

OPLEIDING RESTAURATIEVAKMAN
MODERNE BOUWCHEMIE

Module Natuur- en Baksteenherstel

Yves Vanhellemont, Willem Van Peer, Nathalie Vernimme (eds)



OPLEIDING RESTAURATIEVAKMAN
MODERNE BOUWCHEMIE

Module Natuur- en Baksteenherstel

Yves Vanhellemont, Willem Van Peer, Nathalie Vernimme (eds)



COLOFON

Opleiding restauratievakman moderne bouwchemie

Module Natuur- en Baksteenherstel

Editors: Yves Vanhellemont (WTCB), Willem Van Peer, (FVB) Nathalie Vernimme (Onroerend Erfgoed)

Auteur basistekst: Hilde De Clercq (KIK) en Yves Vanhellemont (WTCB)

Technische ondersteuning: Hilde De Clercq (KIK)

Naleescomité: Kris Brosens (Triconsult), Andries Deknopper (Monumentenwacht Vlaams-Brabant), Wim Dombrecht (Rewah), Sven Ignoul (Triconsult), Filip Moens (FTB-Remmers), Sander Peters (Verstraete & Vanhecke), Dionys Van Gemert en Danny Versees (FTB-Remmers)

Lay-out: Els Jacobs (Onroerend Erfgoed)

Omslagfoto: Aanbrenging van de steenherstelmortel
© Rosa Lowinger and Associates

Deze module kwam tot stand door een samenwerking tussen het WTCB (Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf), het KIK (Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium) en het ingenieurs- en studiebureau Triconsult

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	7
1.1	WAAROM MOET STEEN HERSTELD WORDEN?	7
1.2	DOEL EN AANPAK VAN STEENHERSTELLING?	9
1.3	BEROEPSKENNIS	11
1.4	OPSOMMING VAN DE COMPETENTIES	13
2	HERSTELLEN VAN NATUURSTEEN OF BAKSTEEN MET EEN STEENHERSTELMORTEL OF -RESTAURATIEMORTEL	15
2.1	WANNEER PAS JE DEZE METHODE TOE?	15
2.2	VOORBEREIDING VAN DE ONDERGROND	20
2.2.1	Een gezonde ondergrond	20
2.2.2	Een ruw oppervlak	21
2.2.3	Een zuivere ondergrond	22
2.3	ANKERS	23
2.4	TYPES STEENHERSTELMORTELS	25
2.4.1	Bindmiddelen	25
2.4.2	Toeslagstoffen	27
2.5	HET AANMAKEN VAN DE MORTELS	29
2.6	OMGEVINGSOMSTANDIGHEDEN	32
2.7	HOE AANBRENGEN?	35
2.8	BEWERKING VAN DE MORTEL ALS DEZE NOG NIET IS UITGEHARD	36
2.9	BEWERKING NA UITHARDING	39
2.9.1	Bekappen, schuren en polijsten	39
2.9.2	Evaluatie van de herstelling	41
2.9.3	Aanpassen van het uitzicht van een herstelling	43
3	GEDEELTELIJKE VERVANGING VAN NATUURSTEEN	47
3.1	WANNEER PAS JE DEZE METHODE TOE?	47
3.2	VOORBEREIDING VAN DE ONDERGROND	50
3.3	STEENVERSTEVIGING	51

3.4	DE HERSTELLING MET NATUURSTEEN	52
3.4.1	Vervangmaterialen selecteren	52
3.4.2	Het nieuwe stuk steen in vorm brengen	53
3.5	ANKERS	55
3.5.1	Waarom? Wanneer?	55
3.5.2	Welke materialen kan je gebruiken?	55
3.5.3	Boren van gaten	55
3.5.4	Bevestigen van ankers in boorgaten (lijmen)	56
3.6	HET AANBRENGEN VAN HET NIEUWE STUK STEEN	57
4	GEHELE VERVANGING VAN NATUURSTEEN OF BAKSTEEN	59
4.1	WANNEER PAS JE DEZE METHODE TOE?	59
4.2	VERWIJDEREN VAN DE TE VERVANGEN MATERIALEN (NATUUR- STEEN, BAKSTEEN, MORTEL, VROEGERE VERANKERINGEN)	61
4.3	ANKERS	63
4.3.1	Algemeen	63
4.3.2	Ankers aanbrengen door opgieten met lood	63
4.4	VERVANGMATERIALEN	65
4.4.1	Natuursteen	65
4.4.2	Baksteen	65
4.4.3	Kunstmatige materialen	67
4.5	HET VOORBEREIDEN VAN DE NIEUWE STEEN	68
4.5.1	Bewerken tot de juiste grootte	68
4.5.2	Aanbrengen van anker gaten	70
4.6	METSELMORTEL	71
4.7	VOORBEREIDING VAN DE ONDERGROND, VLAK VOOR HET HERMETSELEN	71
4.8	UITVOEREN VAN DE STEENVERVANGING	71
4.8.1	Periode van de steenvervanging	71
4.8.2	Aanbrengen van de nieuwe steen	72
4.8.3	Opvoegen door 'doorstrijken'	73
4.8.4	Navoegen	74
4.8.5	Nabewerkingen	74

1 INLEIDING

1.1 WAAROM MOET STEEN HERSTELD WORDEN?

Stenen in metselwerk worden beschadigd omwille van heel diverse redenen:

- ▷ Inwerking van vorst waardoor stenen kunnen verpoederen, afschilferen of barsten.
- ▷ Aantasting door zure regen, waardoor de steen verpoedert.
- ▷ Aantasting door zouten, waardoor de steen verpoedert.
- ▷ Aantasting door dieren of planten (boomwortels).
- ▷ Vandalisme.
- ▷ Mechanische schade door aanrijdingen van voertuigen, of aardbevingen, oorlogsschade (kogels), ...
- ▷ Het roesten van ijzeren wapeningsstaven in de gevel, waardoor die uitzetten en de omringende steen en het metselwerk kapot drukken.
- ▷ Thermische spanning als gevolg van een brand waardoor stenen kapot kunnen springen.
- ▷ ...



FIGUUR 1: vorstschade bij baksteen metselwerk © KIK



FIGUUR 2: vorstschade aan natuursteen © KIK



FIGUUR 3: aantasting van natuursteen door zure regen: korstvorming (gips) aan de oppervlakte; daaronder verpoedert de steen © WTCB, **FIGUUR 4:** aantasting van natuursteen door zouten © KIK, **FIGUUR 5:** vorstschade aan natuursteen © KIK, **FIGUUR 6:** vlek- en scheurvorming door een roestend ijzeren element © KIK, **FIGUUR 7:** scheurvorming tengevolge van het roesten van ijzeren doken, die tijdens een vroegere restauratie aangebracht werden © KIK, **FIGUUR 8:** afscheuring van een groot stuk steen, door roestvorming rond een ijzeren element © WTCB

De nood tot het herstellen van beschadigde natuurstenen of bakstenen in metselwerk heeft, naast de vanzelfsprekende esthetische redenen, ook technische redenen:

- Stenen die hiaten - zoals scheuren of gaten - vertonen kunnen langs daar blootstaan aan allerlei verwerking. Regenwater kan er bijvoorbeeld naar binnen dringen en dan door inwerking van vorst nog meer schade aanrichten. Hiaten zijn ook ideale plaatsen waar planten kunnen groeien, waarvan de wortels nadien het gebouw nog meer beschadigen. Het is duidelijk dat het niet herstellen van beschadigde stenen op termijn kan leiden tot nog meer en/of grotere schade.
- Als gevelstenen beschadigd zijn kan dit op termijn leiden tot vallende brokstukken, die mensen kunnen verwonden en schade kunnen aanrichten aan het gebouw zelf, aan wagens of andere voorwerpen. Dus ook omwille van de veiligheid is het belangrijk om beschadigde metselstenen te herstellen.



FIGUUR 9: beginnende mosvorming in de scheur van een steen. Indien deze schade niet hersteld wordt, zal er steeds meer plantengroei in de scheur ontstaan. Die drukt het materiaal uit mekaar en verhoogt de schade. Ook omdat er door de grotere scheur steeds meer water naar binnen kan dringen © WTCB

1.2 DOEL EN AANPAK VAN STEENHERSTELLING

Het is niet het (eerste) doel van een steenherstelling om het gebouw er weer mooi, of zelfs ‘als nieuw’, te laten uitzien, alhoewel het uitzicht van het gebouw na de restauratie natuurlijk niet onbelangrijk is. Afhankelijk van de wensen in verband met het uitzicht van het gebouw, en voor zover materiaal-technisch aangewezen, kan worden bepaald of heel ver, of net niet ver, wordt gegaan in het herstellen van de stenen. Het gewenste uitzicht zal bepalen welke techniek wordt gebruikt om de stenen te herstellen. Doorgaans zullen, omwille van esthetische redenen, vooral herstellingen uitgevoerd worden aan hoeken, profielen of gebeeldhouwde elementen. Bij het herstellen van stenen wordt geprobeerd zo conserverend mogelijk te werken. Dit houdt

in dat in de eerste plaats wordt getracht een gebouw en zijn materialen zoveel mogelijk te behouden, en materialen pas te vervangen door nieuw materiaal wanneer behoud niet mogelijk of wenselijk is.

- ▷ Het meest conserverend is het gebruik van een steenherstelmortel. Met dergelijke mortel kun je een kleiner ontbrekend stuk steen opvullen, of de vorm namaken. De mortel dient hierbij uiterlijk zoveel mogelijk te lijken op de oorspronkelijke steen. Na het opvullen van ontbrekende delen met de mortel, werk je de mortel bij (voor of na verharding van de mortel) totdat het uitzicht van de vorm van de herstelling aansluit bij deze van de omringende steen. Dit is in theorie heel conserverend, aangezien je weinig van het oorspronkelijke materiaal moet verwijderen. In de praktijk moet je meestal toch wat oorspronkelijk steenmateriaal verwijderen om de aansluiting en hechting tussen de steen en de mortel te verzekeren.
- ▷ Minder conserverend is om een groter stuk van een steen volledig te vervangen. Daarbij verwijder je een deel van een steen, en plaats je daar een nieuw stuk steen van dezelfde steensoort met dezelfde vorm. Vervolgens kan je dit verlijmen of met mortel vastzetten.
- ▷ Uiteindelijk kan je ook beslissen om een ganse steen te verwijderen en een nieuwe steen met dezelfde vorm in te metselen. Dat is helemaal niet conserverend, en wordt best zo veel mogelijk vermeden. Maar vaak kan het niet anders, bijvoorbeeld wanneer een herstelling met een steenherstellingsmortel niet duurzaam genoeg zou zijn. Dat kan bijvoorbeeld het geval zijn bij geveldelen die heel erg aan vocht blootgesteld zijn (druiplijsten, vensterbanken, kroonlijsten, ...).

FIGUUR 10: twee mogelijkheden voor natuursteenherstel van een balustrade.

Links zie je een nieuwe baluster, die een (onherstelbaar beschadigde) oude baluster vervangt. Midden en rechts zie je oude balusters, die na een steenverstevinging werden bijgewerkt met een steenherstelmortel © WTCB



1.3 BEROEPSKENNIS

In dit deel wordt aangegeven welke kennis je allemaal nodig hebt om natuur- en baksteenherstel te kunnen uitvoeren.

Kennis van gereedschappen en hulpmiddelen

Kennis van de werking, de toepassingsmogelijkheden, de bediening, de veiligheidsvoorschriften en de onderhoudsvoorwaarden van het gereedschap:

- stoomgenerator
- lage- en hogedrukreiniger
- afzuigapparatuur
- spatel
- verfroller
- spons
- sproeiapparaat
- airlesspomp
- (diamant- of widia-)boormachine
- hamer en beitel
- truweel
- schoren
- injectie-apparatuur
- haakse slijpmachine

Kennis van de basisregels voor de montage van ladders en stellingen

- de basisregels voor de (de)montage van eenvoudige steigers, ladders en steunarmen
- het geschikte materiaal om te schoren

Kennis van het gebruik van afschermmaterialen

- voor stellingen
- voor niet te behandelen objecten of materialen

Kennis van grondstoffen

Kennis van de verschillende soorten grondstoffen, eigenschappen, samenstelling, het gebruik en de toepassingsmogelijkheden van:

- reinigingsmiddelen (granulaten, pasta's, water)
- lijmen (epoxy, polyester, polyurethaan, ...)
- verankeringsmiddelen (inox, koper, ijzer, glasvezelstaven, ...)
- restauratiemortel
- injectiemiddelen

Kennis van artefacten en hun historische achtergrond

Kennis van

- aangetast en gezond metselwerk
- de structuur van de te behandelen constructies
- de historische bouwmethodes
- wat waardevolle stukken zijn en er aandacht voor hebben dat ze gevrijwaard blijven

Kennis van plan lezen

Kennis van het lezen van

- overzichtsplannen
- werktekeningen
- detailtekeningen
- materiaalstaten

Kennis van rekenen

Kennis van

- optellen, aftrekken, delen en vermenigvuldigen
- de berekening van lengte, breedte, hoogte, oppervlakte

Talenkennis

Lezen en schrijven van de Nederlandse taal

Kennis van kwaliteitszorg

Kennis van bedrijfs- en productspecifieke kwaliteitsnormen

Kennis van veiligheid

Kennis van

- persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen
- veiligheidsvoorschriften (o.a. voor de specifieke grondstoffen)
- een ergonomisch verantwoorde houding
- de eventueel nodige verkeerssignalisatie
- het gebruik van nutsvoorzieningen (elektriciteit, water, ...)

Kennis van het milieu

Kennis van

- de principes van gescheiden afvalverwerking en recyclage
- de geldende milieunormen

1.4 OPSOMMING VAN DE COMPETENTIES

Hieronder wordt weergegeven wat de taken, deeltaken en bijhorende competenties zijn voor een restauratievakman moderne bouwchemie die natuur- en baksteen wil herstellen.

Plannen en organiseren van het eigen werk

Ontvangen en analyseren van de opdracht, hetzij schriftelijk, hetzij mondeling via architect, projectleider of ploegbaas

- kunnen lezen en schrijven
- kunnen begrijpen van de opdracht
- kunnen ter plaatse de opdracht inschatten
- kunnen lezen van plannen of werktekeningen

Ontvangen en kennis nemen van de planning

- kunnen lezen en schrijven
- kunnen interpreteren van de planning
- kunnen opmeten

Organiseren van de werkplek

Stellingen en ladders installeren

- kunnen (de)monteren van eenvoudige steigers, ladders en steunarmen
- kunnen inschatten of de steiger beantwoordt aan de vereisten van de uit te voeren taken (bijv. draagvermogen, gewicht van de last, stabiliteit van de ondergrond)

Afschermen van de stelling

- kunnen op een correcte manier aanbrengen van deze afschermingsmaterialen

Afschermen en beschermen van niet te behandelen objecten of onderdelen

- kunnen voorzien of en hoe er schade kan ontstaan
- kunnen op een correcte manier aanbrengen deze afschermmaterialen voor niet te behandelen objecten of onderdelen

Voorzien van de nodige grondstoffen en materieel

Klaarzetten van de nodige grondstoffen en materieel met betrekking tot de opdracht

- kunnen vaststellen welke grondstoffen en materieel nodig zijn
- kunnen gebruiksklaar installeren van de grondstoffen en het materieel

Bewaren van de grondstoffen en materieel volgens de voorschriften en omstandigheden

- kunnen inschatten van de mogelijke gevolgen van een gebrekkige bescherming

Voorbereiden van de ondergrond en van het vervangmateriaal voor natuursteenreparatie

Voorbereiden van de ondergrond

- kunnen verwijderen van broze of verpoederde delen tot het bereiken van de gezonde ondergrond
- kunnen verwijderen van restanten van ijzer uit het te herstellen oppervlak
- kunnen ruw maken van de ondergrond en eventueel voegen kunnen aanbrengen
- kunnen boren van gaten in bak- of natuursteen
- kunnen plaatsen van verankeringen met oxidatiebestendige materialen

Aanmaken van steenrestauratiemortel (mineraal of kunstharsgebonden)

- kunnen volgen van de richtlijnen van de fabrikant
- kunnen mengen van poeder, vloeistof en kleurpigment i.f.v. de ondergrond

Uitvoeren van de natuursteenreparatie

Herstellen van natuursteen met een steenrestauratiemortel (deze techniek wordt vooral toegepast op natuursteen, maar ook baksteen kan met een steenrestauratiemortel worden bijgewerkt)

- kunnen voorbevochtigen van de ondergrond (productafhankelijk)
- kunnen aanbrengen van een restauratiemortel met spatel of truweel
- kunnen in de juiste vorm brengen van de restauratiemortel volgens het te herstellen gedeelte

Vervangen van natuursteen met nieuwe natuursteen

- kunnen lijmen van het invulmateriaal aan het oorspronkelijke materiaal met een kunstharslijm
- kunnen aanbrengen van ankerstaven na het boren van gaten
- kunnen plaatsen van het vervangmateriaal in het metselwerk met een aangepaste mortel

Herstellen van de verloren eenvoudige profileringen (voor complexe profileringen wordt een beroep gedaan op steenkappers en beeldhouwers)

- kunnen werken naar een voorbeeld
- beheersen van de basistechnieken steenkappen
- kunnen bijkleuren van de restauratiemortel door schuren of patineren zodat de oorspronkelijke kleur en glans benaderd wordt.

2 HERSTELLEN VAN NATUURSTEEN OF BAKSTEEN MET EEN STEENHERSTEMORTELMORTEL OF -RESTAURATIEMORTELMORTEL

2.1 WANNEER PAS JE DEZE METHODE TOE?

Steenrestauratiemortels kunnen worden toegepast als er materiaalverlies door verwerking optreedt, maar enkel als de verwerking aanleiding geeft tot grote esthetische schade en/of een slechtere afwatering. Dan kan de herstelling loskomen, waarbij bovendien de onderliggende steen nog meer beschadigd wordt.

Als de beschadigingen aan de steen niet storend zijn en/of dusdanig dat deze de afwatering van regenwater niet belemmeren, dan is het beter om niets te doen. Meestal worden zo'n mortels dus enkel gebruikt om steendelen zoals hoeken of profileringen bij te werken. In het bijzonder voor gesculpteerde delen worden herstemortels veelvuldig toegepast.

Het is niet zo dat steenrestauratiemortels bedoeld zijn om grotere geveldelen 'uit te vlakken', of 'dicht te plamuren'. Dat is een toepassing waar dit soort mortels niet voor bedoeld is. Het risico bestaat bij een dergelijke toepassing dat de herstellingen na een relatief korte tijd loskomen. Het is immers mogelijk dat de droging van de achterliggende steen belemmerd wordt (hetgeen bijvoorbeeld het geval is met cementgebonden herstemortels). Dan kan de herstelling worden weggedrukt, waarbij bovendien de onderliggende steen nog meer beschadigd wordt.

Bij grotere vlakken beschadigde gevelstenen kan de ingreep best beperkt blijven tot een lichte

gevelreiniging, eventueel gevolgd door een verstevigende behandeling of steenconsolidatie als er sprake is van verpoedering. In die gevallen kan men de steen met zijn



FIGUUR II: een herstemortel die aangebracht werd als een plamuur op een beschadigde steen. Niet alleen zorgt dit voor een ongewenste verflakking van de gevel, bovendien wordt de laag relatief snel afgestoten omdat de laagdikte van de herstelling niet voldoende groot is © KIK



FIGUUR 12: schade aan de natuursteen na aanbrenging van een waterdampremmende herstelmortel op een vochtbelaste ondergrond: het vocht raakt opgesloten achter de herstelling, en zal in een vorstperiode schade aan zowel de natuursteen als de herstelling aanrichten © KIK

FIGUUR 13: voorbeeld van een profilering die met een steenherstelmortel gerestaureerd kan worden © WTCB

FIGUUR 14: schade aan een natuurstenen moneel waar het gebruik van een steenherstellingsmortel aangewezen is voor het steenherstel © KIK

FIGUUR 15: voorbeeld van een muurdeel waar met een steenherstelmortel enkel de hoeken werden bijgewerkt. Daar dragen de herstellingen bij aan de esthetiek, in plaats van storend te zijn © WTCB

verweerd uitzicht zichtbaar laten. Het volledig vervangen van grotere aantallen stenen in het gevelvlak strookt immers niet met de principes van erfgoedzorg.

Let op:

Het is belangrijk om je te realiseren:

- ☞ *Dat een herstelling met een steenrestauratiemortel bijna altijd zichtbaar zal zijn en dit des te meer naarmate de kleur en de textuur afwijkt van deze van de steen.*
- ☞ *Dat de steenherstellingen doorgaans anders verouderen dan de omringende steen als gevolg van:*
 - *Het uitspoelen van het pigment.*
 - *Een verschil in textuur tussen de herstelling en de omringende steen, waardoor de herstelde zone sneller of net trager vervuilt.*
 - *Verschillen in watertransportprocessen (meer bepaald waterabsorptie en droging), die aanleiding geven tot een verschillend verouderingspatroon. De herstellmortel is immers steeds een andere materie dan de steen zelf.*

Dus zelfs als je in het begin een perfecte herstelling hebt uitgevoerd, dan kan het nog zo zijn dat deze herstelling er na enkele jaren anders uitziet.



FIGUUR 16 EN 17: esthetisch storende herstellmortel aangebracht voor het dichtn van kogelgaten. Op sommige plaatsen wordt de mortel bovendien afgestoten (links) © KIK



FIGUUR 18 EN 19: door een verschillende veroudering van de steen en de herstellingen ontstaat een vlekkerig patroon © WTCB

Als er herstellingen uitgevoerd worden, met als enig doel de esthetiek van de gevel te verbeteren, dan moet er op gelet worden dat het resultaat niet het omgekeerde is, nl. dat het uitzicht van de gevel net verslechtert. Wanneer de herstelling zich als ‘vlekken’ over de gevel verspreidt en zichtbaar wordt, kan dit nog storender zijn dan de oorspronkelijke beschadigingen.

Het is ook belangrijk dat een steenrestauratiemortel niet toegepast wordt op delen van een gebouw die als functie hebben om de gevel tegen water te beschermen (kroonlijsten, druiplijsten, vensterbanken, dekstenen). Uit de praktijk blijkt dat de herstellingen op dergelijke onderdelen snel loskomen van de ondergrond.



FIGUUR 20: beschadigde vensterbank waarbij het gebruik van herstmortel geen duurzame optie is. Er zal immers heel wat water van de herstelling aflopen waardoor deze snel opnieuw zal beschadigd worden © KIK



FIGUUR 21: een dergelijke kroonlijst, die de gevel beschermt tegen vocht, kan niet duurzaam geres- taureerd worden met een herstmortel, omdat er teveel water vanaf loopt © WTCB

Samengevat:

*Met herstmortels kan je profileringen en details terugbrengen, en tegelijk de oorspronke-
lijke gevelmaterialen zo goed mogelijk conserveren.*

- ☞ Je gebruikt de steenherstmortels bij voorkeur enkel voor hoeken en profielen, waar de vormgeving van het gebouw van belang is.*
- ☞ Gevelelementen die blootstaan aan veel vocht kan je niet herstellen met een steenherstmortel. Die elementen zal je moeten vervangen door een nieuw stenen element.*

2.2 VOORBEREIDING VAN DE ONDERGROND

2.2.1 Een gezonde ondergrond

Het is belangrijk dat de herstmortel wordt aangebracht op een gezonde ondergrond. Dat wil zeggen dat deze samenhangend en niet bros moet zijn, en niet mag verpoederen. Verweerd steenmateriaal moet mechanisch verwijderd worden tot op de gezonde, onbeschadigde steen.

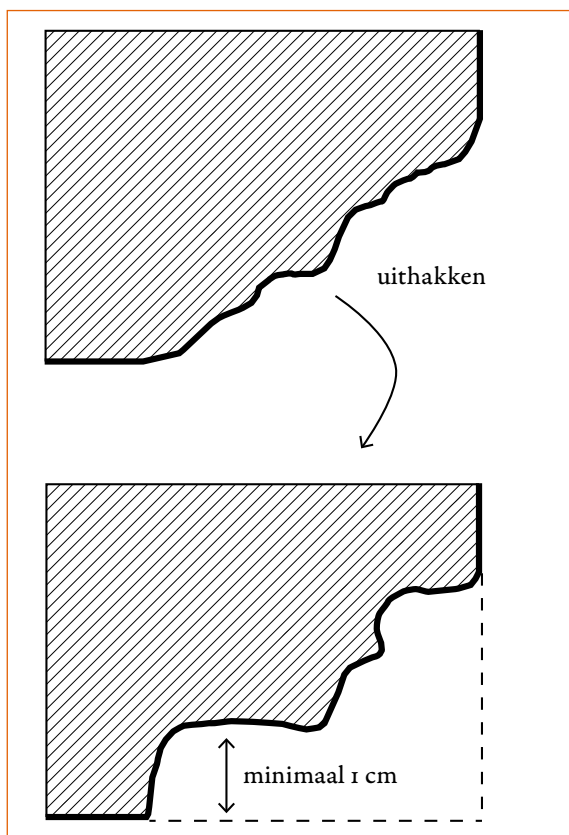
- Werk bij voorkeur met een pneumatische beitels of manueel met beitels en hamer.
- Slijp eventueel materiaal weg (maar dan moet je voorzichtig zijn om de omliggende steen niet te beschadigen).
- Verwijder metalen voorwerpen (oude schroeven, spijkers of krammen), want die kunnen beginnen roesten, verkleuringen veroorzaken of de herstmortel na een tijdje gaan beschadigen.

Het is niet altijd duidelijk of het steenoppervlak goed vasthangt aan de dieperliggende steen. Het gebeurt wel eens dat de oppervlaktelaag loshangt, zonder dat dat uiterlijk zichtbaar is aan het oppervlak. Het is dus altijd raadzaam om op het oppervlak te tikken met een metalen voorwerp. Als dit 'hol' klinkt, dan moet de loshangende oppervlakkige steenlaag verwijderd worden alvorens men de herstelling kan uitvoeren.

De meeste steenherstellingsmortels moeten in een minimale laagdikte worden aangebracht. Meestal is dat 1 cm, maar dat hangt af van het type mortel dat je gebruikt.

- Als de fabrikant van de mortel geen aanduiding geeft van de minimale laagdikte, kan je er best van uitgaan dat je minstens met laagdiktes van 1 cm dient te werken. Dat wil dus ook zeggen dat je bij het verwijderen van verweerd steengedeelte, bijna steeds ook wat gezond steenmateriaal dient weg te nemen. Het 'gat' dat je maakt moet diep genoeg zijn, en ook aan de randen van dit gat moet materiaal verwijderd worden, zodat de wanden van het gat loodrecht staan op het buitenoppervlak van de steen.
- Uitzonderlijk zal je toch moeten werken met kleinere laagdiktes. Dat is bijvoorbeeld het geval als het behoud van het oorspronkelijke materiaal zo belangrijk is,

dat men niet de minste bekapping toestaat. In die gevallen dient men zich te realiseren dat er een risico is dat de herstelling minder duurzaam zal zijn.



FIGUUR 22: schematische aanduiding hoe een te herstellen lacune bijgewerkt dient te worden (verwijderen van steen) vooraleer een mortel aangebracht kan worden

2.2.2 Een ruw oppervlak

Een steenherstelmortel hecht beter op een ruw dan op een glad oppervlak.

Als het verweerde steenmateriaal weggekapt wordt, dan is de ruwheid van het op te vullen gat meestal voldoende om een optimale hechting van de herstelmortel te krijgen.

Soms gebeurt het echter dat het op te vullen gat niet ruw genoeg is. Als de steen heel compact is, kan een afgebroken hoek ook een te glad oppervlak hebben. In die gevallen dient het te herstellen oppervlak wat ruwer gemaakt te worden door het te bekappen, of minstens wat inkepingen te maken met behulp van een hamer en beitel, of door een aantal kleine boorgaatjes te maken. Dat is een reeds eeuwen bestaande techniek om pleisterlagen beter te laten hechten op de ondergrond.

FIGUUR 23: inkepingen ter verhoging van de hechting van een pleisterlaag. Bij natuursteenherstel met een steenherstmortel zullen deze kleiner zijn, en minder diep. Maar het is toch belangrijk dat ze aangebracht worden, omdat ook bij natuursteenherstelling met een herstmortel de hechting erg belangrijk is © Triconsult



2.2.3 Een zuivere ondergrond

Een laatste belangrijk punt is de zuiverheid van de ondergrond. De ondergrond moet proper zijn vooraleer een herstmortel aangebracht kan worden, anders hecht de mortel niet goed.

- Als er stof afgezet is tijdens het kappen van het gat volstaat het meestal dat je perslucht gebruikt om het op te vullen gat vrij van stof en vuil te maken.
- Als het een bestaand gat betreft dat qua afmetingen reeds geschikt is om direct bijgewerkt te worden met een steenrestauratiemortel, dan is de kans groot dat de ondergrond vuil is (atmosferische vervuiling, stof, algen, mossen, ...). Ook dan is het best dat je dit gat zuiver maakt alvorens de mortel aan te brengen. Dat gebeurt bij voorkeur mechanisch, met een harde borstel, of door lokaal te zandstralen ('microstralen', zie [VANHELLEMONT²]). Heel vaak gebeurt het dat steenherstelling met een mortel kadert in een gevelrestauratiecampagne, waar er ook een gevelreiniging wordt gedaan. In die gevallen wordt het gat automatisch mee gereinigd, en is het klaar om nadien hersteld te worden met een steenrestauratiemortel.

Samengevat:

Vorbereiding is essentieel voor een duurzame herstelling:

- ☞ *Bijkappen van het op te vullen gat.*
- ☞ *Zorgvuldig verwijderen van alle verweerd materiaal.*
- ☞ *Opruwen van het hechtvlak.*
- ☞ *Schoonmaken van het hechtvlak.*

2.3 ANKERS

Bij grotere herstellingen, of bij overhangende herstellingen, met minerale mortels (zie 2.4.1), dienen de herstelmortels bijkomend aan de ondergrond bevestigd te worden met een anker. Het risico bestaat immers dat een herstelling loskomt, en dan moet vermeden worden dat deze naar beneden valt en schade aanricht. Bij herstellingen met kunstharsgebonden mortels (zie 2.4.1) worden doorgaans geen ankers gebruikt.

- ▷ Vooraf boor je gaten (ongeveer 5 mm diameter) in de te herstellen zone, met behulp van een geschikte steenboor (diamantboor, of widiaboer), om de ankers vast te zetten. Aangezien herstellingen met herstelmortels nooit heel groot zijn, is de richting en de exacte plaats van de ankers niet zo belangrijk. Ze dienen immers enkel om de herstelmortel steviger aan de ondergrond te bevestigen, en zeker niet om grote gewichten te dragen.
- ▷ Let er op dat je de plaatsen van de ankers zo kiest dat, eens de ankers zijn aangebracht, ze niet uit de herstelling steken. De ankers moeten, zodra de herstelling is uitgevoerd, helemaal onzichtbaar zijn. Het is immers helemaal niet praktisch om, nadat de herstelling is uitgevoerd, het uitstekende stuk van het anker te verwijderen. Bijna zeker beschadig je dan ook de omringende herstelmortel, en de doorgezaagde of doorgeslepen sectie van het anker zal nog steeds zichtbaar zijn.

Als ankers kunnen roestvrije schroeven (doorgaans roestvrij staal) worden gebruikt die in een kunststof plug geschroefd worden, geplaatst in het vooraf geboorde ankergat. Beter nog is het



FIGUUR 24: een schroef, in een kunststof plug, als anker voor een herstelling met een steenherstellingsmortel © WTCB

inlijmen van roestvrije draadstangen in vooraf geboorde anker-gaten. Zodoende vermijdt men dat, bij het uitsmeren van de herstelmortel, het anker kan ‘scheefgetrokken’ worden wat het risico verhoogt op scheuren en loskomen van de herstelmortel.

Vaak gebruikt men ook glasvezelstaafjes, die met een epoxylijm ingelijmd kunnen worden in de vooraf geboorde gaten. Dit type van verankering wordt vooral toegepast bij herstellingen met kunstharsmortels (zie 2.4.1).

Bij herstellingen van een grotere omvang worden tussen de verschillende ankerstaafjes draadjes uit messing bevestigd. Eens de herstelmortel is aangebracht, fungeren deze draadjes als een soort wapeningsnet.

Voor kleine herstellingen, of herstellingen met harsgebonden herstelmortels (zie 2.4.1) zijn bijkomende ankers niet vereist. Deze mortels hechten zodanig goed, dat het aanbrengen van ankers doorgaans de werken onnodig bemoeilijkt.

Samengevat:

-  *Ankers zijn een goed hulpmiddel om de herstelling duurzamer te maken.*
-  *Gebruik steeds ankers in een roestvrij materiaal.*
-  *Kleine herstellingen (in de orde van enkele centimeters) of herstellingen met harsgebonden mortels, kunnen uitgevoerd worden zonder anker.*

2.4 TYPES STEENHERSTEMORTELS

2.4.1 Bindmiddelen

Er bestaan twee groepen van bindmiddelen voor steenherstelmortels.

Aan de ene kant heb je mortels die gebruik maken van **kunstharsen**, zoals acryl, epoxy en polyester. Dit soort van steenherstelmortels heeft eigenschappen (zoals thermische uitzetting, wateropname, droging, ...) die behoorlijk ver liggen van deze van de meeste steenachtige materialen. Maar ze hebben wel een prima hechting op steen. Meestal worden ze dan ook zonder ankers toegepast. De goede hechting, gecombineerd met een thermische uitzetting die ver van die van steen ligt, kan er soms toe leiden dat de herstelmortel afscheurt, waarbij er dan ook een stukje steen mee afscheurt.

Aan de andere kant heb je mortels die gebonden worden door een **mineraal bindmiddel**. Minerale bindmiddelen zijn bijvoorbeeld cement, hydraulische kalk en luchtkalk. Een in België bijzonder vaak toegepast type van minerale steenherstelmortels, zijn zinkoxidemortels. Dit soort mortels heeft eigenschappen die heel dicht bij die van de steen liggen. Dat maakt hen heel geschikt voor gebruik op steen. Helaas kan het met de hechting van minerale herstelmortels op de steen al wel eens mislopen, zeker tijdens vorstperiodes. Het dient gezegd te worden dat de reparaties met zinkoxidemortels doorgaans nog het beste scoren binnen de groep van de minerale steenherstelmortels. Maar wegens de - in verhouding tot deze van harsgebonden herstelmortels - lage hechting, worden herstellingen met minerale steenherstelmortels meestal uitgevoerd met verankeringen.

De keuze voor een steenherstelmortel dient gemaakt te worden op basis van diverse criteria. Die zijn bijvoorbeeld:

- Welk soort steen wil je herstellen?
Als het om een hard en compact materiaal gaat (zoals graniet, blauwe hardsteen, keramische materialen,) dan kan je best een kunstharsgebonden herstelmortel gebruiken. Op een harde compacte steen is de hechting van een minerale herstelmortel immers minder goed. Bovendien is dan het risico op schade als een

kunstharsherstelling afscheurt ook vrij klein. Met een kunstharsgebonden mortel kan je gemakkelijker het compacte, vaak gladde of zelfs gepolijste, uitzicht van de natuursteen benaderen. Het nadeel is dan weer de hogere thermische uitzetting van kunstharsgebonden herstelmortels waardoor barsten kunnen ontstaan aan het hechtvlak. Dit geldt in het bijzonder voor donker getinte bouwstenen die zuidelijk georiënteerd zijn (in zomerperiodes zonlicht absorberen) en bijgevolg fel blootstaan aan thermische schommelingen.

Meer poreuze en korrelige stenen (witte kalk- of zandstenen, bakstenen) kun je beter herstellen met een minerale herstelmortel. Met zo'n mortel kan je veel beter het korrelige uitzicht van de steen benaderen.

- Hoe snel kan je verdergaan met het bekappen van de herstelling?
 - * Zinkoxidemortels harden heel snel uit. Het is dus perfect mogelijk dat je een mortel aanbrengt, en korte tijd nadien (in de orde van minuten tot een half uur) al kan beginnen bijwerken en behouwen (de mortel is dan nog niet helemaal verhard, maar wel al verwerkbaar).
 - * De courant gebruikte kunstharsgebonden steenherstelmortels hebben doorgaans hardingstijden in de orde van een aantal uren, en kunnen vaak op de dag van de aanbrenging verder bewerkt worden.
 - * Als het daarentegen noodzakelijk is trager te werken (bijvoorbeeld bij intensieve herstelwerken van beeldhouwwerk), dan is het gebruik van kalkmortels of kalk/cementmortels aangewezen. Die harden veel langzamer uit, en drogen ook veel trager uit dan zinkoxidemortels, waardoor bijwerken en corrigeren na een langere wachttijd (verschillende dagen tot weken) wordt uitgevoerd. Het gevolg is wel dat dit meer tijd in beslag neemt, en dat je minder vrijheid hebt qua periode van uitvoering (zie 2.6).

2.4.2 Toeslagstoffen

Een bindmiddel alleen is niet voldoende om een herstmortel te maken. Er dienen andere materialen toegevoegd te worden om de eigenschappen van de mortel te verbeteren. Ook belangrijk is het feit dat met toevoegingen het uitzicht (de kleur en de textuur) van de mortel kan wijzigen en zodoende ervoor kan zorgen dat de herstelling zoveel mogelijk lijkt op de oorspronkelijke steen.

Er bestaan verschillende toeslagstoffen:

- **Zanden**

Zanden worden veelal gebruikt in mortels die cementgebonden of kalkgebonden zijn. Het is aangewezen om samenstellingen te nemen die ook kunnen gebruikt worden als voegmortels.

Daarbij is de verhouding tussen de hoeveelheden bindmiddel en zand belangrijk:

- * Als er teveel bindmiddel is, zullen talrijke microscheurtjes ontstaan bij uitharding, en wordt de krimp van de mortel te belangrijk. In combinatie met regen en vorst zal de mortel dan snel beschadigd geraken.
- * Als er te weinig bindmiddel is, zal de mortel nooit de beoogde mechanische sterkte en compactheid behalen. Deze blijft dus ‘zanderig’, en is bovendien gevoeliger voor allerlei degradatiefenomenen, zoals vorst en zoutinwerking.

Ook het type zand is van belang:

- * Mortels met té fijn zand hebben meer bindmiddel nodig, en hebben daardoor een hoger risico tot krimp en scheuren. Als gevolg daarvan kunnen ze sneller verweren.
- * Mortels met té grof zand zijn dan weer moeilijk verwerkbaar.

Ook de hoeveelheid aanmaakwater is van belang:

- * te veel water zal resulteren in een te vloeibare mortel, die je moeilijk kan aanbrengen. Bovendien zal ook de kwaliteit van de mortel minder goed zijn. ‘Uitzakken’ van de granulaten, een te grote poreusheid en een snellere degradatie zullen het gevolg zijn.
- * te weinig water is ook niet aan te raden. De mortel droogt dan te snel uit, en kan aldus ‘verbranden’: de mortel is na uitharding zanderig, en zal sneller verweren.

Voor meer informatie over klassieke mortelsamenstellingen, zie [VANHELLEMONT¹].

- **Gemalen natuursteen**

Bij toeslagstoffen uit gemalen natuursteen wordt vaak steen van hetzelfde type als de te herstellen steen gebruikt, om ervoor te zorgen dat de herstellingen zo onzichtbaar mogelijk zijn. Dat heeft soms wel als nadeel dat de kwaliteit van de mortel wat vermindert. Als de oorspronkelijke natuursteen bijvoorbeeld vorstgevoelig is, dan is de kans groot dat de herstelmortel, die met die steen gemaakt wordt, ook wat minder duurzaam is.

- **Pigmenten**

Pigmenten worden toegevoegd om de kleur te corrigeren.

- **Andere toeslagstoffen**

Soms voegt men ook mica's (glimmers of kleimineralen) of glaspoeder toe om schitteringen in bepaalde natuursteen (zoals marmer, of granieten) te imiteren.

Koolstofpoeder wordt soms toegepast in mortels om blauwe hardsteen te herstellen.

Er zijn in dit veld heel wat mogelijkheden om te experimenteren, maar we raden toch aan om in het algemeen gebruik te maken van voorgedoseerde mengsels, die fabrikanten op de markt brengen. Voor diverse, veel voorkomende steensoorten, hebben de meeste fabrikanten mengsels op de markt die de steen goed benaderen. Het voordeel met die kant-en-klare mengsels is dat er reeds behoorlijk wat ervaring mee is. Het risico, dat de uiteindelijke steenherstelling niet duurzaam is wordt daardoor aanzienlijk gereduceerd. De herstelling moet dan uiteraard ook wel oordeelkundig aangebracht worden.

Samengevat:

- ☞ *De mogelijke samenstellingen zijn divers. Door bindmiddel en toeslagstoffen goed te kiezen, kan je bijna eender welk uitzicht voor de mortel verkrijgen.*
- ☞ *De mortel dient ook technisch te voldoen. Voor herstellingen met minerale mortel wordt er daarom vooral gebruik gemaakt van mortels op basis van zinkoxide.*
- ☞ *Je kan best voorgedoseerde mengsels gebruiken voor veel voorkomende steensoorten, dat geeft de beste garantie op kwaliteit. Zelf experimenteren met mortels kan, maar doe dat dan in samenspraak met de fabrikant.*

2.5 HET AANMAKEN VAN DE MORTELS

Er zijn heel wat kant-en-klare mengsels op de markt waarmee direct aan de slag kan gegaan worden. Ze zijn zodanig gedoseerd dat de verhoudingen tussen de verschillende componenten correct zijn. Voor heel wat verschillende types stenen bestaan er zo'n mortels, waardoor je snel een goed resultaat kan bekomen. Het is evenwel steeds aan te raden om ook met kant-en-klare mengsels een test te doen. Natuursteen is immers een heel heterogeen materiaal. Dus het is best mogelijk dat een mortel, die geoptimaliseerd is voor een bepaalde type steen, geen goede esthetische resultaten geeft op een andere steen. Daarnaast blijven er steentypes die in diverse tinten bestaan, zoals de ijzerzandsteen.

Om een maximale gelijkenis te verkrijgen kan je een beroep doen op de fabrikant, die voor een specifieke werf een adequate samenstelling kan voorstellen. Er moet daarbij wel rekening gehouden worden met een aantal zaken:

- De herstelling moet zo duurzaam mogelijk zijn. Als een mortel gemaakt wordt met een té fijn zand, dan zou het wel kunnen dat de herstelling goed lijkt op de steen, maar dat de mortel gemakkelijk kan bevriezen, en dat is ook niet de bedoeling.
- Het recept moet aangemaakt worden volgens de kleur van de natuursteen op een gereinigde gevel. Als de mortel de kleur van de niet gereinigde gevel krijgt, dan is deze op minder vervuilde gevels eigenlijk veel donkerder dan de omringende steen. Gedurende een periode zal de mortel dan een donkere vlek vormen. Als er dan nadien toch nog gereinigd zou worden, dan zou de mortel nog steeds donker afsteken ten opzichte van de omringende steen.
- De textuur van de herstelmortel identiek maken aan die van de steen is niet gemakkelijk en vraagt soms een uitgebreid vooronderzoek. Het gevolg van verschillen in textuur is dat de steenherstelmortel anders (trager of sneller) zal vervuilen dan de steen. Na een tijdje zal de mortel zich beginnen af te tekenen.
- Het is van belang dat steeds een aantal mortelstalen aangemaakt worden die aan de bouwheer en de architect voorgelegd worden. Deze stalen, waarover iedereen zijn akkoord dient te geven, zijn dan de referentie voor het geval er discussies over het uitzicht van de kleur of over de textuur zou ontstaan.

- Let er op dat de mortelstalen, die je voorlegt aan de betrokken partijen, al een nabehandeling hebben gehad. Verderop (zie 2.9.) beschrijven we hoe een herstelling nog nabewerkt (kappen, schuren) dient te worden. Daarbij verandert het uitzicht (textuur en kleur) nog lichtjes. Het is dat uitzicht dat geëvalueerd dient te worden.

Wees realistisch in je verwachtingen. Een mortel die in het begin exact lijkt op de steen, en nadien ook identiek veroudert, is quasi onmogelijk te maken:

- Pigmenten kunnen uitspoelen, waardoor je mortel er na een tijdje toch anders uit gaat zien. Dat valt vooral op bij herstelmortels voor heel donkere stenen, zoals voor ijzerzandsteen.



FIGUUR 25: ijzerzandstenen parament, hersteld met een steenherstelmortel. Na ettelijke jaren tekenen de herstellingen zich af, omdat ze bleker worden door het uitspoelen van de pigmenten © WTCB

- Als je de mortel modelleert zodat hij perfect op één steen in de gevel lijkt, lijkt hij niet noodzakelijk op een andere te herstellen steen in de gevel, want natuursteen is een materiaal dat geen constante kleur en textuur heeft. De kleur is ook afhankelijk van de oriëntatie van een gevel. Met één mortelrecept zal je steeds de herstellingen blijven zien. Je kan natuurlijk proberen om voor elke individuele steen een nieuw recept te maken, maar dat is in de praktijk nauwelijks doenbaar.
- Cementgebonden en kalkgebonden mortels kunnen in de loop van de tijd wat verbleken door kalkuitbloei.
- Kunstharsgebonden mortels kunnen vergelen.

- Zinkoxidemortels zijn in de eerste weken of maanden nadat je ze hebt aangebracht wat donkerder, omdat deze mortels hygroscopische zouten bevatten, en wat vochtig zijn. Dat effect verdwijnt na een tijd, waardoor ze iets lichter van kleur worden. Het gebeurt ook dat de oorspronkelijke steen rondom de herstelling wat donkerder kleurt, omwille van dezelfde reden.

Algemeen worden steenherstelmortels aangemaakt zoals gewone metselmortels: dat wil zeggen dat eerst de droge componenten gemengd worden, en vervolgens de vloeistoffen toegevoegd worden. Voor een herstelmortel op basis van hydraulische kalk wil dat dus zeggen dat eerst de kalk en het zand en eventueel de pigmenten gemengd worden (voor zover deze droog zijn), en vervolgens het benodigde water wordt toegevoegd om de gewenste consistentie te verkrijgen. Kijk goed naar de aanbevelingen van de fabrikant. Het is uiterst belangrijk dat de door de fabrikant voorgeschreven werkwijze heel precies wordt gevolgd: de kwaliteit, het uitzicht en de duurzaamheid van de herstelling hangen ervan af.

Zinkoxidemortels en twee-componenten kunstharsgebonden mortels worden aangemaakt door twee componenten bij mekaar te voegen en goed te mengen. Voor beide types mortel moet je erop toezien dat je niet teveel mortel ineens maakt. Het zijn mortels waarvan de binding vrij snel begint. Eens de binding ingezet is, begint de mortel op te stijven en mag deze niet teveel meer verwerkt of bewerkt worden. Anders zou de uitgeharde mortel immers aan kwaliteit verliezen. Je mag daarom maar zoveel mortel aanmaken als je kan verwerken.

Belangrijk:

- ☞ *Volg nauwgezet de aanbevelingen van de fabrikant voor het aanmaken van de mortel.*
- ☞ *Maak niet teveel mortel aan, net genoeg om nog te kunnen verwerken in de verwerkingstijd (aangegeven door de fabrikant).*
- ☞ *Wees realistisch: een exact lijkende mortel is wel de doelstelling, maar het zal zelden zo zijn dat je erin slaagt om de mortel exact te laten lijken op de steen.*

2.6 OMGEVINGSOMSTANDIGHEDEN

Vooraleer de mortel aangebracht wordt, dient te worden nagekeken of de ondergrond geen voorbevochtiging nodig heeft.

- Als je met hydraulische bindmiddelen (cement, kalk) werkt, dan moet de ondergrond lichtjes voorbevochtigd worden, aangezien de mortel anders kan ‘verbranden’. Bij dat proces zuigt de ondergrond het vocht uit de verse mortel, waardoor die niet meer goed kan verharderen.

De ondergrond mag ook niet té nat zijn. Er mag geen waterfilm op het steenoppervlak blijven staan. Als de steen te nat is, dan dient deze eerst wat te drogen.

- Bij zinkoxidemortels zie je meestal dat de ondergrond bevochtigd moet worden met de vloeistof die je ook bij het droge poeder giet. Bij deze mortels geldt zeker dat je de richtlijnen van de fabrikant moet opvolgen, elk producttype is immers anders. De ondergrond moet vochtvrij zijn. De ondergrond kan als voldoende droog worden beschouwd als er gedurende 3 dagen geen neerslag is geweest, en de drogingsomstandigheden als normaal beschouwd kunnen worden (dus geen nevelig of mistig weer).
- Kunstharsgebonden mortels moeten aangebracht worden op een perfect droge ondergrond! Vaak wordt wel aangeraden om een hechtingsprimer te gebruiken bij dit soort van mortels. Volg hierbij steeds strikt de aanbevelingen van de fabrikant. De criteria om te bepalen of ondergrond voldoende droog is, zijn dezelfde als bij zinkoxidemortels (zie hier boven).

Algemeen geldt dat de temperatuur niet te hoog of te laag mag zijn: minimum 5°C, en bij voorkeur meer dan 10°C; ideaal is 15 à 20°C. Bovendien mag er niet teveel zon of wind zijn, want dan gebeurt de droging van de mortels te snel. Voor sommige mortels zijn die criteria wat minder streng, maar lees dit altijd best na in de technische informatie van de fabrikant.

Ook tijdens de uitharding van de mortel spelen de omgevingsomstandigheden een rol. Als je traag hardende mortels gebruikt (zoals kalkmortels of kalkcementmortels), dan moet je er rekening mee houden dat het weer in de maand(en) na de aanbrenging niet te koud mag worden. Je moet er dus zeker van zijn dat het niet kan gaan vriezen in de maand na de aanbrenging van de mortel. Daardoor ben je verplicht om herstellingen met een kalk- of cementgebonden

mortel enkel uit te voeren van ongeveer begin april tot eind september. Die regels zijn dezelfde als die voor het opvoegen van metselwerk (zie [VANHELLEMONT¹]).

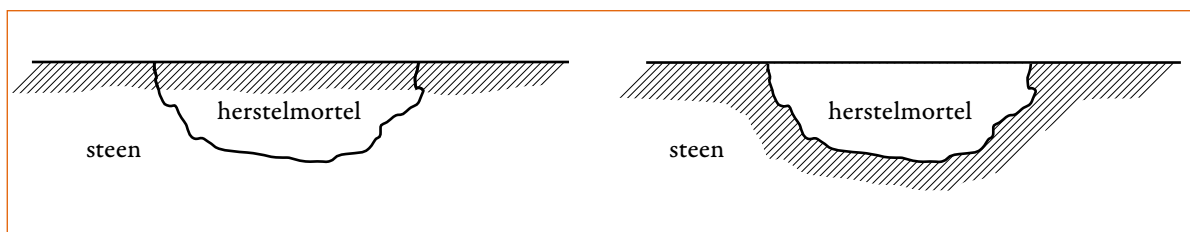
Voor harsgebonden of zinkoxidemortels kan het aanbrengen in principe ook op andere momenten in het jaar gebeuren. Deze mortels harden immers zo snel uit (we spreken over enkele uren tot een dag) dat je geen rekening moet houden met een eventuele koudere periode die kan plaatsvinden in de volgende dagen. Dit soort mortels kan je in principe dus zelfs aanbrengen in een relatief warme en droge periode in de vroege lente of late herfst. Hou er wel rekening mee dat er ook temperatuursvereisten zijn: aangezien de ideale aanbrengingstemperatuur 15°C à 20°C bedraagt, zal een toepassing onwaarschijnlijk zijn in de winterperiode.

Een laatste, maar heel belangrijke opmerking gaat over het gebruik van steenverharders (steenconsolidanten).

- ▷ Als je aan een gevel aan het werken bent, waarop eerst een steenverharder is aangebracht, dan moet je voldoende lang wachten tussen het aanbrengen van de steenconsolidant en de herstelling met een minerale herstelmortel. Die periode bedraagt doorgaans minstens een maand. In die periode is de met steenversteviger behandelde ondergrond nog waterafstotend. Als je de herstelmortel té snel aanbrengt, dan bestaat het risico dat de hechting op de nog waterafstotende ondergrond onvoldoende is, en dat deze na korte tijd los zal komen. Je kan snel testen of een ondergrond nog waterafstotend is. Je kan wat water vernevelen over het steenoppervlak (bijvoorbeeld met een sproeibus om water over planten te vernevelen). Als de druppeltjes als parels aan het oppervlak blijven hangen, dan is de ondergrond nog waterafstotend. Een steenherstelling met een minerale herstelmortel is op dat moment niet aangewezen.
- ▷ Je mag hieruit niet besluiten dat je beter helemaal geen steenversteviger toepast. Een herstelmortel hecht immers enkel goed op een samenhangende, niet verpoederende, ondergrond. Door een verpoederende ondergrond niet te verstevigen, maar wel te herstellen met een mortel, loop je eveneens het risico dat de herstelling los zal komen.
- ▷ Je zou dit probleem kunnen omzeilen door eerst de steenrestauratiemortel aan te brengen, en dan pas de gevel te behandelen met een steenverstevigingsmiddel. Dat is evenwel niet aan te raden: Veronderstel dat je een 'gat' in de gevel opvult waarvan de

wanden een steenversteving nodig hebben. Als je eerst de steenrestauratie uitvoert, en dan pas de steenversteving, dan kan het steenverstevigingsproduct niet meer diep genoeg doordringen om de steenmassa onder de herstelling bereiken. Dat zal de duurzaamheid van de herstelling niet ten goede komen, aangezien de onderliggende steen niet voldoende stevigheid bezit.

- Bovendien is het zo dat een steenversteving het uitzicht van een materiaal lichtjes kan verstoren. Dat hangt onder meer af van de samenstelling en de micro-structuur van het materiaal. Als je dus een steenversteving uitvoert, nadat je een steenrestauratiemortel hebt aangebracht, dan bestaat het risico dat je herstelling zich alsnog zal aftekenen tegen de omringende steen. Alle moeite, die gedaan is om de steenherstelmortel zo gelijkend mogelijk te maken, is dan voor niets geweest.



FIGUUR 26: bij een steenverstevende behandeling na het uitvoeren van de steenherstelling, zal een deel van de herstelling versteefd worden. De verweerde steen onder de steenherstelling zal evenwel niet behandeld worden (links). Daarom dient een steenverstevende behandeling voor een steenherstelling uitgevoerd worden. In dat geval zal, zoals het hoort, alle verweerde steen behandeld worden (rechts).

Samengevat:

- ☞ *Kijk goed na of de mortel die je gebruikt een voorbevochtiging van de ondergrond nodig heeft. Dat hangt af van het gebruikte product.*
- ☞ *Zinkoxide- of harsgebonden mortels harden snel uit, maar andere types niet. De verwerking van die laatste types in de late herfst of winter wordt compleet afgeraden, want het risico dat de nog niet uitgeharde mortel dan bevroert, is te groot.*

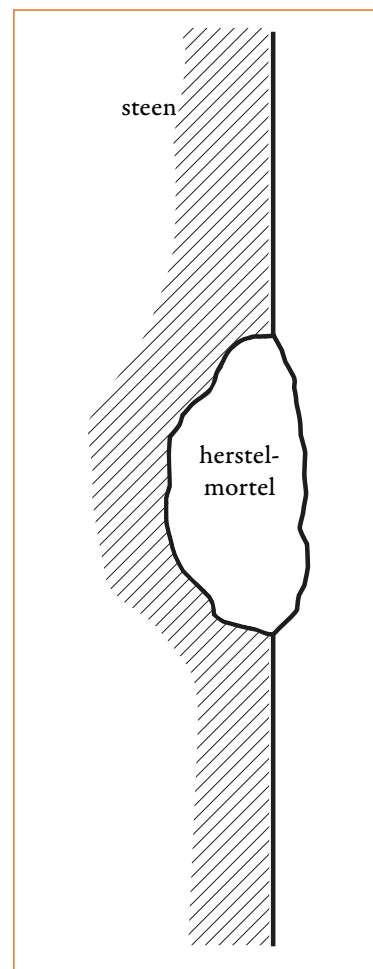
2.7 HOE AANBRENGEN?

- ▷ De mortel breng je aan met een spatel of truweel. Bij voorkeur werk je in dunne lagen die je op mekaar aanbrengt. Op die manier ben je zeker van een goede vulling van het gat, zonder dat je holtes in de mortel krijgt. Doorgaans wordt aangeraden om in lagen van maximaal 2 cm te werken, maar kijk ook hier vooral naar de technische fiches van de fabrikanten, want hun aanbevelingen kunnen verschillen van deze algemene richtlijn.
- ▷ Er moet altijd iets teveel mortel aangebracht worden. Meestal breng je zoveel mortel aan zodat de herstelling 1 à 2 mm boven de te restaureren steen uitsteekt. Dat is nodig, want na uitharding van de mortel dienen er meestal nog andere bewerkingen te gebeuren (bekappen, polijsten, ...).
- ▷ Let er steeds op dat er geen herstellmortel terecht komt op de omliggende steenoppervlakken. Mortelvlekken zijn moeilijk te verwijderen, ook als de mortel nog niet is uitgehard. En dat is in het bijzonder het geval voor harsgebonden herstellmortels.



FIGUUR 27: aanbrenging van de mortel © Rosa Lowinger and Associates

FIGUUR 28: schematische voorstelling van een overdikte bij het aanbrengen van de mortel



2.8 BEWERKING VAN DE MORTEL ALS DEZE NOG NIET IS UITGEHARD

Zodra een minerale mortel is aangebracht, en nog niet is uitgehard, kunnen voeginsnijdingen worden aangebracht. Dat gebeurt als er grote herstellingen moeten uitgevoerd worden, die zich uitstrekken over meerdere gevelstenen. Het is immers de bedoeling dat de herstelling zich integreert in het gevelvlak, dus het voegenpatroon dient door te lopen over de herstelling, anders wordt deze té zichtbaar.

FIGUUR 29: voorbeeld van een grote herstelling met een steenrestauratiemortel, met voeginsnijdingen © WTCB



- Je kan, als de herstmortel pas is aangebracht, de bestaande voegen ‘doortrekken’ over de herstelling met een voegijzer. In principe is dit voldoende om het voegenpatroon te vervolledigen.

Het is evenwel zo dat dergelijke grote herstellingen, door de krimp van minerale herstmortels, kunnen barsten. In die gevallen is het nuttig als we kunnen ‘aansturen’ waar dergelijke scheuren zich kunnen voordoen. Krimpscheuren treden meestal op waar de herstmortel dun is aangebracht. Dus je kan bijvoorbeeld het volgende doen:

- Je brengt de herstmortel aan over de volledige te herstellen oppervlakte (1 à 2 mm overdikte ten opzichte van de omringende natuursteen).
- Voordat de mortel té hard is geworden (bij zinkoxidemortels is dat al na enkele tientallen minuten, bij kalk- of cementgebonden mortels heb je meer tijd) snijd je de herstelling in, op de plaats waar later een voeg moet komen. Verwijder voldoende mortel opdat de voeg die je bekomt, even breed is als de voegen van het omliggende metselwerk. De diepte van die insnijding of uitholling is minstens een centimeter, die-

per mag ook. Als er bij de uitharding van de herstmortel nu een krimpseur zal ontstaan, dan zal deze ontstaan in de uitsnijding.

- Nadat de herstmortel compleet is afgewerkt (zie hieronder), kan de insnijding opgevoegd worden met een voegmortel, alsof die insnijding een 'gewone' voeg tussen twee stenen is. De krimpseur die in de insnijding is ontstaan, wordt zo afgesloten en kan later dus ook geen water meer binnenlaten. De herstelling is op die manier een stuk duurzamer geworden.
- Als je te maken hebt met een 'vlak' steenoppervlak (zonder steenbehouwing op de natuursteen, zoals een frijnslag of een bouchardering), dan kan je, zodra de mortel al een beetje is uitgehard (bij zinkoxidemortels en harsgebonden mortels gebeurt dat al na tien of meer minuten) wat overtollige dikte van de mortel wegnemen met een spatel, tot een diepte die bijna gelijk is met het omringende steenoppervlak. Dat zal het nodige schuurwerk achteraf (zie hieronder) aanzienlijk verminderen.
- Heb je evenwel te maken met een natuursteen waar er wél een bouchardering of frijnslag (of andere steenbehouwingstechniek) zichtbaar is, dan kan je die overdikte van 1 à 2 mm beter laten zitten. Het zal je immers toelaten om de steenherstelling mooi af te werken (zie volgende deel).



FIGUUR 30: voorbeeld van een nauwelijks zichtbare herstmortel, waarvan ook de behouwing goed aansluit bij de behouwing van de omringende steen © KIK

Het 'imiteren' van een steenbehouwingstechniek op de mortel van een steenherstelling, door het inkerven van de steenbehouwing in de nog niet uitgeharde steenherstelmortel, is niet aan te raden! Het visuele effect van een inkerving in een natte mortel is niet hetzelfde als het effect van een échte steenbehouwing. De herstelling zal zo te veel opvallen.



FIGUUR 31, 32, 33:
het 'inkerven' van een behouwing in de nog niet uitgeharde mortel geeft doorgaans een onvoldoende esthetisch resultaat © WTCB

Samengevat:

-  *Het aanbrengen van voegen kan vrij snel na aanbrenging van de mortel.*
-  *Je kan de mortel al wat bijwerken als deze nog niet is uitgehard.*
-  *Het compleet afwerken (behouwen, of in alle details sculpteren) dient te gebeuren na volledige uitharding. Anders loop je het risico dat de herstelling minder kwalitatief is, en dat ze ook esthetisch minder voldoet.*

2.9 BEWERKING NA UITHARDING

2.9.1 Bekappen, schuren en polijsten

Bekappen, schuren en polijsten kan gebeuren na volledige doorharding van de mortels:

- Voor harsgebonden mortels gebeurt dat na ongeveer 6 uur.
- Voor zinkoxidemortel is dat na ongeveer 24 uur.
- Voor kalk-of cementgebonden mortels dien je dagen tot weken (en soms zelfs maanden) te wachten.

Een nabehandeling is altijd vereist. Het is immers zo dat de aangebrachte mortel aan het oppervlak altijd een ander uitzicht zal hebben dan dieper in de mortel: de kleur kan verschillen, de granulaten kunnen minder zichtbaar zijn, Door een mechanische nabehandeling kan je die aan het oppervlak brengen, en krijg je een betere benadering van de textuur van de oorspronkelijke steen.

Schuren gebeurt als de herstellende steen een effen oppervlak heeft, zonder frijnslag of andere steenbehouwingstechniek. De korrelgrootte van het schuurmiddel (schuurpapier, schuurtex-tiel of andere) zal bepalen wat de oppervlaktetextuur wordt van de herstelling na bewerking.

Die dient, qua ruwheid, zo dicht mogelijk aan te sluiten bij de textuur van de omringende natuursteen. Schuren is daarom het absolute minimum, het dient steeds te gebeuren.

Harsgebonden steenherstelmortels kunnen, na afschuren, gepolijst worden, met behulp van polijstpasta's. Dit kan zowel manueel als machinaal. Het polijsten is uiteraard enkel aangewezen als de omringende steen ook gepolijst is. Door steeds fijnere polijstpoeders te nemen kan de glans van de herstelling verhoogd worden. Deze dient uiteraard zo goed mogelijk aan te sluiten bij de polijstglans van de steen zelf.



FIGUUR 34: overdikte bij het aanbrengen van een harsgebonden restauratiemortel © WTCB

FIGUUR 35: dezelfde harsgebonden herstellmortel, die na uitharding gepolijst werd © WTCB

Als de herstellde natuursteen een bekapping of behouwing vertoont, dan dient de steenherstelling dezelfde behandeling te ondergaan teneinde ze visueel zo goed mogelijk in te passen in het gevelbeeld. Deze behouwing (boucharderen, frijnen, bikken,) gebeurt eveneens na volledige uitharding van de herstellmortel, en gebeurt met precies hetzelfde steenhouwersmateriaal als voor de behouwing van echte natuursteen, met behulp van hamer en beitels, ceseel, gradeerijzer, ... manueel of pneumatisch.

2.9.2 Evaluatie van de herstelling

Volgend op de nabewerkingen van de herstelmortel, dient er een evaluatie te gebeuren. Doorgaans veranderen de mortels nog van uitzicht in de periode na deze nabehandelingen.

Voor harsgebonden mortels kan een beoordeling al na 7 dagen gebeuren.

Bij zinkoxidemortels kunnen de hygroscopische componenten (die de herstelling wat kunnen verdonkeren) deze vroege beoordeling bemoeilijken. Een beoordeling na 7 dagen kan daarom wel problematisch zijn. Een langere termijn is dan ook aan te raden.

Cementgebonden herstellingen kunnen pas na een maand beoordeeld worden.

Kalkgebonden mortels kunnen vaak maanden na de aanbrenging nog licht van uitzicht veranderen, dus een voldoende lange termijn tussen het aanbrengen van de mortel, en de beoordeling, is aan te raden.

Bij de beoordeling van een herstelling zijn volgende punten van belang:

- **Kleur**

Sluit de kleur van de herstelling voldoende aan bij deze van de omringende steen?

In geval van discussie dient de vergelijking gemaakt te worden met het staal dat aan het begin van de restauratiewerken werd goedgekeurd door de bouwheer of architect. In geval van blijvende discussie kan een kleurmeting uitsluitsel brengen.

- **Textuur**

Sluit de oppervlaktetextuur van de herstelling voldoende aan bij die van de omringende steen? Hierin nemen we ook eventuele polijsting, opschuring of steen behouwwerken mee. Als het om een gepolijst oppervlak gaat, dan kan een glansmeting de discussie beslechten.

- **Krimpscheuren**

Zijn er krimpscheuren, en zo ja, bevinden deze zich in de vooraf aangebrachte voegen? Een krimpscheur aan het oppervlak van een herstelling is niet aanvaardbaar als ze aanleiding geeft tot regeninfiltratie. Wanneer regenwater naar binnen kan dringen, kan de herstelling immers te snel degraderen.

- **Hechting**

Hecht de herstelling voldoende aan de ondergrond? De hechting kan in eerste instantie getest worden door het betikken van de herstelling. Deze mag zeker niet bewegen, en er mag ook geen ‘holle’ klank zijn. In tweede instantie kan er een hechtproef worden uitgevoerd. Daarbij wordt een metalen ‘pastille’ gekleefd op de herstelling, die nadien wordt losgetrokken. Uit de kracht, nodig om de pastille (met de herstelling) los te trekken, kan de hechtsterkte worden bepaald. We willen er hier op wijzen dat, hoewel de hechtsterkte belangrijk is, men zich niet mag blindstaren op die waarde, aangezien ze door heel wat factoren wordt bepaald, en het niet automatisch goed is als de hechtsterkte groot is. Belangrijk is evenwel dat, als de herstelling losscheurt, dat ze dan zo weinig mogelijk steen mag meentrekken.



FIGUUR 36: aftekening van een recente herstelling, door hygroscopisch vocht in de herstelling © WTCB

Het is belangrijk om een voldoende dosis realisme aan de dag te leggen bij deze beoordelingen:

- Het is moeilijk om een behouwing op een herstelmortel precies hetzelfde te maken als de oorspronkelijke behouwing op de steen.
- Men dient zich te realiseren dat een herstelling op termijn zal verouderen en patineren. Het is mogelijk dat de patinering ervoor zal zorgen dat verschillen tussen de steen en de herstelling zullen vervagen. Maar het is eveneens mogelijk dat verschillen nog geaccentueerd zullen worden op termijn.
- Tevens is het mogelijk dat een quasi perfecte herstelling zich op termijn toch zal beginnen aftekenen, door vervuiling, of door het uitspoelen van pigment.
- Tenslotte moeten we erop wijzen dat, alhoewel kleur- en glansverschillen en de mate waarin deze zichtbaar zijn kwalitatief worden bepaald, de perceptie van ‘gelijkenis’ tussen een herstelling en de natuursteen heel subjectief is.

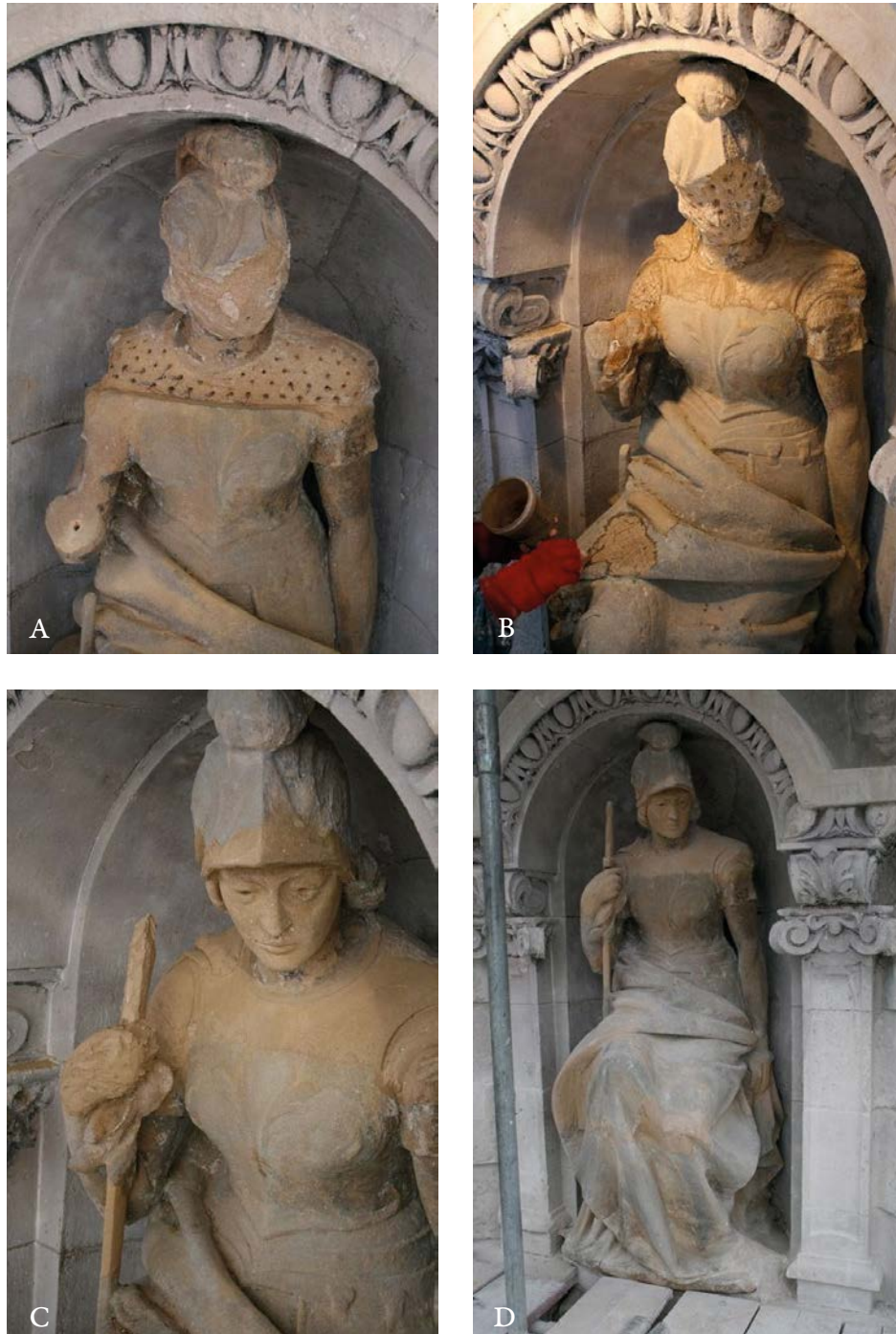
2.9.3 Aanpassen van het uitzicht van een herstelling

Als er geoordeeld wordt dat de herstelling toch niet voldoende gelijkenis vertoont met de oorspronkelijke steen, dan zijn er een aantal middelen om één en ander recht te trekken:

- Een verschil in glans kan eenvoudig opgelost worden door de herstelling te herpolijsten met een fijner of ruwer polijstmiddel, naarmate de glans verhoogd of verlaagd dient te worden.
- Hetzelfde geldt voor een geschuurd oppervlak: een herstelling kan een fijnere, of net grovere, oppervlaktetextuur bekomen door gebruik van het juiste schuurmiddel.
- Als de kleur als te nieuw wordt ervaren, kan een patinering gebeuren. Dit gebeurt met specifieke producten voor patinering. Ze impregneren oppervlakkig de herstelling, om een lichte kleurverschuiving te bekomen. De duurzaamheid ervan is afhankelijk van de gebruikte producten.

Als er een fundamenteel, onherstelbaar probleem is met de herstelling, dan zit er meestal niets anders op dan ze te verwijderen en een nieuwe herstelling uit te voeren. Dit dient echt als laatste redmiddel toegepast te worden. Een herstelling met een steenrestauratiemortel hecht initieel immers goed op de ondergrond, zeker als deze recent is aangebracht. Het verwijderen van de herstelling brengt onvermijdelijk schade toe aan het oorspronkelijke steenmateriaal rondom

de herstelling, aangezien er stukjes oorspronkelijk steenmateriaal meegetrokken zullen worden. Het verwijderen van een herstelling is daarom niet aangewezen, vanuit het standpunt van het respect voor het maximaal behoud van authentiek materiaal van het gebouw.



FIGUUR 37: overzicht van de verschillende stappen bij een natuursteenherstelling met een steenrestauratiemortel: over gezicht, borst en schouders is de beschadigde natuursteen verwijderd, borst en schouders zijn reeds voorzien van gaten voor ankers (A), borst en schouders zijn bijgewerkt met mortel, in het gezicht zijn gaten voorzien voor ankers (B), gezicht is bijgewerkt met mortel (C), na uitharding kan de detaillering aangevat worden, zoals het verder modelleren van de vingers (D) © FTB-Remmers



FIGUUR 38: overzicht van de verschillende stappen bij een natuursteenherstelling met een steenrestauratiemortel: beschadigde natuursteen is verwijderd en reeds voorzien van ingelijmde schroeven die als anker zullen dienen (A), aanbrenging van een eerste laag herstelmortel. Deze is ingekerfd om de buitenste laag beter te laten hechten (B), na aanbrenging van de buitenste laag met insnijding van de voegen (C) © WTCB



FIGUUR 39: plastisch herstel van het portret van Karel V, Oude Griffie, Brugge: begintoestand (A), na verwijdering van beschadigd, verpoederend materiaal van het gezicht, en gevolgd door het aanbrengen van ankerstaven (B), na aanbrenging van de herstmortel (C), na bijwerking van de herstmortel en polychromeren (D). Uitvoerder Markus Oudejans © Restauratie Breda

Samengevat:

- ☞ *Na complete uitharding kan je de herstelling bijwerken door te sculpteren, te behouwen of te schuren/polijsten.*
- ☞ *Ook bijwerken van de kleur kan nog, maar dat dient tot een minimum beperkt te worden. Bijkleuren is bovendien niet noodzakelijk duurzaam.*
- ☞ *Het verwijderen van een herstelling moet vermeden worden.*

3 GEDEELTELIJKE VERVANGING VAN NATUURSTEEN

3.1 WANNEER PAS JE DEZE METHODE TOE?

Het gedeeltelijk vervangen van een steenblok is, vergeleken met het gebruik van steenverharders en steenrestauratiemortels, veel minder conserverend. Bij deze ingreep wordt er immers authentiek steenmateriaal weggenomen, en vervangen door nieuw materiaal. Maar soms kan het echt niet anders:

- ▷ Als de beschadigingen dermate omvangrijk zijn dat het bijwerken met een steenrestauratiemortel technisch niet meer haalbaar of aangewezen is door de kans op latere schade.
- ▷ Als de beschadiging op een plaats voorkomt waar een steenrestauratiemortel geen duurzame oplossing zou zijn. Dat geldt in principe voor alle plaatsen die sterk belast zijn met vocht: kroonlijsten, plinten, druiplijsten, vensterbanken, dekstenen, ...

Aangezien bakstenen relatief klein zijn, past men er doorgaans geen gedeeltelijke steenherstelling op toe, dat is immers te omslachtig in verhouding met het te bereiken doel. Mocht het ooit toch noodzakelijk blijken om een stukje van een baksteen te vervangen, dan gelden de hiernavolgende richtlijnen evenzeer.

We zullen in dit deel ook het herbevestigen van een afgebroken stuk steen behandelen. Het gebeurt wel eens dat natuurstenen elementen afbreken, en dat de stukken nog beschikbaar zijn. Het zou dan onverstandig zijn om de verschillende brokken, voor zover dat technisch, financieel en esthetisch verantwoord is, niet te hergebruiken. Men bevestigt de verschillende brokstukken dan weer aan mekaar zoals verder wordt beschreven.

Het bevestigen van een stuk steen op een ander kan op drie manieren gebeuren:

- ▷ Met een gewone minerale metselmortel. Dat is een methode die eigenlijk enkel gebruikt wordt voor stenen die in een gevelvlak zitten, dus zonder een zeer hoge vochtbelasting. Bij deze methode zal er een extra voeg ontstaan rondom het ingezette stuk. Er dient dan op gelet te worden dat deze nieuwe voeg het voegenbeeld van de gevel niet nadelig beïnvloedt.

De werkwijze is dezelfde als voor de vervanging van een volledig blok, en we verwijzen dan ook naar het betreffende deel (zie hoofdstuk 4) voor de beschrijving.

- ▷ Met een kunstharsgebonden lijm. De hechting van dergelijke bevestiging is beter dan de voorgaande, en minder gevoelig voor inwerking van vocht en vorst. Daarom wordt ze toegepast voor de bevestiging van materialen met een 'extremere' belasting:
 - Als de te herstellen stenen heel compact zijn (en een gewone minerale mortel niet voldoende hechtkracht kan ontwikkelen).
 - Bij delen waar er grote mechanische krachten werken op de herstelling (bijvoorbeeld uitkragende delen, zoals een kroonlijst). Hier worden dan ook steeds ankers gebruikt.
 - Bij delen waar er een grote vochtbelasting is (vensterbanken en dekstenen). Indien de positie van de lijmnaad nog te kiezen valt, plaats deze dan waar hij zo weinig mogelijk blootstaat aan het vocht.
- ▷ Door opgieten met lood. Dat is een methode waarbij ankers worden geplaatst in de steen, maar in plaats van deze ankers te verlijmen in de steen, worden ze bevestigd door gesmolten lood in het boorgat te gieten. Het is een oude techniek, die tegenwoordig iets minder wordt toegepast. De techniek werd (en wordt soms nog) toegepast bij het vervangen van volledige blokken, maar ook bij gedeeltelijke steenvervanging. Van oudsher wordt deze techniek trouwens ook toegepast om stenen elementen die gebarsten zijn, weer aan mekaar te bevestigen. We bespreken deze techniek in het deel over de vervanging van complete natuursteenblokken (zie hoofdstuk 4).



FIGUUR 40: steen die gebroken is langs een zuivere scheur, kan terug aan mekaar gelijmd worden. Ook indien het om een vochtbelast element gaat, zoals bij deze vensterbank (foto WTCB)

FIGUUR 41: een ingelijmd stuk Belgische blauwe hardsteen. Voor dergelijke steenvervanging is de hechting van de steenlijm voldoende en moet er geen bijkomend anker voorzien worden. Let op de behouwing van de steen, die mooi doorloopt over het ingelijmd stuk steen.

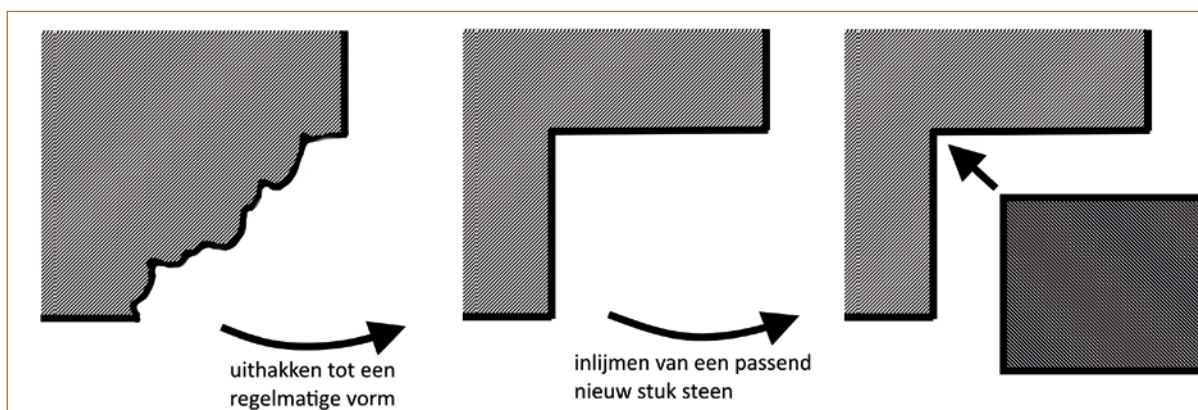
FIGUUR 42: een ingemetseld nieuw stuk steen, dat vooral opvalt door het feit dat het veel minder verweerd is, en een andere kleur heeft.

FIGUUR 43: een ingemetseld nieuw stuk steen, dat vooral opvalt doordat het oorspronkelijke voegenpatroon helemaal niet gevolgd werd.

3.2 VOORBEREIDING VAN DE ONDERGROND

Het is belangrijk dat het nieuwe stuk steen wordt aangebracht op een gezonde ondergrond. Deze moet samenhangend zijn, mag niet bros zijn en niet verpoederen, en er mogen geen stukjes steen los zitten. Loszittend, verweerd of verpoederend materiaal moet zoveel mogelijk verwijderd worden.

- ▷ Verwijder verweerd steenmateriaal mechanisch tot op de gezonde, onbeschadigde steen. Bij voorkeur werk je met een pneumatische beitel of manueel met beitel en hamer. Eventueel kan je ook materiaal wegslijpen, maar dan moet je voorzichtig zijn om de omringende steen niet te beschadigen.
- ▷ Controleer of het steenoppervlak goed vasthangt aan de dieperliggende steen. Je kan dat niet altijd zien. Het is dus altijd raadzaam om het oppervlak te betikken met een metalen voorwerp. Als dit 'hol' klinkt, dan moet de loszittende oppervlakkige steenlaag ook verwijderd worden alvorens men de herstelling kan uitvoeren.
- ▷ Pas de vorm van het gat aan de nieuwe steen aan.
Het is de bedoeling dat een nieuw stuk steen, dat nog uit te hakken is, netjes ingepast kan worden in het gat dat in de oorspronkelijke steen zit. Dat kan enkel als dit gat een mooie regelmatige vorm heeft, meestal de vorm van een rechthoekig prisma (een rechthoekig 'blok'). Het gat in de steen dient dan ook op die manier vormgegeven te worden. Zo zal het op maat brengen van het nieuwe stuk steen vereenvoudigd worden.



FIGUUR 44: schematische weergave van de voorbereiding bij gedeeltelijke natuursteenvervanging

Als daarentegen verschillende brokstukken weer aan mekaar gezet dienen te worden, en het breukvlak van de brokken nog in goede staat is, dan volstaat het om het breukvlak gewoon te reinigen, mocht dat nodig zijn. Dat is meestal het geval als de steen vrij lang geleden gebroken is. Reinigen mag met een abrasieve reinigingsmethode, bijvoorbeeld door het breukvlak te microzandstralen (zie [VANHELLEMONT²]). De lichte opruwing die je op die manier bekomt, zal ervoor zorgen dat de hechting van de mortel of lijm op de steen zal verbeteren.

Heel soms wordt er een bijzondere techniek toegepast, waarbij het onregelmatige breukvlak met een 3D-scanner wordt ingescand in een computer. Met deze scan wordt dan een freesmachine aangedreven, die uit een nieuw stuk steen het ‘negatief’ van het breukvlak uitfreest. Op die manier past het nieuwe stuk steen perfect in het gat, zonder dat er eerst steenmateriaal weggekapt moet worden. Er zijn al wel enkele voorbeelden hiervan uitgevoerd, maar we denken niet dat deze methode op heel korte termijn algemeen ingang zal vinden in de restauratiewereld, vooral ook gezien de hoge kostprijs.

Samengevat:

 Volgens de huidige stand van zaken is het gedeeltelijk vervangen van een steen meestal geen erg conserverende ingreep. Je verliest immers heel wat (gezond) steenmateriaal door het bijwerken van het gat in de oude steen.

3.3 STEENVERSTEVIGING

Net zoals bij toepassing van herstmortels, is het bij gedeeltelijke natuursteenherstelling belangrijk dat de ondergrond goed samenhangend is. Dat kan onder andere door onsamenhangende steen deels weg te hakken, maar soms is het mogelijk en wenselijk om die ondergrond te behandelen met een steenversteviger op basis van ethylsilicaten. Dat moet blijken uit een vooronderzoek. De steenversteving van de ondergrond gebeurt op precies dezelfde wijze als die bij gewone gevels (zie [VANHELLEMONT²]).

3.4 DE HERSTELLING MET NATUURSTEEN

3.4.1 Vervangmaterialen selecteren

De keuze van een geschikt vervangmateriaal is al geruime tijd een moeilijke discussie. Vanaf de 19de eeuw importeerde men op grote schaal buitenlandse stenen voor de restauratie van gebouwen. Die stenen waren ruim voorhanden, hadden een constante kwaliteit, en men kon er blokken van de meest uiteenlopende afmetingen mee produceren. Het leidde evenwel tot een ‘vervlakking’ van het monumentenbeeld: overal kwamen dezelfde types steen terug, en die zagen er dan ook nog heel homogeen uit.

Daarom is men vandaag toch meer geneigd om te werken met de authentieke materialen, voor zover deze uiteraard beschikbaar zijn en een gelijkaardige kwaliteit vertonen.

In het kader van deze opleidingsmodule kan de discussie zeker niet uitgeklaard worden. Er zijn wel wat algemene richtlijnen die gevolgd kunnen worden:

- In de mate van het mogelijke dient dezelfde als de oorspronkelijke natuursteen-soort gebruikt te worden. Dat is logisch vanuit het standpunt van de authenticiteit van het gebouw, en vanuit de esthetiek. Zowel in het begin, als na veroudering, zal de herstelling op die manier minimaal opvallen. Als de oorspronkelijke natuursteen bovendien van goede kwaliteit is, en je dus zeker bent dat de herstelling duurzaam zal zijn, dan is de keuze voor dezelfde natuursteen helemaal vanzelfsprekend. Gedeeltelijke natuursteenvervanging voor bijvoorbeeld Belgische blauwe hardsteen zal op die manier steeds gebeuren met dezelfde steensoort. Ze is immers beschikbaar, én van goede kwaliteit.
- In veel gevallen kan de oorspronkelijke natuursteen niet meer ontgonnen worden. Dan begint de zoektocht naar een alternatieve natuursteen. Het is belangrijk om daarbij aan te stippen dat de nieuwe natuursteen minstens dezelfde kwaliteit als de oorspronkelijke steen moet hebben.
- In het geval de te herstellen schade aan de natuursteen het gevolg is van minder goede kwaliteit te wijten aan de steensoort zelf, dan kan je overwegen om een nieuw type natuursteen te kiezen die beter presteert dan de oorspronkelijke steen. De nieuwe

steen zal dan minder snel verweren, de herstelling is dus duurzamer geworden. Maar ook daar is er een nadeel: als de nieuwe natuursteen heel goede kwaliteiten heeft, dan zal hij minder snel verouderen, in vergelijking met de oorspronkelijke natuurstenen in het gebouw. De herstelling zal zich dan steeds meer aftekenen in de gevel. Dat kan problematisch zijn op het vlak van de esthetiek.

Je merkt dat deze discussie moeilijk is. Doorgaans zal bij een restauratiewerk de vervangsteen voorgeschreven worden door de architect, en dient de keuze verantwoord te worden met rapporten waarin de kwaliteit van de steen beschreven staat.

Soms blijkt - na afstemming met alle betrokkenen - dat het beter is om de natuursteen niet meer te vervangen door een natuursteen. Dat kan zowel omwille van technische maar soms ook omwille van financiële of praktische redenen gebeuren. In die gevallen kan men zijn toevlucht zoeken tot zogenaamde gietstenen.

Er zijn verschillende types gietsteen op de markt. Het gaat om mortels die vrij vloeibaar zijn, en in een mal gegoten kunnen worden. Na uitharding kan de steen uit de mal genomen worden, en gebruikt worden alsof het om een stuk echte natuursteen gaat.

3.4.2 Het nieuwe stuk steen in vorm brengen

Vooraleer het stuk steen bevestigd kan worden aan het metselwerk of de oorspronkelijke natuurstenen, dient het op maat en in de juiste vorm gebracht te worden. We onderscheiden hierin de onzichtbare delen (de delen waarmee de steen bevestigd/verlijmd wordt op de andere stenen of in het metselwerk), en de zichtbare delen (de delen die ook na de bevestiging zichtbaar blijven). Voor de onzichtbare delen geldt het volgende: als de steen verlijmd wordt aan de ondergrond, dan dienen de onzichtbare delen zo nauw mogelijk aan te sluiten op de oppervlakken waarop het nieuwe stuk steen bevestigd dient te worden. Een lijmlaag is immers bijzonder dun (hoogstens een millimeter).

De zichtbare gedeeltes van het in te plaatsen stuk steen dienen te voldoen aan de juiste esthetische vereisten opdat de herstelling zo onzichtbaar mogelijk zou zijn. Twee benaderingen zijn mogelijk:

- Bij de traditionele, oudere, benadering plaats je het in te lijmen of in te metselen stuk steen zodanig in het gat dat het nieuwe steenoppervlak enkele millimeters uitsteekt boven het niveau van het omringende oorspronkelijke steenmateriaal. Zodra de steen verlijmd of ingemetseld is, kan je dan met klassieke behouwingstechnieken de juiste oppervlaktetextuur aanbrengen, of kan het stuk steen verder gesculpteerd worden zodat het precies aansluit bij het omringende oorspronkelijke steenmateriaal.
- Tegenwoordig is men evenwel in staat om nieuwe stukken steen zeer nauwkeurig ‘op maat’ te brengen. Je kan daarom ook de steen op precies de juiste afmetingen brengen, en vervolgens de steen inlijmen of inmetselen. Maar zelfs met de meest geavanceerde technieken zal het vaak toch nog nodig blijken om hier en daar manueel bijkomende aanpassingen te doen om het nieuwe stuk steen exact te laten aansluiten bij het omringende oorspronkelijke steenmateriaal. Dat is zeker het geval als het om gesculpteerde of geprofileerde stenen gaat.

Als zo’n nieuwe stukken steen gesculpteerde elementen bevatten, dan zullen deze in de mate van het mogelijke voorafgaandelijk aan de inlijming of inmetseling, gesculpteerd worden aan de hand van een model dat van tevoren gemaakt is. Vaak wordt dit model rechtstreeks op de te herstellen steen geboetseerd, waarna het verwijderd wordt en kan dienen om in steen gekopieerd te worden. De precieze beschrijving van deze werkwijze betreft bijzondere steenhouw- en modelleertechnieken, en valt buiten het bestek van deze opleidingsmodule.

Samengevat:

- ☞ *De keuze voor het vervangmateriaal ligt doorgaans bij de architect, en die keuze moet verantwoord worden.*
- ☞ *De steen dient, voor plaatsing, gesculpteerd te worden:*
 - *Om deze zo goed mogelijk aan het hechtvlak te laten aansluiten.*
 - *Om het nasculpteerwerk tot een minimum te beperken.*
- ☞ *Perfect voorsculpteren is erg moeilijk. Een beetje nabewerking is vrijwel steeds nodig.*

3.5 ANKERS

3.5.1 Waarom? Wanneer?

Zodra de nieuwe stukken steen belangrijke mechanische krachten moeten ondergaan, of als het eventueel loskomen van de herstelling aanleiding kan geven tot aanzienlijke schade en gevaar (neervallende brokstukken), dan dienen ankerstaven aangebracht te worden. Als de lijmlaag loslaat, dan zullen de stukken steen toch niet vallen.

Als het oppervlak van de lijmlaag beperkt is ten opzichte van de grootte van de nieuwe steen, is het gebruik van ankerstaven aangewezen.

Bij oude gebouwen zien we het historisch gebruik van ankerstaven, zoals bijvoorbeeld bij waterspuwers, het maaswerk en monelen in gotische ramen, of balkons en balusters. De krachten die op dergelijke elementen worden uitgeoefend, kunnen zowel bestaan uit het eigen gewicht van de elementen (bij uitstekende elementen), of andere krachten (bijvoorbeeld een horizontale kracht van iemand die tegen een balkon leunt).

3.5.2 Welke materialen kan je gebruiken?

Destijds werden voor het vervaardigen van ankers smeedijzeren staven gebruikt, die met gesmolten lood in de stukken steen bevestigd werden. Het nadeel hiervan is dat het ijzer kan gaan roesten. De volumevermeerdering waarmee dit gepaard gaat kan de omringende steen doen barsten. We zien dat vaak bij gotische ramen, of bij balustrades.

Daarom worden tegenwoordig roestvrije ankerstaven gebruikt zoals inox draadstangen, glasvezelstaven (glasvezel in polyester) of koolstofstaven.

3.5.3 Boren van gaten

De gaten voor het aanbrengen van de ankers worden met een diamantboor in de steen geboord. Dit gebeurt zowel in het nieuwe stuk steen als in de steen waaraan het nieuwe stuk bevestigd dient te worden. De diameter van de boor dient enkele millimeters groter te zijn dan de diameter van de ankerstaaf. De redenen daarvoor zijn de volgende:

- Er dient tussen de ankerstaaf en de wanden van het boorgat nog plaats te zijn voor de lijm waarmee de staaf ingelijmd wordt in het anker gat.

- Op die manier is er ook wat ‘speling’ mogelijk: het is immers zo dat de ankerstaaf in twee stenen moet passen: de nieuwe steen en de oorspronkelijke steen waarop hij bevestigd moet worden. Door de ankerkasten iets groter te maken dan de staaf, is een kleine afwijking in de exacte plaats van het ankerkast toegelaten en wordt het positioneren van het nieuwe stuk vereenvoudigd.

De diepte van het ankerkast moet iets groter zijn dan de lengte van de ankerstaaf. De lengte van de ankerstaaf, en de exacte plaats waar de ankerstaaf in de steen geplaatst dient te worden, dienen van tevoren opgegeven te worden, door de architect of een studiebureau. Deze voorschriften dienen nauwkeurig opgevolgd: zowel de lengte, de diameter als de exacte plaats van het anker zullen bepalen in welke mate de krachten op de steen kunnen opgevangen worden door het anker.

3.5.4 Bevestigen van ankers in boorgaten (lijmen)

De ankers worden in de ankerkasten bevestigd met een lijm of een aangepaste vloeibare cementspecie. Verlijmen komt vaker voor, en hiervoor wordt epoxylijm, polyurethaanlijm of polyesterlijm gebruikt.

- Het boorgat wordt gereinigd met perslucht.
- Vervolgens wordt het gat gedeeltelijk met de lijm of de specie gevuld. De injectie van de lijm of mortel gebeurt van achter naar voor: de injectiespuit wordt met



FIGUUR 45: op deze plaats dient een natuurstenen kroonlijst aangebracht te worden. De ankerstaven uit roestvrij staal, die deze kroonlijst dienen te verankeren, zijn reeds geplaatst © WTCB

een kunststof slang verlengd. Op die manier kan men de injectie beginnen in het diepste deel van het anker gat. Tijdens het injecteren van de lijm of mortel wordt de injectiespuit teruggetrokken. Op die manier kan het anker gat gevuld worden zonder luchtinsluitels.

- Vervolgens wordt de ankerstaaf met een draaiende beweging stevig aangebracht in het anker gat. Als men het anker in het gat duwt, wordt de lijm opgestuwd. Het is dus belangrijk niet te veel lijm aan te brengen.

Samengevat:

Ankers verhogen de kwaliteit en de duurzaamheid van de herstelling. Op die manier moet je niet enkel vertrouwen op de hechting via het lijmvlak.

- ☞ Het materiaal van de ankers is van belang, je neemt daar enkel materiaal voor dat niet kan corroderen (roestvast staal of glasvezelstaven).*
- ☞ De diameter en diepte van de anker gaten is van belang. Deze dienen je opgegeven te worden door de architect of het studiebureau.*
- ☞ Het boorgat moet zuiver zijn alvorens het anker te verlijmen.*
- ☞ Volg nauwgezet de richtlijnen van de fabrikant, en hou ook goed rekening met de omgevingsomstandigheden (temperatuur, vocht) waarbij je de staven verlijmt.*

3.6 HET AANBRENGEN VAN HET NIEUWE STUK STEEN

In deze laatste stap wordt het nieuwe stuk steen, met het anker, op de oorspronkelijke natuursteen gelijmd.

Voor het verlijmen van de natuursteen worden andere types lijm toegepast dan deze voor het injecteren van anker gaten. Meestal worden polyester-, polyurethaan- of epoxylijmen gebruikt. Bij tweecomponentsystemen dient de lijm op de bouwplaats zelf aangemaakt te worden. Hou er rekening mee dat de verwerkbaarheid van een lijm beperkt is. Na aanmaak van de lijm kan je deze slechts gedurende een beperkte tijd gebruiken. Deze tijd hangt af van het type lijm. Je dient dit te verifiëren aan de hand van de technische fiche van de lijm.

De volgorde bij het aanbrengen van het nieuwe stuk steen is dan als volgt:

- ▷ Maak eerst de lijmvlakken en de ankerboten proper met perslucht.
- ▷ Verifieer de weersomstandigheden: breng geen nieuwe stukken steen aan bij vochtig weer, of als de temperatuur niet voldoende hoog is. Raadpleeg de technische fiches van de steenlijmen voor details, want dit hangt af van het soort lijm.
- ▷ Maak de lijm voor het injecteren van de ankerboten aan en injecteer dan de ankerboten met deze lijm (of met cementspecie), op dezelfde manier als hierboven beschreven.
- ▷ Maak vervolgens de lijm aan voor het te verlijmen van de natuursteen volgens de richtlijnen van de fabrikant, en breng deze aan op de te verlijmen vlakken. Volg steeds zorgvuldig de richtlijnen van de fabrikant, aangezien elk lijmsysteem zijn karakteristieken heeft. Aandachtspunten hierbij zijn:
 - Moet je de lijm aanbrengen op één vlak, of op beide te verlijmen oppervlakken?
 - Wat is de wachttijd alvorens de te verlijmen vlakken tegen mekaar gebracht kunnen worden?
- ▷ Vang bij het aanbrengen van de nieuwe steen de overtollige lijm op, die tussen beide stukken steen ter hoogte van de lijмнаad wordt uitgeduwd. Overtollige lijm kan de zichtbare delen van de natuursteen bevuild, wat zeer hardnekkige vlekken veroorzaakt, die moeilijk te verwijderen zijn.
- ▷ Nadat de nieuwe steen op zijn juiste positie is gebracht, moet deze nog ondersteund en indien nodig aangedrukt worden totdat de lijm in het ankerbot, en de lijm op de lijmvlakken, uitgehard zijn. Je maakt hierbij ondermeer gebruik van lijmkneden, spieën en dergelijke.

Samengevat:

- ☞ *Ook hier is netheid van belang: de hechtvlakken moeten proper zijn, teneinde een duurzame verlijming te bekomen.*
- ☞ *Hou rekening met veiligheidsaspecten: de lijm hardt doorgaans snel uit, maar toch dien je voldoende steun te voorzien tijdens de uitharding van de lijm.*
- ☞ *Volg nauwgezet de richtlijnen van de fabrikant, en hou ook goed rekening met de omgevingsomstandigheden (temperatuur, vocht) waarbij je de steen verlijmt.*

4 GEHELE VERVANGING VAN NATUURSTEEN OF BAKSTEEN

4.1 WANNEER PAS JE DEZE METHODE TOE?

Als materialen dermate beschadigd zijn dat een herstelling met een steenrestauratiemortel, of een gedeeltelijke steenvervanging, niet meer afdoende is, dan dient overgegaan te worden tot een gehele vervanging van de steen. Ook als het technisch niet verantwoord is om een gedeeltelijke steenvervanging uit te voeren, omdat het gevelement bijvoorbeeld heel erg belast is door vocht, of als de stabiliteit van een herstelling twijfelachtig is, dan kan een gehele steenvervanging worden overwogen.

In het gamma van de steenherstelmethodes is dit uiteraard de minst conserverende ingreep: alle oorspronkelijke materiaal wordt immers weggenomen en vervangen door nieuw materiaal. Het is daarom een ingreep die enkel mag toegepast worden als andere herstelmethodes niet haalbaar zijn.

Bakstenen worden in de praktijk bijna steeds in hun geheel vervangen. Hun afmetingen zijn immers zodanig klein dat een gedeeltelijke steenvervanging te omslachtig is, vergeleken met de grootte van de baksteen.

De techniek van het ‘omdraaien van de steen’ beschouwen we ook in dit deel. Deze techniek wordt bijvoorbeeld toegepast als er niet genoeg vervangsteen aanwezig is om de vervanging uit te voeren.

Deze techniek verloopt als volgt:

- ▷ Hak de steen los en neem hem uit de gevel.
- ▷ Hak de verweerde voorkant weg.
- ▷ Bereid de achterkant van de steen, die nog niet verweerd is (aangezien deze dieper in het metselwerk zat) voor (behouden) om als zichtvlak te fungeren.
- ▷ Metsel vervolgens dezelfde steen, omgekeerd, terug in. De oorspronkelijke achterkant, die nog niet verweerd is, zit nu in het zichtvlak.

Hierbij dient opgemerkt dat dit enkel mogelijk is als de voegbreedte uniform is over de gehele voegdiepte. In historisch metselwerk komt het vaak voor dat de voegen verbreden naar binnen toe en de natuurstenen aan de binnenzijde dus kleiner zijn dan aan de buitenzijde. In dit geval zal het omdraaien van de steen aanleiding geven tot zeer brede voegen in het zichtvlak. Als alternatief hiervoor kan het verweerd oppervlak van de steen worden weggekapd waarna de steen wordt teruggeplaatst. Hierdoor verbreden de voegen eveneens maar slechts minimaal in vergelijking met het omdraaien van de steen.

Samengevat:

-  *Omwille van duurzaamheids- of veiligheidsredenen kan je soms niet anders dan de methode van gehele vervanging van natuur-of baksteen toe te passen.*
-  *Aangezien je oorspronkelijke materiaal bij deze herstelmethode verloren gaat, is deze methode zo weinig mogelijk toe te passen.*

4.2 VERWIJDEREN VAN DE TE VERVANGEN MATERIALEN (NATUURSTEEN, BAKSTEEN, MORTEL, VROEGERE VERANKERINGEN)

Vooraleer over te gaan tot de demontage van steenmateriaal in een gevel, dient steeds nagegaan te worden of de stabiliteit van het gebouw niet in het gedrang kan komen. Vooral als de afmetingen van de weggenomen elementen vergelijkbaar worden met de afmetingen van de dragende structuur van het gebouw, dient er opgelet te worden. Bij voorkeur is er begeleiding van een architect of studiebureau, om na te gaan of gevelelementen veilig weggenomen kunnen worden.

In bepaalde gevallen zal het noodzakelijk zijn om voldoende stutwerken of verstevigingsconstructies aan te brengen om de standzekerheid van het gebouw te garanderen.

Bij het demonteren van het te verwijderen steenmateriaal dient zo voorzichtig mogelijk te werk te worden gegaan. De te behouden delen van het metselwerk mogen immers niet beschadigd worden:

- Begin met het inslijpen van de voegen rondom de te verwijderen stenen. De lintvoegen kan je doorgaans vrij risicoloos inslijpen. Het is van belang dat de slijpschijf niet raakt aan de te behouden stenen, maar op een afstand van een aantal millimeters blijft. Denk er aan om het stof regelmatig te verwijderen dat je de voegen goed blijft zien.
- Slijp de stootvoegen in met de grootste omzichtigheid, aangezien er een groot risico bestaat op beschadigen van stenen in de steenlaag boven en onder de stootvoeg.
- Hak de inslijping eventueel verder uit met een pneumatische beitel.
- Zodra de voegen voldoende (minimum 2x de breedte) zijn uitgediept, kan je trachten om de stenen uit het metselwerk te wrikken. Vermijd daarbij om de randen van de te behouden naastgelegen stenen, te gebruiken als steunpunt voor werktuigen. Deze randen kunnen op die manier aanzienlijke schade oplopen!
- Wanneer de stenen toch vervangen dienen te worden, kan men de stenen met hakken, slijpen of boren uit het metselwerk verwijderen. Soms verdient het wel aanbeveling om te trachten om ze toch in hun geheel te verwijderen: mits een aantal bewerkingen (het verwijderen van de verweerde delen) kunnen deze verweerde stenen immers

misschien hergebruikt worden als kleinere stenen. Dat is zeker van belang als het om natuursteensoorten gaat die moeilijk of niet meer te verkrijgen zijn.



FIGUUR 46: ook bij het verwijderen van één enkele steen kan het noodzakelijk zijn om plaatselijk stutten te plaatsen. Het is niet de bedoeling om meer schade dan nodig aan te richten © WTCB

Samengevat:

Ondanks het feit dat je een volledige steenvervanging doet, dien je toch heel voorzichtig tewerk te gaan bij het verwijderen van de te vervangen materialen:

- ☞ Het omliggende metselwerk dient immers wél zo gaaf mogelijk te blijven.*
- ☞ Soms kan je de verwijderde materialen nog hergebruiken, bijvoorbeeld als het een steensoort is die je niet gemakkelijk meer kan vinden.*

4.3 ANKERS

4.3.1 Algemeen

De hierboven vermelde werkwijze en materialen, betreffende ankers, is nog steeds geldig bij het vervangen van complete stenen. In dit geval fungeren de ankers als een extra veiligheid om de nieuwe stenen aan het bestaande metselwerk te verankeren. Algemeen geldt dat de nieuwe stenen enkel verankerd dienen te worden als de oorspronkelijke stenen ook verankerd waren. Heel soms kan evenwel besloten worden om nieuwe stenen extra te verankeren, zelfs als de oorspronkelijke stenen niet verankerd waren. Dit dient steeds op aanwijzen van een architect of studiebureau te gebeuren.

Voor wat betreft de materialen, aanbrengingswijze en geometrie verwijzen we naar hoofdstuk 3.5. Hieronder bespreken we specifiek de methode van het opgieten met lood, een bijzondere techniek die soms nog wordt gebruikt.

4.3.2 Ankers aanbrengen door opgieten met lood

Opgieten met lood is een bijzondere techniek die soms nog wordt toegepast. Van oudsher is het ook een techniek die gebruikt werd om gebroken stukken steen opnieuw aan mekaar te verbinden. Waar vroeger smeedijzeren staven werden gebruikt als anker, wordt nu gebruik gemaakt van staven uit roestvrij staal.

Het principe is evenwel heel gelijkaardig aan het aanbrengen van ankerstaven met een cementspecie of lijm: het gesmolten lood wordt in het anker gat gegoten, waarna de staaf in het nog vloeibare lood wordt gedrukt. Na stolling van het lood bekomt men dan een verbinding die ook nog lichtjes vervormbaar is.

Wanneer de voegen met lood opgegoten worden, brengt men in de legvlakken van de natuursteen boven en onder de voeg, uitsparingen aan. Vermits het lood bij het opgieten in deze uitsparingen vloeit, bekomt men een betere aansluiting tussen de blokken. De uitsparingen hebben vaak de vorm van een kruis.

In eerste instantie wordt de voegomtrek afgedicht met mortel of met een speciale kit. Vervolgens laat men het vloeibare lood via een gietkanaal in de voeg vloeien. Dit gietkanaal moet

voldoende breed zijn (een diameter van minstens 25 mm) om te voorkomen dat het gesmolten lood te snel zou stollen en aldus het kanaal zou verstoppen.

Men laat het vloeibare lood geleidelijk en in kleine hoeveelheden in de voegen vloeien. Als er een te grote hoeveelheid in een keer ingegoten wordt, kan de natuursteen immers barsten ten gevolge van thermische spanningen veroorzaakt door het hete gesmolten lood.

Bij pinakels wordt het gietkanaal niet in de as van de voeg aangebracht, maar door het bovenste blok geboord. Ook in het onderliggende blok wordt een gat voorzien, zodat men als het ware een penverbinding bekommt.

Voor kleinere blokken volstaat het ingegoten lood om de goede verbinding te waarborgen. Bij de aansluiting tussen grotere blokken of als de verbinding sterker belast wordt, kan men in het kanaal een anker uit roestvrij staal voorzien dat op zijn plaats gehouden wordt door het achteraf ingegoten lood. Na afkoeling van het lood, wordt het nog wat gedreven om het nog beter te laten aansluiten op de ankers.

Dankzij deze verbindingswijze is het tevens mogelijk plastische vervormingen op te nemen.

Je dient voldoende veiligheidsmaatregelen te nemen bij het opgieten met lood. Bij het smelten en verwerken van gesmolten lood, komen giftige looddampen vrij. Er dient dus bescherming te worden voorzien opdat je - of voorbijgangers - die dampen niet inademt. Het lood is bovendien bijzonder heet, dus ook hier tegen is bescherming (handschoenen, beschermende bril, bedekkende beschermende kledij) noodzakelijk.

Ook dien je er goed op te letten dat de steen tijdens het opgieten droog is. Bij opgieten van natte steen kan het gebeuren dat het gesmolten lood tientallen centimeters weg spat.

Samengevat:

Door de grootte van de stenen, worden bij dit soort van herstellingen vaak ankers toegepast.

Het materiaal (niet corroderend), dikte en lengte van de ankers zijn van belang.

 *Opgieten met lood is momenteel niet zo vanzelfsprekend meer, gezien de talrijke risico's die eraan verbonden zijn (giftige dampen, hoge temperaturen, wegspatten van lood). Veiligheidsmaatregelen ter bescherming van jezelf, de anderen, en het gebouw, zijn heel belangrijk!*

4.4 VERVANGMATERIALEN

4.4.1 Natuursteen

Hier gelden opnieuw de bepalingen die in het vorige deel (zie 3.4.1) werden aangehaald.

4.4.2 Baksteen

Ook voor vervangbaksteen is het belangrijk dat de kwaliteit van de baksteen (de duurzaamheid) minstens zo goed is als die van de oorspronkelijke bakstenen. Zeer vaak wordt recuperatiebaksteen gebruikt, aangezien nieuwe baksteen vaak behoorlijk verschilt van oude bakstenen, zowel in uitzicht als in afmetingen. Grotere bakstenen kunnen eventueel bijgewerkt worden om aan te sluiten bij een metselwerk met kleinere bakstenen.

Bij het gebruik van recuperatiebakstenen dienen we op te merken dat de kans reëel is dat ze zouten bevatten. Vaak zijn de recuperatiebakstenen afkomstig van verwaarloosde en/of afgebroken gebouwen. Dit leidt ertoe dat ze vaak hoge concentraties bevatten van:

- Zouten zoals natrium- of kaliumsulfaat. Deze zouten geven aanleiding tot witte uitbloei maar ook tot het afschilferen van de steen als de steen uitdroogt. Bij cycli van bevochtiging en droging (hetgeen gebeurt bij een beregende gevel) wordt deze schade intenser.
- Zouten zoals kalium-, calcium- of natriumnitraat. Deze zouten zijn afkomstig van de degradatie van allerlei organisch materiaal (je vindt ze daarom bijvoorbeeld vaak in bakstenen afkomstig van stallingen). Calcium- en natriumnitraat geven aanleiding tot donkere vochtige vlekken op het materiaal. Vaak valt dit niet op bij de verwerking van de stenen, aangezien dat doorgaans toch in vochtige omstandigheden gebeurt. De schade valt meestal pas op bij het afwerken met een pleister- of verflaag van het metselwerk, maar dan is het uiteraard te laat.
- Zouten zoals natrium-, kalium- of calciumchloride. Deze zouten kunnen afkomstig zijn van een vroegere vervuiling of gebruik van het gebouw waar de bakstenen afkomstig van zijn: dooizouten, pekelsout, kunstmest of onkruidverdelgers. Vaak worden recuperatiebakstenen gereinigd met zoutzuur, om mortel- en kalkverfresen te verwijderen wat evenzeer tot de vorming van dit type zouten leidt. Deze

zouten veroorzaken, afhankelijk van de aard en de omstandigheden, zowel donkere vochtige vlekken, maar leiden evenzeer tot het verpoederen van de steen.

Momenteel zijn er nog geen gemakkelijke en goedkope manieren om iets aan zoutproblemen te doen. Voorkomen is dus beter dan genezen: vermijd het gebruik van recuperatiebakstenen die zouten bevatten.

Het is verstandig om, alvorens recuperatiebakstenen te gebruiken, ze te testen op de aanwezigheid van zouten. Zoutidentificatiestrips kunnen daarbij behulpzaam zijn. Door het bevochtigen van de strips met water, en ze vervolgens even tegen het baksteenoppervlak te drukken, kan je de aanwezigheid van bepaalde ionen (sulfaten, chloriden of nitraten) aantonen.

FIGUUR 47:
met zoutidentificatiestrips kan op een snelle manier de aanwezigheid van zouten in baksteen aangetoond worden
© WTCB



Als de aanwezigheid van deze zouten gedetecteerd wordt, is het raadzaam om deze bakstenen niet meer te gebruiken. Als de concentratie gering is en men de bakstenen echt absoluut wenst te recupereren, kan men proberen om de zouten uit te spoelen: men plaatst de bakstenen onder water, en regelmatig (bijvoorbeeld één keer per dag) ververs men het water. Op die manier kan men de zoutconcentraties in de bakstenen aanzienlijk reduceren. Door het vervolgens testen met zoutidentificatiestrips kan je eenvoudig nagaan of er nog schadelijke zouten aanwezig zijn.

4.4.3 Kunstmatige materialen

Hier gelden opnieuw de bepalingen die in het vorige deel (zie 3.4.1) werden aangehaald.

Samengevat:

De discussie over het soort vervangmateriaal is ook bij volledige vervanging moeilijk.

Doorgaans wordt je meegedeeld welke materialen gebruikt dienen te worden. Let bij het hergebruik van bakstenen op zouten:

-  *Gebruik bij voorkeur geen bakstenen die zouten bevatten.*
-  *Moet je toch met zo'n bakstenen werken, probeer dan om de aanwezige zouten uit te spoelen. Hou er rekening mee dat dit een langdurig werk kan zijn.*

4.5 HET VOORBEREIDEN VAN DE NIEUWE STEEN

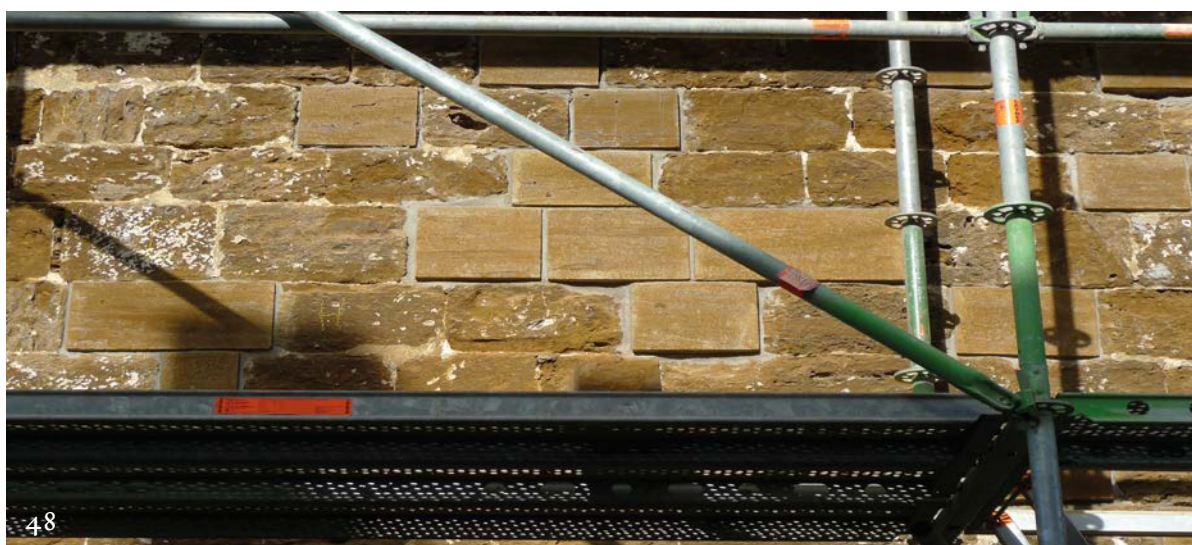
4.5.1 Bewerken tot de juiste grootte

Bij gehele steenvervanging bevestigt men de steen met een minerale mortel in het metselwerk. Er dient voldoende ruimte te zijn tussen de steen en het omringende metselwerk, teneinde een voldoende dikke mortellaag (een halve centimeter of meer) aan te kunnen brengen. Een te dunne mortellaag zal immers te snel uitdrogen en bijgevolg niet in staat zijn om de nieuwe steen voldoende aan het metselwerk te hechten.

Doorgaans tracht men, bij het voorbereiden van de vervangsteen, de afmetingen en de vorm van de oorspronkelijke steen zo goed mogelijk te benaderen. Dit is belangrijk, aangezien historisch metselwerk vaak niet heel regelmatig is. Elke steen is bijgevolg ‘uniek’. De vorm van een vervangsteen dient daarom zo nauw mogelijk aan te sluiten bij de vorm van de te vervangen steen, anders bestaat het risico dat de nieuwe steen niet in het metselwerk ingepast kan worden.

De gedeeltes van de steen die zichtbaar blijven na de steenvervanging, dienen behandeld te worden zodat ze zich visueel inpassen in het metselwerk. Bij een vlakke afwerking dient de behouwing identiek aan de oorspronkelijke steen te worden aangebracht. Een gesculpteerde afwerking wordt gemaakt naar de oorspronkelijke steen, of naar een model dat wordt geboetseerd op deze oorspronkelijke steen.

Het is van belang dat het oorspronkelijke voegenpatroon gerespecteerd wordt als er een nieuwe steen wordt ingepast. Daarom is het nodig dat er van de nieuwe steen voldoende materiaal beschikbaar is zodat een steen van een voldoende hoogte en breedte gekapt kan worden. Soms is het evenwel niet mogelijk om vervangsteen van voldoende afmetingen te bekomen, bijvoorbeeld wanneer deze niet meer beschikbaar zijn in de steengroeve. Mits een goede motivatie kan het oorspronkelijke voegenpatroon dan gewijzigd worden. Maar dat dient een uitzondering te blijven!



FIGUUR 48: vervanging van steenblokken, waarbij de formaten van de oorspronkelijke stenen gerespecteerd werden © WTCB

FIGUUR 49: een oude herstelling van een gevel, waarbij het oorspronkelijke voegenpatroon niet gerespecteerd werd. Dit is af te raden, alhoewel er soms uitzonderingen worden gemaakt, bijvoorbeeld indien de vervangsteen niet meer in voldoende diktes beschikbaar is © WTCB

Bij het plaatsen van de nieuwe steen dien je aandacht te besteden aan de gelaagdheid (als je deze kan zien tenminste, niet elke steen heeft een duidelijke gelaagdheid). Het is belangrijk dat je een steen zodanig in de gevel plaatst, dat de verschillende lagen loodrecht of bijna loodrecht op het geveloppervlak staan. Als je dit niet doet, dan bestaat het risico dat deze lagen op den duur van mekaar gaan loskomen.

FIGUUR 50: typisch verweringsfenomeen doordat de steen verkeerd geplaatst is. De verschillende lagen van de steen komen los van mekaar
© WTCB



Samengevat:

- ☞ *De steen modelleer je steeds volgens de steen die verwijderd werd. In oude gebouwen gebeurt het zelden dat twee stenen exact dezelfde afmetingen hebben.*
- ☞ *Modelleer de stenen zodanig dat je het oorspronkelijke voegenpatroon niet verstoort. Enkel in uitzonderlijke gevallen kan je hiervan afstappen, maar dan dient dit goed gemotiveerd te worden door de architect, en enkel indien de erfgoedinstanties akkoord zijn met deze verandering.*

4.5.2 Aanbrengen van ankerbaten

Hier gelden opnieuw de bepalingen die in het vorige deel (zie 3.5.3) werden aangehaald.

4.6 METSELMORTEL

Net zoals bij voegmortels, is ook de samenstelling van de metselmortel van belang om een goede metselwerkkwaliteit te verkrijgen. Het zand en de bindmiddelen die worden toegepast, sluiten aan bij hetgeen we voor voegmortels hebben vermeld (zie [Vanhellemont']). Belangrijk is dat de mortelsamenstelling zo goed mogelijk aansluit bij de mortelsamenstelling van het omringende metselwerk.

4.7 VOORBEREIDING VAN DE ONDERGROND, VLAK VOOR HET HERMETSELEN

Ontstof de ondergrond, voor het hermitselen aan te vangen, met perslucht of met een borstel, en bevochtig vooraf. De voorbevochtiging dient voldoende te zijn om te vermijden dat het metselwerk te snel zou uitdrogen. Aan de andere kant mag er niet teveel voorbevochtigd worden: als er een waterfilm op het metselwerk blijft staan, dan is er teveel vocht aanwezig en dient het metselwerk eerst te drogen.

4.8 UITVOEREN VAN DE STEENVERVANGING

4.8.1 Periode van de steenvervanging

Net zoals bij het opvoegen van metselwerk, is ook het hermitselen aan bepaalde uitvoeringsperiodes gebonden. De metselmortel heeft immers een bepaalde duur nodig om uit te harden. Bij cementmortels is dit doorgaans een maand. Historische mortels met hydraulische kalk hebben een langere tijd nodig, die nog langer is voor luchtkalkmortels.

De periode voor het hermitselen dient dus zodanig gekozen te worden dat het risico op bevriezen van de metselmortel tijdens de uitharding klein is.

- Het hermitselen met een cementmortel kan gebeuren tot ongeveer de maand november.
- Mortels op basis van hydraulische kalk kunnen tot ten laatste oktober toegepast worden.

- Mortels op basis van luchtkalk kunnen tot ten laatste september gebruikt worden. Het metselen met mortels op basis van zuivere luchtkalk wordt afgeraden. Doorgaans is minstens het gebruik van een bastaardmortel (kalk+cement) voor metselwerken vereist. Maar ook dan gebruik je dergelijk mengsel ten laatste in de maand september.

4.8.2 Aanbrengen van de nieuwe steen

Alvorens de nieuwe steen in te metselen, dienen alle hechtvlakken ontstoft en voorbevochtigd te worden.

Eens het metselwerk ontstoft en voorbevochtigd is, kan het hermettselen beginnen. Op alle hechtvlakken dient mortel aangebracht te worden. Afhankelijk van de methode van voegen (zie 4.8.3 en 4.8.4) dient een overmaat mortel, of net genoeg mortel aangebracht te worden.

Als er met verankeringen wordt gewerkt, gelden de bepalingen die hierboven besproken zijn (zie 3.6).

Bij het inbrengen van kleine stenen (zoals bakstenen) is de consistentie van de nog niet uitgeharde metselmortel voldoende om het gewicht van de steen te dragen. De steen zal, ook als de mortel nog niet is uitgehard, op zijn plaats blijven.

Voor het hermettselen van grote stenen zijn hulpmiddelen vereist om de steen op zijn plaats te houden zolang de mortel nog niet is uitgehard.

- Voor stenen in vlak gevelwerk is het aanbrengen van houten spieën in de voegen rondom de steen voldoende om de steen op zijn plaats te houden tijdens de uitharding van de mortel.
- Als de stenen uitkragen, en de steen niet enkel ingemetseld maar ook verankerd wordt, zijn eventueel uitgebreidere steunstructuren nodig om de steen op zijn plaats te houden zolang de mortel niet uitgehard is.



FIGUUR 51: gebruik van spieën om de steen op zijn plaats te houden tijdens de uitharding van de mortel © WTCB



FIGUUR 52: gebruik van spieën en balken/planken om meerdere stenen tegelijk op hun plaats te houden tijdens de uitharding van de mortel © WTCB

4.8.3 Opvoegen door ‘doorstrijken’

Bij deze voegtechniek wordt een overvloedige hoeveelheid metselmortel gebruikt als voegmortel. Deze voegtechniek wordt daarom onmiddellijk na het hermetsele van het metselwerk uitgevoerd. De metselmortel is dan nog niet uitgehard, en kan nog verwerkt worden.

Technisch gezien is dit een duurzame techniek: de voegmortel en de metselmortel vormen op die manier één massa, die door inwerking van bijvoorbeeld vorst, veel minder snel beschadigd zal worden.

De techniek heeft evenwel als nadeel dat het hermettselen en het voegen vlak na mekaar moet gebeuren. Dat stelt hogere eisen aan de organisatie van de bouwwerf. Bij het opspieën van bepaalde stenen (zie 4.8.2) is het zelfs niet mogelijk om door te strijken. Daarom wordt er in de praktijk toch vooral nagevoegd.

4.8.4 Navoegen

Bij het navoegen van metselwerk wordt gewacht tot de metselmortel bijna of geheel uitgehard is. Vooraleer de voegwerken aan te vangen wordt nagegaan of de op te vullen ruimte diep genoeg is. De diepte van een voeg dient minstens een centimeter te zijn. Als deze diepte niet behaald wordt, dienen de voegen uitgediept te worden.

Voor de beschrijving van het uitvoeren van de voegwerken verwijzen we naar betreffende opleidingsmodule, zowel voor wat betreft voegtype, materialen als technieken (zie [VANHELLEMONT¹]).

4.8.5 Nabewerkingen

Doorgaans kan men vervangstenen voldoende nauwkeurig dimensioneren en behouwen, zodat ze perfect aansluiten bij het reeds aanwezige metselwerk. Soms zijn kleine retouches nodig om de steen beter bij de omringende stenen aan te laten sluiten. Dit kan gebeuren van zodra voegmortels en metselmortels uitgehard zijn.

Samengevat:

De uitvoering van een complete steenvervanging is gelijkaardig aan het opnieuw opmetselen van metselwerk. Let daarom ook op:

- ☞ De periode: vanaf de late herfst en in de winter wordt afgeraden om een steenvervanging uit te voeren.*
- ☞ Dat grote blokken steen ondersteund dienen te worden (met spieën of andere steunen) als ze in een metselwerk worden ingebracht. Anders zal de nog niet uitgeharde mortel onder de steen te sterk vervormen onder het gewicht van de steen.*

REFERENTIES

[VANHELLEMONT¹] VANHELLEMONT Y., VAN PEER W. EN VERNIMME N., *Opleiding restauratie vakman moderne bouwchemie. Module Injecties van metselwerk*, VIOE, Brussel, 2011.

[VANHELLEMONT²] VANHELLEMONT Y., VAN PEER W., EN VERNIMME N., *Opleiding restauratie vakman moderne bouwchemie. Module Gevelreiniging*, VIOE, Brussel, 2011.

AANBEVOLEN LITERATUUR

CAMERMAN C., *Les pierres de taille calcaires, Leur comportement sous l'action des fumées*, Tijdschrift der openbare werken van België, februari 1951, april 1951, juni 1951, augustus 1951, oktober 1951, december 1951, februari 1952.

CAMERMAN C., *Beschrijving en gebruik in België en Nederland van de Franse witte steen*, Drukkerij Hayez, Brussel, 1957.

DAM J.-P en HISETTE J.-P, *Witte Natuursteen*, Technische Voorlichting 80 , WTCB, 1970

DE BARQUIN F., NICAISE D. en BAMS V., *Natuursteen*, Technische Voorlichting 228 , WTCB, 2006.

DE BRUYN R., PIEN A. en VANHELLEMONT Y, *Gids voor de restauratie van metselwerk, deel 1: standzekerheid*, WTCB, 2002.

DE BRUYN R., PIEN A. en VANHELLEMONT Y, *Gids voor de restauratie van metselwerk, deel 4: restauratie van gevelmaterialen*, WTCB, 2006.

DUSAR M., DREESSEN R., en DE NAEYER A., *Natuursteen in Vlaanderen, versteend verleden*, Kluwer, 2009.

GÉRARD R. en ELSSEN J., *Natuursteen*, Technische Voorlichting 205, WTCB, 1997.

VANHELLEMONT Y. en DE CLERCQ H. Steen van Massangis: universeel inzetbaar?, in: *Steen & Marmer/Pierre & Marbre*, september 2011-3.

DE CLERCQ H, VAN GEMERT D. en VAN HEES R., *Natuursteen natuurlijk!*, syllabus WTA studiedag, Aarschot, 9 november 2012.

