



monumentenwacht
Vlaanderen vzw

ONDERHOUD EN HERSTEL VAN VOEGEN IN HISTORISCH METSELWERK

1. INLEIDING	5
2. MATERIAAL EN CONSTRUCTIE	6
(Voeg)mortel als onderdeel van het metselwerk	6
Functie van een voegmortel	6
Evolutie van het voegtype	7
Samenstelling van de voegmortel	10
3. OORZAKEN EN VORMEN VAN SCHADE	21
Mechanische schade	21
Vuil en chemische schade	22
Schade door water en (een hoge relatieve) vochtigheid	22
Biologische schade	25
Schade door een verkeerde temperatuur	25
Schade door vandalisme en diefstal	27
Brandschade	27
Verlies van informatie / uitvoeringsfouten	27
4. ONDERHOUD DOOR DE BEHEERDER	29
Regelmatige monitoring en controle	29
Schade voorkomen	29
Reinigen?	34
Oppervlaktebescherming?	34
5. VOEGWERK HERSTELLEN	36
Lokaal of globaal herstel	36
De keuze van de mortel	36
Uitvoeringstechnieken	42
Omstandigheden tijdens het herstellen van voegen	45
6. BESLUIT	47
BEKNOPTE BIBLIOGRAFIE	48
COLOFON	50



Metselwerk is opgebouwd uit stenen – bakstenen, natuurstenen, betonstenen of zelfs glas –, een legmortel en meestal ook een voegmortel. De stenen vormen het skelet van het metselwerk en geven het zijn sterkte. De legmortel dient om de stenen aan elkaar te ‘lijmen’ en te verbinden, zodat een monoliet geheel ontstaat. De voeg is het zichtbare gedeelte tussen de stenen, dat zorgt voor de afwerking. Oorspronkelijk was er geen sprake van een aparte voegmortel, maar werd tijdens het vol en zat metselen de uitpuilende legmortel glad gestreken. De legmortel liep door in de voegen. Pas later werd er nagevoegd met een voegmortel, doorgaans van een andere samenstelling.

De voegmortel beschermt de legmortel en geeft het metselwerk zijn definitieve uitzicht. Wanneer het voegwerk intact blijft, correct onderhouden en

zo nodig vervangen wordt door een goed alternatief, kan het metselwerk eeuwen meegaan. Voegen kunnen echter verweren, barsten en samenhang verliezen, vaak door te veel water, zettingen of foutief herstel. Daardoor kan het aanpalende metselwerk aftakelen. Het is daarom noodzakelijk om bij zowel onderhoud als herstel een juiste analyse te maken van de schadeoorzaken en aangepaste maatregelen te treffen.

Deze brochure behandelt het onderhoud en het herstel van voegen in historisch metselwerk. Onder ‘voegen’ verstaan we het vullen of heropvullen van de buitennaden in steen- en/of baksteenmetselwerk wanneer een legmortel opzettelijk dieper ligt of weggenomen werd van de oppervlakte, of wanneer de originele legmortel verweerd is.

2 MATERIAAL EN CONSTRUCTIE

1. (VOEG)MORTEL ALS ONDERDEEL VAN HET METSELWERK

Een mortel bestaat uit bindmiddel, aggregaat en water, eventueel aangevuld met toeslagstoffen. Een verse mortel – ook mortelspecie genoemd – is plastisch en hardt uit nadat hij in metsel- of voegwerk werd verwerkt. Het bindmiddel zorgt voor de uitharding en de hechting aan de metselstenen. In oude gebouwen treffen we vooral mortels aan met kalk als bindmiddel, maar tegenwoordig is dat meestal cement. De aggregaten voor een mortel bestaan in Vlaanderen doorgaans uit zand. Zij vormen een geraamte dat de mortel sterkte geeft, dat de krimp van het bindmiddel beperkt en dat een structuur vormt waarin water en koolstofdioxide goed kunnen doordringen, zodat de bindingsreactie ook diep in het metselwerk kan plaatsvinden.

Het bindmiddel, de aggregaten en de toeslagstoffen, maar ook de mengverhouding van al deze bestanddelen, bepalen de eigenschappen van de mortel zowel bij de verwerking en de uitharding als na de verharding. Door te 'spelen' met bindmiddelen, productiemethodes, aggregaten en hun onderlinge hoeveelheden, kunnen mortels afgestemd worden op zeer specifieke situaties. Maar de mortel moet ook samenwerken met de metselstenen: de eigenschappen van de stenen en hun interactie met zowel leg- als voegmortel zijn essentieel voor een gezond, stabiel metselwerk.

We onderscheiden horizontale voegen of lintvoegen, en verticale voegen of stootvoegen.

2. FUNCTIE VAN EEN VOEGMORTEL

Voegwerk heeft een beschermende functie en bepaalt mee de vochtbehouding in het metselwerk door zijn bouwfysische eigenschappen. De gevelstenen nemen immers constant vocht op en verdampen het weer, afhankelijk van de vochtigheidsgraad van de omgeving. Een voeg moet indringend water in de gevel beperken en moet vocht van binnenuit laten verdampen, zodat de gevel voldoende kan opdrogen. Voegen zijn 'zelfopoffend': zij vangen in eerste instantie de schade op, zodat de metselstenen langer intact blijven. Voegmortel is immers eenvoudiger te vervangen dan bakstenen of natuurstenen.

Het vochttransport in de muur is afhankelijk van de wisselwerking tussen de voeg, de legmortel en de steen. De capillaire werking van de materialen speelt hierbij een bepalende rol. Dat is het vermogen van poriën om met eigen zuigkracht water op te nemen. De grootte van de poriën bepaalt hoe sterk en hoe snel de stenen water opzuigen. De manier waarop de poriën met elkaar verbonden zijn, bepaalt hoe vlot ze vloeistof of damp doorlaten. Materialen met fijnere poriën zuigen sterker waardoor het water dieper in de steen trekt, maar laten het water minder snel door; daarom drogen ze ook langzamer. Natuursteen heeft doorgaans

een complexe poriënstructuur als gevolg van variaties in hun ontstaansgeschiedenis. Ze kunnen uiterst fijne nanoporiën bezitten, naast microporiën en grote openingen, vaak heterogeen verdeeld over het volume. De poriën in baksteen zijn vrij uniform, eigen aan de krimp van het keramische materiaal tijdens het bakproces. Ze zijn relatief groot (groter dan $1\mu\text{m}$ of micron, 1 miljoenste van een meter) en goed met elkaar verbonden. Dit maakt dat bakstenen water snel opzuigen en relatief goed doorlaten, zowel naar binnen als naar buiten. Door de uniforme poriënstructuur is de interactie tussen bakstenen en een bepaald soort mortel relatief gemakkelijk te voorspellen.

Voegwerk heeft ook een esthetische functie: de kleur en de vorm geven de gevel visuele samenhang en bepalen in grote mate zijn uitzicht. De ontwikkeling van de voegtypes loopt parallel met het architecturale modebeeld.

3. EVOLUTIE VAN HET VOEGTYPE

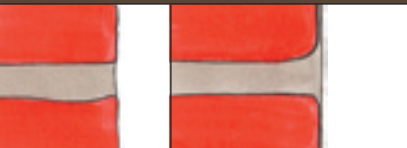


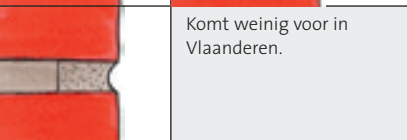










Er bestaan platvolle, achteruitliggende en uitpuilende voegtypes, waarbij de voorkant van de voeg respectievelijk gelijk met, achter of voor het gevelvlak ligt.

Metselwerk uit natuursteen of baksteen is een eeuwenoud verschijnsel. Al in het neolithicum werd gebouwd met ongebakken, gedroogde klei-steen en natte, plastische klei als mortel. De Romeinen waren meesters in het bakken van steen en in het metselen. Vitruvius schreef in de 1^{ste} eeuw v.C. in zijn *De architectura* al



over baksteen (hoofdstuk III) en over kalk voor morteltoepassingen (hoofdstuk V). Na de splitsing en de val van het Romeinse Rijk in de 4^{de} en 5^{de} eeuw n.C. ging deze kennis verloren, maar in Lombardije (Italië) was de techniek in de 8^{ste} en de 9^{de} eeuw alweer bekend. Via Zuid-Duitsland verspreidde ze zich tot bij ons in het midden van de 12^{de} eeuw.

Vanaf de middeleeuwen werd gemetseld met een doorgestroken metsel- of legmortel. De stenen werden vol en zat gemetseld: de uitpuilende kalkspecie werd gladgestreken over de platte

VOEGTYPES			
Doorgestreeken voeg	De legmortel wordt doorgetrokken tot aan de rand. De overtollige mortel wordt weggenomen of over het metselwerk uitgestreken. Er wordt niet nagevoegd met een voegmortel.		
Platvolle voeg	De voegmortel wordt glad afgestreeken.		
Voeg met dagstreep	Bij onregelmatige of brede voegen werd een dagstreep getrokken om het metselwerk regelmatig te laten lijken.		
Holle voeg	De voegen werden gladgestreken met een bolle voegspijker.		Komt weinig voor in Vlaanderen.
Bolle voeg	Een holle voegspijker zorgt voor een bolle voeg.		
Verdiepte voeg	De legmortel wordt na het metselen diep uitgekraabd en al dan niet nagevoegd.		
Schaduwvoeg	De voegmortel wordt in delintvoegen schuin afgestreeken. Het water kan zo vlot aflopen en het horizontale karakter wordt benadrukt.		
Geknipte voeg	De uitpuilende voeg wordt boven- en onderaan schuin of recht afsneden. De voeg wordt benadrukt.		
Gesneden voeg	Vergelijkbaar met de knipvoeg, maar dan gelegen in het gevelvlak.		

kant van de (bak)steen of de uitpuilende kalkmetselmortel werd over het hele oppervlak uitgesmeerd zodat het metselwerk min of meer geëgaliseerd werd. De legmortel vulde zo ook de voeg, zodat er niet nagevoegd hoefde te worden met een voegmortel.

In de latere middeleeuwen waren er twee soorten voegen bekend: de platvolle voeg en de voeg met dagstreep. Bij de platvolle voeg werd de uitpuilende kalkspecie of legmortel eerst afgestreeken met een troffel en nadien gladgestreken met een voegijzer, zodat hij plat en vol werd. De dagstreep werd toegepast om het metselwerk regelmatig te doen lijken. Wanneer een voeg onregelmatig en breed was, werd in het midden, in de lengte, een lijnstreek gemaakt van 1 tot 2 mm diep. Hiervoor werd een voegspijker gebruikt, de 'dagge' of het 'dagijzer'. De lijnen liepen door de stoot- en lintvoegen en konden als een spoor gebruikt worden bij het schilderen van de voegen. Van de voeg met dagstreep zijn voorbeelden bekend uit de 13^{de} tot de 19^{de} eeuw.

Naast het vol en zat voegen werd waarschijnlijk pas vanaf het einde van de 17^{de} eeuw en vooral in de 18^{de} eeuw 'echt' nagevoegd met een voegmortel. Daartoe werd de metselmortel (of legmortel) over enige diepte tussen de stenen uitgehaald en werd de voeg afgewerkt, vaak met een mortel van een andere samenstelling. Deze werkwijze had een grote invloed op het uitzicht van de gevels. Het navoegen werd pas algemeen halfweg de 19^{de} eeuw, na de introductie van portlandcement.

Om een zo strak mogelijk gevelvlak te verkrijgen werden de voegen vanaf de 18^{de} eeuw geknipt, gesneden en zelfs gekleurd in de kleur van de steen. De knipvoeg stak wat uit ten opzichte van de metselstenen en was schuin afgewerkt; de gesneden voeg lag ongeveer in hetzelfde vlak en was recht afgewerkt.



Door de streep in het voegwerk lijkt het metselwerk regelmatig. De mortel buiten de streep werd bijgekleurd in de kleur van de baksteen.

In de 20^{ste} eeuw kwamen nog andere voegtypen in gebruik, zoals de schaduwvoeg en de verdiepte voeg. Schaduwvoegen – ook dieperliggende voegen geïntroduceerd tijdens het interbellum – zijn minder aan de regen blootgesteld dan platvolle voegen. Bij veel gebouwen verkeren ze daarom nog in goede staat. Door hun schuine kanten voeren ze het regenwater beter of dan verdiepte voegen, en accentueren ze het horizontale karakter van het bakstenen parement, zeker wanneer de lintvoegen als schaduwvoeg werden uitgewerkt en de stootvoegen platvol werden opgevoegd.

Niet alleen de vorm van de voeg maar ook de kleur evolueerde. Aan het einde van de 19^{de} eeuw werd, onder invloed

van de Jugendstil, het voegwerk vaak in dezelfde kleur uitgevoerd als de steen van het metselwerk, om een homogener uitzicht te verkrijgen.

Tegenwoordig wordt bij nieuwbouw haast uitsluitend platvol gevoegd, de eenvoudigste en minst arbeidsintensieve manier. Al verscheidene jaren worden opnieuw pigmenten in de voegmortel verwerkt.



De verdiepte lintvoegen accentueren het horizontale karakter van de gevel. De stootvoegen werden platvol gevoegd in de (oorspronkelijke) baksteenkleur.

4. SAMENSTELLING VAN DE VOEGMORTEL

4.1. BINDMIDDELEN

In de leg- en voegmortels van veel (vooral ouder) historisch metselwerk was vooral kalk het bindmiddel. Dat kan in verschillende vormen voorkomen: luchthardende kalk die – zoals de naam het zelf verraad – verhardt onder invloed van lucht, en daarnaast natuurlijke hydraulische kalk en puzzolaankalk, een mengsel van luchthardende kalk met latente hydraulische stoffen zoals puzzolanen, gemalen baksteen, tras ... In de 19^{de} eeuw kwam daar cement bij, ook een hydraulisch bindmiddel. Mortels op basis van hydraulische bindmiddelen verhardten door een chemische reactie van het bindmiddel met het water in de mortel.

Kalkmortels en cementmortels hebben verschillende eigenschappen, die hen geschikt maken voor specifieke situaties. Een cementmortel hardt snel uit en is veel sterker, weinig poreus en tamelijk ondoorlatend. Kalkmortels nemen veel meer vocht op en geven het ook gemakkelijker weer af. Ze ontlasten de stenen in zekere zin, omdat het vocht in het metselwerk vooral via de voegen naar het buitenoppervlak loopt en daar verdampt.

Een cementrijke mortel kan nefast zijn in gebouwen die oorspronkelijk gebouwd en onderhouden werden met kalkmortels, vooral als het oorspronkelijke materiaal poreus en niet erg sterk is. In natuursteenmetselwerk, met stenen die vaak heel wat harder en minder poreus zijn dan tra-



ditionele bakstenen, is zachte, poreuze mortel niet op zijn plaats.

In een meer genuanceerde visie is er geen tweespalt tussen cement en kalk, maar een spectrum van soortgelijke materialen, met aan het ene uiterste zuivere luchthardende kalk en aan het andere uiterste portlandcement. Daartussenin ligt een divers veld van materialen zoals natuurlijke hydraulische kalk en 'Romeins cement' die op een vergelijkbare manier tot stand komen, met verschillen in baktemperatuur (veel hoger voor cement) en in gehalte aan onzuiverheden in de kalksteen (hoger voor cement). Naast kalk en cement kwamen vroeger ook klei, bitumen en gips voor als bindmiddel voor mortels, die zich echter heel anders gedragen.

Kalk

Kalk wordt onderverdeeld in luchthardende kalk en hydraulische kalk. Luchthardende kalk hardt langzaam uit door een reactie met koolstof-dioxide (CO₂) uit de lucht (carbonatie). Hydraulische kalk bevat kleiachtige elementen die de uitharding in contact met water bevorderen. Hiervoor is dus

geen lucht vereist, de mortel kan zelfs onder water uitharden. De huidige norm deelt de mortels in volgens sterkteklassen die na een beperkte tijd bereikt worden (maximum 28 dagen). Een kalkmortel heeft echter meer tijd nodig om zijn maximale druksterkte te verkrijgen, waardoor zuivere kalkmortels niet aan de huidige eisen voldoen. De uiteindelijke sterkte van luchtkalk blijft echter laag in vergelijking met andere of gemengde bindmiddelen. Daarom worden zuivere luchtkalkmortels niet gebruikt voor buitentoepassingen in ons klimaat.

Kalk met hydraulische eigenschappen hardt deels uit onder invloed van water, en deels door reactie met zuurstof uit de lucht. De kalk kan sterker of zwakker hydraulisch zijn, (hoofdzakelijk) afhankelijk van de hoeveelheid kleimineralen in de grondstoffen. Naarmate de kalk meer hydraulisch (meer klei in de grondstoffen) is, zullen de eigenschappen van de kalkmortel dichter aanleunen bij die van een cementgebonden mortel. De binding van een hydraulische kalk verloopt veel sneller dan die van luchtkalk, maar trager dan die van cement.

Norm voor bouwkalk

In de tweede versie van de Belgisch-Europese norm voor bouwkalk (de NBN EN 459 uit 2010) wordt kalk voor toepassingen in de bouw als volgt gedefinieerd: *Calciumoxide of calciumhydroxide en calcium-magnesiumoxide of calcium-magnesiumhydroxide wordt geproduceerd door het branden (calcination) van in de natuur voorkomend calciumcarbonaat (bijvoorbeeld kalksteen, krijt, schelpen) of in de natuur voorkomend calcium-magnesiumcarbonaat (bijvoorbeeld dolomitische kalksteen, dolomiet).*

Bouwkalk wordt verder onderverdeeld in verschillende klassen. Naast de letters die hun voorkomen aanduiden en naar de samenstelling verwijzen, geeft een cijfer de minimale eisen weer die in de norm voor bouwkalk opgelegd worden.

- **Luchthardende kalk** (hardt langzaam uit door reactie met de lucht)
 - **Luchtkalk** (in de norm aangeduid als CL, *calcitic lime*) wordt gewonnen door kalkgesteente (kalkrotsen, krijt of marmer) of schelpen te branden. Hij bestaat hoofdzakelijk uit calciumoxide (CaO) of calciumhydroxide (Ca(OH)₂), zonder hydraulische of puzzolane toeslagstoffen. Luchtkalk komt voor als:
 - ongebluste kalk (Q - *quicklime*);
 - gebluste kalk of kalkhydraat in de vorm van droog poeder (S - *slaked lime*), pasta (S PL - *lime putty*) of kalkmelk (S ML - *slurry of milk of lime*). Droogpoeder of

pasta wordt veel gebruikt voor de bereiding van kalkmetzel- of -voegmortel; kalkmelk is geschikt voor de bereiding van kalkverven.

- **Dolomitische kalk** (in de norm aangeduid als DL, *dolomitic lime*) is een luchthardende kalk, hoofdzakelijk samengesteld uit calciummagnesiumoxide of calciummagnesiumhydroxide zonder hydraulische of puzzolane toeslagstoffen. Hij komt voor als:
 - ongebluste kalk Q,
 - hydraatkalk S en semi-hydraatkalk S1.

- **Kalk met hydraulische eigenschappen** hardt uit onder invloed van water en komt voor als:

- **Natuurlijke hydraulische kalk** (NHL - *Natural hydraulic lime*). NHL heeft hydraulische eigenschappen doordat hij gebrand is van kalksteen waarin in mindere of meerdere mate kleimineralen aanwezig zijn.
- **Hydraulische kalk** (HL). (Kunstmatige) hydraulische kalk is een mengeling van luchtkalk en andere stoffen zoals cement, gemalen hoogovenslakken, vliegassen, gemalen kalksteen ...
- **Geformuleerde kalk** (FL). Geformuleerde kalk wordt verkregen door luchtkalk en/of hydraulische kalk te verrijken met hydraulische of puzzolane stoffen. De aanwezigheid van cement of cementklinkers (>5%) moet hier aangegeven worden. Bij hydraulische kalk (HL) is het cementaandeel niet altijd duidelijk.

Kalk blussen

Luchtkalk gewonnen uit kalksteen werd vroeger vaak ongeblust naar de werf vervoerd en daar meestal nat geblust. Het rotten van kalk, ook wel putten of inkuilen genoemd, is een vorm van nat blussen. Hierbij wordt de gebrande kalk(steen) lange tijd onder water gezet waardoor een reactie plaatsvindt en er een homogeen, fijn kalkdeeg ontstaat. De deeltjes worden langzaam fijner, zodat de pasta meer water vasthoudt en zich plastischer gedraagt. Bij droog blussen wordt net voldoende water toegevoegd om de reactie (het blussen) te laten plaatsvinden en ontstaat een droog poeder. Vandaag wordt kalk geblust in een afgesloten mengmachine en niet meer op de werf. Omdat hydraulische kalk uithardt onder invloed van water moet ongebluste hydraulische kalk droog geblust worden.

Cement

Vandaag wordt cement beschouwd als een hydraulisch bindmiddel dat eveneens gewonnen wordt uit kalksteen, maar dan kleirijke kalksteen of een mengsel van kalksteen en klei die gecontroleerd gebrand worden op hoge temperatuur (1250°C tot 1600°C). Door de hoge temperaturen ontstaan nieuwe verbindingen. De gevormde klinkers moeten vermalen worden tot cement om te reageren met water en te zorgen voor de bindingen in de mortel. Er bestaan verschillende soorten cement. Portlandcement wordt verkregen door onder meer een kleine



hoeveelheid gips toe te voegen aan de gemalen klinker. Een uitgeharde portlandcementmortel zou even hard zijn als portlandsteen. Portlandcement werd gepatenteerd in 1824, maar de samenstelling is sindsdien geëvolueerd. Cement is afgeleid van de Romeinse benaming 'caementum', gehouwen steen of puin onder meer uit de omgeving van Puzzuoli, met hoge hydraulische eigenschappen en ontdekt omstreeks 150 v.C. De naam 'sement' werd vóór 1824 ook al in de Nederlanden gebruikt voor traskalkmortels als 'Romeins cement', 'Amsterdams of rood cement'.

Gemengde bindmiddelen - bastaardmortel

Puzzolaankalk en traskalk

De eigenschappen van een puzzolaankalk worden bepaald door de hoeveelheid toegevoegde puzzolanen. Puzzolanen zijn zeer fijne (gemalen) materialen, vaak van vulkanische oorsprong. De verzamelnaam verwijst naar het 'vulkanisch as' uit de omgeving van Puzzuoli aan de golf van Napels, ontdekt in de tijd van Vitruvius (omstreeks 150 v.C.). Tras, fijngemalen

tufsteen veelal afkomstig uit de Duitse Vulkaan-Eifel, werd in onze streken het meest gebruikt om de hydraulische eigenschappen van een kalkmortel te verbeteren. Puzzolanen – waaronder tras – hebben wel kalk en water nodig om te fungeren als bindmiddel.

Tras in een mortel werd gebruikt in combinatie met hardere stenen en werd (als metselmortel) aangeraden voor waterwerken, het ondergronds metselwerk en de onderkant van de muur als middel tegen optrekkend vocht. Tras geeft de mortel een hoge elasticiteit, waardoor die langzaam afbindt en ongelijke spanningen beter opvangt.



Andere, niet natuurlijke puzzolane toe-slagstoffen zijn fijngemalen baksteen-poeder of vliegassen. Ze versterken het hydraulische karakter van de bindmid-delen en versnellen de uitharding.

Kalk-cement

Vaak worden meerdere bindmiddelen gebruikt voor een mortel. Een mengel-ing van kalk en cement – in verschil-lende verhoudingen – wordt een basaardmortel genoemd. De eigenschap-pen van de nieuw samengestelde mortel komen niet meer overeen met die van een zuivere kalkmortel of een cementmortel, maar liggen ertussenin.

Wanneer kalk toegevoegd wordt aan een mortel, neemt zijn watervasthou-dend vermogen toe, waardoor hij beter verwerkbaar is (pure cement-mortel ontmengt gemakkelijk). Een verse bastaardmortelspecie heeft een lagere elasticiteitsmodulus en krimpt minder dan een cementmortel. De mortel verhardt trager en vertoont daarom een kleinere verhardings-krimp. Anderzijds nemen de sterkte en de hardheid van de mortel af naar-mate meer kalk wordt toegevoegd. Hij is brosser zolang de verharding (car-bonatie) niet voltooid is. De pure kalk-mortel is erg vorstgevoelig omdat de carbonatie lang duurt. Door het cement in de bastaardmortel heeft hij al snel voldoende sterkte om weer-stand te bieden aan vorst. Evenredig met de kalk stijgt ook zijn zelfherstel-lend vermogen, doordat kalk oplost en herkristalliseert in de microscheur-tjes. Maar hoe meer kalk in het meng-sel, hoe minder de mortel hecht aan de omliggende materialen.

EIGENSCHAPPEN VAN VERSCHILLENDE MORTELSOORTEN					
	Luchtkalk-mortel	Hydraulische kalkmortel	Puzzolaan-kalkmortel	Bastaard-mortel	Cement-mortel
Opmerking			hoe meer puzzolane stoffen, hoe dichter de eigenschappen aanleunen tegen cement-mortel	de eigen-schappen zijn sterk afhan-kelijk van de verhouding kalk/cement	
Hechting	3				6
Sterkte (druk, buig, trek)	2				6
Vervormbaarheid, elasticiteit	6				1
Weerstand tegen regendoorslag	3				6
Vochtbestendigheid	2				6
Dampopenheid	5				3
Thermische uitzetting	1				2
Uithardingsnelheid	1				6

LEGENDE: 1 = laag, 6 = hoog.

Naar tabel van J. Hughes; RILEM TC203-RHM. (2010). *The Role of Mortar in Masonry: an Introduction to Requirements for the Design of Repair Mortars*. In J. Valek, C. J. W. P. Groot, & J. J. Hughes (Eds.), *Historic Mortars and RILEM TC 203-RHM Final Workshop HMC2010. Proceedings of the 2nd Conference and of the Final Workshop of RILEM TC 203-RHM* (pp. 1323-1329). Bagnaux: RILEM.

OVERZICHT VERSCHILLENDE MORTELSOORTEN					
	Luchtkalkmortel	Hydraulische kalkmortel	Puzzolaankalkmortel	Bastaadmortel	Cementmortel
Bindmiddel	luchtkalk (gebrand (T tussen 900 en 1100°C) van kalkhoudend gesteente of schelpen)/=kalkhydraat	natuurlijke hydraulische kalk, gebrand van kleihoudende (8 tot 12% klei) kalksteen	luchthardende kalk, verrijkt met puzzolane (of hydrau-lische) stoffen zoals tras, fijn gemalen baksteen, vliegas ...	kalk + portlandcement in verschillende mogelijke verhoudingen	(portland)cement: zeer fijn gemalen gesinterde (gebrand op T >1250 °C) kleiachtige bestanddelen en kalk
Aanduiding volgens norm	CL / DL	NHL			CEM (+ extra aanduiding)
Engelse benaming	non hydraulic lime	natural hydraulic lime			cement
Reactief product	calciumoxide (CaO) of calciumhydroxide (Ca(OH) ₂)	calciumsilicaat (2CaO-SiO ₂)			tricalciumsilicaat (3CaO-SiO ₂)
Verhardt onder invloed van	CO ₂ uit de lucht	water en CO ₂ uit de lucht	water en CO ₂ uit de lucht	water en CO ₂ uit de lucht	water en CO ₂ uit de lucht
Kleur	hoofdzakelijk bepaald door kleur zand	hoofdzakelijk bepaald door kleur zand	hoofdzakelijk bepaald door kleur zand en puzzolaan	hoofdzakelijk bepaald door kleur zand en cement	bepaald door kleur cement (grijs portland)
Voorkomen in Vlaanderen	vanaf ME (1200) t.e.m. 19 ^{de} eeuw; in mindere maten tot nu / schelpkalk: tot WO I, daarna in zeer beperkte mate	vanaf ME t.e.m. 19 ^{de} eeuw; in mindere mate tot nu (opm.: vanaf einde 18 ^{de} eeuw gaat men bewust om met de hydraulische eigenschappen van dit type kalk)	vanaf ME t.e.m. 19 ^{de} eeuw; 20 ^{ste} eeuw tot nu: in mindere mate (opm.: vanaf einde 18 ^{de} eeuw gaat men bewust op zoek naar andere puzzolane stoffen dan tras om de hydrauliciteit te verbeteren)	vanaf midden 19 ^{de} eeuw tot vandaag	vanaf midden 19 ^{de} eeuw tot vandaag
Geschikt voor	massief metselwerk (dat langzaam opgetrokken wordt); luchtkalkmortel wordt ook gebruikt voor binnenwerk in dunne lagen (bv. pleister) of zeer dunne kalklaag buiten (kaleilaag)	ook onder water	ook onder water	verschillende soorten metselwerk afhankelijk van de verhouding kalk/cement	mechanisch zwaar belast metselwerk (dat snel opgetrokken moet worden)
In combinatie met	poreuze, zachte baksteen / gedroogd en gebakken in veldoven op lage temperatuur	poreuze, zachte baksteen / gedroogd en gebakken in veldoven op lage temperatuur	wat hardere stenen (in functie van funderingsmetselwerk en onderste metsellagen)	kan gebruikt worden met veel materialen, afhankelijk van de verhouding kalk/cement	harde, minder poreuze stenen, snel gebakken op hogere tempe-ratuur machinaal vervaardigd vanaf 2 ^{de} helft 19 ^{de} eeuw
Opmerkingen	de gebrande kalk werd meestal op het terrein geblust / = vette kalk (maar in de praktijk wordt 'vette kalk' ook gebruikt voor zeer fijne kalk)	hoeveelheid klei bepaalt hydrauliciteit	toevoegen van puzzolaan beïnvloedt de hydrauliciteit (bv. funderingen onder water 18 ^{de} eeuw: verhouding 1 deel kalk, 1 deel tras, geen zand)		

4.2. AGGREGATEN

Zand is het meest gebruikte aggregaat voor een mortel. Vandaag komen daarvoor gewassen rivierzand, duinzand en grovezand in aanmerking met een korrelgrootte van doorgaans minder dan 1mm. Het zand voor een voegmortel is fijner dan voor een metselmortel, met als uitgangspunt dat de grootste korrel niet groter mag zijn dan 1/3 van de breedte van de voeg. Het zand in de mortel vormt het geraamte. Zowel het type zand als de korrelverdeling bepaalt mee de eigenschappen (sterkte, hardheid en porositeit), de kleur, de textuur en de verwerkbaarheid van de mortel. De huidige normvoorschriften laten grof tot middelgrof zand toe voor de voegmortel. Vroeger werd het zand uit de onmiddellijke omgeving gehaald. Dat was niet altijd zo zuiver en inert als het huidige zand, waardoor naast de eigenschappen ook de kleur en textuur zeer streekgebonden waren. De kleur van het zand bepaalt immers in grote mate de kleur van de kalkmortel.

4.3. TOESLAGSTOFFEN

Naast bindmiddel, aggregaten en water worden soms nog andere stoffen aan de mortel toegevoegd die zijn eigenschappen beïnvloeden. Zelfs kleine hoeveelheden kunnen het gedrag van een mortel sterk veranderen, vooral in verse maar ook in uitgeharde toestand. Caseïne, olie of detergent zijn niet-industriële toeslagstoffen. Uit de bouwchemie komen daar vandaag nog luchtbelvormers, waterwerende producten, plastificeerders, hechtingsverbeteraars ... bij. Meestal is de precieze samenstelling van deze producten

bedrijfsgeheim en weet de gebruiker wel min of meer wat het effect kan zijn, maar kan hij de neveneffecten moeilijk inschatten. Luchtbelvormers bijvoorbeeld verbeteren de vorstweerstand van beton en mortel, en enigszins ook de verwerkbaarheid, maar doen afbreuk aan de sterkte en aan het absorberende en vooral hechtende vermogen. Plastificeermiddelen kunnen de eigenschappen van een verse mortel spectaculair verbeteren, maar leiden mogelijk ook tot verminderde waterabsorptie. Ook hechtingsverbeteraars hebben meestal een waterwerend effect. Een grondige studie kan de risico's bij het gebruik van toeslagstoffen beperken. Het is aan te raden om, naast de producent of leverancier, ook een onafhankelijke adviseur te raadplegen.

Ook kleurstoffen kunnen de prestaties van de mortel nadelig beïnvloeden. Dat kan echter beperkt worden door te werken met zuiver minerale pigmenten in kleine hoeveelheden, bijvoorbeeld maximum 5% van het gewicht van het bindmiddel. Vroeger werd de kleur vooral bepaald door het bindmiddel in combinatie met het type zand. Ook vandaag nog wordt zand gekozen in functie van de kleur van de mortel.

4.4. MENGVERHOUDING

BINDMIDDEL/ AGGREGAAT

Naast de soorten bindmiddelen en aggregaten is de mengverhouding erg bepalend voor de verwerkbaarheid en de eigenschappen van de mortel. De meest voorkomende mengverhoudingen liggen tussen 1 deel kalk per 2 delen zand (1:2) tot 1 deel kalk per



3 delen zand (1:3). Door de band genomen wordt de mortel vettiger naarmate er meer kalk toegevoegd wordt. De korrelverdeling van het zand speelt ook een grote rol. Zeer magere (of schrale) mortels (met minder kalk in verhouding tot zand) bevatten veel open poriën tussen de zandkorrels en laten doorgaans vlot vocht- en zouttransport toe. Zeer kalkrijke mortels hebben echter ook een hoge porositeit, die eigen is aan het uitgeharde bindmiddel. Historische mortels hebben vaak veel hogere bindmiddelgehalten dan hedendaagse. Analyses van mortels uit Belgische gebouwen tonen vaak verhoudingen van 1:1 tot zelfs 2:1. De bindmiddelen zijn tegenwoordig wel veel zuiverder en een fractie van een onzuiver bindmiddel is chemisch inert en neemt dus niet deel aan de uithardingsreactie. Zodoende is een deel van het historische bindmiddel te beschouwen als aggregaat en ligt de feitelijke verhouding tussen

zand en bindmiddel dichter bij de huidige praktijk.

4.5. VERHOUDING

WATER/BINDMIDDEL

Vandaag wordt mortel aangemaakt met zuiver leidingwater. Het regenwater dat vroeger gebruikt werd, was in mindere of meerdere mate vervuild, wat invloed kon hebben op de eigenschappen van de mortel. Ook de hoeveelheid water heeft invloed op zowel de verwerking als de uitharding van de mortel. In de praktijk geldt voor een kalkmortel dat je de mortel in je hand moet kunnen rollen tot een balletje dat niet vervormt als je je hand opendoet. Bij hydraulische mortels is voldoende water nodig voor een hydraulische reactie waarbij de mortel goed uithardt. Het metselwerk nabevochtigen stimuleert ook een volledige uitharding. Zowat alle soorten mortel kunnen sterk krimpen bij te veel water, waardoor grote barsten ontstaan.



Voegmortels zijn onderhevig aan verweringsprocessen, meestal van natuurlijke aard (wind, water en zon), soms versterkt door omgevingsfactoren, de keuze van de materialen, de uitvoeringstechniek en de detaillering van opbouw, herstel en restauratie, en het vakmanschap.

Schadebeelden laten zich het gemakkelijkst indelen volgens hun oorzaken. Inwerking van vocht, temperatuur en zouten zijn wellicht de belangrijkste schadeoorzaken, naast menselijke factoren zoals ontwerp- of restauratiefouten. Maar ook atmosferische vervuiling, biologische kolonisatie en mechanisch/structurele factoren hebben een impact. In de meeste schadeprocessen speelt water wel de hoofdrol.

geknipte voegen, lijden het meest onder de natuurlijke erosie.

Tot aan het einde van de 19^{de} eeuw werden voeg- en legmortels doorgaans samengesteld uit zand en water met kalk als bindmiddel. Daardoor waren de voegen relatief plastisch en konden ze de uitzetting en de krimp van het muurwerk goed opvangen. Bovendien is zo'n voegmortel poreus en 'zacht': door zijn grote poriën zal water sneller verdampen. Er ontstond een min of meer homogeen geheel met het 'zachte' muurwerk, opgebouwd uit relatief zachte stenen, tot dan

■ ■ 1. MECHANISCHE SCHADE

1.1. LANGZAME MECHANISCHE SCHADE: SLIJTAGE, VERVORMING...

Alle voegen zijn onderhevig aan natuurlijke veroudering en erosie door wind en water. Het effect van winderosie is groter aan de hoeken en op de hoger gelegen delen van gebouwen zoals torens. Ook metselwerk en voegen die blootstaan aan regenwater of afstromend water, zullen iets sneller dan normaal verweeren. Uitpuilende voegtypes, zoals



Verzakkingen werden opgevangen zonder grote scheuren in het 'zachte' metselwerk.

bestaande uit natuursteen (kalksteen, zandsteen en ijzerzandsteen) of handgevormde, poreuze bakstenen. Metselwerk met een 'zachte' kalkmortel kan langzaam optredende vervormingen, bijvoorbeeld door verzakkingen in de fundering, vaak opvangen. De voegen lopen dan niet meer helemaal horizontaal maar golven zonder dat er scheurvorming optreedt. Harde cementmortels kunnen zulke bewegingen niet opvangen, waardoor de samenhang van het muurwerk verloren gaat; eerst treden scheuren op in de voegen, bij ernstige stabiliteitsproblemen lopen die door in de voegen en de bakstenen.

1.2. PLOTSE MECHANISCHE SCHADE: STOTEN, KRASSEN, BREUK...

Wanneer er plots vervormingen of verzakkingen optreden, zal ook zacht metselwerk zichtbaar scheuren en kunnen stabiliteitsproblemen opduiken.

Plotse mechanische schade door stoten of krassen treedt op in de risicozones, zoals metselwerk tot 1,5 m hoog langs voetpaden, waar fietsen of vuilnisbakken tegenaan gezet worden, waar jongeren in krassen ... Behalve bij uitpuilende voegtypes is het voegwerk hier redelijk goed tegen bestand. Alleen als de mortel al verzwakt of beschadigd is door andere factoren, zal hij breken en mogelijk uitvallen.

2. VUIL EN CHEMISCHE SCHADE

2.1. VUIL

Een mortel heeft net als de omliggende bakstenen te lijden onder ver-

vuiling. Op zich vormt dit veeleer een esthetisch dan een technisch probleem. Wel verdicht de huid van de baksteen en de voeg, waardoor water minder gemakkelijk afgegeven wordt van binnen naar buiten, maar waarbij ook minder water in het metselwerk kan dringen. Zolang het evenwicht bewaard blijft, is reinigen niet nodig.

2.2. CHEMISCHE SCHADE

Schadelijke stoffen kunnen meegevoerd worden met regenwater of met de wind en vormen een grotere bedreiging voor het voegwerk dan voor het metselwerk. Een hoge concentratie van chloriden (in kustgebieden), zwaveloxiden (in industriegebieden), stikstofoxiden (in steden) ... is nefast voor de voegmortel. Zure regen veroorzaakt in geïndustrialiseerde gebieden een sterkere verwerking van kalkhoudende materialen, waaronder voegen. Het in water opgelost zwaveldioxide (SO₂) kan met kalk reageren tot gips, wat gepaard gaat met een zwellings. Gipskorsten (vaak donker gekleurd) kunnen een zeer dichte structuur hebben en poriën afdichten, waardoor het onderliggende materiaal afgeschermd wordt tegen water. Voegen kunnen openbarsten. Het buitenste deel van de voegmortel verliest samenhang en kan afspringen.

3. SCHADE DOOR WATER EN (EEN HOGE RELATIEVE) VOCHTIGHEID

Gezond metselwerk bevat (na de uitdroging van het bouwvocht) weinig water en laat vloeibaar water en waterdamp gemakkelijk door de muur stromen.

Regelmatig afstromend water laat zichtbare sporen na op de gevel: er is een duidelijk kleurverschil en de materialen vertonen een korrelige structuur doordat zachtere delen worden uitgespoeld. Mos en algengroei wijzen op een permanent vochtig klimaat.

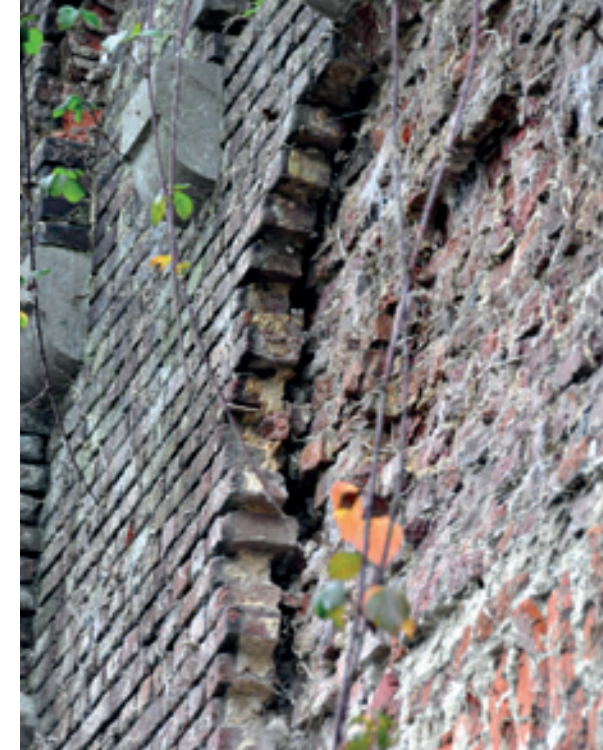
Wanneer het voegwerk van muurafdekkingen, waterlijsten of raamdorpels uitgespoeld, gescheurd of weggevallen is, kan het vocht in het onder- of achterliggende muurwerk dringen. Dat is ook het geval wanneer deze onderdelen hun 'waterwerende' functie niet meer of onvoldoende kunnen vervullen door verwerking of door foutief ontworpen druiplijsten.

Vochtbelasting wordt dikwijls veroorzaakt door lekken in, gebreken aan of onvoldoende onderhoud van vervuilde goten en afvoerpijpen. Wanneer goten, vergaarbakken en afvoerpijpen niet tijdig hersteld worden, raakt het voegwerk en metselwerk verzadigd met water. Het oppervlak wordt aangetast en op lange termijn kunnen volledige voegen verpoederen. Bovendien neemt de kans op mos- en algengroei toe.

Ook een verhoogde vochtbelasting van binnenuit (door lekkende leidingen tegen en in de muur) of de productie van waterdamp kan het metselwerk bedreigen wanneer het niet de kans krijgt om uit te drogen.

Vorst

Metselwerk dat lang vochtig staat, is gevoeliger voor vorstschade. Indien een te waterdichte mortel wordt gebruikt om te (her)voegen of het



Een overmaat van water kan zelfs door een compatibele leg- en voegmortel niet opgevangen worden. Hele schollen baksteenmetselwerk komen los door vorstschade.

voegwerk onvoldoende aansluit op de legmortel, kan vocht niet vlot afgevoerd worden en stagneert het achter de voegmortel of wordt het naar de steen geleid. Tijdens periodes van aanhoudende vorst kan het water bevriezen en zo voegen wegdrukken of (bak)stenen beschadigen. Ook bij het uitkristalliseren van zouten houdt de mortel vaak stand en zal het zachtere materiaal – in dit geval de steen – stukspringen, of anders wordt de voegmortel naar buiten gedrukt en wordt de gevel verminkt.

Horizontale scheurtjes in de legmortel (wanneer de voegmortel is weggevallen) wijzen eveneens op vorstproblemen.

Kalkuitloging

Zolang het calciumhydraat niet uitgehard is, kan het oplossen in water en naar buiten worden getransporteerd en afgezet aan de buitenkant van het metselwerk. Er ontstaat dan een witte kalksluier.

Vocht en zouten

Zouten kunnen op verschillende manieren in het voegwerk terechtkomen. Ze kunnen al in het metselwerk aanwezig zijn (in bakstenen die niet op voldoende hoge temperatuur gebakken zijn, in de mortel via het aanmaakwater ...). Of ze kunnen het metselwerk binnendringen via regen en wind of met het grondwater meegevoerd worden (zeezouten, strooizouten, luchtvervuiling, vogeluitwerp-



Zouten in gezond metselwerk bloeien uit op de voegen.

selen, menselijke urine, dierlijke urine en mest uit oude stallen ...). Er kunnen verschillende soorten zouten mee getransporteerd worden met het vocht in metselwerk, hoofdzakelijk sulfaten (SO_4), nitraten (NO_3), chloriden (Cl) en carbonaten (CO_3).

Zouten kristalliseren uit op plaatsen waar de droging plaatsvindt, meestal op en onder het voegoppervlak. Dit gaat gepaard met een volumevermeerdering. Als zouten door de capillaire werking naar het voegoppervlak getransporteerd worden, verdampt het water er, kristalliseren de zouten uit en blijven ze als een meestal witte sluijer achter, bekend als zoutuitbloeiingen. Ze vormen meer een esthetisch dan een structureel probleem. De zouten kunnen afgeborsteld worden of worden vanzelf weggespoeld door de regen. Maar wanneer het zout kristalliseert in het materiaal zelf (poriënholte), ontstaat er fysieke schade. Zout in oplossing neemt minder plaats in dan zijn uitgekristalliseerde vorm. Bij het kristalliseren drukt de groeiende zoutkristal tegen de poriën-wanden, waardoor een inwendige druk ontstaat. Het voegwerk wordt naar buiten gedrukt of er kunnen schollen metselwerk afspringen.

Sommige zouten kristalliseren niet of zelden uit (afhankelijk van het type zout en de omstandigheden), maar blijven in oplossing in het vocht in het metselwerk. Ze trekken vocht aan uit de lucht, waardoor het metselwerk (langer) vochtig blijft. In langdurige vorstperiodes kan dit leiden tot schade.

4. BIOLOGISCHE SCHADE

Nat metselwerk, zeker metselwerk dat ruwer geworden is door afstromend water, winderosie of een te agressieve reiniging, vormt een gunstige ondergrond voor mos, korstmossen en algen. Kalkmortels blijken gevoeliger te zijn voor biologische aantasting dan cementmortels. Dat komt waarschijnlijk niet zozeer door hun zuurtegraad, die ongeveer gelijk is, maar veeleer doordat kalkmortels water langer vasthouden en sneller ververen en veruuren, wat ze beter geschikt maakt voor wortelgroei of -hechting. Op langere termijn gaan voegen en stenen verder ververen door mosgroei. De wortels vormen zuren die het bindmiddel van de voegmortel in beperkte mate kunnen aantasten en het metselwerk nog ruwer maken. Mossen houden ook vocht vast. Algen zijn minder schadelijk omdat ze zich zonder wortels hechten aan het voegen metselwerk. Ze vormen daarom eerder een esthetisch dan een structureel probleem.

Ook zeldzame en beschermde planten kunnen zich hechten op historisch metselwerk, zoals zwartsteel, tongvaren, Noordse streepvaren, muursla, wit vetkruid, sommige mossen en korstmossen ...

Klimplanten – klimop en wingerd – halen geen voedsel uit de voegen, maar kunnen na enige tijd een versnelde aftakeling van het metselwerk in de hand werken. Wortels en takken wringen zich in openstaande voegen, groeien en verhouten daar en drukken het voegwerk naar buiten.

Ook graafwespen kunnen het voegwerk beschadigen, doordat ze gangen graven in minder dichte stenen en voegen.



Korstmossen.



Wortels in de voegen groeien, verhouten en drukken het metselwerk stuk.

5. SCHADE DOOR EEN VERKEERDE TEMPERAATUUR

Indien een harde voegmortel (veel cement) gebruikt werd over een zachte legmortel, kan er schade ontstaan aan de bakstenen door een verschil in thermische uitzetting. Dit is vooral zichtbaar op de (vervuilde) gevels aan de zuidkanten. Daar kan het verschil in temperatuur sterk oplopen tussen de buiten- en de binnenkant van het massieve metselwerk of tussen dag en nacht, wat spanningen veroorzaakt in de bakstenen.



■ ■ 6. SCHADE DOOR VANDALISME EN DIEFSTAL

Graffiti besmeuren niet alleen de stenen maar ook de voegen. De verf (of eventueel anti-graffitibehandeling) verstoort de vochtuithouding in het metselwerk, wat soms uitloopt in schade.

■ ■ 7. BRANDSCHADE

Bij een brand kan de kalk in een kalkmortel opnieuw gebrand worden en veranderen in ongebluste kalk. Zowel voegen als bakstenen kunnen afschilferen door thermische spanningen.

■ ■ 8. VERLIES VAN INFORMATIE/ UITVOERINGSFOUTEN

Bij het herstellen van metselwerk wordt soms een verkeerde mortel gebruikt

of worden de werken niet correct uitgevoerd. Vaak wordt er geen aandacht besteed aan het voegtype, dat zelfs in hetzelfde metselwerk kan verschillen voor de lint- en stootvoegen, wordt het kleurverschil tussen de lint- en stootvoegen over het hoofd gezien, of wordt een knipvoeg vervangen door een platvolle voeg. In andere gevallen wordt er verkeerd gereedschap gebruikt, wordt de voeg onvoldoende uitgehaald, wordt er gevoegd bij slechte weersomstandigheden ...

Dergelijke onachtzaamheden verstoren nuances in het metselwerk die karakteristiek zijn voor een bepaalde stijlperiode. Het uitzicht van het gebouw verandert en er gaat onherroepelijk informatie verloren.



Onzorgvuldige herstellingen ontsieren de gevel.



■ ■ 1. REGELMATIGE MONITORING EN CONTROLE

In de meeste gevallen is schade aan het voegwerk te voorkomen door regelmatig onderhoud te voorzien en door factoren uit te sluiten die de degradatie versnellen. Als een voegmortel sneller degradeert dan normaal, komt dat bijna altijd door een lekkende regenwaterafvoer of een te hoge zoutbelasting. Die problemen moeten eerst aangepakt worden om de toestand te stabiliseren. Pas dan moet bekeken worden of het voegwerk nog hersteld moet worden.

Om problemen tijdig op te sporen is het raadzaam regelmatig de toestand van oud maar ook van hersteld voegwerk te controleren, in het bijzonder rond afvoeren, plinten en profileringen. Op die manier kunt u tijdig ingrijpen en verdere schade – en hoopoplopende kosten – vermijden.

■ ■ 2. SCHADE VOORKOMEN

2.1. MECHANISCHE SCHADE

Water- en winderosie en natuurlijke veroudering tasten het voegwerk onvermijdelijk aan.

Monitor scheuren in het voegwerk en bewegingen van het metselwerk. Bij langzame vervormingen die een cementmortel niet kan opvangen, kan het volstaan om de cementvoegen te vervangen door een 'zachte' kalk-



Scheurmeter.

mortelvoeg. Bij plotse vervormingen van het metselwerk, met scheuren in voegen en eventueel in stenen, is het essentieel de oorzaak op te sporen en de bewegingen te stabiliseren.

Het voegwerk langs voetpaden is moeilijk te beschermen tegen krassen en stoten. Houd het metselwerk gezond en controleer de risicozones eens vaker. Scherm knipvoegen en gesneden voegen eventueel af tegen stoten, vallende fietsen ... met een afsluiting of een aangepaste beplanting.

2.2. VUIL EN CHEMISCHE SCHADE

Een natuurlijke vervuiling/verkleuring of patina is niet uit te sluiten. Zolang vuil het vocht-evenwicht tussen het metselwerk en de omgeving niet verstoort en geen te agressieve stoffen bevat die invreten op voegmortel en metselstenen, is een gevelreiniging niet nodig.

Beschadigd voegwerk kan doorgaans met dezelfde mortel hersteld worden, op voorwaarde dat hij compatibel is met de aanwezige legmortel, voegmortel en bakstenen. Is het metselwerk zwaar belast door agressieve stoffen (van binnen of van buiten), dan is het essentieel dat de mortelkeuze hierop afgestemd wordt.

2.3. WATER- EN ZOUTSCHADE VOORKOMEN

Langdurige indringing van water, veroorzaakt door gebreken in de regenwaterafvoer, lekken in het dak of slecht functionerende druiplijsten, moet eerst verholpen worden voordat het metsel- en voegwerk aan de beurt komt.

Als de oorzaak niet zo eenvoudig te vinden is, bijvoorbeeld bij een leiding ingewerkt in de muur, kunt u de hulp

van deskundigen inroepen. Zij kunnen lekken opsporen met een infrarood-camera of kleurtesten. Soms is het wenselijk om goten te plaatsen waar er historisch geen waren, om de vochtbelasting te verminderen. Overleg daarvoor altijd met het Agentschap Onroerend Erfgoed voor beschermde monumenten of met de bevoegde gemeentelijke diensten.

Vochtbelast metselwerk, bijvoorbeeld onder een sperlaag, degradeert sneller. Een hydraulische mortel op basis van kalk kan helpen. Een cementmortel is meestal geen goede keuze: hij belemmert het vochttransport waardoor het metselwerk niet kan uitdrogen.

In zwaar zoutbelast metselwerk is het type zout bepalend voor de behandeling. Ook hier is gespecialiseerd advies vereist.



Optrekkend vocht beschadigt het voegwerk.

2.4. BIOLOGISCHE SCHADE TEGENGAAN

Mos- en algengroei wijzen op een extra vochtbelaste ondergrond, gewoonlijk door problemen met de regenwaterafvoer of een foutieve detaillering van druiplijsten. Die worden dan ook best verholpen.

Algen en korstmossen tasten het metselwerk nauwelijks aan, maar kunnen het oppervlak ruwer maken. Mossen echter houden vocht vast en worden daarom best afgeborsteld. Volstaat dit niet, gebruik dan een biocide, maar plaats eerst een proefvlak en evalueer het effect na de inwerkingstijd.

Klimplanten en houtachtige gewassen moeten regelmatig gesnoeid en binnen de perken gehouden worden. Zodra wortels of takjes zich tussen de voegen wringen, waar ze verhouten en druk uitoefenen, moeten ze weggenomen worden. Verwijder ook ongewenste plantjes, die kunnen uitgroeien tot bomen: zaag de takken van klimplanten door voor ze zich in het metselwerk wringen of behandel de planten eventueel met bladgroenverdelgers. Ga uiterst omzichtig te werk bij wortels en takken die tussen beschadigde voegen lopen, om niet nog meer voegwerk of stenen los te wrikken.

Moet het voegwerk hersteld worden, houd dan rekening met eventueel zeldzame en beschermde planten. Meer informatie over planten op historische gebouwen vindt u in onze onderhoudsbrochure *Vegetatie op en rond gebouwen* (2004).



Door een mankement in de regenwaterafvoer zijn de voegen permanent vochtig en kunnen er mossen en algen groeien.



Gele helmblom.

2.5. SCHADE DOOR EEN VERKEERDE TEMPERATUUR

Kies voor de juiste mortel en de gepaste uitvoeringsomstandigheden om krimp-scheuren te vermijden. Zorg er bijvoorbeeld voor dat de thermische uitzettingscoëfficiënt van de voegmortel niet te fel afwijkt van de oorspronkelijke legmortel. Voer het voegwerk niet uit bij extreem hoge of extreem lage temperaturen, of bij te vochtig weer.

2.6. SCHADE DOOR VANDALISME EN DIEFSTAL

Kies voor antigraffiti-producten die dampdoorlatend zijn en de vochtthuishouding in het metselwerk niet al te veel wijzigen. Tijdelijke beschermingen zijn veelal goed waterdampdoorlatend en nauwelijks tot niet zichtbaar. Ze moeten echter regelmatig opnieuw aangebracht worden, zeker nadat graffiti verwijderd werden. Ook bieden ze minder bescherming dan de permanente systemen.

2.7. BRANDSCHADE

Laat de stabiliteit van het metselwerk en de toestand van de voegen na een brand grondig evalueren door specialisten.

2.8. VERLIES VAN INFORMATIE OF VERKEERDE INGEPEN

Werden er ooit ongepaste reparaties uitgevoerd met een mortel op basis van cement, dan moet uitgezocht worden of de mortel verwijderd kan worden zonder de stenen te beschadigen. Is dat niet het geval, dan moet afgewogen worden wat de minst slechte oplossing is: de mortel toch verwijderen met lichte schade aan de

stenen, of de mortel laten zitten, met het risico op schade aan de metselstenen.

Houd rekening met het historische voegtype en de kleur en textuur. Knip-, snij- of schaduwvoegen herstellen past perfect in de restauratiefilosofie en geeft de gevel en het hele gebouw veel meer uitstraling, maar is vaak arbeidsintensiever en dus duurder dan een standaard platvolle voeg.



Twee aanpalende gebouwen met nagenoeg hetzelfde (verkleurde) type baksteen. Samen met de vorm van de ramen bepalen de voegen (links knipvoegen, rechts verdiepte lintvoegen en platvolle gekleurde stootvoegen) het uiteenlopende karakter van de gevels.





Een gereinigde gevel krijgt een frisse look, maar heeft vaak beschadigingen aan (bak)stenen en de profilering van het voegwerk opgelopen.



3. REINIGEN?

Een gevelreiniging is er vaak op gericht het uitzicht van de gevel op te frissen, maar is technisch meestal niet noodzakelijk of wenselijk. Vaak wordt te hard gereinigd, zonder rekening te houden met de 'zwakste' of de meest gedegradeerde onderdelen. Niet alleen de buitenlaag van het voegwerk, maar ook die van bakstenen en natuurstenen wordt weggeschrapt.

Zelfs een zachte reiniging met aandacht voor de zachtste materialen, maakt een gevel vaak minder duurzaam. Gevels hebben van bij de oorsprong een iets dichtere oppervlaktelaag aan de buitenzijde, een gevolg van de productie-eigenschappen van bakstenen, de uitvoeringspraktijk van het voegen en eventuele vervuiling. Daardoor vermindert de vochtopname en de afzetting van vuil. Bij een reiniging wordt deze bescherming weggehaald en wordt het oppervlak vaak nog opgeruwd. Het natuurlijke evenwicht van de gevel wordt verstoord en fijn stof zal zich veel gemakkelijker afzetten.

4. OPPERVLAKTEBESCHERMING?

4.1. HYDROFOBEREN

Een gevel hydrofoberen om hem waterafstotend te maken en vochtindringing te beperken, is alleen te overwegen na een grondig onderzoek. De gevel kan daardoor immers minder goed drogen. Hydrofoberen kan een oplossing bieden wanneer vocht enkel door de gevel binnendringt. Maar vaak spelen ook optrekkend grondvocht, vocht dat binnen geproduceerd wordt en zouten een belangrijke rol in de



vochthuishouding. Bovendien moet de behandeling regelmatig (om de 10 tot 15 jaar, afhankelijk van de belasting, uitvoering ...) herhaald worden. Na verloop van tijd ontstaan haarscheurtjes in de vochtafwerende laag, waarlangs water de gevel binnendringt en moeilijk terug naar buiten kan. Onderzoek naar vochtproblemen bij molens heeft uitgewezen dat hydrofoberen het vochtprobleem vaak verergert in plaats van verhelpt. Door microscheurtjes in de romp en de hydrofobering (als gevolg van de bewegingen van de wieken en het molenmechanisme) dringt regenwater in het metselwerk, maar kan dit veel moeilijker drogen.

4.2. SCHILDEREN

Een verflaag als gevelafwerking kan vochtindringing beperken maar wijzigt het uitzicht grondig en moet ook regelmatig hernieuwd worden (om de 5 tot 10 jaar). Er zijn verschillende buitenverven op de markt, van een dampopen kalkmelk tot een teerlaag. Ook hier blijft het belangrijk dat de gevel voldoende kan uitdrogen. Teerlagen en waterafstotende verven zijn enkel toe te passen na een grondig onderzoek dat alle risico's uitsluit. Wilt u de gevel toch verven, kies dan om hem te sausen met een kalkmelk of te schilderen met een dampopen minerale verf of een dampopen hedendaags verfsysteem.

5 VOEGWERK HERSTELLEN

1. LOKAAL OF GLOBAAL HERSTEL

Het is van cruciaal belang om na te gaan of het voegwerk wel echt vernieuwd moet worden. Licht verweerd voegwerk vormt immers niet altijd een probleem. Hervoeegen is nodig wanneer de leg- of voegmortel weggespoeld is en de stenen los liggen en uit het metselwerk dreigen te vallen. Dan kan het regenwater immers in de kern van het metselwerk dringen en daar verdere schade aanrichten. Bij plaatselijk herstel worden alleen de beschadigde delen aangepakt, bij globaal herstel wordt het voegwerk van het hele gevelvlak vernieuwd.

Wanneer het voegwerk hersteld of vervangen moet worden, is verder onderzoek vereist. Naast een analyse van de bestaande leg- en voegmortel is het nuttig om foto's te nemen van de voegprofielen, van eventueel te hermetiseren delen en andere details, die als referentie kunnen dienen tijdens de werken. Zijn de externe oorzaken (zoals lekkende goten ...) opgelost, dan kunnen standaardrestauratiemortels of -recepturen, gebaseerd op de gangbare mortelrecepturen uit een bepaalde periode, uitkomst bieden voor weinig omvangrijke herstellingen of minder 'belangrijke' monumenten.

Historisch voegwerk getuigt van een specifieke techniek en vakmanschap. Het maakt deel uit van de historische waarden die bij restauraties gerespecteerd moeten worden. Wordt het globaal vernieuwd of gerestaureerd, dan

gaat met het historisch materiaal een deel van de authenticiteit van het gebouw verloren. Lokaal herstel is daarom steeds te verkiezen.

De kwaliteit van de herstellende voegen en het metselwerk in zijn geheel is afhankelijk van de keuze en de kwaliteit van de mortel. De uitvoerder en de uitvoeringscondities zijn – zeker bij kalkmortels – minstens even belangrijk.

2. DE KEUZE VAN DE MORTEL

De eigenschappen van de nieuwe mortelsamenstelling moeten verenigbaar zijn met die van de andere materialen in dezelfde zone: de natuurstenen, de baksteen, de oorspronkelijke legmortel ... Dit geldt in het bijzonder voor de hardheid (mechanische eigenschappen), de thermische uitzetting en de vochtthuishouding (waterabsorptiecoëfficiënt en droogsnelheid). In gezond (historisch) baksteenmetselwerk is er meestal vochttransport vanuit de stenen naar de voegen. Die blijven daardoor langer nat en moeten dus voldoende kunnen uitdrogen. Verschillen de eigenschappen van de omliggende materialen sterk, kies dan voor een reparatiemortel die compatibel is met het zwakste en meest poreuze materiaal.

Een herstellmortel moet opofferend zijn. Dit wil zeggen dat hij ondergeschikt is aan de duurzaamheid van het metselwerk. Een sterke, duurzame herstellmortel kan op termijn immers de metselblokken beschadigen. Het is

bovendien eenvoudiger om een voegmortel te herstellen dan om stenen te vervangen. In de meeste gevallen (zeker bij metselwerk van vóór 1850) is het aangewezen om mortels te gebruiken op basis van kalk omdat zij veelal compatibel zijn met de achterliggende mortel en droging bevorderen. Cementmortels zijn vandaag vaak kant-en-klaar beschikbaar en zijn gemakkelijker te verwerken dan een kalkmortel. Sommige fabrikanten verkopen kant-en-klare voegmortels uit een kleurenkaart, maar die zijn in de massa waterwerend en zijn dus te vermijden. Cementvoegmortels zijn alleen geschikt voor metselwerk dat oorspronkelijk met een cementmortel opgemetseld en gevoegd is. Als ze gebruikt worden bij metselwerk met een kalkmortel, doen ze meer kwaad dan goed.

Een (traditionele) mortelanalyse onder de microscoop kan de aard van het



Een foute keuze voor een te cementrijke herstellmortel heeft het vochttransport verlegd naar de bakstenen, waardoor bakstenen beschadigd raken.

aggregaat (zand, kalksteen, marmerfragmenten ...) en het bindmiddel achterhalen en een idee geven van de korrelgrootte, de verhouding zand/bindmiddel en de toeslagstoffen (tras, baksteenfragmenten, pigmenten ...). Naast informatie over de bouwgeschiedenis, de technieken en het uitzicht, geeft een mortelanalyse ook indicaties voor de meest geschikte restauratiemortel.

Een mortelanalyse geeft indicaties voor de meest geschikte restauratiemortel. Aanvullende analyses kunnen bestaan uit elektronenmicroscopie (SEM) met elementanalyse (EDX), thermische analyse (TGA), vochttransportmetingen (Karstenpijpje of absorptie- en droogproeven in labo), mechanische proeven (druksterkte, ultrasound, Schmidt-hamer, krastest ...), kwik-porosimetrie (MIP) of uitzettingsproeven.

De analyseresultaten van de mortels en de karakteristieken van de ondergrond bepalen de keuze van een mortelsamenstelling met een van de volgende bindmiddelen:

- kalkhydraat (vette kalk, luchtkalk): CL90 S of CL90 PL
- kalk met hydraulische eigenschappen: NHL, FL of HL
- cement: CEM I, II of III
- een specifieke verhouding van cement en kalkhydraat of hydraulische kalk (bastardmortel) of een mengeling van kalk en puzzolaan (bv. een kalk-trasmortel)
- speciale bindmiddelen (zoals zinkoxide).

LEIDRAAD BIJ MORTELKEUZE OP BASIS VAN KALK																																				
Bindmiddelen					Puzzolanen		Aggregaten			Aard van het metselwerk	Hard / stevig metselwerk Harde stenen zoals graniet, blauwe hardsteen; geïndustrialiseerde bakstenen; terracotta				Gemiddeld metselwerk Meeste kalk- en zandstenen gebruikt voor historisch metselwerk; goed gebakken bakstenen				Zwak metselwerk Poreuze kalkstenen (krijt, mergel), kalkhoudende zandstenen; zachte stenen, gebakken bij lage temperatuur																	
luchtkalk (pasta)		hydraulische kalk			tras/vlieggassen	hoogovenslak/metaakolin	zand met goede korrelverdeling (**)	gemalen steen met goede korrelverdeling (**)		gemalen baksteen	Vochtbelasting (*)	beschermd	gemiddelde vochtbelasting		grote vochtbelasting	nat	beschermd	gemiddelde vochtbelasting		grote vochtbelasting	nat	beschermd	gemiddelde vochtbelasting		grote vochtbelasting	nat										
CL/DL	NHL2	NHL3,5	NHL5								Conditie van het metselwerk (Goed, Redelijk, Matig, Slecht)	G/R	M	S	G/R	M	S	G/R	M	S	G/R	M	S	G/R	M	S	G/R	M	S	G/R	M	S	G/R	M	S	
Type A mortels: bindmiddel = luchtkalk (pasta)																																				
A1	1						2 3/4					●	●	●																						
A2	1						2 1/4	1/2				●	●	●																						
Type B mortels: bindmiddel = puzzolaankalk																																				
B1	1				10%	5%	2 1/4					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
B2	1				10%	5%	2 1/4	1/2				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
B3	1						2		1			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Type C mortels: bindmiddel = natuurlijke hydraulische kalk																																				
C1		1					2 1/2	2 1/2				●	●		●	●		●	●		●	●		●	●											
C2			1				2 1/2	2 1/2					●	●	●	●	●	●		●		●	●													
C3				1			2 1/2	2 1/2						●	●	●	●	●																		

Bovenstaande tabel geeft enkele suggesties voor mortelsamenstellingen (volumeverhouding) op basis van kalk die als leidraad kunnen dienen voor het herstel van voegwerk, rekening houdend met de aard, de vochtbelasting en de conditie van het metselwerk.

Deze tabel is vrij vertaald naar de tabellen voor de keuze van voegmortels uit HENRY, A. & STEWART, J., *Practical Building Conservation - Mortars, Renders & Plasters*, English Heritage, 2012

LEGENDE

● Het aandeel puzzolanen kan verdubbeld worden

(*) Vochtbelasting

beschermd:

binnenmetselwerk en metselwerk dat afgeschermd is van regen en wind, zoals onder een luifel, op binnenplaatsen

gemiddelde vochtbelasting:

het merendeel van het buitenmetselwerk op lage en gemiddelde hoogte sterk regen- en windbelast metselwerk, zoals bovenaan torens, kuststreek, alleenstaande gebouwen die niet afgeschermd worden door begroeiing of andere gebouwen in de omgeving...

nat:

metselwerk dat permanent of regelmatig in contact staat met water zoals brugpijlers, funderingen, metselwerk onder de sperlaag...

(**) Korrelverdeling

als de korrelverdeling niet goed zit, moet het kalkdeel aangepast worden

Welke eigenschappen spelen een rol bij de keuze van een restauratiemortel?

- De mortel moet qua samenstelling overeenkomen met de historische mortel: bindmiddel, verhouding bindmiddel/zand en korrelgrootte van het zand. Een (optische) microscopische analyse van de bestaande mortel kan een idee geven van de verdeling van de korrelgroottes van het zand, en ook van de andere toelagstoffen en pigmenten. Elektronenmicroscopie geeft een overzicht van de meest voorkomende atoom-elementen, waaruit de karakteristieken van aggregaat en bindmiddel afgeleid kunnen worden.
- De mortel moet compatibel zijn op het vlak van de mechanische eigenschappen: de restauratiemortel moet dezelfde druksterkte aankunnen als de bestaande. Dit kan moeilijk bepaald worden met een mortelanalyse en wordt daarom vaak ingeschat op basis van ervaring. Ook de bouwfysische eigenschappen moeten compatibel zijn: een vergelijkbare capillaire absorptie van water (poriënstructuur), waterdampdoorlatendheid, thermische uitzetting en hygrische zwelling.
- Het uitzicht van de nieuwe mortel moet overeenkomen met dat van de historische: kleur en vorm (uitvoeringstechniek) moeten aansluiten bij de bestaande (vervuilde) mortel; ze moeten bovendien in dezelfde mate verder verouderen. Restanten van de oude voegen, die als voorbeeld kunnen dienen, zijn vaak nog te vinden op beschutte

plaatsen zoals onder vensterbanken, dakoversteken of in een later aangebouwde wintertuin.

- Ten slotte moet de mortel ook chemisch compatibel zijn met de bestaande: het aandeel aan zouten en/of andere expansieve bestanddelen moet overeenkomen.

De mortelsamenstelling die blijkt uit de analyse beantwoordt bijna nooit aan de huidige normen en voorschriften. Ze kan ook niet perfect nagemaakt worden omdat niet meer volgens de oude productiemethoden en met dezelfde materialen gewerkt wordt. Zo werd vroeger meestal zand uit de onmiddellijke omgeving gebruikt. Vandaag is dat gewassen rivierzand of groevezand dat chemisch weinig actief is. Het is dus de kunst om de vroegere mortel en vooral zijn eigenschappen te benaderen door het soort bindmiddel, de aggregaten en de mengverhouding. De luchtkalk die vandaag gemaakt wordt is nooit dezelfde als die van vroeger. Hij is veel fijner en bevat minder onzuiverheden, die de textuur en de kleur van de oude mortel nog konden beïnvloeden. Om dezelfde kleuren en texturen te verkrijgen zijn andere samenstellingen nodig. Bovendien is de oude voeg verkleurd en zal de nieuwe voeg na enkele jaren ook verdonkeren. Gekleurd en/of groffer zand en mortelpigmenten zullen de eigenschappen van de mortel veranderen. Redenen genoeg om de keuze over te laten aan een ervaren vakman.

Zand en kalk moeten grondig gemixt worden om een consistente mortel te

verkrijgen. Soms geeft een cilindervormige mixer voor pleisters een beter resultaat dan traditionele mortelmolen. Het volstaat niet de ingrediënten om te scheppen om een kwaliteitsvolle, homogene kalkmortel te verkrijgen. Voor grote hoeveelheden mortel kan een fabrikant een compatibele prefab droogmortel op voorschrift in een silo leveren. Vaak werken zij echter met ongeschikte recepten en kan luchtkalk de doorvoer in de menginstallatie bemoeilijken. In elk geval is controle op de samenstelling en de homogene menging aangewezen.

De meeste van onze historische gebouwen (13^{de} tot midden 19^{de} eeuw) zijn opgebouwd uit zwak tot middelmatig gebakken bakstenen met een

zachte (mechanisch zwakke) legmortel op basis van kalk. Een (te) harde cementmortel beïnvloedt de vocht-huishouding in het metselwerk negatief, waardoor de duurzaamheid ervan in het gedrang komt.

Bij kalkmortels van traditioneel kalkdeeg en zand, volstaat het water in het kalkdeeg doorgaans om een goed werkbaar mortel te produceren. Is dat niet het geval, dan kan dat te wijten zijn aan een slechte korrelgrootteverdeling van het zand waardoor holtes ontstaan. Kies voor een ander type zand of verrijk de mortel met een kleine hoeveelheid kalkdeeg, eerder dan water toe te voegen. Extra water zal de mortel verzwakken en gevoeliger maken voor krimp.



Het voegwerk onder een vensterdorpel met goed werkende druiplijst heeft minder te lijden onder erosie.

De keuze voor een herstelmortel voor met **zout** belast massief metselwerk is niet zo eenvoudig. Op zich is een mechanisch sterke ('harde') mortel op basis van hoogovencement het meest resistent tegen chloriden en sulfaten, maar die is niet altijd compatibel met het historisch metselwerk. Voor zwaar zoutbelast metselwerk moet een compromis gezocht worden, bijvoorbeeld een hoogovencement met luchtkalk of natuurlijke hydraulische kalk. Toch moet de mortel voldoende zacht zijn. Kies eventueel voor een minder sterke mortel, ook al degradeert die sneller onder de zware zoutbelasting en zal hij sneller vervangen moeten worden (opofferend karakter). Uiteindelijk komt dit de duurzaamheid van het metselwerk ten goede. Doorgaans verzamelt zout in metselwerk zich vooral in de mortel. Een zwakke mortel kan dus opgevat worden als buffer die zouten opneemt en vervolgens vernieuwd wordt. Rivierzand, dat chemisch weinig of niet actief is, is het best geschikt als aggregaat. Grovezand is veelal gewassen en is in dat geval ook goed bruikbaar. Het gebruik van ander zand kan aanleiding geven tot schade: reactieve silica kunnen een expansieve reactie doen ontstaan met het bindmiddel, of kleimineralen kunnen ongewenste zwelling of krimp veroorzaken.

Toeslagstoffen die de verwerkbaarheid bevorderen (luchtbelvormers, hydrofoobeermiddelen ...) zijn doorgaans niet nodig en zelfs niet wenselijk bij een restauratiemortel. Ze beïnvloeden immers ook de eigenschappen in uitgeharde fase en het vochttransport.

Waar mogelijk wordt de kleur van de mortel verkregen door de keuze van het zand en de natuurlijke kleur van de kalk. **Kleurstoffen** kunnen alleen als ze mineraal zijn en geschikt voor het kleuren van bouwproducten op basis van kalk (bestand tegen hoge pH), en als de mengverhoudingen en -procedure nauwkeurig gerespecteerd worden voor een gelijkmatige spreiding over het volledige mengsel.

Relatief kleine kleurafwijkingen kunnen een aanzienlijke invloed hebben op het esthetisch uitzicht van de gevel. Als maar een deel van het voegwerk vervangen wordt, is het essentieel dat de kleur van de nieuwe mortel nauw aansluit bij de oorspronkelijke (vervuilde) voeg, anders ontstaat er een storend lappendeken. Bij een reparatie worden er altijd best proefvlakken opgesteld.

3. UITVOERINGSTECHNIKEN

Er is vakkennis vereist om historisch voegwerk te herstellen of te vernieuwen. Door de ontwikkeling van nieuwe technieken is de kennis van dit ambacht in de loop der jaren verloren gegaan.

Het succesvol gebruik van kalkmortels is hoofdzakelijk afhankelijk van een goede uitvoeringstechniek en -praktijk. Houd rekening met de (weers)omstandigheden en voorzie eventueel een volledige bescherming rond de stelling. Zorg dat alle nodige materialen en eventuele beschermingsmiddelen aanwezig zijn voordat de werken van start gaan.

3.1. VOORBEREIDING Voegen vrijmaken

Voegwerk uithalen is een delicaat werk. Als daarbij historische steenwerk beschadigd wordt, kan het karakter van de gevel onherroepelijk veranderen. Laat dit werk daarom bij voorkeur aan specialisten over, die de juiste werkwijze en het geschikte gereedschap kunnen gebruiken. Ideaal is een platte beitel, niet breder dan de helft van de uit te halen voeg. Een slijpschijf is niet aan te raden, behalve een kleine, met perslucht of elektrisch aangedreven slijpschijf om de spanning uit de voeg te halen. Daarbij wordt een zaagsnede gemaakt in het midden van de oude lintvoegen. Het beetje mortel dat aan de stenen blijft hechten, kan weggehaald worden met een steenbeitel. Een steen- en mortelzaag met aangepaste zaagbladen is een goed alternatief.

Het is immers essentieel dat alle verweerde mortel verwijderd wordt om een solide basis te verkrijgen voor de herstelmortel. Maak de voegen volledig tot in de hoeken vrij, zodat de restauratiemortel voldoende kan hechten aan de steen en de legmortel. Verwijder ook alle wortelresten en uitlopers van planten. Spoel de behandelde zones na met water om te verzekeren dat alle slechte en losse mortelresten weggehaald zijn. Zorg daarbij dat de gevel niet verzadigd raakt en dat de wateren persluchtstraal aangepast is aan de samenstelling van de steen. Werk steeds van boven naar beneden, zo wordt het restmateriaal weggespoeld. Soms is het nodig om losse stenen uit te halen en weer op te metselen.



© Caspar Groot

Als bij een vorige herstelling ooit een te harde cementmortel werd gebruikt, moet die voor de goede vochtthuishouding volledig verwijderd worden, eventueel met een hamer en een fijne beitel om de laatste restjes los te kappen. Elektrisch aangedreven toestellen zijn te vermijden omdat zij moeilijker te controleren zijn en schade kunnen aanrichten aan het metselwerk.

Voegopeningen bevochtigen

Nadat de voegopeningen ontstoft en gereinigd zijn, wordt het op te voegen muurwerk best met water bevochtigd, zodat de legmortel en de steen geen vocht onttrekken aan de restauratiemortel. Daardoor kan deze laatste optimaal uitharden en wordt de hechting tussen de voegmortel, de

legmortel en de stenen bevorderd. Het muurwerk moet vooraf overvloedig besproeid worden met water (bv. met een tuinslang), bij voorkeur in twee keer: eerst de avond voordat er wordt gevoegd, en vervolgens – in mindere mate – kort voor het invoegen. Als het pas geregend heeft of als de gevel pas gereinigd werd met water, volstaat een lichte bevochtiging.

3.2. MORTEL AANBRENGEN

Om het karakter van de gevel te bewaren moeten de vorm en de kleur van de restauratievoeg identiek zijn aan de oorspronkelijke voeg, of ze minstens benaderen. Bij zwaar regen- en/of zoutbelast metselwerk wordt de nieuwe mortel bij voorkeur aangebracht op een diepte van 2 tot 3 keer de breedte



© Caspar Groot



© Caspar Groot

van de voeg. Bij minder belast metselwerk volstaat 1,5 keer de breedte. Het is belangrijk om de werking en uitharding van kalkmortels te begrijpen om ze juist te kunnen gebruiken.

Breng de mortel aan met een voegijzer, aangepast aan de gewenste voegvorm. Het voegijzer mag niet breder zijn dan de voeg.

Plaats het polyester of houten voegbord tegen de gevel en duw met een voegijzer de voegmortel in de opening. Druk die stevig aan, zodat hij goed in contact komt met de originele mortel en alle holtes opvult. Strijk hem onmiddellijk glad, maar niet te hard om het poriënstelsel intact te laten en om het vochttransport doorheen het metselwerk niet te verhinderen. Voeg van boven naar beneden, eerst de lint-

voegen, dan de stootvoegen, telkens met aangepaste voegijzers.

4. OMSTANDIGHEDEN TIJDENS HET HERSTELLEN VAN VOEGEN

De ideale omstandigheden om een voegmortel aan te brengen is een temperatuur tussen 5° en 20°C, bij vochtig en bewolkt weer. De voegmortel moet immers op een natuurlijke manier kunnen uitharden. Bij te hoge temperaturen en bij blootstelling aan zon en wind verloopt dit proces te snel, waardoor hij zijn samenhang en zijn hechting verliest. Vermijd ook de vorstperiodes, zeker wanneer er met een kalkmortel gevoegd wordt. Zo nodig moet het metselwerk afgedekt en beschermd worden, wat niet altijd eenvoudig of praktisch is. Kalkmortels worden het best verwerkt van pakweg maart tot oktober om vorstschade te vermijden. Bij hevige regenbuien kan de nieuwe mortel uitgespoeld worden.

Wanneer de klimatologische omstandigheden niet ideaal zijn tijdens het uitharden van de voeg of tijdens het voegen, is een nabehandeling vereist.

Om te vermijden dat het voegwerk te snel droogt bij te hoge temperaturen moet het met water beneveld worden, afhankelijk van het type bindmiddel. Zo moeten hydraulische kalkmortels en trasmortels minstens een week nabevochtigd worden. Bij bastaardmortels (cement-luchtkalkmengsels) volstaat 1 tot 2 dagen. Scherm stellingen af met zeilen of dek voegwerk af met een folie, zodat het niet blootgesteld wordt aan zon, regen en wind.



Het metsel- en voegwerk van een historisch waardevol gebouw geeft meestal niet alleen informatie over de verschillende bouwfases, maar ook over de bouwgeschiedenis en de bouwtechniek. Voegwerk bepaalt voorts het algemene karakter van een gebouw en meer in het bijzonder de monumentwaarde van een historisch bouwwerk.

Schade aan het voegwerk beïnvloedt in eerste instantie het esthetische karakter van de gevel. Op termijn kan dat echter ook leiden tot verhoogde vochtopname, waarbij de interieurafwerking en in extreme gevallen zelfs de constructie aangetast worden.

Door regelmatige controle en onderhoud kunnen de meest frequente schadegevallen voorkomen worden. Goten schoonmaken, afvoeren ontstoppen, beplanting tijdig snoeien ...

kunnen het ergste kwaad vermijden. Soms is plaatselijk of globaal herstel onafwendbaar. Dan komt het aan op een juiste analyse van de schadeoorzaak en de samenstelling van de materialen. Even cruciaal is dat de oude materialen en technieken worden gerespecteerd. Een verkeerde samenstelling of uitvoering kan het gebouw immers meer schade berokkenen dan bescherming bieden, en kan de bouwhistorische waarde onherroepelijk aantasten.

Heel wat specialisten kunnen u helpen bij de juiste analyse en uitvoering. Naast het advies van Monumentenwacht kunt u een beroep doen op de expertise van het Agentschap Onroerend Erfgoed, de provinciale diensten voor monumentenzorg of gespecialiseerde restauratiearchitecten, adviseurs en uitvoerders.

Onopgeloste vochtproblemen tasten hersteld voegwerk opnieuw aan.

- ASHURST, J. & DIMES, F.G., *Conservation of Building and Decorative Stone*, Oxford, 2001
- ASHURST, J. & N., *Practical Building conservation – Volume II: Brick, Terracotta & Earth*, English Heritage, Hampshire, 2005
- ASHURST, J. & N., *Practical Building conservation – Volume I: Stone Masonry*, English Heritage, 1990
- DE CLERCQ, H. e.a., *Waterwerende behandelingen: realistisch of utopisch?*, KIK, Brussel, 2010
- GROOT, C. EN GUNNENWEG, J., *(Deelproject) Voegherstelmortels voor historisch metselwerk uit (Totaalonderzoeksproject) Aanpak vochtproblemen massief metselwerk*, Delft, 2012
- HASLINGHUIS, E., *Bouwkundige termen, Verklarend woordenboek der westerse architectuurgeschiedenis*. Houtum/Zaventem, 1993
- HENRY, A. & STEWART, J., *Practical Building Conservation - Mortars, Renders & Plasters*, English Heritage, 2012
- JENKINS, M., *Repairing brickwork (INFORM-information for historic building owners)*, Historic Scotland, Edinburgh, 2007
- MAXWELL, I., *Repointing Rubble Stonework (INFORM-information for historic building owners)*, Historic Scotland, Edinburgh, 2007
- MAXWELL, I., *Repointing Ashlar Masonry (INFORM-information for historic building owners)*, Historic Scotland, Edinburgh, 2008
- MAXWELL, I., *Domestic Boundary Walls (INFORM-information for historic building owners)*, Historic Scotland, Edinburgh, 2008
- MITCHELL, D., *The use of lime&cement in traditional buildings (INFORM-information for historic building owners)*, Historic Scotland, Edinburgh, 2007

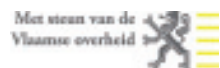
- Belgisch instituut voor normalisatie, NBN EN 459 (2010): *Bouwkalk*, 2010
- VAN HUNEN, M. e.a., *Historisch metselwerk; instandhouding, herstel en conservering*, Rijksdienst voor het cultureel erfgoed, Zwolle, 2012
- WTCB, *Restauratie van gevelmaterialen (vervolg) (Gids voor restauratie van metselwerk, deel 4B)*, WTCB, 2006
- WTCB, *Opvoegen van metselwerk (Technische voorlichting 208)*, WTCB, 1998

Internetlinks

www.buildinglimesforum.org.uk
www.historischmetselwerk.nl
www.restauratiemortels.nl
www.wtcb.be

- 2^{de} druk volledig herziene en uitgebreide druk
- Redactie Birgit van Laar
Deze tekst werd samengesteld aan de hand van bestaande literatuur.
- Tekstredactie Marijke Hoflack
- Coördinatie Birgit van Laar
- Lay-out en druk Drukkerij Leën, Hasselt
- Foto's © Monumentenwacht Vlaanderen
Monumentenwacht Antwerpen
(tenzij anders vermeld)
- Met dank aan Roel Hendrickx (KIK)
Caspar Groot (Caspar Groot Advies (NL))
Nele Goeminne (Monumentenwacht Vlaanderen)
- Verantwoordelijke uitgever Luc Verpoest
- Wettelijk depot D/2013/10.191/1

- Met de steun van de 5 Vlaamse Provincies en de Vlaamse Overheid



© Monumentenwacht Vlaanderen vzw, januari 2013

U vindt een Monumentenwachtvereniging in elke provincie. Daarnaast zorgt Monumentenwacht Vlaanderen vzw voor ondersteuning en coördinatie.

-
- **Monumentenwacht Antwerpen vzw**
Turnhoutsebaan 232 | 2100 Antwerpen (Deurne)
T + 32 3 360 52 34 | F + 32 3 360 52 36 | E administratie@monumentenwachtantwerpen.be

 - **Monumentenwacht Limburg vzw**
Willekensmolenstraat 140 | 3500 Hasselt
T + 32 11 23 75 90 | F + 32 11 23 75 95 | E mowa@limburg.be

 - **Monumentenwacht Oost-Vlaanderen vzw**
Directie en secretariaat
W. Wilsonplein 2 | 9000 Gent | T + 32 9 267 72 42 | F + 32 9 267 72 98
Inspectiedienst
Abdisstraat 2 | 9000 Gent | T + 32 9 234 18 55
E monumentenwacht@oost-vlaanderen.be

 - **Monumentenwacht Varend erfgoed**
Provinciale site – Scheepswerven Baasrode
Sint-Ursmarusstraat 141 | 9200 Baasrode
T + 32 9 234 18 55 | E monumentenwacht@oost-vlaanderen.be

 - **Monumentenwacht Vlaams-Brabant vzw**
Gemeenteplein 5 | 3010 Leuven (Kessel-Lo)
T + 32 16 31 97 50 | F + 32 16 31 97 58 | E info@monumentenwachtvlaamsbrabant.be

 - **Monumentenwacht West-Vlaanderen vzw**
Koning Leopold III-laan 31 | 8200 Brugge (Sint-Andries)
T + 32 50 40 31 36 | F + 32 50 40 34 58 | E monumentenwacht@west-vlaanderen.be

 - **Monumentenwacht Vlaanderen vzw**
Erfgoedhuis 'Den Wolsack'
Oude Beurs 27 | 2000 Antwerpen
T + 32 3 212 29 50 | F + 32 3 212 29 51
E info@monumentenwacht.be | www.monumentenwacht.be

