alsook de gevolgen van differentiële zettingen, kruip, doorbuiging en andere mogelijke effecten van inwendige spanningen die veroorzaakt worden door de verticale of horizontale belastingen en dit, zonder schade te berokkenen aan het metselwerk.

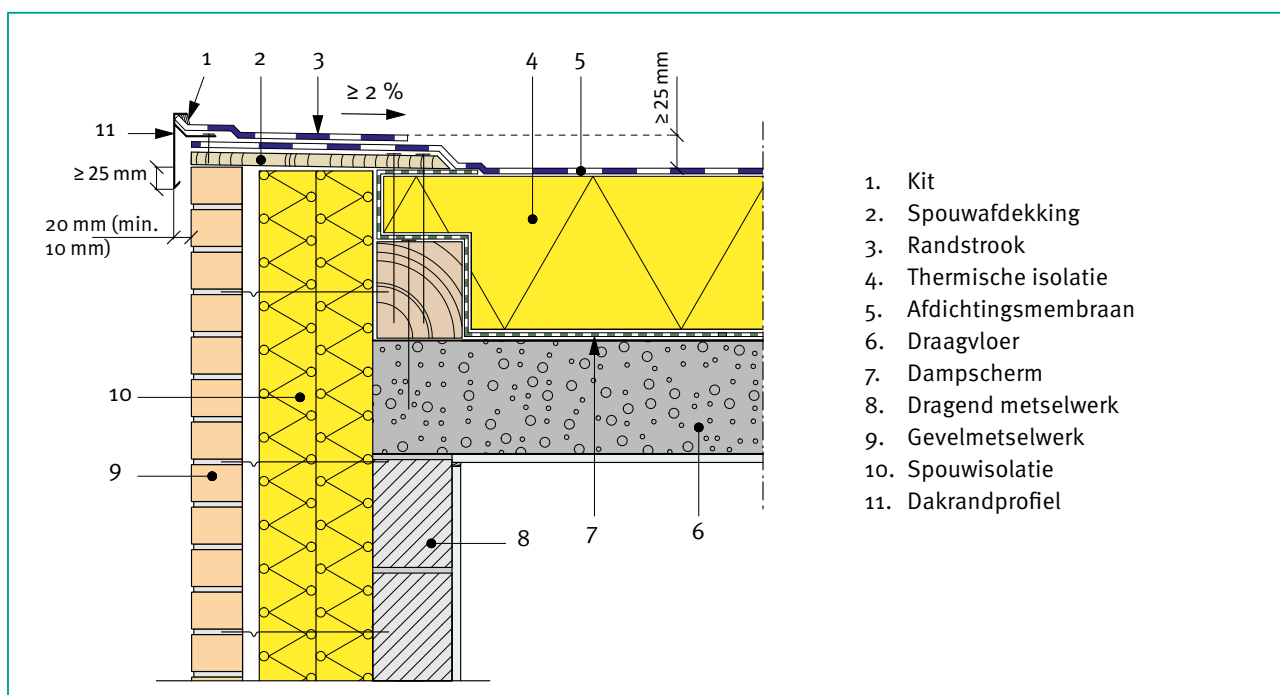
De bewegingsvoegen moeten zodanig ontworpen en gepositioneerd worden dat alle voorzienbare bewegingen, zowel de omkeerbare als de onomkeerbare, kunnen plaatsvinden zonder dat het metselwerk beschadigd raakt of dat de stabiliteit ervan in het gedrang komt. De positie van deze voegen wordt onder meer bepaald door de geometrie van het gebouw en is



Afb. 99 Voorgevormde metalen muurafdekkingen.



Afb. 100 Afdichting tussen de muurafdekkingen, slotvoeg en plaatsing van een geultje.



Afb. 101 Rand van een dakopstand, met een muurafdekking onder de vorm van een afdichtingsmembraan.

afhankelijk van het muurtype en de specifieke bouw-details. Ze worden bij voorkeur aangebracht ter hoogte van onderbrekingen in de geometrie of de belasting van het metselwerk en moeten doorlopen over de volledige muurdikte.

Er moet in glijlagen voorzien worden om de onderlinge verglijding van de onderdelen toe te laten en de trek- en schuifspanningen te beperken.

In de buitenwanden moeten de bewegingsvoegen zodanig uitgevoerd worden dat het water afgeleid kan worden zonder dat het metselwerk beschadigd raakt en zonder dat er water naar de binnenzijde van het gebouw kan dringen.

De inbedding van een wapening in de horizontale voegen (zie § 2.3.6, p. 29) kan bijdragen tot de verbetering van de scheurweerstand.

5.9.2 BEWEGINGSVOEGEN IN DRAGEND METSELWERK

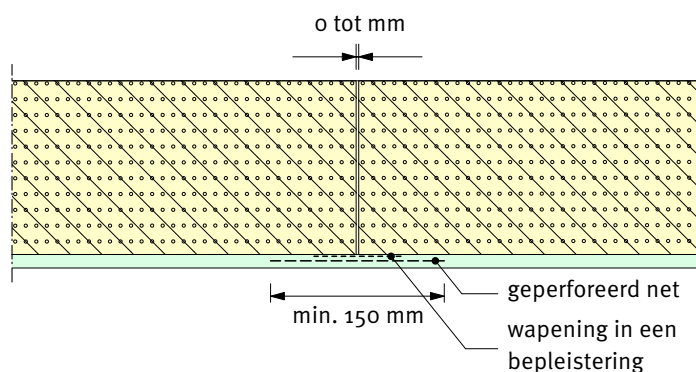
5.9.2.1 Uitzettingsvoegen

Om de longitudinale bewegingen (uitzetting) tussen twee aangrenzende dragende wanden toe te laten en hun bewegingen in de dwarsrichting tegen te gaan, moeten er glijankers aangebracht worden (zie § 2.3.1, p. 25, en afbeeldingen 102 en 103) en dit, bijvoorbeeld om de 60 cm (zie de voorschriften van de ontwerper of de fabrikant). Tijdens de uitvoering van het metselwerk moet de voeg, met een breedte van 10 à 15 mm, open blijven om achteraf opgevuld te worden met een vervormbaar en onrotbaar materiaal (zie afbeeldingen 102 en 103).

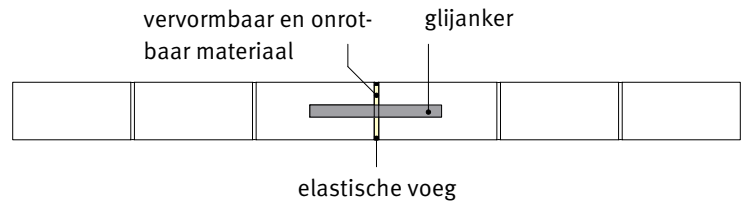
In het geval van brandwerend metselwerk moeten de bewegingsvoegen afgedicht worden met behulp van minerale materialen met een smeltpunt van 1000 °C of meer (klasse A2-s2-do of beter), tenzij aan de hand van proeven aangetoond kan worden dat er voldaan is aan de criteria E en I (zie § 3.2, p. 40, en NBN EN 1366-4) [B62]. Elke verbinding moet goed afgedicht zijn opdat de beweging van de wand de brandweerstand niet in het gedrang zou kunnen brengen. De voeg zou bij voorkeur één van de vormen, geïllustreerd in afbeelding 104, moeten vertonen.

5.9.2.2 Krimpvoegen

Krimpvoegen (zie afbeeldingen 105 en 106) worden voornamelijk uitgevoerd in metselwerk uit kalkzandsteen om scheuren te vermijden. Deze voegen, met een dikte van 0 tot 1 mm, moeten gerealiseerd worden volgens de voorschriften van de fabrikant, door de blokken droog (zonder lijm in de verticale voeg) tegen elkaar te plaatsen over de volledige hoogte van de muur.



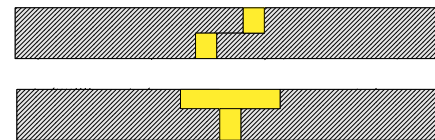
Afb. 105 Uitvoering van een krimpvoeg.



Afb. 102 Uitvoering van een bewegingsvoeg die bewegingen in de dwarsrichting tegengaat.

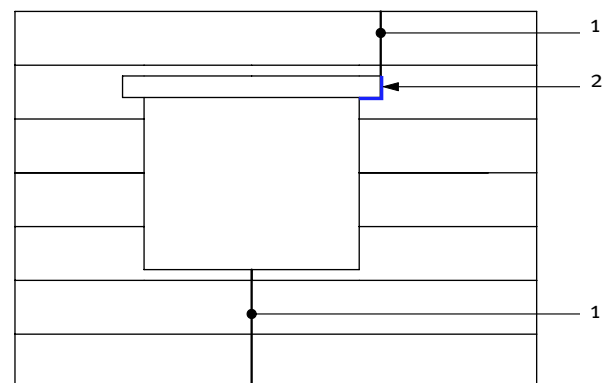


Afb. 103 Voorbeeld van een uitzettingsanker in metselwerk uit cellenbeton.



Afb. 104 Voorbeelden van bewegingsvoegen in brandwerende wanden.

De voeg bevindt zich naast de latei of de balk en in het midden van de muur



1. Droge voeg
2. Scheidingsmembraan

Afb. 106 Krimpvoeg ter hoogte van een opening in een muur uit kalkzandsteenblokken.

5.9.3 BEWEGINGSVOEGEN IN GEVELMETSSELWERK

5.9.3.1 Algemeenheden

Het gevelmetselwerk wordt onderworpen aan:

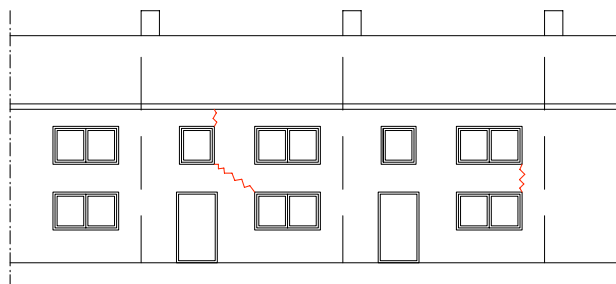
- dimensionale schommelingen te wijten aan uitzettingen en krimp ten gevolge van temperatuurvariaties
- een afwisseling van zwelling en krimp van de metselstenen omwille van hun bevochtiging en droging.

Deze vervormingen leiden onvermijdelijk tot spanningen. Wanneer de krachtwerking te groot wordt, kunnen er scheuren ontstaan in het metselwerk (afbeelding 107). Deze scheuren vertrekken meestal vanuit de hoeken van de deur- en vensteropeningen. Op deze plaats treden immers veel spanningen op als gevolg van de verschillen in afmeting tussen de steenlagen en de zones waarin de openingen uitgevoerd worden. Ze komen vaker voor in de bovenste steenlagen (die minder belast worden door het gewicht van het bovenliggende metselwerk) en in donkerkleurig metselwerk.

In het algemeen worden de bewegingsvoegen tijdens de uitvoering aangebracht over de volledige dikte van de gevel. Ze hebben een minimale breedte van 10 mm, of zelfs 15 mm wanneer ze afgedicht worden met een geschikte kit op een onrotbare rugvulling of zwelband (afbeelding 112, p. 108).

In spouwmuren kunnen deze voegen open gelaten worden, voor zover er aan de achterzijde een luchtscherm aangebracht wordt. Het strekt echter tot aanbeveling om ze toch af te dichten om het binnendringen van ongedierte tegen te gaan.

Het spreekt voor zich dat de voegen niet geblokkeerd mogen worden door metselwerkprofielen, schrijnwerk-elementen ... De spouwhaken moeten zich op hoogstens 50 cm van de bewegingsvoegen bevinden.

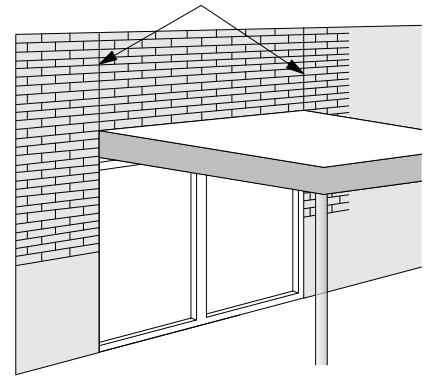


Afb. 107 Typische scheuren ten gevolge van thermische bewegingen in niet-gefractioneerd gevelmetselwerk.

5.9.3.2 Verticale bewegingsvoegen

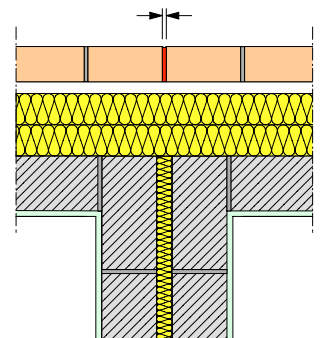
Om het risico op scheurvorming te beperken, moeten er in het gevelmetselwerk verticale uitzettingsvoegen aangebracht worden met een welbepaalde maximale tussenafstand ' l_m ', alsook op een maximale afstand ' $l_m/2$ ' tot een stijf bevestigingspunt zoals een gebouwhoek (zie tabel 50). Deze voegen zijn verplicht in de volgende gevallen:

- in aanwezigheid van aanzienlijke onderbrekingen in de gevel, zoals grote openingen (afbeelding 108)
- bij metselwerk dat op verschillende manieren opgelegd is
- indien er bewegingsvoegen aanwezig zijn in de hoofdconstructie. Deze moeten immers overgenomen worden in het gevelmetselwerk (afbeelding 109).



Afb. 108 Fractionering van het metselwerk ter hoogte van een grote opening.

De aanbevolen waarden voor de maximale horizontale afstand ' l_m ' tussen de verticale bewegingsvoegen zijn vastgelegd in de Eurocode 6 (NBN EN 1996-2 ANB) [B73] in functie van de aard van de metselsteen. Ze zijn opgenomen in tabel 50 voor niet-dragend en ongewapend metselwerk.



Afb. 109 Uitzettingsvoeg in de hoofdconstructie die overgenomen wordt in het gevelmetselwerk.

Bij het bepalen van de afstand tussen de verticale bewegingsvoegen en hun positie dient men rekening te houden met de volgende punten:

- de aard van de materialen (metselsteen en mortel – zie ook § 3.7.4, p. 51)
- het bewegingsvermogen van het buitenspouwblad. Dit moet toereikend zijn, gelet op de bevestiging van de verbindingen (verstijvers, spouwhaken, raamkozijnen ...)
- de aanwezigheid van verzwakkingen (bv. openingen) en de ligging, afmetingen en tussenafstand ervan
- de blootstelling aan thermische en hygrometrische schommelingen, de kleur ...

Tabel 50 Aanbevolen maximale horizontale afstand ' l_m ' tussen de verticale bewegingsvoegen in niet-dragende en ongewapende muren (*).

Type metselwerk	l_m
Baksteenmetselwerk	12 m
Metselwerk uit kalkzandsteen	6 m
Metselwerk uit beton	6 m
Metselwerk uit geautoclaveerd cellenbeton	6 m
Metselwerk uit natuursteen	12 m

Noot: de maximale afstand tussen een stijf bevestigingspunt in de gevel en een bewegingsvoeg mag niet groter zijn dan ' $l_m/2$ '.

(*) De tabel is eveneens van toepassing op binnenmuren die onderhevig zijn aan aanzienlijke temperatuurschommelingen en/of hygrometrische schommelingen.

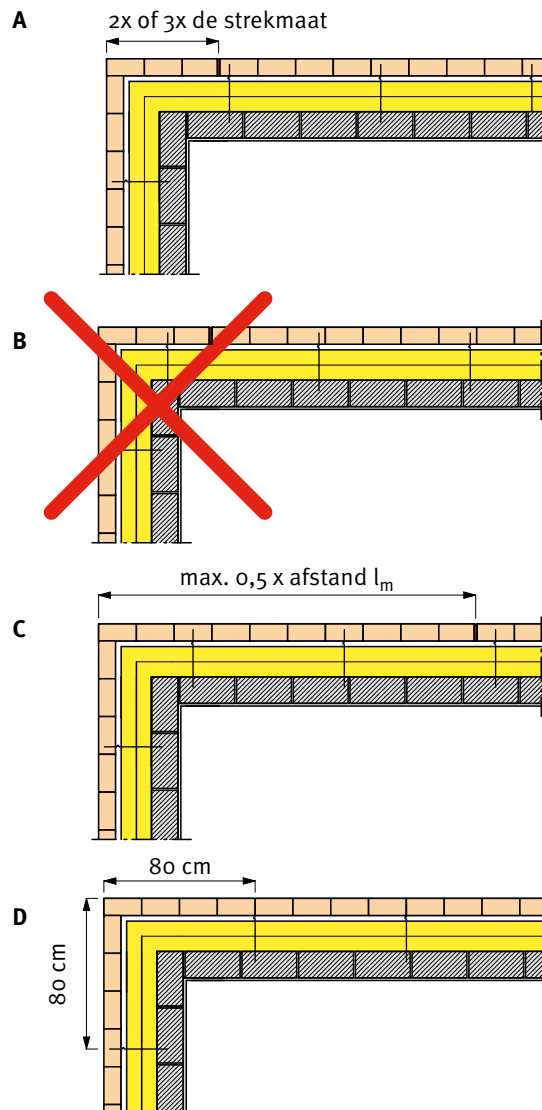
Bij gunstige voorwaarden en indien de fabrikant de nodige waarborgen geeft, kan de ontwerper maximale afstanden voorschrijven die groter zijn dan deze uit tabel 50 (zie STS 22) [F2]. Door het metselwerk geschikt te wapenen, kan de afstand tussen de voegen bijvoorbeeld met 40 à 50 % verhoogd worden (min. 0,03 % van de doorsnede). Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar de richtlijnen van de fabrikant.

Ter plaatse van de uitwendige hoeken wordt er ofwel een uitzettingsvoeg aangebracht in de hoek, ofwel op een afstand van de hoek die overeenstemt met het dubbel of het drievoud van de strekmaat en dit, om het metselwerk in de hoek een zekere stijfheid te geven (afbeelding 110A). Hierbij mogen de bevestigingshaken de bewegingen niet blokkeren (afbeelding 110B). Het vrijlaten van een opening in het metselwerk voor het inwerken van een regenwaterafvoer kan in deze context een oplossing bieden. Een andere optie bestaat erin om het metselwerk te fractioneren door de hoek te beschouwen als een vast bevestigingspunt en de l_m -waarden met de helft te verminderen (afbeelding 110C).

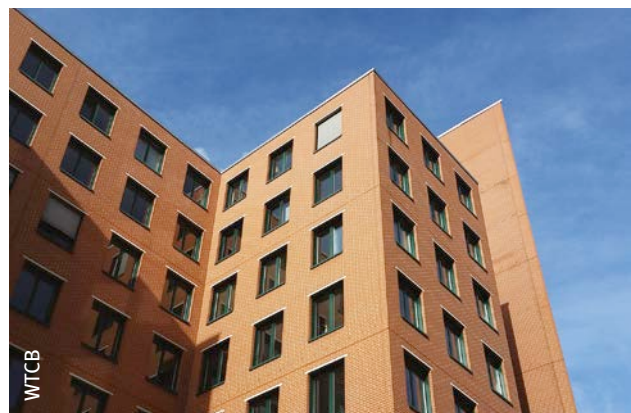
Wanneer de eerste haak op 80 cm van een hoek geplaatst wordt (en voor zover de windweerstand gewaarborgd is) gaat men ervan uit dat de hoek over een toereikende bewegingsmogelijkheid beschikt en dat er op deze plaats geen bijkomende voeg noodzakelijk is (afbeelding 110D).

5.9.3.3 Horizontale bewegingsvoegen

De ontwerper kan tevens horizontale bewegingsvoegen voorschrijven om de verticale beweging van het buitenspouwblad toe te laten. In de regel worden deze voegen om de 6 à 9 m (2 à 3 verdiepingen) aangebracht wanneer het metselwerk opgelegd is op een

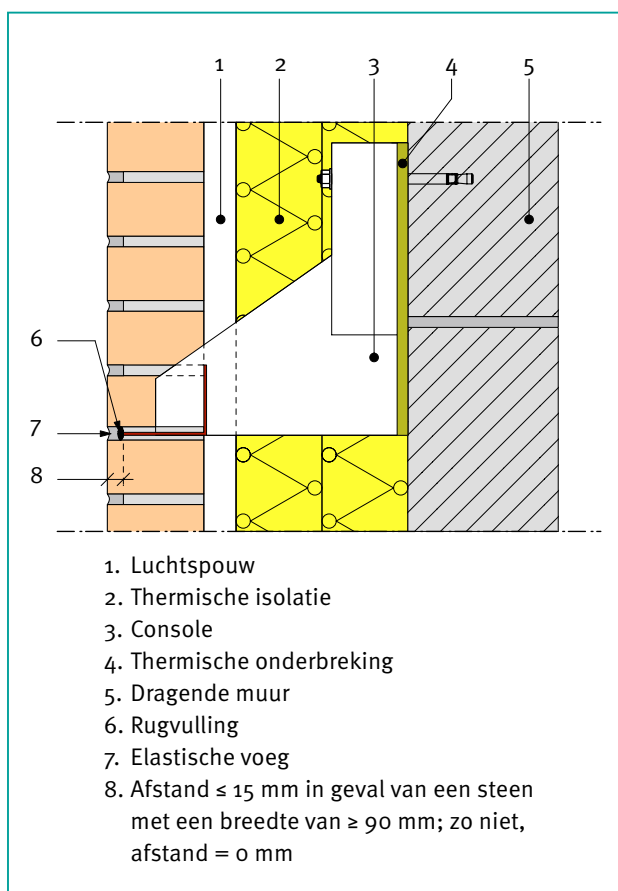


Afb. 110 Fractionering van het gevelmetselwerk ter hoogte van de hoeken.



Afb. 111 Verticale en horizontale bewegingsvoegen.

betonnen fundering, en om de 6 m (2 verdiepingen) wanneer het opgelegd is op een console.



Afb. 112 Uitvoering van een horizontale bewegingsvoeg in gevelmetselwerk.

Om het metselwerk ter hoogte van de bewegingsvoegen te ondersteunen, wordt er in de regel gebruikgemaakt van geschikte metalen consoles (zie § 2.3.4, p. 28, en § 4.2.2, p. 55) die liefst voorzien zijn van een thermische onderbreking (afbeelding 112). De voorkeur gaat uit naar in de hoogte of zelfs in de breedte verstelbare consoles, om de goede uitlijning van het metselwerk te waarborgen. De plaatsing van de thermische isolatie moet hier zorgvuldig op afgestemd worden om de thermische impact te beperken.

Om de hoeveelheid te draineren spouwwater te beperken, kunnen er op regelmatige tussenafstanden draineringsmembranen voorzien worden, bijvoorbeeld ter hoogte van alle horizontale bewegingsvoegen in het gevelmetselwerk.

5.10 OPVOEGEN

Het opvoegen kan op twee manieren gebeuren:

- ofwel ‘achter de hand’, d.w.z. tijdens het metselen, van zodra de binding van de stelmortel het toelaat.



Afb. 113 Navoegen met een gepigmenteerde mortel van een voldoende uitgekrabd metselwerk.

Deze techniek is echter niet aanbevolen voor decoratief metselwerk

- ofwel *a posteriori* (men heeft het ook over navoegen), d.w.z. na het uitkrabben van de nog niet volledig verharde stelmortel (zie § 5.5.4, p. 79, en afbeelding 113).

De voegmortel moet, na het respecteren van een voldoende lange wachttijd, over een toereikende diepte aangebracht worden (minstens 10 mm en hoogstens 15 % van de muurdikte). Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we de lezer naar de [Technische Voorlichting nr. 208](#) [W10].

5.11 VERDERE WERKZAAMHEDEN

5.11.1 SLEUVEN EN UITSPARINGEN

Het inwerken van de leidingen en de uitvoering van de uitsparingen mogen de stabiliteit van de muur of de brandweerstand ervan niet in het gedrang brengen (afbeelding 114). Het is normaalgesproken niet toegestaan om sleuven of uitsparingen uit te voeren doorheen lateien of andere dragende elementen. Indien het gaat om gewapend metselwerk moet het studie bureau geconsulteerd worden.

5.11.1.1 Sleuven en uitsparingen in dragend metselwerk

De richtlijnen betreffende de toelaatbare afmetingen van de sleuven en uitsparingen zijn opgenomen in de norm NBN EN 1996-1-1 ANB [B69]. Hierna volgt een korte samenvatting ervan.



Afb. 114 Sleuf die een ontoelaatbare verzwakking vormt in het dragende metselwerk.

Ter hoogte van anticapillaire barrières die doorgesneden werden tijdens de realisatie van de sleuven, dient men gebruik te maken van een geschikt opstopproduct (ongevoelig voor vocht en niet-capillair), zoals bijvoorbeeld een waterafstotende cementering.

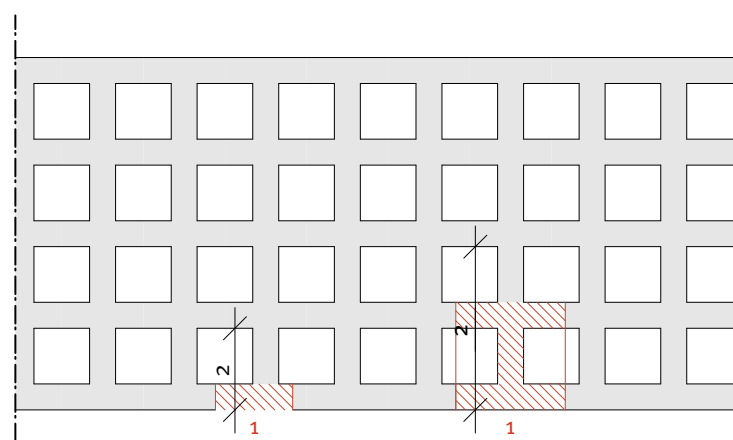
■ Verticale sleuven en uitsparingen

De vermindering van de sterkte van een draagmuur door de aanwezigheid van verticale sleuven en uitsparingen kan beschouwd worden als verwaarloosbaar, voor zover hun breedte beperkt blijft en hun diepte niet groter wordt dan 30 mm (zie tabel 51). Deze maximale diepte ($t_{ch,v}$) stemt overeen met de diepte van de sleuf of de uitsparing, met inbegrip van de diepte van iedere holte die tijdens de uitvoering van de sleuf of de uitsparing mee in de blokken geslepen zou worden (afbeelding 115).

Indien de dikte van de muur gelijk is aan of groter is dan 225 mm, mogen de verticale sleuven die zich niet verder dan één derde van de verdiepingshoogte boven het vloerpeil uitstrekken een maximale diepte van

Tabel 51 Toelaatbare afmetingen (zonder voorafgaandelijke berekening) van de verticale sleuven en uitsparingen die aangebracht worden na de uitvoering van het metselwerk.

Dikte van de draagmuur	Maximale diepte $t_{ch,v}$	Maximale breedte
85-115 mm	30 mm	100 mm
116-175 mm		125 mm
176-225 mm		150 mm
226-300 mm		175 mm
> 300 mm		200 mm



Afb. 115 Diepte $t_{ch,v}$ van de verticale sleuven en uitsparingen in een metselwerk met holle blokken.

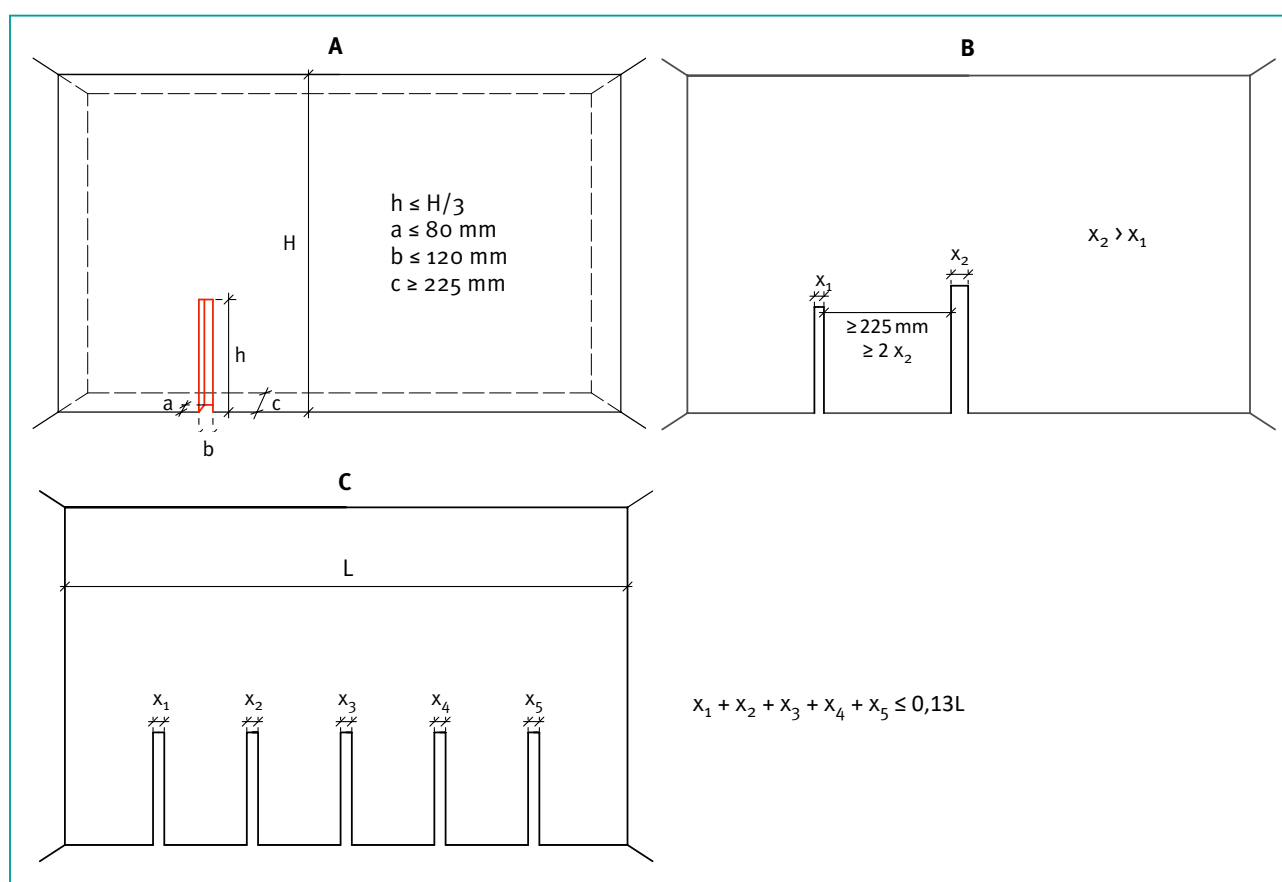
1. Sleuf
2. Maximale diepte $t_{ch,v}$

80 mm en een maximale breedte van 120 mm hebben (afbeelding 116A).

De horizontale afstand tussen twee naast elkaar lopende sleuven of tussen een sleuf en een uitsparing mag niet kleiner zijn dan 225 mm (afbeelding 116B). De horizontale afstand tussen twee naast elkaar liggende uitsparingen aan dezelfde zijde of aan weerszijden van een wand, of tussen een uitsparing en een opening, mag niet kleiner zijn dan het dubbel van de breedte van de breedste van beide uitsparingen (afbeelding 116B).

De gecumuleerde breedte van de verticale sleuven of uitsparingen mag niet groter zijn dan 0,13 maal de lengte van de wand (afbeelding 116C).

Indien de voormelde waarden overschreden worden, dient men het metselwerk te toetsen door berekening en dit, zowel voor wat betreft de verticale belasting, de dwarskracht als de buiging.



Afb. 116 Enkele eisen met betrekking tot de afmetingen van de verticale sleuven en uitsparingen in dragend metselwerk.

■ Horizontale of hellende sleuven en uitsparingen

Horizontale of hellende sleuven en uitsparingen zijn af te raden en mogen in België niet uitgevoerd worden zonder voorafgaandelijke berekening. De norm NBN EN 1996-1-1 ANB (Eurocode 6) [B69] stelt immers dat de maximaal toelaatbare diepte zonder berekening $t_{ch,h}$ gelijk is aan 0⁽¹⁵⁾. Voor meer informatie hieromtrent kan men er de norm NBN EN 1996-1-1 [B68] op naslaan.

klopboor ...) is niet toegelaten voor de uitvoering van sleuven of openingen

- de sleuven moeten ontstoft en vervolgens opgevuld worden met een gipsgebonden product; de dekking van dit product boven de leidingen moet minstens 10 mm bedragen
- er mogen geen sleuven aangebracht worden in gipsblokken met een dikte van 50 mm, die voornamelijk gebruikt worden voor de uitvoering van technische schachten.

5.11.1.2 Sleuven en openingen in wanden uit gipsblokken

De regels die volgen, zijn van toepassing op sleuven in wanden uit gipsblokken:

- de maximale diepte van de sleuven moet beperkt blijven tot één derde van de wanddikte
- het gebruik van slagwerktuigen (hamer en beitel,

5.11.1.3 Sleuven, uitsparingen en brandweerstand

De brandweerstand van dragende muren waarin er sleuven of uitsparingen aangebracht werden, wordt niet beperkt indien de hiervoor beschreven richtlijnen met betrekking tot de toelaatbare afmetingen zonder berekening (§ 5.11.1.1, p. 108) in acht genomen worden (zie NBN EN 1996-1-2) [B70].

⁽¹⁵⁾ Op voorwaarde dat ze mechanisch en zeer precies uitgevoerd worden, laat de norm NBN EN 1996-1-1 [B68] sleuven met een maximale diepte van 10 mm toe in wanden met een dikte van minstens 175 mm en sleuven met een maximale diepte van 10 mm aan weerszijden van een wand met een dikte van minstens 225 mm.

In niet-dragende muren moeten de verticale sleuven en uitsparingen minstens $\frac{2}{3}$ van de minimaal vereiste muurdikte over laten (met een minimum van 60 mm) en dit, met inbegrip van alle integraal aangebrachte brandwerende afwerkingen, zoals bepleisteringen (afbeelding 117A).

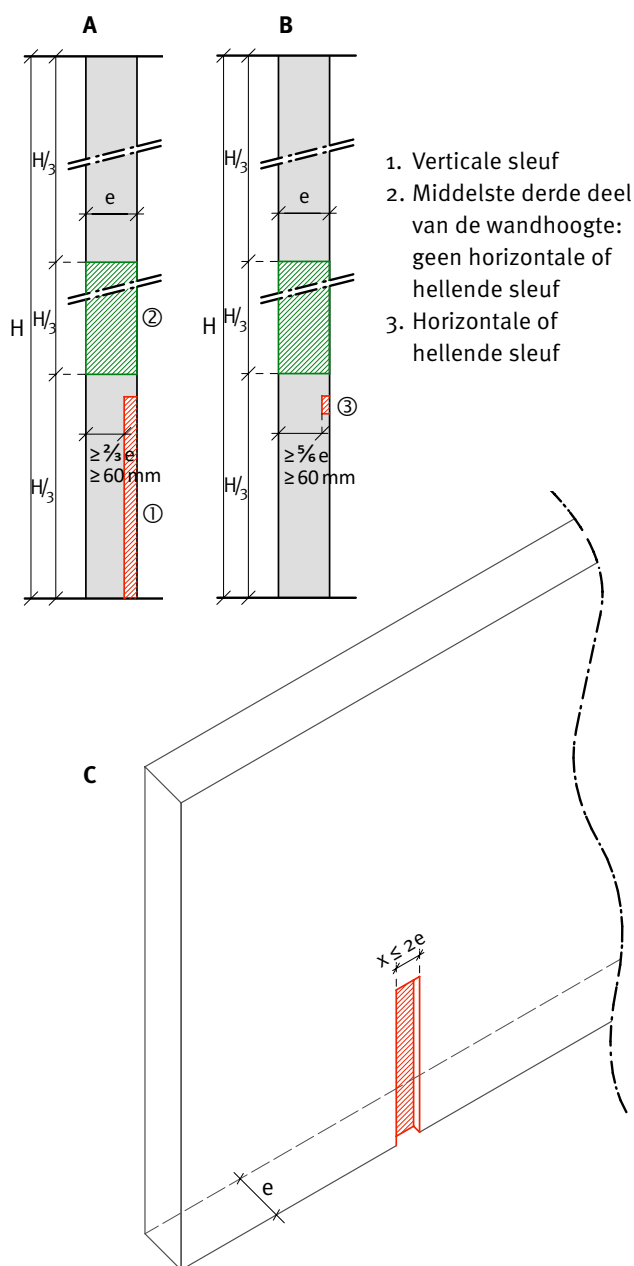
Horizontale of hellende sleuven en uitsparingen in niet-dragende muren moeten minstens $\frac{5}{6}$ van de minimaal vereiste muurdikte over laten (met een minimum van 60 mm) en dit, met inbegrip van alle integraal aangebrachte brandwerende afwerkingen, zoals bepleisteringen (afbeelding 117B). Ze mogen zich niet in het middelste derde deel van de wandhoogte bevinden (afbeelding 117).

De breedte van een sleuf of een uitsparing in een niet-dragende wand mag niet groter zijn dan het dubbel van de minimaal vereiste muurdikte, met inbegrip van alle integraal aangebrachte brandwerende afwerkingen (afbeelding 117C).

Indien de voormelde richtlijnen niet in acht genomen worden, dan dient men de brandweerstand te bepalen overeenkomstig de norm NBN EN 1364-1 [B61].

5.11.2 AFWERKING

Het metselwerk (ondergrond) en de afwerking ervan moeten onderling verenigbaar zijn. Voor meer informatie omtrent de afwerking van muren, verwijzen we de lezer naar de eisen en aandachtspunten die beschreven staan in de volgende WTCB-publicaties: [TV 146 \[W6\]](#), [TV 194 \[W7\]](#), [TV 199 \[W8\]](#), [TV 201 \[W9\]](#), [TV 209 \[W11\]](#), [TV 227 \[W13\]](#), [TV 243 \[W15\]](#), [TV 249 \[W17\]](#), [TV 257 \[W20\]](#), de [WTCB-Dossiers nr. 2015/4.9 \[G5\]](#) en de [WTCB-Dossiers nr. 2015/4.15 \[G6\]](#).



Afb. 117 Eisen met betrekking tot de sleuven en uitsparingen in een niet-dragende brandwerende muur.

De uitvoeringstoleranties ⁽¹⁶⁾ hebben betrekking op de geometrische karakteristieken van het metselwerk. Ze worden gecontroleerd op basis van de beschrijving van de werken die opgenomen is in het bestek of op de bestelbon. De controle heeft als uiteindelijke doelstelling om de werken op te leveren en stelt de partners in staat om het uitgevoerde werk te beoordelen op basis van objectieve criteria die verband houden met de stabiliteit, de functionaliteit en/of eventueel het uitzicht van het metselwerk.

De geometrische karakteristieken worden gecontroleerd met behulp van geschikt materieel en volgens een specifieke procedure (zie STS 22) [F2]. De toelaatbare afwijkingen zijn opgenomen in tabel 52 (p. 116) en worden verduidelijkt in de §§ 6.1 tot 6.3.

Voor de afwerkingsbedrijven kan het noodzakelijk zijn te kunnen beschikken over een verslag dat opgesteld werd door de opdrachtgever en waaruit de naleving van de toelaatbare afwijkingen op de ondergrond blijkt. Dit verslag ontheft de afwerkingsbedrijven ech-

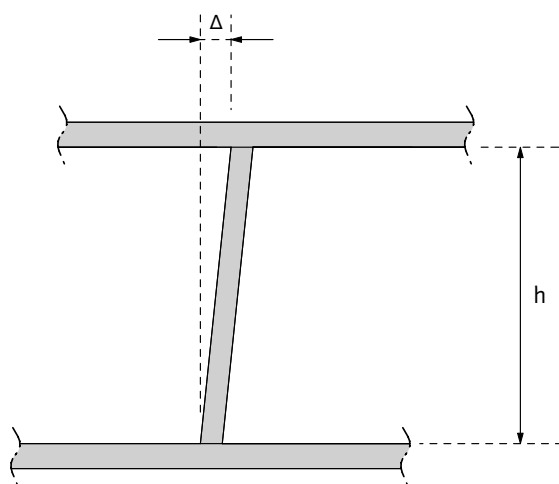
ter niet van de verplichting om vóór de uitvoering van hun werkzaamheden over te gaan tot een controle.

De eventuele maatregelen die genomen moeten worden indien er bij de oplevering van de metselwerken onvolkomenheden vastgesteld worden, moeten in verhouding staan tot de hierdoor veroorzaakte hinder en kunnen verschillen naargelang het gaat om structurele, functionele of esthetische euvels.

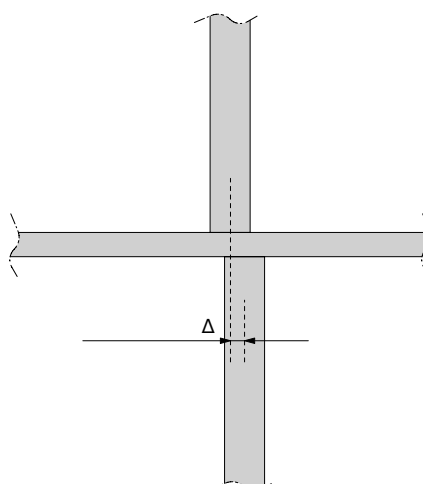
6.1 STABILITEITSCRITERIA

Om te kunnen beantwoorden aan de hypothesen van de stabiliteitsberekeningen, werden er in het deel 'Uitvoering' van de Eurocode 6 een aantal na te leven geometrische karakteristieken opgenomen, met name:

- de verticaliteit of de loodrechte stand van het metselwerk (afbeelding 118) over de hoogte van één verdieping en over de hoogte van het gebouw
- de verticale uitlijning van de muren (afbeelding 119)
- de dikte van de wanden.



Afb. 118 Afwijking op de loodrechte stand of de verticaliteit Δ .



Afb. 119 Afwijking op de verticale uitlijning Δ .

⁽¹⁶⁾ Een tolerantie wordt gedefinieerd als het verschil tussen de hoogste toelaatbare grensmaat en de laagste toelaatbare grensmaat. Het gaat dus om een absolute waarde (zonder teken). In de bouwsector wordt een tolerantie ook vaak uitgedrukt door de toelaatbare afwijking (in $\pm$), waarin de waarde van de tolerantie impliciet vervat zit; deze is gelijk aan het dubbel van de toelaatbare afwijking. De toelaatbare afwijking (naar onder of boven) is het verschil tussen de toelaatbare grensmaat (naar onder of boven) en de overeenkomstige richtmaat.

In de nationale bijlage [B73] werden de toelaatbare afwijkingen vastgelegd als nationale parameters en werden er bovendien bijkomende karakteristieken bepaald op basis van de nationale tradities, meer bepaald de vlakheid over 2 meter (afbeelding 120) (ter vervanging van de rechtlijnigheid, bepaald door de Eurocode 6) en de lineaire afmetingen.

Behoudens strengere vermeldingen in het bijzondere bestek, moeten deze criteria nageleefd worden voor elke nieuwe metselwerkconstructie.

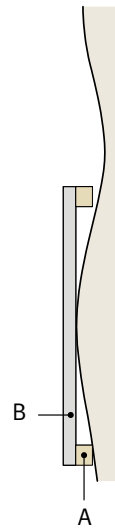
6.2 FUNCTIONALITEITSCRITERIA

De toleranties op het metselwerk moeten absoluut nageleefd worden om de andere bouwberoepen in staat te stellen hun latere werkzaamheden binnen bepaalde toleranties uit te voeren. Zo moet het metselwerk een ondergrond vormen die geschikt is voor de plaatsing van het schrijnwerk en de andere afwerkingen.

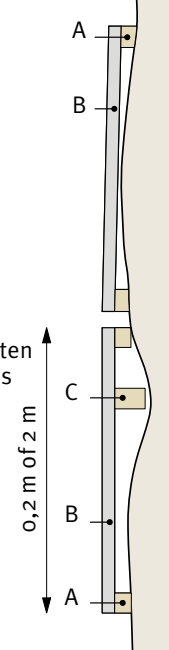
De courante functionaliteitscriteria (type A uit tabel 52, p. 116) moeten systematisch gerespecteerd worden (rechtlijnigheid van de architecturale lijnen, toleranties op de afmetingen van de openingen, plaatselijke vlakheid of niveauverschil; zie afbeelding 121) voor alle nieuwe metselwerkconstructies, tenzij het bijzondere bestek strengere eisen vermeldt.

Andere functionele criteria (type B uit tabel 52, p. 116), die doorgaans strenger zijn, betreffen specifieke eisen voor de afwerking (bv. de haaksheid; zie afbeelding 122). Het is belangrijk dat het bijzondere bestek of de bestelbon melding maakt van de precieze aard van deze latere werken, evenals van de strenge criteria die behaald moeten worden opdat de firma die de metselwerken uitvoert zich hieraan zou kunnen houden.

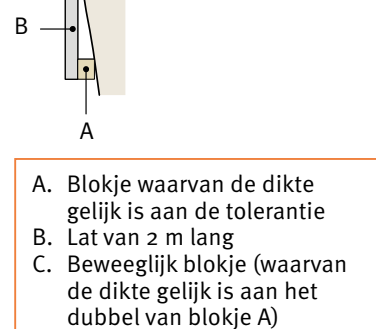
Geval 1
Vlakheid buiten de toleranties



Geval 2
Vlakheid binnen de toleranties

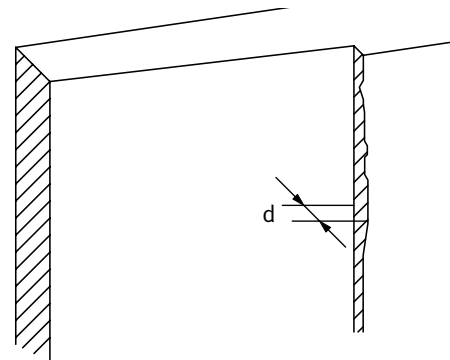


Geval 3
Vlakheid buiten de toleranties

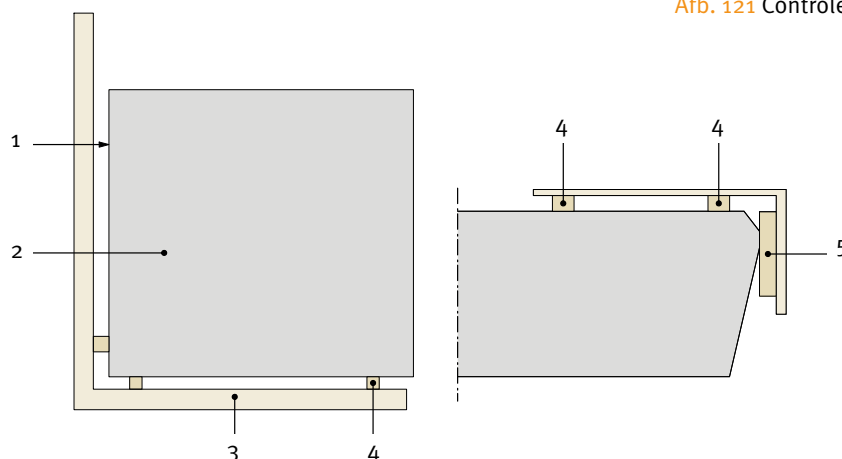


- A. Blokje waarvan de dikte gelijk is aan de tolerantie
- B. Lat van 2 m lang
- C. Beweeglijk blokje (waarvan de dikte gelijk is aan het dubbel van blokje A)

Afb. 120 Principe voor de controle van de vlakheid.



Afb. 121 Controle van het niveauverschil d.



- 1. Meetpunt
- 2. Kolom, dagkant ...
- 3. Winkelhaak
- 4. Blokje
- 5. Afstandhouder

Afb. 122 Controle van de haaksheid (loodrechte stand).

6.3 ESTHETISCHE CRITERIA

De dimensionale toleranties in verband met het uitzicht hebben gewoonlijk betrekking op de rechtlijnigheid, de breedte en de uitlijning van de voegen. Ze hangen in zekere mate af van de zorg die besteed wordt aan de uitvoering, maar vooral ook van de keuze van de metselstenen en de dimensionale toleranties die hierop van toepassing zijn (zie § 2.1.3, p. 13).

Het spreekt voor zich dat strenge toleranties op het metselwerk niet gerechtvaardigd zijn wanneer de opdrachtgever een metselwerk met een rustiek uitzicht wenst te verkrijgen of wanneer hij metselstenen kiest waarvan de dimensionale toleranties niet streng genoeg zijn. Een voorafgaand overleg is dus noodzakelijk om de te behalen doelstellingen vast te leggen. Hierbij kan men zich in voorkomend geval later inspireren door de aanduidingen uit tabel 52 (p. 116).

Rekening houdend met de dimensionale afwijkingen op de metselstenen en de uitvoeringstoleranties, kunnen we de volgende aanbevelingen formuleren [W10]:

- om het risico op geschillen tussen de betrokken partijen tot een minimum te beperken, is het aangeraden reeds in de ontwerpfase de afmetingen van het metselwerk af te stemmen op deze van de voorziene metselstenen of blokken en op de beoogde nominale voegbreedte (bv. smalle stroken)
- indien de nominale voegbreedte niet vooraf bepaald is (bv. in het bestek), wordt er meestal een waarde van 12 mm nagestreefd
- de horizontaliteit en de rechtlijnigheid van de lintvoegen worden gecontroleerd ter hoogte van het bovenvlak van de metselstenen. Het lijkt eveneens billijk om de afwijking op de rechtlijnigheid van de lintvoegen te begrenzen tot ± 2 mm bij controle met een rechte, stijve lat met een lengte van 2 m, die op de bovenkant van de voeg geplaatst wordt. Om plotse verschillen in de uitlijning van het voegwerk te voorkomen, lijkt het bovendien wenselijk om het niveauverschil tussen twee aangrenzende metselstenen te beperken tot 2 mm. De desbetreffende richtwaarden uit tabel 52 (p. 116) moeten uiteraard gebruikt worden, rekening houdend met

de onregelmatigheden van het bovenvlak van de metselstenen zelf

- de toelaatbare voegdiktes worden bepaald door hun nominale breedte, door de dimensionale afwijkingen op de metselstenen en door een uitvoeringstolerantie die afhankelijk is van de dikte van de uit te voeren voeg. Naarmate de voeg dunner is, zal de tolerantie strenger zijn. Deze tolerantie kan gebruikt worden in de berekening van de potentiële variaties van de voegdikte, gelet op de dimensionale toleranties van de metselstenen (zie het principe uit § 4.3.2, p. 59)
- behoudens in speciale gevallen (doorlopende verticale voegen), is de rechtlijnigheid van de stootvoegen vanuit een esthetisch oogpunt minder belangrijk en bovendien moeilijker te beheersen, vermits er bij het metselen geen gebruikgemaakt wordt van een verticale richtkoord. Voor gevelmetselwerk van 3 m hoog zou de toepassing van de formule uit tabel 52 bijvoorbeeld betekenen dat de as van de stootvoegen in een breedtezone van 1,6 cm zou moeten liggen, vermeerderd met de tolerantie op de lengte van de metselsteen.

De hiervoor vermelde indicaties moeten beschouwd worden als gangbare waarden voor traditioneel gevelmetselwerk. Voor speciale uitvoeringen zou men vooraf aangepaste criteria moeten hanteren.

Ten slotte kan nog opgemerkt worden dat de dimensionale afwijkingen van het metselwerk benadrukt zullen worden, naarmate het kleurcontrast tussen de metselstenen en de voegmortel toeneemt. Om dit fenomeen te vermijden, strekt het tot aanbeveling om de kleur van het voegwerk in de mate van het mogelijke af te stemmen op de kleur van de metselstenen (wat echter wel de kleurverschillen in de voegen kan accentueren). Voor wat de toleranties op de kleur van de opvoegmortel betreft, verwijzen we naar de [Technische Voorlichting nr. 208](#) [W10] en naar de [Infofiche nr. 25](#) [M5].

Het uitzicht van metselwerk (bv. de visuele impact van beschadigingen of gebreken) moet beoordeeld worden bij een normale lichtinval en vanop een afstand van 3 meter (buiten) of van 2 m (binnen).

Tabel 52 Uitvoeringstoleranties voor metselwerk en toelaatbare afwijkingen (waarmee men de toleranties op de metselstenen dient te combineren).

Crite- rium	Toelaatbare afwijkingen op:			Maximaal toelaatbare afwijking	
STABILITEIT	Loodrechte stand/verticaliteit over elke verdieping over de hoogte van het gebouw			± 8 mm / verdieping ± 50 mm	
	Verticale uitlijning ⁽¹⁾			± 20 mm	
	Vlakheid onder de lat van 2 m			± 8 mm / 2 m	
	Dikte T van één enkel muurblad			± 5 mm of ± 5 % van T (grootste van beide waarden)	
	Totale dikte van een spouwmuur			± 10 mm	
	Maximaal toelaatbare afwijking t (in cm) voor een lineaire afmeting d (in cm), behalve voor deur- en vensteropeningen			t = ± 1/4 (d) ^{1/3} (zie tabel 53)	
FUNCTIONALITEIT	A. Courante functionaliteit	Rechtlijnigheid van de architecturale lijnen (horizontaliteit)		t = ± 1/8 (d) ^{1/3} (zie tabel 53)	
		Plaatselijke vlakheid, niveauverschil		± 5 mm / 0,2 m	
		Deur en venster	Max. toelaatbare afwijking t (in cm) voor een lineaire afmeting d (in cm) voor deur- en vensteropeningen	t = + 1/4 (d) ^{1/3} t = - 1/8 (d) ^{1/3} (zie tabel 53)	
			Verticaliteit (openingen ...)	t = ± 1/8 (d) ^{1/3} (zie tabel 53)	
		Wand uit gipsblokken	Globale vlakheid Plaatselijke vlakheid	± 5 mm / 2 m ± 1 mm / 0,2 m	
	B. Ondergrond van de afwerking	Binnenbepleistering ⁽²⁾ (TV 199 en NBN EN 13914-2) [W8, B94]	Bijzondere afwerking van de bepleistering, dunne pleister (≤ 6 mm), vliespleister (≤ 3 mm) ⁽³⁾	Globale vlakheid Plaatselijke vlakheid	± 5 mm / 2 m ± 2 mm / 0,2 m
		Buitenbepleistering ⁽²⁾ (TV 209) [W11]	Ondergrond – Strengere tolerantie van klasse 1	Plaatselijke vlakheid	± 4 mm / 0,2 m
				Haaksheid (venster-aansluitingen ...)	± 5 mm / 0,5 m
				Rechtlijnigheid der lijnen	± 5 mm / 2 m
		Betegeling ⁽²⁾ (TV 227) [W13]	Ondergrond – Strengere tolerantie van klasse S1.2	Vlakheid	± 5 mm / 2 m ± 2 mm / 0,2 m
				Rechtlijnigheid der lijnen	± 3 mm / 2 m
		UITZICHT ⁽⁴⁾	Rechtlijnigheid van de lintvoegen		
Niveauverschil tussen aangrenzende elementen			± 2 mm		
Nominale voegdikte e			e ≥ 6 mm 6 mm > e ≥ 3 mm	± 2 mm (normaal) ± 1 mm (streng)	
Uitlijning van de verticale voegen (voor metselwerk met een hoogte d in cm)			t = ± 1/8 (d) ^{1/3} (zie tabel 53)		

⁽¹⁾ Behalve voor boven elkaar liggende wanden die van elkaar gescheiden zijn door een onderbroken vloerplaat. In dit geval moet de te beschouwen toelaatbare afwijking rekening houden met het afwerkingsprocedé (functionaliteitscriterium).

⁽²⁾ Het naleven van de stabiliteitscriteria en de functionaliteitscriteria van type A impliceert dat er ook voldaan is aan de vereiste criteria:

- voor de normale afwerking van een binnenbepleistering volgens de TV 199 en de NBN EN 13914-2 [W8, B94]
- voor de klasse 2 voor ondergronden volgens de TV 209 [W11]
- voor de klasse S3 voor ondergronden volgens de TV 227 [W13].

⁽³⁾ Deze bepleisteringen ‘volgen’ de ondergrond; hun vlakheid onder de lat van 2 m is dus gelijk aan deze van de ondergrond.

⁽⁴⁾ Indicatieve waarden.

Tabel 53 Lineaire afmeting d en afwijking t.

Lineaire afmeting d	in m	1	1,5	2	3	4	5	6	10	12	15
	in cm	100	150	200	300	400	500	600	1000	1200	1500
Afwijking t (in cm)	$= 1/4 d^{1/3}$ (d in cm)	1,2	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,5	2,7	2,9
	$= 1/8 d^{1/3}$ (d in cm)	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,3	1,4

BIJLAGEN

118 WTCB | TV 271 | Februari 2020

Metselstenen					
Binnen het toepassingsgebied van de Eurocode 6 + ANB en de STS 22 [F2]					
Aard v.h. materiaal	Baksteen	Kalkzandsteen	Granulaatbeton	Natuursteen	Gipsblokken
Productnorm	NBN EN 771-1 [B22]	NBN EN 771-2 [B23]	NBN EN 771-3 [B24]	NBN EN 771-6 [B27]	NBN EN 12859 [B81] Lengte, hoogte, dikte (NBN EN 12859) [B81]
Afmetingen	Fabricagematen: lengte l, breedte b en hoogte h in mm (NBN EN 772-16) [B34]				
Tolerantie-spreidingsklassen ('bereik') op de afmetingen (de definitie van de tolerantie verschilt naargelang van het materiaal)	Δ tussen de gemiddelde en de gedeclareerde waarden T_1 : $\pm \max[3; 0,4 \sqrt{l \text{ of } b \text{ of } h}]$ T_1^+ : idem T_1 voor l en b T_2 : $\pm \max[2; 0,25 \sqrt{l \text{ of } b \text{ of } h}]$ T_2^+ : idem T_2 voor l en b T_m : $\pm \max[1; 0,05 \sqrt{h}]$ voor h Δ tussen de minimale en de maximale waarden R_1 : $\leq 0,6 \sqrt{l \text{ of } b \text{ of } h}$ R_1^+ : idem R_1 voor l en b R_2 : $\leq 0,3 \sqrt{l \text{ of } b \text{ of } h}$ R_2^+ : idem R_2 voor l en b R_m : $\leq 1 \text{ mm}$ voor h R_m : $\leq$ gedeclareerd bereik	T_1 : $\pm 2 \text{ mm}$ voor l, b en h T_2 : $\pm 2 \text{ mm}$ voor l en b (*) (**) T_2^+ : $\pm 1 \text{ mm}$ voor h (*) (**) T_3 : $\pm 2 \text{ mm}$ voor l en b (*) T_3^+ : $\pm 3 \text{ mm}$ voor l en b (***) T_m : $\pm$ gedeclareerde afwijking (*) Δ tussen de gemiddelde en de gedeclareerde waarden (**) Δ tussen de individuele en de gemiddelde waarden (***) Δ tussen de individuele en de gedeclareerde waarden	<i>Gewone mortel of lichtgewichtmortel</i> GPLM: $\pm 3\text{-}5$ voor l en h ± 3 voor b <i>Mortel voor dunne voegen</i> TLMA: $\pm 3 \text{ mm}$ voor l $\pm 2 \text{ mm}$ voor b en h TLMB: $\pm 1,5 \text{ mm}$ voor l en b $\pm 1 \text{ mm}$ voor h	<i>Gezaagde vlakken</i> D_1 : $\pm 5 \text{ mm}$ D_2 : $\pm 2 \text{ mm}$ D_3 : $\pm 2 \text{ mm}$ voor l en b $\pm 1 \text{ mm}$ voor h <i>Gekantrechte breuksteen</i> $\pm 15 \text{ mm}$ voor l en h geen eisen voor b <i>Breuksteen</i> : geen eis	Dikte: $\pm 0,5 \text{ mm}$ Lengte: $\pm 5 \text{ mm}$ Hoogte: $\pm 2 \text{ mm}$ (NBN EN 12859) [B81]
Vlakheid van de vlakken	<i>Legvlakken</i> $\leq$ gedeclareerde afwijking (voegdikte $\leq 3 \text{ mm}$) (NBN EN 772-20) [B36]	<i>Legvlakken</i> T_3 : $\leq 1 \text{ mm}$ T_m : $\leq$ gedeclareerde afwijking (NBN EN 772-20) [B36]	<i>Legvlakken</i> Te declareren indien relevant en voor D_4 met mortel T Voor een rechtlijnig verband of een oppervlak dat als 'vlak' gedeclareerd werd: vlakheid $\leq$ max. [2; 0,1 $\sqrt{\text{diagonaal}}$] (NBN EN 772-20) [B36]	<i>Alle vlakken</i> Gezaagde vlakken D_1 : $\leq 0,5 \%$ van max. [l:h] D_2 : $\leq 0,3 \%$ van max. [l:h] D_3 : $\leq 0,3 \%$ van max. [l:h] $\leq 1 \text{ mm}$ voor het legvlak Gekantrechte breuksteen: $\leq 1,5 \%$ voor max. [l:h] Breuksteen: geen eis Haaksheid: idem voor max. [l:h] (NBN EN 772-20) [B36]	<i>Zichtvlakken</i> $\leq 1 \text{ mm}$ Haaksheid: idem
Eevenwijdigheid van de legvlakken	$\leq$ gedeclareerde afwijking (voegdikte $\leq 3 \text{ mm}$) (NBN EN 772-16) [B34]	T_3 : $\leq 1 \text{ mm}$ T_m : $\leq$ gedeclareerde afwijking (NBN EN 772-16) [B34]	Te declareren voor een rechtlijnig verband of voor D_4 met mortel T D_3 : $\leq 2 \text{ mm}$ D_4 : $\leq 1,5 \text{ mm}$ (NBN EN 772-16) [B34]	Gezaagde vlakken D_3 : $\leq 1 \text{ mm}$ (NBN EN 772-16) [B34]	-
Identificatie	-	-	-	Traditionele benaming, petrografische familie (NBN EN 12407) [B79], karakteristieke kleur en oorspronkelijke ontginningsplaats te declareren volgens de NBN EN 12440 [B80]	-
Groep	Groep 1, 1S, 2, 3 of 4 in functie van het percentage holten, hun oriëntatie en de dikte van de wanden (zie Bijlage B, p. 120)				-

Tabel A2 Specificaties met betrekking tot de fysieke eigenschappen van de metselstenen.

Specificaties	Metselstenen					Gipsblokken
	Binnen het toepassingsgebied van de Eurocode 6 + ANB en de STS 22 [F2]					
Aard v.h. materiaal	Baksteen	Kalkzandsteen	Granulaatbeton	Cellenbeton	Natuursteen	
Productnorm	NBN EN 771-1 [B22]	NBN EN 771-2 [B23]	NBN EN 771-3 [B24]	NBN EN 771-4 [B25]	NBN EN 771-6 [B27]	NBN EN 12859 [B81]
Bruto en netto droge volumieke massa (VM)	Declaratie van de waarde [kg/m³] en de tolerantieklasse (D ₁ , D ₂ of D _m) (NBN EN 772-13) [B32]	Declaratie van de min. en max. waarde van de droge VM + eventueel van de klasse p; netto VM in functie van het gebruik (NBN EN 772-13) [B32]	Declaratie van de bruto droge VM + eventueel van de min. en max. waarden, en van de klasse p; netto VM in functie van het gebruik (NBN EN 772-13) [B32]	Declaratie van de bruto droge VM + eventueel van de min. en max. waarden, en van de klasse p; netto VM in functie van het gebruik (NBN EN 772-13) [B32]	Declaratie van de schijnbare droge VM [kg/m³] en van de open porositeit (NBN EN 1936) [B64]	Declaratie van de droge VM D: 1100 ≤ ρ ≤ 1500 kg/m³ M: 800 ≤ ρ ≤ 1100 kg/m³ L: 600 ≤ ρ ≤ 800 kg/m³ en van de oppervlakte-massa
Waterabsorptie	Declaratie van de absorptie na 24 u onderdompeling (informatief) (NBN EN 772-21) [B37]	Voor buitenmetselwerk, declaratie van de absorptie na 48 u onderdompeling (NBN EN 772-21) [B37]	–	–	–	H ₃ : geen voorschrift H ₂ : absorptie ≤ 5 % H ₁ : absorptie ≤ 2,5 % (NBN EN 12859) [B81]
Waterabsorptie door capillariteit	Declaratie van de klasse van initiële waterabsorptie van het legvlak (opzuiging na 1 minuut) (NBN EN 772-11) [B31]	–	Voor buitenmetselwerk, declaratie van de absorptie van het blootgestelde vlak (opzuiging na 10 minuten) Code A1: ≤ 6,0 g/m².s Code A2: ≤ 8,0 g/m².s (NBN EN 772-11) [B31]	Voor buitenmetselwerk, declaratie van de waterabsorptie na 10, 30 en 90 minuten 10': < 4500 g/m² < 184 g/m².s ^{1/2} 30': < 6000 g/m² < 141 g/m².s ^{1/2} 90': < 8000 g/m² < 107 g/m².s ^{1/2} (NBN EN 772-11) [B31]	Voor buitenmetselwerk, declaratie van de maximale capillaire waterabsorptiecoëfficiënt (NBN EN 772-11) [B31]	–
Hygrometrische uitzetting	–	Te declareren in geval van structurele eisen. Voor buitenmetselwerk en ondergronds metselwerk: ≤ 0,45 mm/m (NBN EN 772-14 of NBN EN 680) [B33, B21]			–	–
μ-waarde	Volgens het gebruik en voor buitenmetselwerk in alle gevallen, te declareren op basis van de tabelwaarden uit de NBN EN 1745 [B63] of aan de hand van proeven volgens de NBN EN ISO 12572 [B105]					

Tabel A3 Specificaties met betrekking tot de mechanische eigenschappen van de metselstenen.

Specificaties	Metselstenen				
	Binnen het toepassingsgebied van de Eurocode 6 + ANB en de STS 22 [F2]				
Aard v.h. materiaal	Baksteen	Kalkzandsteen	Granulaatbeton	Cellenbeton	Natuursteen
Productnorm	NBN EN 771-1 [B22]	NBN EN 771-2 [B23]	NBN EN 771-3 [B24]	NBN EN 771-4 [B25]	NBN EN 771-6 [B27]
Druksterkte	Gemiddelde (of karakteristieke) sterkte en, indien relevant, genormaliseerde sterkte f_b te declareren (NBN EN 772-1) [B28]				
Buigsterkte	–	Alternatief voor slanke elementen met een breedte < 100 mm en een verhouding lengte/breedte > 10 (NBN EN 772-6) [B30]	–	Gemiddelde sterkte te declareren	Indicatief (NBN 7051) [N2] Te respecteren sterkteriteria in functie van de dikte en de sterkteklasse A of R (NBN EN 12859) [B81]
Hechting bij afschuiving	Declaratie van de initiële karakteristieke hechting bij afschuiving op basis van proeven volgens de NBN EN 1052-3 [B58] of op basis van tabelwaarden (NBN EN 998-2 of Eurocode 6) [B46, B68]				
Hechting bij buiging	–	Karakteristieke buigsterkte (NBN EN 1052-2) [B57]			

Tabel A4 Specificaties met betrekking tot de thermische eigenschappen, de vorstbestendigheid, de brandreactie en de andere karakteristieken van de metselstenen.

Specificaties	Metselstenen				
	Binnen het toepassingsgebied van de Eurocode 6 + ANB en de STS 22 [F2]				
Aard v.h. materiaal	Baksteen	Kalkzandsteen	Granulaatbeton	Cellenbeton	Natuursteen
Productnorm	NBN EN 771-1 [B22]	NBN EN 771-2 [B23]	NBN EN 771-3 [B24]	NBN EN 771-4 [B25]	NBN EN 771-6 [B27]
Thermische eigenschappen	$\lambda_{10, droog, metselsteen}$ (90/90-waarde) (+ bepalingenmodel volgens de NBN EN 1745) [B63] en eventueel λ_{10} en $\lambda_{10,0}$. Of, als alternatief, de configuratie en de netto droge schijnbare volumieke massa (en de 90/90- of 50/90-waarde) (NBN EN 1745 [B63], NBN EN ISO 6946 [B102], NBN EN ISO 10077-1 [B103], NBN EN ISO 13370 [B106] + gewestelijke EPB-regelgevingen [M4, S1, V1])				
Vorstbestendigheid	Voor metselstenen van het type U, declaratie van het niveau 'normaal vorstbestendig' of 'zeer vorstbestendig' (NBN B 27-009/A2) [B15] en/of van de klassen F1, F2 of F2 (80 °C) (NBN EN 772-22) [B38]	Voor 'blootgestelde' metselstenen, declaratie van de klasse F1 of F2 (NBN EN 772-18) [B35]	Beoordeling voor blootgestelde metselstenen (NBN B 15-231) [B12]	Voor blootgestelde metselstenen, declaratie van de functie van de blootstelling (NBN EN 15304) [B97]	Voor blootgestelde metselstenen, declaratie van N_c . Eis in functie van de blootstelling (NBN EN 12371, identificatieproef) [B77]
Brandreactie	Brandreactieklasse te declareren indien de metselsteen bestemd is om gebruikt te worden in bouwdelen die moeten beantwoorden aan brandreactie-eisen. Indien de hoeveelheid organische stoffen < 1 massa- of volumepercent: klasse A1 zonder proef. Zo niet, classificatie volgens de NBN EN 13501-1 [B92]				
Andere karakteristieken	Gehalte aan actieve oplosbare zouten: declaratie van de categorie S0 (geen eis), S1 of S2 (strengste). Eis in functie van de blootstelling aan water. Voor gevelbaksteen: minimum S2 (NBN EN 772-5) [B29]	–	<i>Vochtgehalte bij het verlaten van de fabriek: $\leq 8\%$</i> <i>Oppervlakte-pH</i> Blokken met normale pH: $6,5 \leq pH \leq 10,5$ Blokken met lage pH: $4,5 \leq pH < 6,5$ <i>Oppervlaktehardheid</i> Indien vereist, een zodanige Shorehardheid C dat: $D: \geq 80$, $M: \geq 55$, $L: \geq 40$ (NBN EN 12859) [B81]		

Groepen van metselstenen

Tabel B Indeling in groepen van metselstenen volgens de Eurocode 6.

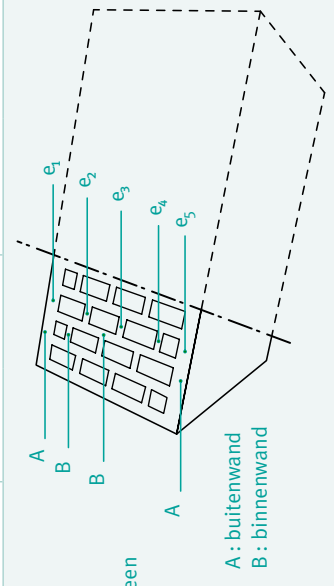
Criterium	Materialen en beperkingen die van toepassing zijn op metselstenen				
	Groep 1 (met inbegrip van 1S)	Groep 2		Groep 3	
	Materiaal	Verticale holtes		Horizontale holtes	
Volume van alle holtes (% van het bruto- volume)	Baksteen	> 25 %; ≤ 55 %		> 25 %; ≤ 70 %	
	Kalkzandsteen	> 25 %; ≤ 55 %		– (3)	
	Granulaatbeton (1)	> 25 %; ≤ 60 %		> 25 %; ≤ 70 %	
	Andere	– (3)		– (3)	
Volume van een willekeurige holte (% van het bruto- volume)	Baksteen	elke holte ≤ 2 % grijpgaten tot een totaal van 12,5 %		elke holte ≤ 30 %	
	Kalkzandsteen	elke holte ≤ 15 % grijpgaten tot een totaal van 30 %		– (3)	
	Granulaatbeton (1)	elke holte ≤ 30 % grijpgaten tot een totaal van 30 %		elke holte ≤ 25 %	
	Andere	– (3)		– (3)	
Gedeclareerde waarde voor de dikte van de binnenwanden en de buitenwanden	Baksteen	Geen voorschrift	Binnenwand	Binnenwand	Buitenwand
	Kalkzandsteen		5 mm	3 mm	6 mm
	Granulaatbeton (1)		5 mm	– (3)	– (3)
	Andere		15 mm	15 mm	20 mm
Gedeclareerde waarde voor de gecumuleerde dikte (4) van de binnen- en de buitenwanden (% van de totale breedte)	Baksteen	Geen voorschrift	– (3)		– (3)
	Kalkzandsteen		≥ 16 %		≥ 16 %
	Granulaatbeton (1)		≥ 20 %		– (3)
	Andere		≥ 18 %		≥ 45 %
Courante voorbeelden	Metselstenen uit baksteen of beton, blokken uit kalk- zandsteen of uit cellenbeton	Snelbouwsteen, betonblokken		Horizontaal geperfo- reerde betonblokken	

(1) In het geval van kegel- of cirkelvormige holtes dient men de gemiddelde waarde van de dikte van de binnen- en de buitenwanden te gebruiken.

(2) Strengere eis voor de groep 1S, opgelegd door de norm NBN EN 1996-1-2 ANB [B71].

(3) → niet gebruikt.

(4) De gecumuleerde dikte is de dikte van de binnen- en de buitenwanden, horizontaal gemeten doorheen de metselsteen en loodrecht ten opzichte van het gevelvlak van de muur. Voorbeeld voor een snelbouwsteen van de groep 2:
gecumuleerde dikte = $e_1 + e_2 + e_3 + e_4 + e_5$



Voorschrijven van metselstenen

C.1 Voorschrijven van een buitengevelsteen uit baksteen

Tabel C1 geeft de manier aan waarop een buitengevelsteen uit baksteen voorgeschreven kan worden in het bestek en geeft een aantal commentaren die nodig zijn voor het goede begrip ervan.

Tabel C1 Voorschrijven van een buitengevelsteen uit baksteen.

Karakteristieken		Voorschriften en beschrijving
Conformiteit BPR [E5] – CE-markering		■ NBN EN 771-1 [B22]
Conformiteit met de technische specificaties		■ STS 22 [F2]
Vrijwillige productcertificatie ⁽¹⁾		■ JA
Bestemming		■ ‘Niet-beschermd’ decoratief metselwerk (U) ⁽²⁾
Uitzicht	Kleur	Bijvoorbeeld: rood
	Structuur	☐ Glad ☐ Ruw ☐ Andere (te preciseren):
	Type	☐ Strengperssteen ☐ Vormbaksteen ☐ Handvormsteen
	Formaat ⁽³⁾	Voorbeelden: module 190/50/90; 188/48/88 (fabricagematen)
	Nominale dikte van de mortelvoeg ⁽⁴⁾	☐ 8 tot 12 mm (geschikte mortel voor algemene toepassingen) ☐ 6 tot 8 mm (geschikte mortel voor algemene toepassingen) ☐ 3 tot 6 mm (gelijmd metselwerk)
	Specifiek uitzicht van het metselwerk	■ Normaal (van toepassing indien er niets gespecificeerd is) ☐ Rechthoekig uitzicht (strengere klasse R _i vereist) ⁽⁵⁾ ☐ ‘Rustiek’ uitzicht (minder strenge tolerantieklasse T _i en spreidingsklasse R _j) ⁽⁵⁾ ☐ Wild verband ⁽⁶⁾ ☐ Andere (te preciseren):
Prestaties	Categorie ⁽⁷⁾	■ I ☐ II
	Gemiddelde druksterkte ⁽⁸⁾	Bijvoorbeeld: ≥ 5 N/mm ²
	Groep ⁽⁸⁾ ⁽⁹⁾	■ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4
	Vorstbestendigheid ⁽¹⁰⁾	■ zeer vorstbestendig ☐ normaal vorstbestendig (NBN B 27-009/A2) [B15] en/of ■ F2 (80 °C) ☐ F2 (NBN EN 772-22) [B38]
	Gehalte aan oplosbare zouten	S2
	Uitbloeiingen	Geen uitbloeiingen
	Thermische eigenschappen ⁽¹¹⁾	■ Warmtegeleidbaarheid λ _{10, droog, metselsteen} : bv.: ≤ 0,60 W/mK (90/90-waarde) OF ☐ Dichtheid 90/90 en configuratie; bv.: ≤ 1800 kg/m ³ – ‘volle’ metselsteen
	Brandreactie	■ Klasse A1

⁽¹⁾ Gecertificeerde baksteen = BENOR-baksteen (PTV 23-002) [B5].

⁽²⁾ Metselbakstenen worden geclassificeerd als U (metselwerk dat niet beschermd is tegen vocht) of als P (beschermd metselwerk).

⁽³⁾ Men moet preciseren of het gaat om modulaire afmetingen dan wel om de fabricagematen. De fabrikant moet de fabricagematen declareren en de toleranties, die gedeclareerd worden onder de vorm van klassen, respecteren ⁽⁵⁾.

⁽⁴⁾ Deze keuze heeft niet alleen een weerslag op het uitzicht van het metselwerk, maar tevens op de toepasbaarheid van de gewenste baksteen (tolerantieklassen en maatspreidingsklassen, vlakheid van het legvlak en evenwijdigheid van de vlakken). De fabrikant en de klant kunnen tot een akkoord komen onder de vorm van een representatief muurtje of een representatieve plaat.

⁽⁵⁾ De fabrikant moet de tolerantieklasse van de gemiddelde waarde (klassen T_i: T₁, T₁⁺, T₂, T₂⁺, T_m) en de spreidingsklasse van de baksteen declareren (bereik R_i: R₁, R₁⁺, R₂, R₂⁺, R_m, waarbij R staat voor *range*). Naarmate de index ‘i’ hoger is, zal de klasse strenger zijn. De bijkomende index ‘+’ duidt op een strengere eis voor de hoogte van de metselsteen. De klassen en bereiken met de index ‘m’ stemmen overeen met een vrije declaratie van de fabrikant die strenger of minder streng kan zijn dan de andere klassen.

⁽⁶⁾ De vermelding van T_m en R_m ⁽⁵⁾ volstaat. In dit geval wordt de vermelding ‘enkel geschikt voor metselwerk in wild verband’ op de verpakking aangebracht.

⁽⁷⁾ De categorie is afhankelijk van het betrouwbaarheidsniveau van de gedeclareerde druksterkte. De categorie I is het meest ‘betrouwbaar’.

⁽⁸⁾ De sterkte en de groep zijn minder belangrijk in het geval van niet-dragend metselwerk.

⁽⁹⁾ Afhankelijk van de morfologie van de holtes.

⁽¹⁰⁾ In functie van de blootstelling van het metselwerk kan de ene of de andere klasse voorgeschreven worden. In de praktijk worden doorgaans de klassen ‘zeer vorstbestendig’ en/of F2 (80 °C) voorgeschreven.

⁽¹¹⁾ Van toepassing wanneer de metselsteen gebruikt wordt in een bouwwerk waaraan thermische eisen gesteld worden. In België moeten de rekenwaarden (λ_{0,i} of λ_{0,e}) verplicht gebaseerd worden op de λ_{10, droog, metselsteen}-waarden die verkregen werden met een betrouwbaarheid van 90 % op het 90 %-fractiel (λ_{90/90}-waarde) en niet op de gemiddelde waarden die doorgaans gedeclareerd worden in het kader van de CE-markering.

C.2 Voorschrijven van een blok uit geautoclaveerd cellenbeton voor het binnenspouwblad van een buitenmuur

Tabel C2 geeft de manier aan waarop een blok uit geautoclaveerd cellenbeton voor het binnenspouwblad van een buitenmuur voorgeschreven kan worden in het bestek en geeft een aantal commentaren die nodig zijn voor het goede begrip ervan.

Tabel C2 Voorschrijven van een blok uit geautoclaveerd cellenbeton voor het binnenspouwblad van een buitenmuur.

Karakteristieken		Voorschriften en beschrijving
Conformiteit BPR [E5] – CE-markering		■ NBN EN 771-4 [B25]
Conformiteit met de technische specificaties		■ STS 22 [F2]
Vrijwillige productcertificatie (1)		■ JA
Bestemming		☐ Code A: metselsteen voor buitenmetselwerk (blootgesteld aan het buitenklimaat) ☐ Code C: metselsteen voor ingegraven metselwerk (ondergronds) (in contact met de grond) ☒ Code D: metselsteen voor ander metselwerk (niet blootgesteld aan het buitenklimaat)
Karakter van de fabricagematen		■ Standaard ☐ Niet-standaard
Formaat (2)		Bijvoorbeeld: 600/150/250 (lengte/breedte/hoogte, fabricagematen)
Nominale dikte van de mortelvoeg → tolerantieklasse vereist		☐ 8 tot 12 mm (aangepaste mortel van type G of L) → ☐ GPLM ☒ 2 tot 3 mm ('gelijmd' metselwerk) → ■ TLMA ☐ 0,5 tot 2 mm ('gelijmd' metselwerk) → ☐ TLMB
Klasse (druksterkte en dichtheid)		Bijvoorbeeld: C3/450
Dichtheid		Bijvoorbeeld: $\rho \geq 450$, hetzij $400 \text{ kg/m}^3 < \text{schijnbare volumieke massa} \leq 450 \text{ kg/m}^3$
Waterdampdiffusieweerstand (μ -waarde)		Bijvoorbeeld: 5/10
Categorie (3)		■ I ☐ II
Gemiddelde druksterkte f_{mean} (4)		Bijvoorbeeld: $\geq 3 \text{ N/mm}^2$
Genormaliseerde gemiddelde druksterkte f_b (5)		Bijvoorbeeld: $\geq 3 \text{ N/mm}^2$
Groep (6)		■ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4
Thermische eigenschappen (7)		☒ Warmtegeleidbaarheid $\lambda_{10, \text{droog, metselsteen}}$ Bijvoorbeeld: $\leq 0,115 \text{ W/m K}$ (90/90-waarde) OF ☐ Dichtheid 90/90 en configuratie Bijvoorbeeld: $\leq 450 \text{ kg/m}^3$ – 'volle' metselsteen
Brandreactie		■ Klasse A1
Voorziene afwerking	Binnen	Bijvoorbeeld: ■ dunne bepleistering (8)
	Buiten	Bijvoorbeeld: ■ gedeeltelijk geïsoleerde spouw + buitengevelmetselwerk

(1) Gecertificeerde metselsteen uit geautoclaveerd cellenbeton = BENOR-metselsteen (PTV 21-002) [P2].

(2) Men moet preciseren of het gaat om de modulaire afmetingen of om de fabricagematen. De fabrikant moet de fabricagematen declareren en de onder de vorm van klassen gedeclareerde toleranties respecteren. Hij moet ook de tolerantieklassen GPLM (voor gebruik met een gewone mortel of een lichtgewichtmortel), TLMA of TLMB (voor gebruik met een dunbedmortel) declareren.

(3) De categorie is afhankelijk van het betrouwbaarheidsniveau van de gedeclareerde druksterkte. De categorie I is het meest 'betrouwbaar'.

(4) Of, als alternatief, de karakteristieke druksterkte f_c ($f_{\text{mean}} = 1,18 f_c$).

(5) Indien relevant (bijvoorbeeld, bij gebruik in dragend metselwerk).

(6) Afhankelijk van de morfologie van de holtes.

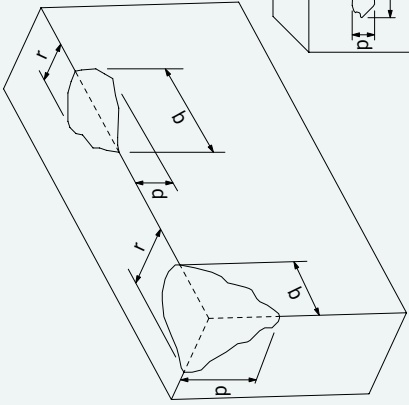
(7) Van toepassing wanneer de metselsteen gebruikt wordt in een bouwwerk waaraan thermische eisen gesteld worden. In België moeten de rekenwaarden ($\lambda_{U,i}$ of $\lambda_{U,e}$) verplicht gebaseerd worden op de $\lambda_{10, \text{droog, metselsteen}}$ -waarden die verkregen werden met een betrouwbaarheid van 90 % op het 90 %-fractiel ($\lambda_{90/90}$ -waarde) en niet op de gemiddelde waarden die doorgaans gedeclareerd worden in het kader van de CE-markering.

(8) Het voorschrijven van een dunne bepleistering (dikte $\leq 6 \text{ mm}$) beïnvloedt de toelaatbare afwijkingen op de uitvoering van de muur.

Oplevering van een partij metselstenen

Tabel D Toelaatbare afwijkingen bij de levering van metselstenen (zie STS 22 [F2], tenzij anders aangegeven).

Aard en gebruik ⁽¹⁾ van de metselsteen	Definitie van de beschadigde stenen ⁽²⁾ ⁽³⁾ en aanvaardingscriterium voor de partij	
Baksteen	Maximaal aantal beschadigde stenen < 5 of 10 % ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾ Maximaal aantal metselstenen met gebreken ≤ 5 % (≤ 10 % indien het gaat om niet-decoratieve en niet-zichtbare stenen)	
Gevelmetselwerk	Gebroken steen of steen die niet minstens één kop en één strek zonder de volgende beschadigingen heeft: • beschadigde hoek, rand, nerf of opgebrachte laag (glazuur) • geschuurde bezanding of profilering, voor zover deze als storend voor het zichtvlak beschouwd wordt • beschadiging waarvan de grootste afmeting > 10 mm of waarvan de oppervlakte > 100 mm² voor een vormbaksteen of een strengperssteen • beschadiging waarvan de grootste afmeting > 15 mm of waarvan de oppervlakte > 225 mm² voor een handvormsteen.	
	Gebreken: aanwezigheid van insluitels die door zwelling een afschilfering in het zichtvlak kunnen veroorzaken, scheuren in het zichtvlak met een breedte ≥ 0,2 mm, en, voor strengpersstenen, een lengte van meer dan 10 mm, en, voor handvorm- en vormbakstenen, een lengte, groter dan een derde van de hoogte, tenzij deze scheuren geen negatieve impact hebben op de vorstbestendigheid.	
Niet-decoratief metselwerk	Gebroken steen of steen met een beschadiging (hoek of rand) met een volume van meer dan 20 cm ³ . Gebreken: aanwezigheid van insluitels die door zwelling een afschilfering in het zichtvlak met een diameter van meer dan 20 mm kunnen veroorzaken, scheuren met een breedte ≥ 0,2 mm in beide koppen of in één strek met een lengte, groter dan een derde van de hoogte van de steen.	
Niet-decoratief maar zichtbaar blijvend metselwerk	Gebroken steen of steen met een beschadiging (hoek of rand) met een volume van meer dan 20 cm ³ . Steen die niet minstens één kop en één strek zonder de volgende beschadigingen heeft: • beschadigde hoek, rand, nerf of opgebrachte laag (glazuur) • geschuurde bezanding of profilering, voor zover deze als storend voor het zichtvlak beschouwd wordt • beschadiging met een diameter ≥ 10 mm of met een oppervlakte > 100 mm².	
	Gebreken: aanwezigheid van insluitels die door zwelling een afschilfering in het zichtvlak met een diameter van meer dan 20 mm kunnen veroorzaken, scheuren met een breedte ≥ 0,2 mm en een lengte, groter dan een derde van de hoogte in beide koppen of in één strek, scheur met een breedte ≥ 0,2 mm in één kop of één strek.	
Kalkzandsteen	Maximaal aantal beschadigde stenen ≤ 2 %	
Alle stenen (codes A1, A2, B1, B2, C en D)	Gebroken steen. Steen waarvan minstens één vlak een scheur met een lengte van meer dan 40 mm en een breedte van meer dan 0,2 mm vertoont. Steen met beschadigingen waarvan het totale volume groter is dan 5 % van het volume van de steen.	
	Blootgesteld gevelmetselwerk of blootgestelde steen ⁽⁶⁾ (codes A1, A2, B1 en B2) Steen waarvan minstens één zichtvlak een scheur met een lengte van meer dan 10 mm en een breedte van meer dan 0,2 mm vertoont. Steen waarvan de totale oppervlakte van de beschadigingen in het zichtvlak groter is dan 1 % van het zichtvlak. Steen waarvan de oppervlakte van minstens één beschadiging in het zichtvlak groter is dan 200 mm ² .	
Decoratief gevelmetselwerk of decoratieve steen ⁽⁶⁾ (codes A1, B1 en B2)	Steen waarvan de totale oppervlakte van de beschadigingen in het zichtvlak (behalve de randen en de hoeken) groter is dan 100 mm ² .	
Granulaatbeton	Maximaal aantal beschadigde elementen ≤ 2 %	
Alle stenen (codes A1, A2, B1, B2, C en D)	Gebroken steen. Steen met een inkeping veroorzaakt door de latten in de mal, waarvan de lengte groter is dan een derde van de hoogte van de steen, met een maximum van 40 mm.	
	Steen waarvan minstens één vlak een scheur met een lengte van meer dan 40 mm en een breedte van meer dan 0,2 mm vertoont. Steen met beschadigingen waarvan het totale volume groter is dan 5 % van het volume van de steen.	

	Steen met een inkeping in de kop, veroorzaakt door de latten in de mal, waarvan de hoogte groter is dan 10 mm. Steen met een inkeping in de strek, veroorzaakt door de latten in de mal. Steen waarvan minstens één zichtvlak een scheur vertoont met een lengte van meer dan 10 mm en een breedte van meer dan 0,2 mm.
Gevelmetselwerk ⁽⁶⁾ (codes A1, B1 en B2)	Steen waarvan de totale oppervlakte van de beschadigingen in het zichtvlak groter is dan 1 % van het zichtvlak. Steen waarvan de oppervlakte van minstens één beschadiging in het zichtvlak groter is dan 200 mm ² .
Blootgesteld gevelmetselwerk of blootgestelde steen ⁽⁶⁾ (codes A1, A2, B1 en B2)	Steen waarvan de totale oppervlakte van de beschadigingen in het zichtvlak (behalve de randen en de hoeken) groter is dan 100 mm ² .
Decoratief gevelmetselwerk of decoratieve steen ⁽⁶⁾ (codes A1, B1 en B2)	
Geautoclaveerd cellenbeton	Maximaal aantal beschadigde stenen ≤ 5 %
Alle stenen (codes A, C en D)	Gebroken steen of steen met scheuren over meer dan een derde van de verticale doorsnede. Steen met beschadigingen waarvan het totale volume groter is dan 5 % van het volume van de steen.
Natuursteen	Maximaal aantal beschadigde elementen ≤ 2 %
Alle stenen	Gebroken steen. Steen waarvan minstens één vlak een scheur met een lengte van meer dan 20 mm en een breedte van meer dan 0,2 mm vertoont. Steen met beschadigingen waarvan het totale volume groter is dan 5 % van het volume van de steen.
Gevelmetselwerk ⁽⁶⁾	Steen waarvan minstens één zichtvlak een scheur vertoont met een lengte van meer dan 10 mm en een breedte van meer dan 0,2 mm. Steen waarvan de totale oppervlakte van de beschadigingen in het zichtvlak groter is dan 1 % van het zichtvlak. Steen waarvan de oppervlakte van minstens één beschadiging in het zichtvlak groter is dan 200 mm ² . Steen waarvan de totale oppervlakte van de beschadigingen in het zichtvlak (behalve de randen en de hoeken) groter is dan 100 mm ² .
Gipsblokken (zie BRL 1014) [K1]	Maximaal aantal beschadigde stenen = 0 %
Alle stenen	Steen met scheuren of met meer dan vier luchtbellen (diameter ≥ 4 mm en ≤ 15 mm) per dm ² . Steen waarvan het zichtvlak meer dan twee krassen vertoont. Steen waarvan het zichtvlak een kras vertoont met een maximale diepte of breedte van meer dan 5 mm. Steen die in het zichtvlak of in de profilering een beschadiging met een volume van meer dan 10 cm ³ vertoont.
(1) Codes: zie tabel 5 (p. 13). (2) Tenzij anders vermeld, duidt de term 'beschadiging' op afschilfering en afgebroken hoeken. (3) Volume van een beschadiging: $p \times q \times r$ (afbeelding A). Oppervlakte van een beschadiging in het zichtvlak: product van twee afmetingen waaronder p, q en r (afbeeldingen A en B). Oppervlakte van een beschadiging in het zichtvlak met uitzondering van de randen en de hoeken: $p \times q$ (afbeelding B). (4) Wanneer de fabrikant niet kan garanderen dat minder dan 5 % van de stenen beschadigd zal zijn, dient hij duidelijk in de technische documentatie te vermelden dat het aantal begrepen is tussen 5 en 10 %, teneinde de opdrachtgever te helpen bij zijn keuze en de aannemer in staat te stellen dit verlies in zijn kostprijsberekening te voorzien. (5) Dit criterium geldt niet voor stenen die bestemd zijn voor een wild verband. In dit geval kan de hoeveelheid beschadigde stenen het voorwerp uitmaken van een overeenkomst tussen de partijen. (6) Bijkomende eisen bij de eisen voor alle stenen.	
 	

Samenvatting van de specificaties voor industriële prestatiemortels

Tabel E Samenvatting van de specificaties en eisen voor industriële prestatiemortels.

Eigenschap	Eenheid	Norm	Mortel van de types G en L		Mortellijmen T	
			Blootstellingsklassen (zie tabel 37, p. 51)			
			MX2 en MX3 (buiten)	MX1 (binnen)	MX2 en MX3 (buiten)	MX1 (binnen)
Verwerkingstijd ⁽¹⁾	uren	NBN EN 1015-9 [B51]	≥ 2 uur		≥ 2 uur ⁽²⁾	
Open tijd ⁽³⁾	minuten		–		≥ 7 minuten	
Luchtgehalte	%	NBN EN 1015-7 [B50]	≤ 12 % ⁽⁴⁾		–	
Druksterkte	N/mm²	NBN EN 1015-11 [B53]	≥ M5	≥ M2,5	≥ 12,5 N/mm² ⁽⁵⁾	
Buigsterkte	N/mm²		–		≥ 4,5 N/mm² ⁽⁵⁾	
Hechtsterkte bij afschuiving – initiële karakteristieke afschuifsterkte ⁽⁶⁾	N/mm²	NBN EN 1052-3 [B58]	≥ gedeclareerde waarde (≥ 0,15 N/mm² indien de declaratie gebaseerd is op de NBN EN 998-2 bijlage C) [B46]		≥ gedeclareerde waarde (≥ 0,30 N/mm² indien de declaratie gebaseerd is op de NBN EN 998-2 bijlage C) [B46]	
Hechtsterkte bij buiging – karakteris- tieke sterkte f _{wk} ⁽⁶⁾	N/mm²	NBN EN 1052-5 [B60]	≥ gedeclareerde waarden		≥ gedeclareerde waarden	
Hechtsterkte bij buiging – karakteris- tieke buigsterkte f _{xk1} en f _{xk2} ⁽⁶⁾	N/mm²	NBN EN 1052-2 [B57]	≥ gedeclareerde waarden		≥ gedeclareerde waarden, en ≥ tabelwaarden uit tabel 3-10 van de NBN EN 1996-1-1 ANB [B69]	
Volumieke massa (verse toestand)	kg/m³	NBN EN 1015-6 [B49]	≥ 1700 kg/m³ (mortel van de types G en T)			
Volumieke massa (verharde toestand)	kg/m³	NBN EN 1015-10 [B52]	≤ 1300 kg/m³ (mortel van het type L)			
Waterabsorptiecoëf- ficiënt	kg/m².min ^{0,5}	NBN EN 1015-18 [B55]	≤ gede- clareerde waarde	–	≤ 0,03 kg/m². min ^{0,5}	–

⁽¹⁾ De verwerkingstijd (of de praktische gebruiksduur) is de tijd die volgt op het aanmaken en gedurende welke de mortel gebruikt kan worden.

⁽²⁾ ≥ 4 uur voor mortellijmen met een dikte ≤ 3 mm, uit te voeren in de zomer in combinatie met metselstenen uit kalkzandsteen of cellenbeton.

⁽³⁾ De open tijd is de tijd die volgt op de plaatsing van de mortel op de onderliggende laag en gedurende welke de metselsteen nog geplaatst ('gemetseld' of 'gelijmd') kan worden.

⁽⁴⁾ Een gehalte van meer dan 12 % – zonder echter een gemiddelde van 18 % te overstijgen – is niet uitgesloten, op voorwaarde dat er bijzondere aandacht besteed wordt aan de hechting.

⁽⁵⁾ Druksterkte en buigsterkte van respectievelijk ≥ 10 N/mm² en ≥ 2,5 N/mm², in combinatie met een metselsteen uit cellenbeton.

⁽⁶⁾ Wanneer de prestatiemortels bestemd zijn om gebruikt te worden in bouwwerken waaraan structurele eisen gesteld worden.

Soorten kalk en cement

F.1 Kalk

Kalk is een product dat verkregen wordt door de thermische ontbinding (calcinatie bij 900-1000 °C) van calcium-carbonaat van natuurlijke oorsprong (kalksteen gewonnen in groeven).

Luchthardende kalk wordt verkregen door de calcinatie van kalksteen zonder onzuiverheden en heeft een hoog gehalte aan vrije kalk. Calciumhoudende kalk (CL) is voornamelijk samengesteld uit calciumoxide (CaO) en/of calciumhydroxide (Ca(OH)_2), en dolomitische kalk (DL) voornamelijk uit calcium- en magnesiumoxide (CaO.MgO) en/of calcium- en magnesiumhydroxide ($\text{Ca(OH)}_2\text{-Mg(OH)}_2$).

De hydroxidevorm (kalkhydraat of gebluste kalk) wordt verkregen door het gecontroleerde blussen van het oxide (ongebliste kalk – CaO) tijdens een exotherme reactie (die warmte afgeeft) in contact met water.

Kalk met hydraulische eigenschappen bestaat uit variabele gehalten aan calciumhydroxide, calciumsilicaten en calciumaluminaten.

Natuurlijke hydraulische kalk (NHL) komt voort uit de calcinatie van min of meer kleiachtige of kiezelhoudende kalkstenen zoals ze in de natuur voorkomen, en wordt door blussen gereduceerd tot poeder, met of zonder malen. Deze kalksoort bevat geen andere toegevoegde materialen.

Geformuleerde kalk (FL) bestaat voornamelijk uit luchthardende kalk (CL) en/of natuurlijke hydraulische kalk (NHL) met toegevoegde en gecontroleerde hydraulische en/of puzzolane materialen. Het minimaal beschikbare Ca(OH)_2 -gehalte moet gewaarborgd zijn om de functionaliteiten van de vette kalk te maximaliseren.

Hydraulische kalk (HL) is samengesteld uit kalk en andere materialen zoals cement, hoogovenslak, vliegas, kalksteenfiller en andere geschikte stoffen.

Tabel F1 op de volgende pagina geeft een samenvatting van de verschillende soorten kalk zoals gedefinieerd in de norm NBN EN 459-1 [B20].

F.2 Cement

De verschillende soorten cement worden voorgesteld in tabel F2 (p. 129).

Tabel F1 Soorten kalk volgens de norm NBN EN 459-1 [B20] ⁽¹⁾.

Familie	Luchthardende kalk (²)				Kalk met hydraulische eigenschappen								
Subfamilie	Calciumhoudende kalk		Dolomitische kalk		Natuurlijke hydraulische kalk	Geformuleerde kalk		Hydraulische kalk					
Symbol	CL		DL		NHL	FL (A, B, C)		HL					
Classificatie en voor-naamseisen	Totaal gehalte aan calciumoxide (CaO) en magnesium-oxide (MgO) in massapercent (³)				Minimale druksterkte na 28 dagen								
	(⁴)		(⁴)-(⁵)										
	90%	80%	70%	90-30%	90-5%	85-30%	80-5%	2 N/mm²	3,5 N/mm²	5 N/mm²	2 N/mm²	3,5 N/mm²	5 N/mm²
	Gegarandeerd door maximale CO₂ - en SO₃-gehaltes (in massapercent)												
Actieve fractie: gehalte aan vrije kalk (CaO/ Ca(OH)₂) in massa-percent	≥ 80%	≥ 65%	≥ 55%	CO₂								≥ 4%	
				≤ 6%	≤ 9%								
				SO₃ : ≤ 2%									
Voorbeelden van aanduiding	EN 459-1 CL 90-S		EN 459-1 DL 85-30-S		EN 459-1 NHL 5		EN 459-1 FL B 3,5		EN 459-1 HL 5				
(¹) De norm is van toepassing op bouwkalk die gebruikt wordt voor de bindmiddelbereiding voor mortel, de fabricage van bouwproducten (bv. metselstenen uit kalkzandsteen of uit cellenbeton) en toepassingen uit de burgerlijke bouwkunde (bv. grondbehandeling). (²) Luchthardende kalk wordt gewoonlijk geklasseerd in functie van zijn toestand: ongebluste kalk – Q (granulaire toestand) – en kalkhydraat – S (poeder), S PL (pasta), S ML (kalkmelk). Dolomitische kalk: enkel in de toestand Q en S, en een bijkomende klasse S1: semi-gehydrateerde dolomitische kalk. (³) Voor kalkhydraat zijn deze gehaltes gebaseerd op het product dat vrij is van vrij water en gebonden water. (⁴) Totaal minimumgehalte aan calciumoxide en magnesiumoxide (CaO + MgO) in massapercent. In het geval van calciumhoudende kalk CL is het gehalte aan magnesiumoxide beperkt tot 5 massapercent. (⁵) Minimumgehalte aan magnesiumoxide (MgO) in massapercent.													

Tabel F2 Soorten cement.

Voornaamste soorten	Notatie / aanduiding		Hoofdbestanddelen		Sterkte- klassen (²)
			Klinker (K)	Andere (³)	
Metselcement (³) (⁴) (NBN EN 413-1) [B19]					
MC	Metselcement	MC	≥ 25 %	–	5
			≥ 40 %		12,5 22,5
Courante cementsoorten (⁵) (⁶) (NBN EN 197-1) [B18]					
CEM I (⁷)	Portlandcement	CEM I	95-100 %	–	32,5 L 32,5 N 32,5 R 42,5 L 42,5 N 42,5 R 52,5 L 52,5 N 52,5 R
CEM II (⁷)	Portlandslakcement	CEM II/A-S	80-94 %	S: 6-20 %	
		CEM II/B-S	65-79 %	S: 21-35 %	
	Portlandsilicafumecement	CEM II/A-D	90-94 %	D: 6-10 %	
	Portlandpuzzolaancement	CEM II/A-P	80-94 %	P: 6-20 %	
		CEM II/B-P	65-79 %	P: 21-35 %	
		CEM II/A-Q	80-94 %	Q: 6-20 %	
		CEM II/B-Q	65-79 %	Q: 21-35 %	
	Portlandvliegascement	CEM II/A-V	80-94 %	V: 6-20 %	
		CEM II/B-V	65-79 %	V: 21-35 %	
		CEM II/A-W	80-94 %	W: 6-20 %	
		CEM II/B-W	65-79 %	W: 21-35 %	
	Portandleistencement	CEM II/A-T	80-94 %	T: 6-20 %	
		CEM II/B-T	65-79 %	T: 21-35 %	
	Portlandkalksteencement	CEM II/A-L	80-94 %	L: 6-20 %	
		CEM II/B-L	65-79 %	L: 21-35 %	
		CEM II/A-LL	80-94 %	LL: 6-20 %	
	Portlandcomposietcement	CEM II/B-LL	65-79 %	LL: 21-35 %	
		CEM II/A-M	80-88 %	12-20 %	
		CEM II/B-M	65-79 %	21-35 %	
CEM III (⁷)		Hoogovencement	CEM III/A	35-64 %	S: 36-65 %
	CEM III/B		20-34 %	S: 66-80 %	
	CEM III/C		5-19 %	S: 81-95 %	
CEM IV	Puzzolaancement	CEM IV/A	65-89 %	D/P/Q/V/W: 11-35 %	
		CEM IV/B	45-64 %	D/P/Q/V/W: 36-55 %	
CEM V	Composietcement	CEM V/A	40-64 %	S: 18-30 % P/Q/V: 18-30 %	
		CEM V/B	20-38 %	S: 31-49 % P/Q/V: 31-49 %	

(1) S: hoogovenslak, D: silica fume, P: natuurlijk puzzolaan, Q: gebrand natuurlijk puzzolaan, V: siliciumhoudend vliegass, W: calciumhoudend vliegass, T: gebrande leisteen, L en LL: kalksteen.

(2) Gebaseerd op de minimale druksterkte na 28 dagen van een genormaliseerde mortel, in MPa (N/mm²), evenals op de bindingssnelheid, meer bepaald L: traag (enkel voor CEM III), N: normaal, R: snel (gekaracteriseerd door de initiële sterkte, d.w.z. na 2 of 7 dagen).

(3) Metselcement kan door een aantal bijkomende eigenschappen gekarakteriseerd worden, meer bepaald: X: metselcement dat geen luchtbelvormers bevat.

(4) Voorbeeld van aanduiding: **EN 413-1 MC 12,5 X**.

(5) Courante cementsoorten kunnen gekarakteriseerd worden door een aantal bijkomende eigenschappen, meer bepaald:

- LH: cement met een lage hydratiewarmte
- (H)SR: cement met (hoge) bestandheid tegen sulfaten (NBN B 12-108) [B9]
- LA: cement met een beperkt alkaligehalte (NBN B 12-109) [B10]
- HES: Portlandcement met een hoge initiële sterkte (na 1 dag) (NBN B 12-110) [B11].

(6) Voorbeeld van aanduiding: **EN 197-1 CEM II/A-M 32,5 N CE HSR BENOR**.

(7) Deze cementsoorten behoren tot de meest gebruikte voor metselmortels.

Checklist met betrekking tot de stalen spouwhaken voor spouwmuren in een buitenomgeving

Tabel G Checklist met betrekking tot de stalen spouwhaken ⁽¹⁾ voor spouwmuren in een buitenomgeving.

Karakteristieken			Voorschriften en beschrijving	
Conformiteit BPR [E5] – CE-markering			■ NBN EN 845-1 [B39] ⁽²⁾	
Bestemming			■ Verbinding tussen het buitenspouwblad en de dragende wand	
Type anker en wijze van bevestiging aan de dragende wand			☐ Asymmetrisch ☐ Symmetrisch	
			☐ Recht anker (horizontaal) ☐ Hellingsanker ⁽³⁾	
			☐ Voor courant gebruik ☐ Bewegingstoelatend ⁽³⁾ ☐ Ingewerkt in de mortel ☐ Met pluggen (bv. kunststof schotelplug) ☐ Geschroefd (dragende wand uit hout)	
			☐ Slotanker	
Minimale nominale dikte van de mortelvoeg (indien van toepassing)			Uiteinde 1	10 mm (bijvoorbeeld)
			Uiteinde 2 (kant van de dragende wand)	3 mm (bijvoorbeeld)
Minimale verankeringslengte in de mortelvoeg (≥ 30 mm) (indien van toepassing)			Uiteinde 1	40 mm (bijvoorbeeld)
			Uiteinde 2 (kant van de dragende wand)	60 mm (bijvoorbeeld)
Nominale breedte van de spouw (afstand tussen de twee wanden)			170 mm (hetzij een luchtsouw van 30 mm en een isolatiepaneel van 140 mm dik) (bijvoorbeeld)	
Totale lengte van de haak			270 mm (40 mm + 60 mm + 170 mm = 270 mm) (bijvoorbeeld)	
Druiprand			☐ Neen ☐ Ja (geprofileerd centraal deel met druiplijst – dichtingsring – helling naar de buitenwand toe)	
Referentienummer van het materiaal Keuze van een corrosiebeschermingssysteem in functie van de blootstellingsklasse (zie Eurocode 6, deel ‘Uitvoering’: NBN EN 1996-2) [B72]	Blootstellingsklasse	☐ MX2 Blootstelling aan vocht	☐ Ref. nr. 1 – Austenitisch roestvast staal (molybdeen-chroom-nikkel-legeringen) (‘Inox 316’)	
		☐ MX3 Blootstelling aan vocht en vorst-dooicycli	☐ Ref. nr. 3 – Austenitisch roestvast staal (chrom-nikkellegeringen) (‘Inox 304’)	
		☐ MX4 Blootstelling aan met zout verzadigde lucht, zeewater of dooizouten	☐ Andere: ⁽⁴⁾	
		☐ MX5 Chemisch agressieve omgeving	☐ Ref. nr. 1 – Austenitisch roestvast staal (molybdeen-chroom-nikkel-legeringen) (‘Inox 316’)	
Aantal haken per m ²	n _t	n _t ≥ W _{Ed} / F _d ⁽⁶⁾ (en n _t ≥ 5)	☐ ⁽⁵⁾	
			☐ ≥ 5 haken / m ² ☐ ≥ 6 haken / m ² ☐ ≥ 7 haken / m ² ☐ ≥	
⁽¹⁾ Er mogen eveneens andere materiaaltypes aangewend worden (andere metalen, kunststof).				
⁽²⁾ De norm NBN EN 845-1 eist dat de producent zowel de druksterkte als de treksterkte van de haken declareert en dit, in functie van hun maximaal toelaatbare helling, de breedte van de spouw (afstand tussen de wanden) en de beschouwde metselproducten (blokken en mortel).				
⁽³⁾ Voor bewegingstoelatende ankers en hellingsankers moeten respectievelijk het maximaal toelaatbare bewegingsbereik en de maximaal en minimaal toelaatbare helling gedeclareerd en tijdens de uitvoering nageleefd worden.				
⁽⁴⁾ Het gebruik van materialen met andere referentienummers uit de norm NBN EN 845-1 [B39] is niet uitgesloten. In voorkomend geval dient men echter wel de fabrikant of een specialist te raadplegen in verband met de specifieke rekenvoorwaarden.				
⁽⁵⁾ Hiervoor kunnen enkel roestvast staal (referentienummers 1 en 3) en kunststof (referentienummer 2) in overweging genomen worden. Verder dient men steeds de fabrikant of een specialist te raadplegen in verband met de specifieke rekenvoorwaarden.				
⁽⁶⁾ Zie Eurocode 6 (NBN EN 1996-1-1 § 6.5) [B68]. W _{Ed} is de rekenwaarde van de totale horizontale windbelasting die bepaald wordt volgens de norm NBN EN 1991-1-4 ANB [B66]. F _d is de rekenwaarde van de druksterkte van het anker. Deze waarde wordt bepaald door de karakteristieke druksterkte F _k te delen door een partiële veiligheidscoëfficiënt op het materiaal γ _M , die vastgelegd wordt volgens de norm NBN EN 1996-1-1 ANB [B69] (F _d = F _k /γ _M). Bij een normale controle van de werken is γ _M = 2,7. In het geval van deze ankers, stemt de karakteristieke sterkte overeen met de gemiddelde waarde van de proefresultaten ⁽²⁾ .				

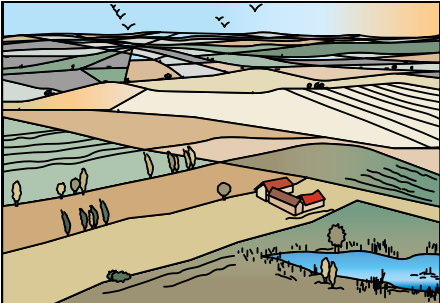
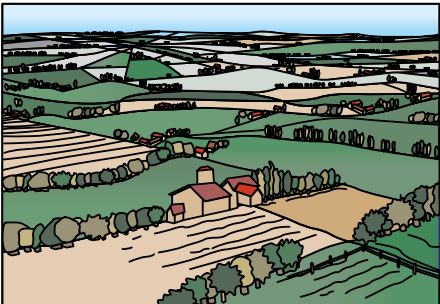
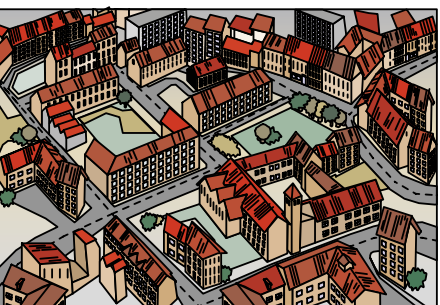
Samenvatting van de mechanische prestaties van metselwerk

Tabel H Mechanische prestaties van metselwerk.

Gewenste prestatie	Formules of tabelwaarden en commentaren (zie STS 22) [F2]
Druksterkte f_k	Voor metselwerk met een mortel van het type G, L of T (dikte > 3 mm): $f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta$ Beperkende voorwaarden op f_b voor G: $f_b \leq 75$ N/mm ² Beperkende voorwaarden op f_m voor G en T: $f_m \leq 20$ N/mm ² en $f_m \leq 2 f_b$ voor L: $f_m \leq 10$ N/mm ² → f_k stijgt met f_b en f_m (op niet-lineaire wijze) → doorslaggevende invloed van f_b op f_k
	Voor metselwerk met een mortel van het type T (0,5 tot 3 mm dikte) : $f_k = K f_b^\alpha$ Beperkende voorwaarde op f_b : $f_b \leq 50$ N/mm ² → f_k onafhankelijk van f_m → f_k stijgt met f_b (op niet-lineaire wijze)
	Algemeen geldt: → $f_k < f_b$ Proefmethode (NBN EN 1052-1) [B56]
Elasticiteitsmodulus E en $E_{\text{lange termijn}}$	Secans elasticiteitsmodulus op korte termijn (onder gebruiksbelastingen): $E = 1000 f_k$ Secans elasticiteitsmodulus op lange termijn: $E_{\text{lange termijn}} = E / (1 + \varnothing_\infty)$, waarbij $\varnothing_\infty$ de uiterste kruipcoëfficiënt is (begrepen tussen 0,5 en 3 afhankelijk van de metselsteen)
	→ Naarmate de metselsteen en dus ook het metselwerk een hogere druksterkte vertoont, zal de constructie 'stijver' zijn (hoge E en $E_{\text{lange termijn}}$) Proefmethode (NBN EN 1052-1) [B56]
Buigsterkte f_{xk1} en f_{xk2}	Waarden bij ontstentenis (tabelwaarden) (f_{xk2} mag niet groter zijn dan de buigsterkte van de metselsteen)
	Algemeen geldt: → f_{xk1} en f_{xk2} ('T') $\geq f_{xk1}$ en f_{xk2} ('G') $\geq f_{xk1}$ en f_{xk2} ('L') Proefmethode (NBN EN 1052-2) [B57]
Afschuifsterkte f_{vko}	Waarden bij ontstentenis (tabelwaarden)
	Algemeen geldt (voor $f_m \geq 2,5$ N/mm ²) : → f_{vko} ('T') $\geq f_{vko}$ ('G') $\geq f_{vko}$ ('L') Proefmethode (NBN EN 1052-3 + NBN EN 1052-4) [B58, B59]
Veiligheidscoëfficiënten γ_M	Waarden bij ontstentenis (tabelwaarden) die afhankelijk zijn van de attestatie- en certificatie-niveaus van de materialen, evenals van de uitvoeringsklasse N of S van het metselwerk → De coëfficiënt is gunstiger wanneer het metselwerk vervaardigd werd volgens de voorwaarden van de uitvoeringsklasse S met metselstenen van categorie I en een prestatiemortel die beide beschikken over een bijkomende productcertificatie (BENOR-merk).
Symbolen en notaties f_b : genormaliseerde druksterkte van de metselsteen [N/mm ²] f_m : gemiddelde druksterkte van de metselmortel [N/mm ²] f_k : karakteristieke druksterkte van het metselwerk [N/mm ²] K, α, β : functie van de groep en het type van de metselstenen, van de mortel en van de voegvulling E : secans elasticiteitsmodulus van het metselwerk op korte termijn [N/mm ²] $E_{\text{lange termijn}}$: secans elasticiteitsmodulus van het metselwerk op lange termijn [N/mm ²] f_{xk1} : karakteristieke buigsterkte van het metselwerk waarvan het breukvlak evenwijdig is met het legvlak [N/mm ²] f_{xk2} : karakteristieke buigsterkte van het metselwerk waarvan het breukvlak loodrecht staat op het legvlak [N/mm ²] f_{vko} : initiële karakteristieke afschuifsterkte [N/mm ²] f_k, f_{xk1}, f_{xk2} of f_{vko} ('T', 'G' of 'L'): karakteristieke sterkte van een metselwerk dat uitgevoerd werd met een mortel van het type T, G of L γ_M : partiële veiligheidscoëfficiënt op het metselwerk [-]. Morteltypes: • mortel van het type G: mortel voor algemene toepassingen • mortel van het type T: mortellijm • mortel van het type L: lichtgewichtmortel	

Terreinruwheidscategorieën en windzones

Tabel I Terreinruwheidscategorieën.

	Terreinruwheidscategorie	Illustratie
0	Zee of kuststreek die blootstaat aan zeewinden	
I	Meer of zone met uiterst weinig vegetatie die vrij is van obstakels	
II	Zone met lage vegetatie (zoals gras), met of zonder alleenstaande obstakels (bomen, gebouwen) op een onderlinge afstand van minstens 20 keer hun hoogte	
III	Zone met een regelmatige begroeiing, met alleenstaande gebouwen of obstakels op een onderlinge afstand van maximum 20 keer hun hoogte (bv. dorpen, voorsteden, permanente bossen)	
IV	Stedelijke zone waar minstens 15 % van het oppervlak ingenomen wordt door gebouwen met een gemiddelde hoogte van meer dan 15 m	



Bron: IGN
Brussel, 2001

Afb. I Kaart met de windzones in België.

Voor meer informatie omtrent de referentiewindsnelheden, de terreinruweidscategorieën en de bepaling ervan, verwijzen we de geïnteresseerde lezer naar de norm NBN EN 1991-1-4 [B65] en zijn nationale bijlage (ANB) [B66], evenals naar de rekenmodules die door het WTCB aangeboden worden op de WTCB-website:

- voor hulp bij de bepaling van de terreinruweidscategorie, *Category Interactive* (CInt) op <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=tools&sub=calculator&pag=cint>
- voor de berekening van de windbelasting, *Wind Interactive* (WInt) op <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=tools&sub=calculator&pag=wint>.

LITERATUURLIJST

B

BE-CERT – Brussel (www.be-cert.be)

- B1 PTV 411 Codificatie van de granulaten. Prescriptions techniques / Technische Voorschriften, uitgave 2.1, 2014.
- B2 PTV 502 Superplastificeerder/sterk waterreducerder met verlengde verwerkbaarheid, Overschrijding van de bindingsvertraging, 'a', hulpstoffenhoeveelheid. Prescriptions techniques / Technische Voorschriften, uitgave 2.0, 2016.
- B3 PTV 603 Cementsoorten. Bijkomende kenmerken. Prescriptions techniques / Technische Voorschriften, uitgave 3.2, 2016.
- B4 PTV 651 Metselmortel en voegmortel. Prescriptions techniques / Technische Voorschriften, uitgave 1.0, 2019.

Belgian Construction Certification Association – BCCA, Brussel (<http://www.bcca.be>)

- B5 PTV 23-002 Technisch voorschrift voor gevelbakstenen. Prescriptions techniques / Technische Voorschriften, 2018.
- B6 PTV 23-003 Technisch voorschrift voor bakstenen voor niet decoratief metselwerk. Prescriptions techniques / Technische Voorschriften, 2018.

Bureau voor Normalisatie – NBN, Brussel (www.nbn.be)

- B7 NBN B 03-003:2003 Vervormingen van draagsystemen. Vervormingsgrenswaarden. Gebouwen.
- B8 NBN B 03-004:2017 Borstweringen van gebouwen.
- B9 NBN B 12-108:2015 Cement. Cement met hoge bestandheid tegen sulfaten.
- B10 NBN B 12-109:2006 Cement. Cement met begrensd alkali-gehalte.
- B11 NBN B 12-110:2002 Cementsoorten. Portlandcementsoorten met hoge aanvangsterkte.
- B12 NBN B 15-231:1987 Proeven op beton. Vorstbestandheid.
- B13 NBN B 24-209:1974 Proeven op metselstenen. Uitbloeiingen.
- B14 NBN B 27-009:1983 Keramische produkten voor wand- en vloerbekleding. Vorstbestandheid. Vorst-dooicyclussen.
- B15 NBN B 27-009/A2:1996 Keramische produkten voor wand- en vloerbekleding. Vorstbestandheid. Vorst-dooicyclussen (addendum 2 bij de NBN B 27-009).
- B16 NBN B 27-010:1983 Keramische produkten voor wand- en vloerbekleding. Vorstbestendigheid. Vermogen tot wateropslorping door capillariteit.
- B17 NBN B 62-002:2008 Thermische prestaties van gebouwen. Berekening van de warmtedoorgangscoefficienten (U-waarden) van gebouwcomponenten en gebouwelementen. Berekening van de warmteoverdrachtscoefficienten door transmissie (HT-waarde) en ventilatie (Hv-waarde).
- B18 NBN EN 197-1:2011 Cement. Deel 1: samenstelling, specificatie en overeenkomstigheidscriteria voor gewone cementsoorten.
- B19 NBN EN 413-1:2011 Metselcement. Deel 1: samenstelling, specificaties en conformiteitscriteria.
- B20 NBN EN 459-1:2015 Bouwkalk. Deel 1: definities, specificaties en conformiteitscriteria.
- B21 NBN EN 680:2006 Bepaling van de drogingskrimping van geautoclaveerd cellenbeton.
- B22 NBN EN 771-1+A1:2015 Voorschriften voor metselstenen. Deel 1: metselbaksteen.
- B23 NBN EN 771-2+A1:2015 Voorschriften voor metselstenen. Deel 2: kalkzandsteen.
- B24 NBN EN 771-3+A1:2015 Voorschriften voor metselstenen. Deel 3: betonmetselstenen (gewone en lichte granulaten).
- B25 NBN EN 771-4+A1:2015 Voorschriften voor metselstenen. Deel 4: geautoclaveerde cellenbetonmetselstenen.

- B26 NBN EN 771-5+A1:2015 Voorschriften voor metselstenen. Deel 5: metselstenen van kunststeen.
- B27 NBN EN 771-6+A1:2015 Voorschriften voor metselstenen. Deel 6: metselstenen van natuursteen.
- B28 NBN EN 772-1+A1:2015 Metselsteenproeven. Deel 1: bepaling van de druksterkte.
- B29 NBN EN 772-5:2016 Methods of test for masonry units. Part 5: determination of the active soluble salts content of clay masonry units (corrected version - 2017-03-22).
- B30 NBN EN 772-6:2001 Metselsteenproeven. Deel 6: bepalen van de buigtreksterkte van betonmetselstenen.
- B31 NBN EN 772-11:2011 Metselsteenproeven. Deel 11: bepaling van de capillaire waterabsorptie van betonmetselstenen, cellenbetonsteen, metselstenen van kunststeen en natuursteen, alsook van de initiële waterabsorptie van metselbaksteen.
- B32 NBN EN 772-13:2000 Metselsteenproeven. Deel 13: bepalen van de schijnbare en absolute droge volumemassa van metselstenen (uitgezonderd natuursteen).
- B33 NBN EN 772-14:2002 Metselsteenproeven. Deel 14: bepalen van het vochtgedrag van betonmetselstenen en van metselstenen van kunststeen.
- B34 NBN EN 772-16:2011 Metselsteenproeven. Deel 16: bepalen van de afmetingen.
- B35 NBN EN 772-18:2011 Metselsteenproeven. Deel 18: bepaling van de vorst/dooi-bestandheid van kalkzandsteen.
- B36 NBN EN 772-20:2000 Metselsteenproeven. Deel 20: vlakheid van betonmetselstenen, metselstenen van kunststeen en van natuursteen.
- B37 NBN EN 772-21:2011 Metselsteenproeven. Deel 21: bepaling van de waterabsorptie van metselbaksteen en kalkzandsteen door koud-water-absorptie.
- B38 NBN EN 772-22:2019 Methods of test for masonry units. Part 22: determination of freeze/thaw resistance of clay masonry units.
- B39 NBN EN 845-1:2013+A1 Specification for ancillary components for masonry. Part 1: wall ties, tension straps, hangers and brackets.
- B40 NBN EN 845-2:2013+A1 Specification for ancillary components for masonry. Part 2: lintels.
- B41 NBN EN 845-3:2013+A1 Specification for ancillary components for masonry. Part 3: bed joint reinforcement of steel meshwork.
- B42 NBN EN 934-1:2008 Hulpstoffen voor beton, mortel en injectiemortel. Deel 1: algemene eisen.
- B43 NBN EN 934-2+A1:2012 Hulpstoffen voor beton, mortel en injectiemortel. Deel 2: Hulpstoffen voor beton. Definities, eisen, conformiteit, markering en etikettering.
- B44 NBN EN 934-3+A1:2012 Hulpstoffen voor beton, mortel en injectiemortel. Deel 3: Hulpstoffen voor metselmortel. Definities, eisen, overeenkomstigheid, markering en etikettering.
- B45 NBN EN 998-1:2016 Specification for mortar for masonry. Part 1: rendering and plastering mortar.
- B46 NBN EN 998-2:2016 Specification for mortar for masonry. Part 2: masonry mortar.
- B47 NBN EN 1008:2002 Aanmaakwater voor beton. Specificatie voor monsterneming, beproeving en beoordeling van de geschiktheid van water, inclusief spoelwater van reinigingsinstallaties in de betonindustrie, als aanmaakwater voor beton.
- B48 NBN EN 1015-3:1999 Proeven voor metselmortel. Deel 3: bepalen van consistentie van verse mortel (met de schoktafel).
- B49 NBN EN 1015-6:1998 Proeven voor metselmortel. Deel 6: bepaling van de schijnbare dichtheid van verse mortel.
- B50 NBN EN 1015-7:1998 Proeven voor metselmortel. Deel 7: bepaling van het luchtgehalte van verse mortel.
- B51 NBN EN 1015-9:1999 Proeven voor metselmortel. Deel 9: bepalen van de verwerkbaarheidstijd en verbeteringstijd van verse mortel.
- B52 NBN EN 1015-10:1999 Proeven voor metselmortel. Deel 10: bepalen van de droge volumemassa van de verharde mortel.
- B53 NBN EN 1015-11:1999 Proeven voor metselmortel. Deel 11: bepalen van de buigsterkte en druksterkte van verharde mortel.
- B54 NBN EN 1015-12:2016 Methods of test for mortar for masonry. Part 12: determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates.
- B55 NBN EN 1015-18:2003 Proeven voor metselmortel Deel 18: bepaling van de capillaire waterabsorptie van verharde pleistermortels.
- B56 NBN EN 1052-1:1998 Beproevingsmethoden voor metselwerk. Deel 1: bepaling van de druksterkte.
- B57 NBN EN 1052-2:2016 Methods of test for masonry. Part 2: determination of flexural strength (Corrected version - 2017-03-22).
- B58 NBN EN 1052-3:2002 Beproevingsmethoden. Deel 3: aanvangsschuifsterkte.
- B59 NBN EN 1052-4:2000 Beproevingsmethoden. Deel 4: schuifsterkte met inbegrip van de waterkerende laag.

- B60 NBN EN 1052-5:2005 Beproevingmethoden. Deel 5: bepaling van de hechtsterkte met de hefboomproef.
- B61 NBN EN 1364-1:2015 Vuurweerstandspoeven voor niet-dragende bouwdelen. Deel 1: wanden.
- B62 NBN EN 1366-4+A1:2010 Beproeving van de vuurweerstand van installaties in gebouwen. Deel 4: afdichtingen voor rechte voegen.
- B63 NBN EN 1745:2012 Metselwerk en metselwerkproducten. Methoden voor het bepalen van thermische eigenschappen.
- B64 NBN EN 1936:2007 Beproevingmethoden voor natuursteen. Bepaling van de werkelijke dichtheid en de schijnbare dichtheid en van de totale poreusheid en open poreusheid.
- B65 NBN EN 1991-1-4:2005 Eurocode 1. Belastingen op constructies. Deel 1-4: algemene belastingen. Windbelasting (+ AC:2010).
- B66 NBN EN 1991-1-4 ANB:2010 Eurocode 1. Belastingen op constructies. Deel 1-4: algemene belastingen. Windbelasting. Nationale bijlage.
- B67 NBN EN 1991-1-6:2005 Eurocode 1. Belastingen op constructies. Deel 1-6: algemene belastingen. Belastingen tijdens uitvoering (+ AC:2013).
- B68 NBN EN 1996-1-1+A1:2013 Eurocode 6. Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk. Deel 1-1: gemeenschappelijke regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk.
- B69 NBN EN 1996-1-1+A1 ANB:2016 Eurocode 6. Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk. Deel 1-1: gemeenschappelijke regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk. Nationale bijlage.
- B70 NBN EN 1996-1-2:2005 Eurocode 6. Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk. Deel 1-2: algemene regels. Ontwerp en berekening van constructies bij brand (+ AC:2010).
- B71 NBN EN 1996-1-2 ANB:2019 Eurocode 6. Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk. Deel 1-2: algemene regels. Ontwerp en berekening van constructies bij brand. Nationale bijlage.
- B72 NBN EN 1996-2:2006 Eurocode 6. Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk. Deel 2: ontwerp, materiaalkeuze en uitvoering van constructies van metselwerk (+ AC:2009).
- B73 NBN EN 1996-2 ANB:2010 Eurocode 6. Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk. Deel 2: ontwerp, materiaalkeuze en uitvoering van constructies van metselwerk. Nationale bijlage.
- B74 NBN EN 1996-3 ANB:2012 Eurocode 6. Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk. Deel 3: vereenvoudigde berekeningsmethoden voor niet-gewapende constructies van metselwerk. Nationale bijlage.
- B75 NBN EN 1998-1:2005 Eurocode 8. Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies. Deel 1: algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen (+ AC:2009).
- B76 NBN EN 1998-1 ANB:2011 Eurocode 8. Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies. Deel 1: algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen. Nationale bijlage.
- B77 NBN EN 12371:2010 Beproevingmethoden voor natuursteen. Bepaling van de vorstbestandheid.
- B78 NBN EN 12372:2007 Beproevingmethoden voor natuursteen. Bepaling van de buigsterkte bij geconcentreerde belasting.
- B79 NBN EN 12407:2019 Natural stone test methods. Petrographic examination.
- B80 NBN EN 12440:2017 Natural stone. Denomination criteria.
- B81 NBN EN 12859:2011 Gipsblokken. Termen en definities, eisen en beproevingsmethoden.
- B82 NBN EN 12860:2001 Lijmen op basis van gips voor gipsblokken. Termen en definities, eisen en beproevingsmethoden (+ AC:2002).
- B83 NBN EN 13055:2016 Lightweight aggregates.
- B84 NBN EN 13139:2002 Toeslagmaterialen voor mortel (+ AC:2004).
- B85 NBN EN 13162+A1:2015 Producten voor thermische isolatie van gebouwen. Fabrieksmatig vervaardigde producten van minerale wol (MW). Specificatie.
- B86 NBN EN 13163:2012+A2:2016 Thermal insulation products for buildings. Factory made expanded polystyrene (EPS) products. Specification.
- B87 NBN EN 13164+A1:2015 Producten voor thermische isolatie van gebouwen. Fabrieksmatig vervaardigde producten van geëxtrudeerd polystyreenschuim (XPS). Specificatie.
- B88 NBN EN 13165:2012+A2:2016 Thermal insulation products for buildings. Factory made rigid polyurethane foam (PU) products. Specification.
- B89 NBN EN 13166:2012+A2:2016 Thermal insulation products for buildings. Factory made phenolic foam (PF) products. Specification.
- B90 NBN EN 13167+A1:2015 Producten voor thermische isolatie van gebouwen. Fabrieksmatig vervaardigde producten van cellulair glas (CG). Specificatie.
- B91 NBN EN 13279-1:2009 Gipsbindmiddelen en gipspleister. Deel 1: definities en eisen.
- B92 NBN EN 13501-1:2019 Fire classification of construction products and building elements. Part 1: classification using data from reaction to fire tests.

- B93 NBN EN 13501-2:2016 Fire classification of construction products and building elements. Part 2: classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services.
- B94 NBN EN 13914-2:2016 Design, preparation and application of external rendering and internal plastering. Part 2: internal plastering.
- B95 NBN EN 13967:2012+A1:2017 Flexible sheets for waterproofing. Plastic and rubber damp proof sheets including plastic and rubber basement tanking sheet. Definitions and characteristic.
- B96 NBN EN 15254-2:2009 Uitbreiding van het geldigheidsgebied van resultaten van brandwerendheidsproeven. Niet-dragende wanden. Deel 2: metselwerk en gipsblokken.
- B97 NBN EN 15304:2010 Bepaling van de vries-dooiweerstand van geautoclaveerd cellenbeton.
- B98 NBN EN 15318:2008 Ontwerp en toepassing van gipsblokken.
- B99 NBN EN 15804+A1:2014 Duurzaamheid van bouwwerken. Milieuverklaringen van producten. Basisregels voor de productgroep bouwproducten.
- B100 NBN EN 15978:2012 Duurzaamheid van constructies. Beoordeling van milieuprestaties van gebouwen. Rekenmethode.
- B101 NBN EN ISO 717-1:2013 Akoestiek Eengetal-aanduiding voor de geluidisolatie in gebouwen en van bouwelementen. Deel 1: luchtgeluidisolatie (ISO 717-1:2013).
- B102 NBN EN ISO 6946:2017 Building components and building elements. Thermal resistance and thermal transmittance. Calculation methods (ISO 6946:2017).
- B103 NBN EN ISO 10077-1:2017 Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Part 1: general (ISO 10077-1:2017).
- B104 NBN EN ISO 10140-2:2010 Geluidsleer. Laboratoriummeting van geluidisolatie van bouwelementen. Deel 2: meting van luchtgeluidsisolatie (ISO 10140-2:2010).
- B105 NBN EN ISO 12572:2016 Hygrothermal performance of building materials and products. Determination of water vapour transmission properties. Cup method (ISO 12572:2016).
- B106 NBN EN ISO 13370:2017 Thermal performance of buildings. Heat transfer via the ground. Calculation methods (ISO 13370:2017).
- B107 NBN EN ISO 16283-1:2014 Akoestiek. Praktijkmeting van geluidisolatie in gebouwen en van bouwelementen. Deel 1: luchtgeluidisolatie (ISO 16283-1:2014).
- B108 NBN EN ISO 16283-3:2016 Acoustics. Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 3: façade sound insulation (ISO 16283-3:2016).
- B109 NBN ISO 7892:1992 Vertikale bouwdeelen. Inslagbestandheidproeven. Inslaglichamen en algemene proefvoorwaarden.
- B110 NBN S 01-400:1977 Akoestiek. Criteria van de akoestische isolatie.
- B111 NBN S 01-400-1:2008 Akoestische criteria voor woongebouwen.
- B112 NBN S 01-400-2:2012 Akoestische criteria voor schoolgebouwen.
- B113 NBN S 01-401:1988 Akoestiek. Grenswaarden voor de geluidsniveaus om het gebrek aan comfort in gebouwen te vermijden.

Belgische Unie voor de Technische Goedkeuring in de Bouw – BUTgb, Brussel (www.butgb.be)

B114 Geïsoleerde spouwmuur met gevelmetselwerk. Informatieblad 2011/1.

D

De Bueger Ch. en de Barquin F.

D1 Uitbloeiingen op baksteenmetselwerk. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2.8, 2006.

Deyazada M., Vandoren B. en Degée H.

D2 Experimental investigation on the structural resistance of masonry walls including a thermal break layer. 10th International Masonry Conference, Milaan, 2018.

E

Elsen J., Lens N. en Gérard R.

- E1 Vorstschade bij metselmortel van baksteengevels. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Tijdschrift, nr. 3, 1993.

European Organisation for Technical Assessment – EOTA, Brussel (<https://www.eota.eu>)

- E2 Determination of impact resistance of panels and panel assemblies. Technical Report TR 001, February 2003.
- E3 Internal Partition Kits For Use As Non-Loadbearing Walls. Guideline For European Technical Approval, ETAG 003, December 1998 (Amended April 2012).
- E4 Metal injection anchors for use in masonry. European Assessment Document, EAD 330076-00-0604, July 2014.

Europese Unie (www.europa.eu)

- E5 Verordening (UE) nr. 305/2011 van het Europees Parlement en de Raad van 9 maart 2011 tot vaststelling van geharmoniseerde voorwaarden voor het verhandelen van bouwproducten en tot intrekking van Richtlijn 89/106/EEG van de Raad. Publicatieblad van de Europese Unie, L 88/5, 4 april 2011.

F

Federale Overheidsdienst Binnenlandse Zaken – Brussel (<https://ibz.be>)

- F1 Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de nieuwe gebouwen moeten voldoen. Belgisch Staatsblad van 26 april 1995 (+ erratum BS 19/3/1996) en zijn wijzigingen van 4/4/1996 (BS 20/4/1996), van 18/12/1996 (BS 31/12/1996), van 19/12/1997 (BS 30/12/1997), van 4/4/2003 (BS 5/5/2003), van 13/6/2007 (BS 18/7/2007) + erratum (BS 17/8/2007), van 18/9/2008 (BS 16/10/2008), van 1/3/2009 (BS 15/7/2009) + erratum (BS 4/2/2011) en van 12/7/2012 (BS 21/9/2012) + erratum (BS 10/1/2014) en van 7/12/2016 (BS 18/01/2017).

Federale Overheidsdienst Economie, KMO, Middenstand en Energie – Brussel (<http://economie.fgov.be/>)

- F2 STS 22 Metselwerk voor laagbouw. Eengemaakte technische specificaties, Delen 1 en 2, 2019.

G

Grégoire Y.

- G1 Bouwtoepassingen van materialen op basis van hennep. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4.4, 2016.
- G2 Compressive strength of masonry according to Eurocode 6. A contribution to the study of the influence of shape factors. 7th International Masonry Conference, Londen, 2006.

Grégoire Y. en de Barquin F.

- G3 Glued masonry for veneer walls. Bond strength brick-mortar (1/2 and 2/2). 13th IB²MAC, Eindhoven, juli 2004.

Grégoire Y. en de Bueger Ch.

- G4 Druksterkte van metselwerk volgens Eurocode 6 – vergelijkende proeven. 's-Hertogenbosch, Cement, volume 58, nr. 2, maart 2006.

Grégoire Y., Dirx I., Mertens S. en Korte S.

- G5 ETICS met harde bekledingen. Deel 1: systeemprestaties en materiaalkeuze. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4.9, 2015.
- G6 ETICS met harde bekledingen. Deel 2: Uitvoering. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4.15, 2015.

Grégoire Y., Tilmans A. en Wijnants J.

- G7 Technieken voor de energetische renovatie van muren. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 1.7, 2016.

J

Janssen A., Wastiels L. en Delem L.

- J1 Levenscyclusanalyse of LCA. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Infofiche, nr. 64, juni 2013.

K

Kiwa Nederland – Rijswijk (www.kiwa.nl)

- K1 BRL 1014 Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO®-productcertificaat voor gipsblokken. 31 januari 2017.

L

Loncour X., Tilmans A. en Mees C.

- L1 Energetische aspecten van bouwknopen. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 1.2, 2015.

Loncour X., Tilmans A., Steskens P., Roels S. en Vereecken E.

- L2 Isolatie langs de binnenzijde van bestaande muren: systemen en dimensionering. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2.4, 2013.

M

Martens D.

- M1 Thermal break with cellular glass units in load-bearing masonry walls. 9th International Masonry Conference, Guimaraes, 2014.

Martin Y., Eeckhout S., Lassoie L. et al.

- M2 Brandveiligheid van gevels van gebouwen met meerdere verdiepingen. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Monografie, nr. 23, 2018.

Mertens S., Smits A. en Grégoire Y.

- M3 Experimental parametric study on the performance of wall ties. 9th International Masonry Conference, Guimaraes, 2014.

Ministerie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (www.be.brussels)

- M4 Besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 21 december 2007 tot vaststelling van de eisen op het vlak van de energieprestatie en het binnenklimaat van gebouwen. Brussel, Belgisch Staatsblad, 5 februari 2008.

Mahieu E.

- M5 Objectieve beoordeling van kleurverschillen. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Infofiche, nr. 25, 2007.

N

National Concrete Masonry Association – NCMA, Herndon, Virginia (www.ncma.org)

N1 TEK 3-4C Bracing concrete masonry walls under construction (2014).

Nationaal Normalisatie-Instituut – NEN, Delft (<https://www.nen.nl>)

N2 NEN 7051:1981 Gipsblokken.

P

PROBETON, Brussel (<http://www.probeton.be>)

P1 PTV 21-001 Betonmetselstenen (gewone en lichte granulaten). Indeling en toepassingsvoorschriften. Prescriptions techniques / Technische Voorschriften, uitgave 3, 2016.

P2 PTV 21-002 Geautoclaveerde cellenbetonmetselstenen. Indeling en toepassingsvoorschriften. Prescriptions techniques / Technische Voorschriften, uitgave 3, 2016.

P3 PTV 21-003 Metselstenen van kalkzandsteen. Indeling en toepassingsvoorschriften. Prescriptions techniques / Technische Voorschriften, uitgave 3, 2016.142

S

Service public de Wallonie (www.wallonie.be)

S1 Document de référence pour les pertes par transmission. Annexe VII de l'arrêté du Gouvernement wallon du 10 mai 2012 modifiant, en ce qui concerne la performance énergétique des bâtiments, le Code wallon de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, du Patrimoine et de l'Énergie. Brussel, Belgisch Staatsblad, 22 juni 2012.

Smits A., Dirx I. en Grégoire Y.

S2 Research concerning the durability assessment of lime masonry mortars. HMCo8, Historical Mortars Conference, Lissabon, 2008.

Smits A. en Grégoire Y.

S3 Vorstweerstand van baksteen: gebreken van de Europese methode. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 3.2, 2009.

Smits A., Grégoire Y., Tirlocq J., Lefort V. en André S.

S4 Frost resistance of clay masonry units; in-depth experimental study of the European Method. 8th International Masonry Conference, Dresden, 2010.

Smits A., Mertens S. en Grégoire Y.

S5 Frost resistance of clay masonry units: experimental parametric study of CEN/TS 772-22 and proposal for its optimization. xiv DBMC, Gent, 2017.

Steenhoudt P. en Dirx I.

S6 Uitbloeiingen op baksteenmetselwerk: oorsprong en behandeling. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 6.5, 2019.

T

-
- T1 Toelichtingsdocument volgens het 'Ontwerp tot wijziging van Bijlage IV/V van het EPB-besluit'. Opgesteld op vraag van het Vlaams, Waals en Brussels Hoofdstedelijk Gewest, 31 december 2009.

V

Vlaamse overheid (www.vlaanderen.be)

- V1 Transmissiereferentiedocument. Bijlage 3 bij besluit van 1 december 2010 houdende aanpassing van de regelgeving inzake het energiebeleid. Brussel, Belgisch Staatsblad, 8 december 2010.

W

Wastiels L.

- W1 Milieuboodschappen op bouwproducten. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2.3, 2015.

Wastiels L. en Delem L.

- W2 Bepalen van de milieuprestaties van gebouwen met de TOTEM-tool. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2.2, 2018.

Wastiels L. en Grégoire Y.

- W3 Milieu-impact van ETICS. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 3.9, 2012.

Wastiels L., Janssen A. en Grégoire Y.

- W4 Milieu-impact van steenstrips op buitenisolatie. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 3.10, 2015.

Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf – WTCB, Brussel (www.wtcb.be)

- W5 Milieu-impact van houtskeletbouw. WTCB-Dossiers, nr. 1.9, 2013.
- W6 TV 146 Verticale buitenbekledingen van dunne natuursteenplaten (gedeeltelijk vervangen door TV 228 voor wat de proefmethoden en vorstbestendigheidscriteria aangaat). Technische Voorlichting, nr. 146, april 1983.
- W7 TV 194 Handleiding voor de plaatsing van soepele wandbekledingen. Technische Voorlichting, nr. 194, december 1994.
- W8 TV 199 Binnenbepleisteringen. Deel 1. Technische Voorlichting, nr. 199, maart 1996.
- W9 TV 201 Binnenbepleisteringen. Deel 2: uitvoering. Technische Voorlichting, nr. 201, september 1996.
- W10 TV 208 Opvoegen van metselwerk. Technische Voorlichting, nr. 208, juni 1998.
- W11 TV 209 Buitenbepleisteringen (gedeeltelijk vervangen door de TV 257). Technische Voorlichting, nr. 209, september 1998.
- W12 TV 223 Draagvloeren in niet-industriële gebouwen. Technische Voorlichting, nr. 223, maart 2002.
- W13 TV 227 Muurbetegelingen. Technische Voorlichting, nr. 227, maart 2003.
- W14 TV 233 Lichte binnenwanden. Technische Voorlichting, nr. 233, december 2007.
- W15 TV 243 Gevelbekledingen uit hout en plaatmaterialen op basis van hout. Technische Voorlichting, nr. 243, november 2011.
- W16 TV 246 Na-isolatie van spouwmuuren door het opvullen van de luchtsponw. Technische Voorlichting, nr. 246, juni 2012.
- W17 TV 249 Leidraad voor de goede uitvoering van schilderwerken. Technische Voorlichting, nr. 249, december 2013.

- W18 TV 254 Brandveilig afdichten van doorvoeringen in brandwerende wanden. Voorschriften en plaatsing. Technische Voorlichting, nr. 254, februari 2015.
- W19 TV 255 Luchtdichtheid van gebouwen. Technische Voorlichting, nr. 255, november 2015.
- W20 TV 257 Bepalingen op buitenisolatie (ETICS) (vervangt gedeeltelijk de TV 209). Technische Voorlichting, nr. 257, augustus 2016.
- W21 TV 264 Referentiedetails voor spouwmuren. Technische Voorlichting, nr. 264, december 2017.

Wijnants J.

- W22 Scheurvorming in niet-dragende metselwanden. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Infofiche, nr. 60, 2012.

Wijnants J. en Parmentier B.

- W23 Toevallige inklemmingen bij de toepassing van welfsels. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 2.2, 2016.

Z

Zarmati G. en Parmentier B.

- Z1 De in aanmerking te nemen bouwplaatsgerelateerde belastingen. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 3.2, 2015.



Verantwoordelijke uitgever: Olivier Vandooren
WTCB, Lombardstraat 42
1000 Brussel

Vertaling: D. Van de Velde
Lay-out: A. Volant
Tekeningen: G. Depret
WTCB-foto's: M. Sohie et al.

Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Het WTCB vormt al meer dan 55 jaar hét wetenschappelijke en technische middelpunt van de bouwsector. Het Centrum wordt hoofdzakelijk gefinancierd met de bijdragen van 95.000 aangesloten Belgische bouwbedrijven. Dankzij deze heterogene ledengroep zijn bijna alle bouwberoepen vertegenwoordigd en kan het WTCB bijdragen tot de kwaliteits- en productverbetering.

Onderzoek en innovatie

Een industrietak zonder innovatie is als cement zonder water. Het WTCB heeft er daarom voor gekozen om zijn onderzoeksactiviteiten zo nauw mogelijk te laten aansluiten bij de noden van de sector. De Technische Comités die de WTCB-onderzoeken sturen, zijn samengesteld uit bouwprofessionelen (aannemers en experts) die dagelijks op het terrein staan.

Met de hulp van verschillende officiële instanties stimuleert het WTCB bedrijven om steeds verder te innoveren. De begeleiding die we aanbieden, is afgestemd op de actuele maatschappelijke uitdagingen en van toepassing op diverse domeinen.

Ontwikkeling, normalisatie, certificering en goedkeuring

Op vraag van overheden of privébedrijven werkt het WTCB ook mee aan diverse ontwikkelingsprojecten (contractresearch). Zo is het Centrum niet alleen nauw betrokken bij de activiteiten van de nationale (NBN), Europese (CEN) en internationale (ISO) normalisatie-instituten, maar ook bij instanties zoals de Belgische unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUTgb). Al deze projecten geven ons meer inzicht in de bouwsector, waardoor we sneller kunnen inspelen op de noden van de verschillende bouwberoepen.

Informatieverspreiding en steun aan bedrijven

Om de kennis en ervaring die op deze manier vergaard wordt op een efficiënte manier te delen met de bedrijven uit de sector, kiest het Centrum resoluut de weg van de informatica. Onze website is zo opgesteld dat elke bouwprofessioneel met slechts enkele muisklikken de gewenste WTCB-publicatiereeksen of bouwnormen terugvindt.

Goede informatieverspreiding kan echter niet enkel elektronisch. Een persoonlijk contact is vaak nog steeds de beste aanpak. Jaarlijks organiseert het Centrum ongeveer 750 informatiesessies en themadagen voor bouwprofessionelen. Ook de aanvragen voor onze afdeling Technisch Advies blijven binnenstromen, met meer dan 18.000 verstrekte adviezen per jaar.

MAATSCHAPPELIJKE ZETEL

Lombardstraat 42, B-1000 Brussel
Tel. 02/502 66 90
Fax 02/502 81 80
E-mail: info@bbri.be
Website: www.wtcb.be

KANTOREN

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe
Tel. 02/716 42 11
Fax 02/725 32 12

- Technisch advies – Publicaties
- Beheer – Kwaliteit – Informatietechnieken
- Ontwikkeling – Valorisatie
- Technische goedkeuringen – Normalisatie

PROEFSTATION

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette
Tel. 02/655 77 11
Fax 02/653 07 29

- Onderzoek en innovatie
- Vorming
- Bibliotheek

BRUSSELS GREENBIZZ

Diedonn   Lef  vrestraat 17, B-1020 Brussel
Tel. 02/233 81 00