

AANLEIDING TOT DEZE BROCHURE

Het komt regelmatig voor dat baksteenconstructies van historische gebouwen aangetast worden als gevolg van veranderingen in de directe omgeving. Onder meer de uitvoering van infrastructurele werken en de daarmee soms gepaard gaande (tijdelijke) verandering van de grondwaterstand kunnen aanleiding zijn tot schade. Ook ondeskundige bouwkundige ingrepen aan het monument kunnen schade aan baksteenconstructies veroorzaken.

Oorzaken van schade aan baksteenmetselwerk en herstel 1

Schade aan historische baksteenconstructies kan zich op verschillende wijzen manifesteren. Scheuren is de meest in het oog lopende, maar afzanden, afpoederen, afschilferen en afbrokkelen van de baksteen zijn even sprekend. In deze brochure wordt ingegaan op de aanleiding tot scheuren en de oorzaken ervan en op de mogelijkheden tot herstel. In een volgende brochure wordt ingegaan op de oorzaken en herstel van overige soorten schade aan baksteen.

INLEIDING

Het baksteenmetselwerk is een van de karakteristieken van menig monument. Het metselverband, het formaat en de textuur van de steen bepalen in belangrijke mate het karakter ervan, maar ook het voegwerk en overige afwerkingen spelen hierin een belangrijke rol. Wanneer hierbij ook het patina wordt betrokken, dan zijn de bestanddelen genoemd die de historische waarden van baksteenmetselwerk bepalen.

Bij het herstel van historisch baksteenmetselwerk is het van het grootste belang de relatie tussen deze bestanddelen niet uit het oog te verliezen. Het zoveel mogelijk behouden van historisch metselwerk moet bij herstel uitgangspunt zijn. Zie hiervoor ook onze brochure *Herstel van voegwerk, Info Restauratie en beheer 2*.

HISTORISCHE ONTWIKKELING

Het bouw materiaal baksteen wordt vanaf de tweede helft van de twaalfde eeuw in de Lage Landen opnieuw toegepast, nadat de techniek van het bakken na het vertrek van de Romeinen verloren was gegaan. De fabricage van de baksteen vond allereerst plaats in het noorden van ons land, waarna het zich over het hele land verspreidde. Aangezien het fabricageproces slechts in beperkte mate kon worden beheerst, was er een grote variëteit in de kwaliteit van de baksteen. Ook de variaties in mineralogische samenstelling en structuur van gebruikte grondstoffen speelden een rol. Een vrij grove structuur en een niet egale kleur kenmerken veelal dergelijke bakstenen.

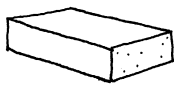


Inboetwerk zonder aansluiting met het verband van het omliggende metselwerk (foto RDMZ, 1989)

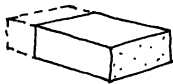




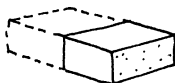
Een bouwhistorisch aspect van metselwerk: de aanwezigheid van leisteen in de voeg



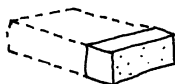
strek



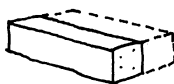
drieklezoor



kop



klezoor



klisklezoor

In de loop van de zeventiende eeuw wordt het fabricageproces, mede onder invloed van het kleiner worden van het formaat, steeds beter beheerst, waardoor een vrij egale kleur wordt verkregen. Door het beter bewerken van de klei, het machinaal vormen van de steen, het bakken in een ringoven en later in een tunneloven kon een steeds betere baksteen worden geproduceerd.

Formaten baksteen

In de begintijd was de baksteen fors van formaat. Afmetingen variërend van 380-300 x 180-160 x 120-80 millimeter, de zogenoemde kloostermop, waren zeer gebruikelijk. Dit grote formaat baksteen werd toegepast tot in de zestiende eeuw. In de loop van de tweede helft van de veertiende eeuw vond vanuit het westelijke deel van het land reductie van het formaat plaats.

In het algemeen kan worden gesteld dat hoe groter het formaat is, hoe ouder de baksteen. Enige voorzichtigheid op dit punt is geboden, mede gezien de levendige handel die in de veertiende eeuw tot ontwikkeling kwam. De mechanisering van het productieproces in de negentiende eeuw heeft uiteindelijk geleid tot de standaardisering van baksteenformaten.

Metselverbanden

De eerste bouwwerken in baksteen werden, analoog aan de Romeinse techniek in natuursteen, in kistwerk opgetrokken. Kistwerk is een muurconstructie, samengesteld uit twee halfsteensmuren, waartussen stortwerk, te weten puin, grind en mortel, is aangebracht. Om deze muren met het stortwerk te verbinden, zijn soms zeer spaarzaam koppen in de laag verwerkt. Wanneer dit met een zekere regelmaat, om de drie à elf strekken, gebeurt, spreekt men bij historisch metselwerk van kettingverband. Van Noors verband is sprake indien na elke twee strekken een kop is toegepast. Vroeg baksteenmetselwerk is vaak uitgevoerd in Vlaams verband, met na elke strek een kop. Dit metselverband werd tot in de veertiende eeuw toegepast. Vanaf het tweede kwart van deze eeuw ontwikkelt zich een metselverband waarbij de strekkenlaag wordt afgewisseld met een koppenlaag, het staand verband. Rond het begin van de zestiende eeuw treedt een verandering in dit verband op, door de opvolgende strekkenlaag een halve strek te verschuiven, zodat het kruisverband ontstaat. Dit verband wordt in de loop van de zeventiende eeuw vrij algemeen toegepast. Het toepassen van kwart bakstenen, ofwel klezoren, in de koppenlaag is altijd gebruikelijk geweest. Rond 1600 worden de kop en klezoor in de koppenlaag samengevoegd en doet de drieklezoor zijn intrede. En ongeveer een eeuw later wordt de drieklezoor in de strekkenlaag toegepast. Het tijdstip van toepassen van deze hoekoplossingen kan per streek nogal uiteenlopen.

Naast deze metselverbanden, toegepast voor steensmuren of dikker, werd van oudsher het halfsteensverband toegepast. Het toepassen van dit verband is ook vandaag de dag nog zeer gebruikelijk.



Detail van een torenwand in kloostermop en Rijnsteen, gemetseld in kalkspecie

Afwerkingen en bewerkingen

Er zijn talrijke historische voorbeelden van baksteenmetselwerk die geheel of gedeeltelijk op de een of andere wijze zijn afgewerkt en bewerkt. Afwerkingen zoals het sausen en oliën, maar ook bewerkingen als schuren, scharreren, ofwel ribbelen, en profileren van de baksteen zijn hiervan bekende voorbeelden. Ook het toepassen van een afwijkende kleur baksteen, al dan niet verglaasd, en van natuursteen zijn middelen die karakteristiek kunnen zijn voor de architectuur van het gevelmetselwerk, evenals de toepassing van bijzondere baksteenconstructies en ornamenten in de vorm van metseltekens. Daarnaast is de relatie tussen het baksteenmetselwerk met eventuele afwerkingen en bewerkingen en het voegwerk van belang.



Detail van een steunbeer met verfijnde afwerking, door scharreren verkregen. Klezoor in koppenlaag

SCHADE OORZAKEN

Uit de praktijk van de monumentenzorg blijkt dat de verschillende oorzaken van scheuren onder te brengen zijn in acht categorieën. Hieronder zullen per categorie een of meerdere voorbeelden worden gegeven.

Veranderingen in de ondergrond

Het inklinken van de ondergrond door de verlaging van de waterstand, of door het krimpen van de grondslag, zoals bij veen het geval kan zijn, leidt tot verzakking van baksteenconstructies. Houten funderingsconstructies kunnen boven water komen, waardoor deze gaan rotten en de daarop rustende baksteenconstructie schade oploopt. Veel schadegevallen komen ook voort uit het inklinken van de ondergrond als gevolg van het wegspoelen van bestanddelen uit de grond, doordat regenwaterafvoeren of bestratingen met goten en riolen in slechte toestand verkeren. Gaswinning kan ook leiden tot het inklinken van de ondergrond.

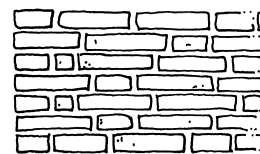
Bewegingen in de ondergrond kunnen worden veroorzaakt door de uitzetting van de grond als gevolg van de inwerking van vorst. Het opdrukken van de grond als gevolg van de groei van boomwortels en het bewegen van het wortelbed door winddruk op de kruin van de boom leidt eveneens tot beweging in de ondergrond, waardoor de baksteenconstructies kunnen vervormen en soms scheuren.

De vervorming van de ondergrond door opslag van grond in de nabijheid van het monument, onder meer door wegeaanleg of dijkverzwaring is een factor van betekenis. Ook kunnen graafwerkzaamheden, verkeerstrillingen, heiwerkzaamheden en aardbevingen schade aan baksteenconstructies veroorzaken.

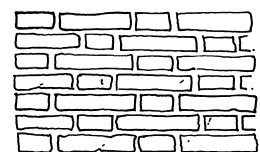
Instabiliteit van de baksteenconstructie

Ondeskundige wijzigingen aan het monument, zoals de verwijdering van schoren in kapconstructies en van ankerbalken in houtconstructies van vooral boerderijen, kunnen tot schade leiden. Ook het wegnemen of doorbreken van bouwmuren, andere stabiliserende wanden en de schoorsteen kunnen tot schade aanleiding geven.

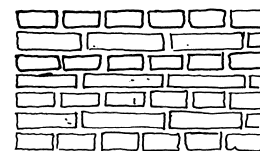
De beperkte stabiliteit van sommige hoofdconstructies is vaak te zien aan monumenten die op hoeken van straten en stegen staan.



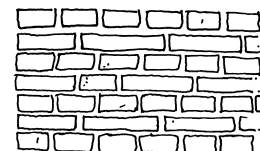
Noors verband



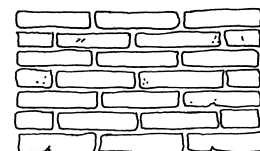
Vlaams verband



staand verband



kruisverband



halfsteensverband



Woonhuis op de hoek van een steeg. Instabiliteit van het huis wordt onder andere veroorzaakt door de positie aan het eind van de rij en het doorgebroken zijn van de ondergevel



Detail van de gevel hierboven. Het metselwerk is gescheurd als gevolg van uitwijking van de bouwmassa naar de steegzijde en het maken van een groter venster

Verkeerde constructies en overbelasting van het gebouw

Problemen kunnen ontstaan ten gevolge van de ongelijke aanleg van de fundering, wanneer er geen overbruggingsconstructie is aangebracht. Hierdoor kunnen zich zetscheuren manifesteren. Ook wanneer per bouwdeel de belasting op de ondergrond verschilt, kunnen dergelijke scheuren ontstaan. Te hoge eenzijdig geplaatste belasting op vloeren kan tot te hoge druk op de baksteenconstructie leiden, waardoor deze scheurt. Het aanbrengen van woningscheidende vloeren op een of zelfs meerdere verdiepingen kan eveneens oorzaak van schade zijn.

Thermische fluctuaties in baksteenconstructies

Verwarming door de zon kan de temperatuur van het buitenste deel van het baksteenmetselwerk tot hoge waarden opvoeren. De temperatuur van het binnenwerk kan daarbij achterblijven, waardoor er spanningsverschillen ontstaan. Wanneer die niet door de mortel kunnen worden opgenomen, kunnen er scheuren ontstaan. Vooral steunberen, met hun naar verhouding tot de massa grote buitenoppervlakken, ondergaan die invloed. In het bijzonder wanneer die zijn samengesteld uit gevelklinkers, gemetseld in zeer dichte, sterke mortel. Deze schadevorm is moeilijk te onderscheiden van schade als gevolg van het gebruik van twee verschillende kwaliteiten metselbaksteen.

Scheuren als gevolg van temperatuurfuctuaties komen eveneens voor in lange muren. In molenrompen, geconstrueerd uit harde steen en sterke specie, komen die scheuren ook voor.

Verskillende kwaliteiten baksteen en soorten mortel

Er zijn baksteenconstructies tot stand gebracht waarvan een deel van de gevel en de kern uit een andere kwaliteit baksteen bestaan. Onder invloed van de temperatuur en door het verschil in uitzettingscoëfficiënt ontstaan er scheuren. De buitenschil komt dan los te staan van de binnenkern.

De flexibiliteit van de mortel is soms bepalend voor het al dan niet ontstaan van scheuren. Een starre mortel, bijvoorbeeld cementmortel, kan geen beweging opvangen. Een kalkmortel is daartoe beter in staat.

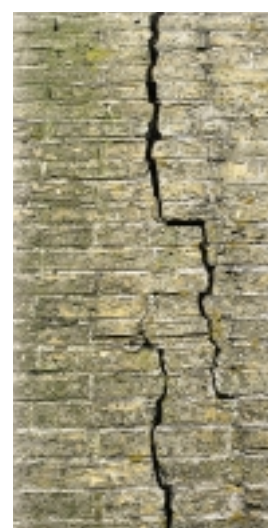
Expansie van vocht- en zoutbelaste baksteenconstructies

Wanneer vocht- en zoutbelast metselwerk onderhevig is aan vochtbewegingen, is het mogelijk dat er onder bepaalde omstandigheden en bij bepaalde poriënvolumes kristallisatiedruk optreedt. Door die druk kan het metselwerk scheuren. In de brochure *Oorzaken van schade aan baksteenmetselwerk en herstel 2* wordt nader op problemen met vocht- en zoutbelast metselwerk ingegaan.

Deze laatste drie oorzaken van scheuren kunnen als ze tegelijkertijd voorkomen elkaars werking versterken.

Roestend ijzer in baksteenconstructies

Het roesten van ijzer kan een zes tot acht maal zo groot volume aan ijzermateriaal tot gevolg hebben, waardoor de baksteenconstructie bezwijkt. Roestende verankeringen, doken en duimen in baksteenconstructies zijn verantwoordelijk voor zeer veel schade. De aan-



Scheur in een gevel wegens overbelasting



Detail van een torenwand met baksteenvullingen in een ander formaat steen, waardoor de mogelijkheid van een inboeting wordt beperkt. De venstervulling staat voor een deel los van het omringende werk



Scheuren ten gevolge van roestend ijzer

wezigheid van ijzer kan door middel van fysische detectie worden vastgesteld.

Onjuiste herstelmethoden

Er zijn baksteenconstructies die later geheel of gedeeltelijk voorzien zijn van een nieuwe buitenschil, vaak van steen en mortel van andere kwaliteit. De toegevoegde buitenschil is meestal niet dikker dan een halve steen. Bij torens en molens worden wel steensdikke schillen aangetroffen. Reden tot die maatregel was in de regel de slechte staat waarin het metsel- of voegwerk verkeerde. Vaak is de materiaal- en mortelkeuze naar de huidige inzichten een onjuiste gebleken, met als gevolg dat de nieuwe buitenschil los van de kern is komen te staan. Bij herstelwerken moeten de technische en hydraulische eenheid van stenen en mortel altijd worden nagestreefd.

VOORWAARDEN TOT HERSTEL

Allereerst dient de oorzaak van de schade te worden vastgesteld. Niet alleen een bouwtechnisch en -historisch onderzoek dient er plaats te vinden, maar ook een onderzoek naar factoren in de omgeving die van invloed geweest zijn. Pas wanneer de oorzaak van de schade is vastgesteld en ook is weggenomen, kan het herstel ter hand worden genomen.

HERSTELMETHODEN

Bij elk herstelwerk aan baksteenconstructies zal de technische en hydraulische eenheid van stenen en mortel moeten worden nagestreefd. Het is dan niet alleen van groot belang dat de baksteenconstructie op scheuren is onderzocht, maar ook dat het herstelwerk daarna volledig plaatsvindt. Uit de resultaten van het onderzoek zal blijken of de scheuren verborgen zijn of alleen aan de oppervlakte aanwezig zijn. Onzichtbare scheuren kunnen worden opgespoord door het metselwerk met een hamer te bekloppen. Een volledige klank duidt op metselwerk dat homogeen is. Een gebroken klank duidt op scheuren of openingen in de baksteenconstructie. Hieronder worden de volgende herstelmethoden beschreven: inboeten, injecteren, dilateren en het aanbrengen van extra verankeringen.

Inboeten

Onder inboeten wordt het in metselen van hele bakstenen verstaan op plaatsen waar bakstenen zijn gescheurd of waar de baksteenconstructie niet homogeen meer is. Het inboeten kan dus zowel aan de oppervlakte van het werk plaatsvinden als in het inwendige ervan. Het inboeten van metselwerk is tot op heden de beste methode van herstel gebleken. De uitvoering vergt een zorgvuldige voorbereiding, een goede afweging bij de keuze van de te gebruiken bakstenen en metselspecie, een deskundige uitvoering en een goede nazorg. De volgende aandachtspunten zijn daarbij van belang:

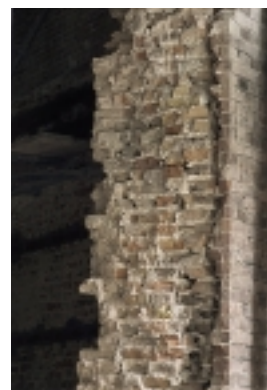
- Het is belangrijk het verband, de metseltekens en andere bijzonderheden zoals bouwsporen en onregelmatigheden door middel van het maken van tekeningen of foto's vast te leggen.



Inboetwerk in uitvoering (foto gemeente Haarlem)



Scheur ten gevolge van roestende duimen



Halfsteensmetselwerk voor oudere kernmuur



Metselwerk van baksteen en tufsteen in onregelmatig verband en formaat. Wil het herstel verantwoord plaatsvinden, dan is voorafgaand fotografische opname noodzakelijk

- De stenen die aangemerkt zijn om uitgehakt te worden, dienen strak en kantig te worden uitgehakt of uitgeboord.
- Hak daarbij geen te grote vlakken tegelijk uit, maar werk gedeelte voor gedeelte.
- Controleer de vochtigheidsgraad van het metselwerk. Te nat werk zal eerst moeten drogen, te droog werk moet worden bevochtigd.
- Verwerk eenzelfde soort steen en specie als werd aangetroffen, tenzij de aanwezige steen of mortel oorzaak was van de schade.
- Kies het juiste formaat steen. Gebruik geen achterwerkers, ofwel bakstenen van mindere kwaliteit, of binnenmuursteen aan de oppervlakte van het werk. Let er op dat de stenen niet verontreinigd zijn door roet, zouten, resten van verf, teer of een hydrofobermiddel.
- Sluit zo veel mogelijk het gebruik van mortels met uitsluitend cement als bindmiddel uit. Cementmortels zijn star, hebben een slecht watervasthoudend vermogen en introduceren bouw-schadelijke zouten in het werk, die tot vervolgschaden kunnen leiden. De kwaliteiten van kalkmortels worden steeds meer erkend. Nagenoeg alle oude baksteenconstructies zijn er in gemetseld. Kalk maakt de mortel goed verwerkbaar en levert een belangrijke bijdrage aan de ontwikkeling van de hechtsterkte, de elasticiteit van de baksteenconstructie en het reguleren van de vochthoudding. Kalk is onmisbaar voor het reguleren van alle processen die zich in de mortels afspelen, voor, tijdens en na de verharding van de specie.
- Handhaaf de juiste vochtigheidsgraad in het metselwerk en in de inboetstenen.
- Handhaaf zorgvuldig het metselverband, zowel in de breedte als in de diepte van het werk. Alleen op die wijze kan de technische eenheid van het werk worden bereikt. Dat betekent dat er geen beklampingen van half- of steenswerk kunnen worden aangebracht, ofwel een dunne verticale laag stenen voor de muur.
- Bescherm het verse werk gedurende en na het uitvoeren van het inboetwerk tegen regen, vorst en uitdroging door zon en wind.

Injecteren met mortel

In een beperkt aantal gevallen en onder bepaalde voorwaarden is het mogelijk de technische en hydraulische eenheid van een baksteenconstructie weer op peil te brengen door injectie met een mortel. De volgende aandachtspunten zijn daarbij van belang:

- Stel de soort mortel waarmee is gemetseld vast. Een laboratorium voor bouwonderzoek kan daarbij assisteren.
- De injectiemortel dient verwant te zijn aan de metselmortel.
- Selecteer een mortel die de hydraulische eenheid van het werk niet verstoort. Kunststhar-gebonden mortels zullen daarbij vaak worden uitgesloten. Kunststofmortels kunnen de hydraulische eenheid van het metselwerk in gevaar brengen. Dat is afhankelijk van de positie van de (gevulde) scheur in de constructie ten opzichte van het damp- en watertransport dat plaatsvindt. Op het grensvlak kan afzetting door zouten plaatsvinden met alle mogelijke gevolgen van dien. Niet alle kunststoffen zijn bestand tegen de hoge alkaliteit (pH) van cement-, basterd-, en kalkmortels.



Bescheiden inboetwerk in een gevel

- Injectiemortels op basis van kalk en kalktras kunnen in een aantal gevallen aangewend worden, waarbij in het oog moet worden gehouden dat niet-hydraulische mortels voldoende koolzuur moeten kunnen ontvangen om te verharderen. Bij gebruik van hydraulische mortels, zoals op basis van kalktras, moet voor het injecteren het omliggende werk goed worden bevochtigd. Dit om te voorkomen dat de stenen te veel water aan de specie onttrekken, waardoor deze niet goed kan verharderen.
- Lichte scheuren in met kalkmortel gemetselde gewelven kunnen worden gedicht door het werk vol te gieten met kalkmelk. De kalkmelk dringt in alle kieren en vult deze, zodat er weer een homogene massa ontstaat. Hierbij moet uitdrukkelijk aandacht worden geschonken aan de vochtverlast die daarvan het gevolg is: het werk moet voldoende de tijd krijgen weer te drogen. Wanneer schilderingen aanwezig zijn mag deze methode niet worden toegepast.

Dilateren

In een beperkt aantal gevallen kan volstaan worden met het handhaven van de scheuren door deze blijvend als dilatatie, ofwel uitzetvoeg, aan te merken. De volgende aandachtspunten zijn dan van belang:

- Handhaving van de scheur mag niet leiden tot handhaving van de onstabiele constructie.
- Meet tijdens de voorbereiding van het herstelwerk de breedte van de scheur, zowel bij hoge als lage luchttemperatuur.
- Ga na of de scheur nog in beweging is of tot stilstand is gekomen. Dat kan door het regelmatig noteren van gegevens die verkregen zijn middels scheurwijdtemeters.
- Raadpleeg zonodig een constructeur die ervaring heeft met het herstel van monumenten.
- Wanneer handhaving van de scheur geen gevaar oplevert, vul deze dan met dilatatiemateriaal of met een plastisch blijvende kit. Wees alert op uittreding van oplosmiddelen uit de kit naar het omringende metselwerk.

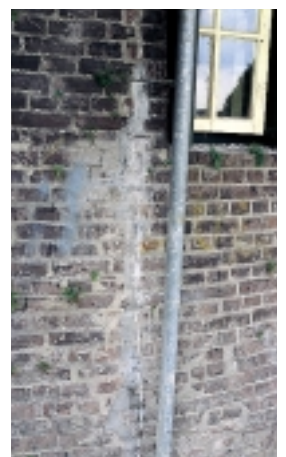
Aanbrengen van extra verankeringen

In sommige gevallen is het noodzakelijk extra verankeringen aan te brengen. De volgende aandachtspunten zijn daarbij van belang:

- Onderzoek de constructie en leg de onvolkomenheden vast.
- Toets de constructie aan de bouwvoorschriften.
- Ga na welke delen van de oorspronkelijke constructie zijn verdwenen en welke onderdelen een wijziging hebben ondergaan.
- Ga na of een reconstructie van verwijderde delen een volwaardige constructie kan opleveren en toets deze aan de bouwvoorschriften.
- Wanneer de reconstructie niet voldoet, breng dan conform de bouwvoorschriften en met inachtnaam van de waarden van het monument een nieuwe hulpconstructie in de vorm van een verankering aan.
- Daarna kan het metselwerk worden hersteld.



Metselwerk in kruisverband, deels verstoord door inboetwerk en cementspecie



Poging tot vulling van een 'dilatatiescheur'



Oorspronkelijk stonden de vensters boven de cordonlijst, waardoor het water goed afgevoerd werd. Door het verlagen van de vensters is er te weinig metselwerk over, met als gevolg een te grote waterbelasting op de korfboog en het metselwerk

SUBSIDIE

Het herstel van historisch metselwerk is in het kader van het Besluit rijkssubsidieëring restauratie monumenten 1997 in principe subsidiabel. Informatie is te verkrijgen bij de gemeente waarin het monument is gelegen.

In het kader van het Besluit rijkssubsidieëring onderhoud monumenten is het beperkt herstel van baksteenmetselwerk voor de daartoe in de regeling genoemde gebouwen subsidiabel.

INFORMATIE

Voor informatie en advies over dit onderwerp kunt u contact opnemen met de Rijksdienst voor de Monumentenzorg:

M. van Hunen, 030 · 69 83 285, m.vanhunen@monumentenzorg.nl

NUTTIGE ADRESSEN

Vakgroep Restauratie

Postbus 2079, 3800 CB Amersfoort
033 · 46 59 465, fax 033 · 47 90 769
info@vakgroepr restauratie.nl
www.vakgroepr restauratie.nl

Vereniging van handelaren in oude bouwmaterialen

Postbus 60, 1870 AB Schoorl
072 · 50 91 707

Vereniging Nederlandse Voegbedrijven

Dukatenburg 90-03, 3437 AE Nieuwegein
030 · 63 81 938

TNO Bouw

Postbus 49, 2600 AA Delft
015 · 27 63 000, fax 015 · 27 63 010
info@bouw.tno.nl
www.bouw.tno.nl

LITERATUUR

- Berends, G., 'Baksteen in Nederland in de Middeleeuwen', in: *Restauratievademecum RVblad Baksteen 02*, (1989) nr. 15, p. 1-18
- Beukel, A. van den, 'Bouwconstructies, Een inleiding in de constructieve veiligheid van monumenten', in: *Restauratievademecum RVblad Bouwconstructies 01*, (1990) nr. 18, p. 1-14
- Janse, H., 'Benamingen van Nederlandse metselbakstenen', in: *Restauratievademecum RVblad Baksteen 01*, (1989) nr. 14, p. 1-3
- Staal, J.P., 'Metselwerk en daarop aangebrachte afwerkklagen, Bouwhistorische beschouwing', in: *Restauratievademecum RVblad Metselen in baksteen 01*, (1986) nr. 5, p. 1-18
- Strijbos, H.M.M., 'Metseltekens, Figuren, tekens en symbolen in baksteenmetselwerk', in: *Restauratievademecum RVblad Metseltekens 01*, (1993) nr. 32, p. 1-18
- Wassenaar, W.O., 'Bouwconstructies, Stabiliteitsherstel bij monumenten', in: *Restauratievademecum RVblad Bouwconstructies 02*, (1990) nr. 19, p. 1-10

RDMZ info Restauratie en beheer nr. 4, oktober 1995, 2e druk oktober 1998, 3e druk september 2001, gewijzigde 4e druk december 2004
Redactie Frans van der Helm, Ries van Hemert, Jos van Rooden, Matth van Rooden, Margo van der Sluys en Dirk Snoodijk Tekst Matth van Rooden en Jos van Rooden
Tekeningen en foto's Matth van Rooden, tenzij anders vermeld Vormgeving B@seline, Utrecht
Druk Hoonse Bosch & Keuning, Utrecht. Voor bestelling van meerdere exemplaren:
InfoDesk 030 · 69 83 456 of info@monumentenzorg.nl. Aan deze uitgave kunnen geen rechten worden ontleend. ISSN 1566-705

RIJKSDIENST VOOR DE MONUMENTENZORG

Broederplein 41 · 3703 CD Zeist
Postbus 1001 · 3700 BA Zeist

☎ | 030 · 69 83 211
| 030 · 69 83 456 *InfoDesk*
☎ | 030 · 69 16 189
☎ | www.monumentenzorg.nl
| www.monumenten.nl
@ | info@monumentenzorg.nl