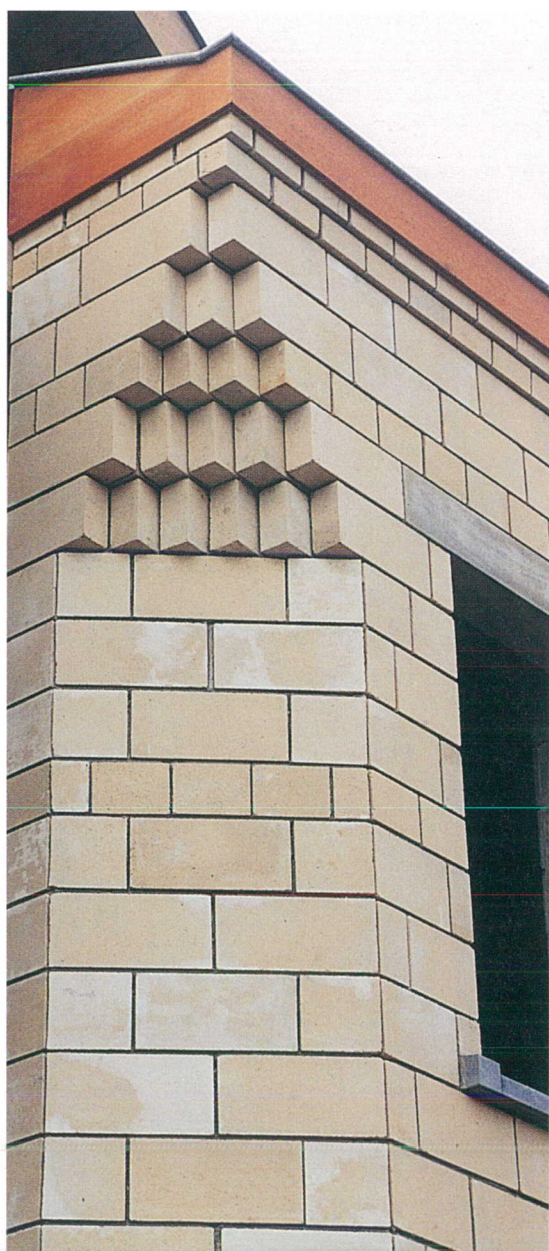




Zoutachtige afzettingen op het oppervlak van baksteenmetselwerk of betonconstructies worden doorgaans met de term 'uitbloeiing' (efflorescence/Ausblühung) aangeduid.

Omdat het verschijnsel zich onder zeer uiteenlopende gedaantes kan voordoen, van poeders van gemakkelijk oplosbare kristallen tot harde korsten die slechts met mechanische middelen te verwijderen zijn, wordt soms de voorkeur gegeven aan een andere benaming.

Zo wordt de kalkafscheiding die zich in bepaalde gevallen op betonoppervlakken en mortelvoegen manifesteert, in de regel '(kalk)uitslag' genoemd. Dit bulletin besteedt er uitgebreid aandacht aan.

Daarnaast wordt ingegaan op het type uitbloeiing - de term is hier zeker op zijn plaats - dat kan optreden wanneer bepaalde bestanddelen van mortel en baksteen scheikundige verbindingen, in casu sulfaten, vormen.

Geen van deze beide types afzettingen heeft een nadelige invloed op de stabiliteit van de constructie. Zoals bij de meeste vormen van uitbloeiing komt bijgevolg alleen het esthetisch aspect in het gedrang. Door met enkele eenvoudige voorzorgsmaatregelen rekening te houden kunnen veel problemen echter gemakkelijk vermeden worden.

WATERDOORLATENDHEID CAPILLARITEIT POROSITEIT

Er zijn verschillende scheikundige reacties gekend waarvan aangenomen wordt dat ze tot het ontstaan van zoutafzettingen kunnen leiden. Deze reacties hebben met elkaar gemeen dat ze zich in een waterig milieu voordoen, d.w.z. *wanneer in het materiaal of op het materiaaloppervlak water in vloeibare toestand aanwezig is.*

Bij de studie van het gedrag van materialen t.o.v. water zijn onder meer de volgende begrippen aan de orde (hier zeer schematisch uitgelegd !):

De *waterdoorlatendheid* is een maat voor het gemak (of de moeilijkheid...) waarmee water zich onder druk doorheen een poreus en met water verzadigd materiaal verplaatst. Voor de hand liggende factoren hierbij zijn de grootte van het drukverschil (zwaartekracht, wind, waterdruk), het beschikbaar volume aan onderling verbonden poriën, en het aandeel van de grotere poriën.

De voor een materiaal kenmerkende *waterdoorlatendheids-coëfficiënt* (eigenlijk een 'stroomsnelheid', want uitgedrukt in meter per seconde) wordt proefondervindelijk bepaald.

Bij materialen met een netwerk van onderling verbonden fijne poriën (diameter < 0,01 mm) kan water worden opgezogen onder invloed van *capillaire (of haarbuis-) krachten*. Het verspreidt zich dan in het materiaal en bereikt een bepaalde *capillaire stijghoogte*. Deze is kleiner bij brede capillairen. Vermits bovendien het water sneller beweegt in capillairen met grotere diameters, wordt de maximale stijghoogte in dat geval snel bereikt. In een materiaal met zeer fijne poriën gebeurt de opzuiging traag. De stijghoogte kan echter vele tientallen meters bedragen.

Houdt de watertoevoer vóór verzadiging op, dan wordt het in het capillair netwerk aanwezige water enigszins 'herschikt'. Door de grotere zuigkracht per oppervlakteenheid capillaire wand onttrekken de fijnere capillairen water aan de grotere. Dit leidt niet alleen tot ongelijke waterconcentraties binnen eenzelfde materiaal; in de contactzone tussen twee verschillende materialen, zal het materiaal met de fijnste capillairen water onttrekken aan het andere.

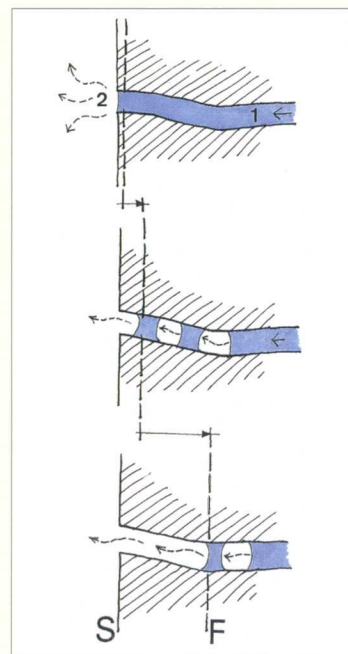
Bij gelijke diameters vindt er ook migratie plaats naar zones met lagere temperatuur.

Bij capillaire zuiging zijn zodanig grote krachten gemoeid, dat het water het materiaal slechts opnieuw kan verlaten in dampvormige toestand. De term *watertransport* wordt hier beter vervangen door *vochttransport* (combinatie van watertransport en dampdiffusie).

Bij een met water verzadigd materiaal gebeurt de verdamping aanvankelijk aan het materiaaloppervlak (het *droogvlak*). In de capillairen komt een waterstroom op gang, richting droogvlak, die echter bij kleine diameters al na korte tijd niet meer volstaat om de vochtafgifte aan de lucht te compenseren. In de buurt van het droogvlak valt de capillaire waterstroom stil, vochttransport gebeurt daar nadien enkel nog onder de vorm van dampdiffusie. Tussen het gebied met alleen diffusie en het gebied met hoofdzakelijk vloeibaar watertransport tekent zich een smalle overgangszone af: het *droogfront*, dat zich van het droogvlak losmaakt en zich traag in het materiaal terugtrekt (zie figuur).

Materialen met brede capillairen drogen daarentegen snel: het droogfront situeert zich gedurende langere tijd aan het materiaaloppervlak, en op het ogenblik dat het droogfront wijkt, is het meeste vocht reeds afgevoerd.

De positie van dit droogfront is hier voor ons van groot belang: immers daar worden de eventueel in het water opgeloste zouten gedeponerd !



De verhouding van het volume van alle poriën tot het volume materiaal (inclusief het volume van de poriën) is de *porositeit*. Het volume van de *capillaire* poriën kan worden begroot door het materiaal in water onder te dompelen en nadien te wegen. Soms wordt dan gewoon de gewichtstoename, uitgedrukt in % van de droge massa, porositeit genoemd. Omdat deze onderdompelingsproef alleen de capillairen beschouwt die voor het water toegankelijk zijn (dit hangt af van de aangewende techniek van verzadiging) en het water kunnen vasthouden, betreft het in feite de *relatieve* (of *schijnbare*) porositeit. De *absolute* (of *werkelijke*) porositeit, die in volume-% wordt aangeduid en alle poriën en holtes in rekening brengt, kan bij sommige materialen beduidend hoger liggen. De bepaling ervan moet wel met ingewikkelder methodes gebeuren.

Doorlatendheid en porositeit moeten steeds in het juiste perspectief worden geplaatst.

Ook weinig poreuze materialen (lees: met een lage schijnbare porositeit) kunnen goed waterdoorlatend zijn, zoals b.v. sommige types metselblokken met halfopen structuur.

Sommige poreuze materialen zijn daarentegen waterdicht omdat de poriën geen aaneengesloten stelsel vormen of omdat ze niet met de buitenomgeving in verbinding staan (b.v. sommige dakpannen van gebakken klei hebben een glazuurlaagje).

Een waterdicht materiaal is dan weer niet noodzakelijk *dampdicht* (een «droge» kelder zal meestal toch nog moeten verlucht worden).

En tenslotte is het gebruik van een waterdicht materiaal uiteraard nog geen waarborg voor een waterdichte constructie: de dichtheid kan bijvoorbeeld teniet gedaan worden door scheurtjes...

Capillair vochttransport tijdens droogproces :

- 1 = (vloeibaar) watertransport
- 2 = dampdiffusie
- S = droogvlak
- F = droogfront

Vertaald naar de materialen die ons hier interesseren, betekent een en ander :

GEBAKKEN KLEI :

poriediameter : 2 tot 15 μm
(1 μm = 1 micron = 1/1000 mm)
porositeit : 10 tot 40 % (in volume)

Baksteen zuigt water snel en met een redelijk groot debiet op. Bij uitdrogen migreert het opgeslorpte water snel weer naar de buitenlaag. Het droogfront blijft lang aan het oppervlak, zodat afzettingen afkomstig van in het water opgeloste zouten goed zichtbaar zijn.

BETON :

poriediameter : 0,001 tot 0,1 μm
porositeit : 6 tot 15 % (in volume)

Deze waarden hebben alleen betrekking op volledig uitgehard beton dat volgens de regels van de kunst werd aangemaakt en verwerkt. De *water/cement-factor* moet begrepen zijn tussen 0,4 en 0,6 ! Een overmaat aan aanmaak-water (te hoge W / C-factor) leidt tot een grotere porositeit.

Dergelijk 'rijp' beton zuigt slechts zeer langzaam water op. De capillairen zijn bovendien zo klein dat het droogfront nooit lang aan het materiaaloppervlak blijft : van eventuele afzettingen zal daarom meestal weinig te merken zijn.

MORTEL

poriediameter : 0,1 tot enkele μm
porositeit : 15 tot 30 % (in volume)

Net zoals bij beton gelden deze waarden uitsluitend voor 'rijpere' mortels. Voor mortels wordt uitgegaan van een W / C-factor tussen 0,8 en 1. Ofschoon poreuzer dan beton heeft een uitgeharde mortel nog altijd een veel fijnere poriestructuur dan de meeste types baksteen. In een gemetste baksteenmuur zal water bijgevolg naar de voegen migreren. (Waar eventuele zoutafzettingen zich op een dergelijke muur zullen voordoen, en of ze overigens wel zichtbaar zullen zijn, valt hieruit echter niet meteen af te leiden....)

UITSLAG

De term slaat op een fenomeen dat eigen is aan *beton en mortel*, en waarbij verschillende factoren een rol spelen.

Uit de reactie van portlandcement met water ontstaat behalve cement-hydraat ook *vrije kalk* (calciumhydroxide):

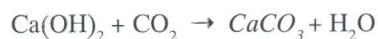


Per kilo portlandcement wordt 0,25 tot 0,30 kg calciumhydroxide gevormd, hetgeen overeenkomt met een hoeveelheid van minstens 80 kg per m³ beton. De buitenste 5 cm van een betonconstructie bevatten dus per m² ca. 4 kg vrije kalk!

Voorts werd vastgesteld dat reeds bij afzetting van een geringe fractie hiervan, namelijk 20 tot 30 g/m², op het betonoppervlak een witte sluier zichtbaar wordt.

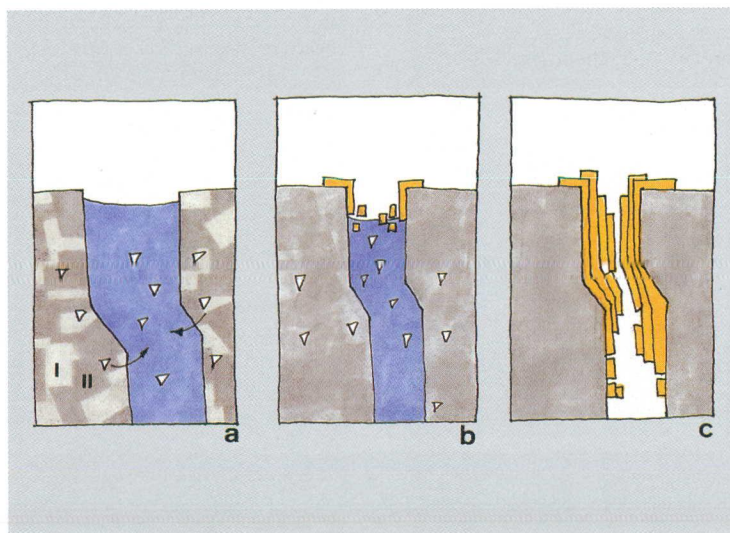
(Dit betekent dat ook uit hoogovencement met bijvoorbeeld slechts 30 % klinker in principe nog steeds een ruimschoots voldoende voorraad vrije kalk wordt gevormd. Dit cementtype komt verder nog even opnieuw ter sprake.)

Wanneer calciumhydroxide reageert met CO₂ uit de lucht, wordt calciumcarbonaat geproduceerd:



De omzetting in calciumcarbonaat gebeurt in het raakvlak tussen poriewater en lucht, en dus uiteraard in eerste instantie aan de buitenkant van het beton. Maar omdat lucht via de poriën in het beton binnendringt, vindt deze reactie ('carbonatatie') ook plaats onder het materiaaloppervlak. Calciumcarbonaat is, in tegenstelling tot het hydroxide, niet oplosbaar in water. De poriën raken door die carbonatatie geleidelijk verstopt en de resterende 'vrije' kalk blijft in het inwendige van het beton gevangen (fig. 1). Hoe compacter het beton, hoe sneller dit proces zal voltooid zijn. Vandaar het belang van een voldoende lage water/cement-factor.

Fig. 1 - Hydratatie en carbonatatie - Evolutie van de poriediameter
(a) Hydratatie: omzetting van cement (I) in cementhydraten (II) en vrije kalk (▽). Een deel van deze laatste lost op in het poriewater.
(b) Beginnende carbonatatie: kalkafzetting aan de monding van de capillairen
(c) Gevorderde carbonatatie: verdere vernauwing en afsluiting van de capillairen



Nu is de oplosbaarheid van calciumhydroxide in water evenwel niet echt groot: een verzadigde oplossing bevat slechts 1,8 g per liter. Water moet bijgevolg op het juiste ogenblik in voldoende grote hoeveelheden in het materiaal voorhanden zijn. Pas dan ontstaat de mogelijkheid dat kalkafzetting zodanige proporties aanneemt dat men inderdaad van *kalkuitslag* zal spreken. Er zijn een drietal situaties gekend waarin dit proces inderdaad op gang *kan* komen...

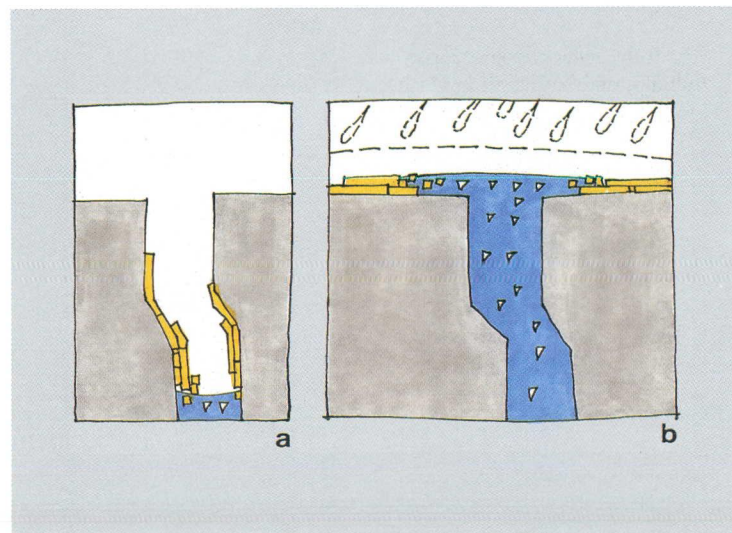
1. ZEER JONGE BETON EN MORTEL (PRIMAIRE UITSLAG).

Tijdens de hydratatie heeft de cementpasta veel bredere capillairen dan in uitgeharde toestand. Het droogfront kan zich zelfs gedurende langere tijd aan de oppervlakte bevinden. Bij het verdampen van het overtollige aanmaakwater, wordt de opgeloste vrije kalk bijgevolg aan de monding van de capillairen afgezet (fig. 1a, b).

Dit verklaart waarom jonge beton en mortels doorgaans bleker worden (men spreekt hier evenwel nog niet over uitslag!). Het fenomeen wordt overigens sterk beïnvloed door de compactheid van het mengsel, het tijdstip van blootstelling aan de lucht en de weersgesteldheid. Al te brutale uitdroging kan er evenzeer toe leiden dat het verdampfingsfront uiterst vlug in het materiaal teruggedrongen wordt, waardoor het oppervlak een eerder donkere tint zal krijgen (fig. 2a).

Wanneer nu echter op een dergelijk jong beton of jonge mortel een laagje regen-, of condensatiewater blijft staan (fig. 2b), dan zal dit niet door de in dit vroege stadium nog brede capillairen worden opgezogen. Deze zijn immers met nog niet gebonden water gevuld. Materiaaloppervlak en capillairen vormen dan samen één continu waterig milieu, waarin de kalk oplost en zich verspreidt tot het verzadigingspunt bereikt is. Zelfs zonder dat er van wa-

Fig. 2 - Plaats van kalkafzetting - Invloed op het uitzicht van het betonoppervlak
(a) Snel drogend jong beton → kalkafzetting in de capillairen → donker oppervlak
(b) Water op jong beton → kalkafzetting op het oppervlak → uitslag!



tertransport sprake is, kan op die manier een hoeveelheid opgeloste kalk naar de oppervlakte migreren, waar ze onder invloed van de CO_2 uit de lucht carbonateert. Indien het continu waterig milieu daarna opnieuw wordt opgebouwd (verse regen, condensatie...), wordt dit kalklaagje dikker of breidt zich uit.

Wanneer dit met kalk verzadigd water de kans krijgt om over het materiaaloppervlak naar beneden te stromen, wordt de kalk in strepen afgezet (foto 1).

Vermoedelijk - maar zie ook § 2 en 3 - speelt een gelijkaardig proces zich af ter hoogte van de voegen van metselwerk dat aan inslaande regen wordt blootgesteld. In het geval van weinig absorberende types metselblokken of baksteen (foto 2) raken de voegen verzadigd en ontstaat aan de buitenkant een met kalk verzadigde waterfilm. De uitslag die na verloop van tijd onder de verticale voegen zichtbaar wordt, zou op die manier kunnen verklaard worden.

2. VERHARD BETON MET EEN RELATIEF OPEN STRUCTUUR (SECUNDAIRE UITSLAG).

Sommige betonsoorten worden gekenmerkt door een enigszins open structuur, vooral wanneer met het oog op een snelle ontkistings relatief droge en sterk verdichte mengsels worden gebruikt. De cementpasta is door de *zeer lage W/C-factor* weliswaar van een uitstekende kwaliteit, maar het beton is doorweven met een netwerk van kleine, onderling verbonden holtes en gangen, waarin water van buitenaf ongehinderd kan binnendringen. (Lees : binnensijpelen, omdat hier door de grotere diameters niet langer van capillaire opzuiging sprake is.)

Water dat in plassen op tegels en straatstenen blijft staan, raakt gemakkelijk verzadigd met kalk. Vooral op jonge betonelementen (met nog veel niet-gecarbonateerde kalk) zal na droging een witte sluier achterblijven, die bij herhaalde bevochtiging geleidelijk groter wordt.

In geval het water langs een vertikaal vlak naar beneden stroomt en onderweg opdroogt, wordt de kalk opnieuw in strepen afgezet. Wanneer de watertoevoer aanhoudt of herneemt, zullen deze zich bovendien steeds scherper aftekenen (foto 3).

3. 'INWENDIG UITGEWASSEN' BETON EN MORTEL.

Deze situatie is vergelijkbaar met wat in §2 beschreven werd. Hielden de daar beschreven holtes echter verband met de structuur zelf van het materiaal, dan betreft het hier eerder toevallige, vaak dieper gelegen onvolkomenheden, zoals scheurtjes in het beton of slecht gedichte (meestal verticale) voegen in metselwerk (foto 4). Kalk die via dergelijke 'lekken' met langdurig doorsijpend water wordt meegevoerd en aan de oppervlakte carbonateert, geeft aanleiding tot vorming van dikke korsten, of zelfs van stalactieten. Omdat ook deze kalkafzetting pas optreedt nadat de cementpasta gehydrateerd is, wordt ze eveneens secundaire uitslag genoemd.

1 - Primaire uitslag : kalkstrepen onder stortnaden



Foto: M. SCATTOLA

2 - Primaire (en/of secundaire) uitslag op metselwerk



3 - Secundaire uitslag op onbeschutte prefab-elementen



4 - Secundaire uitslag ter hoogte van slecht gedichte verticale voeg



4. HOE KALKUITSLAG VOORKOMEN ?

In ieder geval hebben een niet-constante W/C-factor, ongelijkmatig trillen, ongelijk absorptievermogen van de bekisting, enz. een ongunstig effect. De kans op kalkuitslag neemt toe met de porositeit van het materiaal; verschillen in de intensiteit van kalkafzetting kunnen het gevolg zijn van plaatselijke verschillen in dichtheid...

Het gebruik van *hoogovencement* kan uitslag enigszins beperken. Echter, niet de geringere kalkvoorraad, maar de fijnere poriënstructuur van de cementsteen is hiervan de vermoedelijke reden !

Met betrekking tot *primaire uitslag* moet zeker vermeden worden dat tijdens de verharding een waterfilm gevormd wordt op het beton- of morteloppervlak :

- *Ter plaatse gestort beton* moet daarom tegen regen en sneeuw beschermd worden. Met kalk verzadigd water dat tussen het beton en zijn bekisting stroomt, veroorzaakt witte strepen.

Het volstaat meestal de bovenkant van het beton af te dekken met *plastic folie* (waarbij plooiën moeten worden vermeden). Onder die folie kan echter, zeker in de tussenseizoenen en na een koude nacht, een aanzienlijke hoeveelheid condensatiewater worden opgeslagen, voldoende voor een nieuwe continue waterfilm. Desnoods moet luchtcirculatie onder de afdekking mogelijk worden gemaakt of een isolerende afdekking worden voorzien.

Voorts speelt ook het tijdstip van ontkisten een rol. Beton dat vroeg ontkist wordt, zal gevoeliger zijn voor uitslag.

- In geval van *zichtbaar metselwerk* moeten de werken onderbroken worden bij regenweer; pas gemetselde muren worden best afgedekt.

Voor wat *secundaire uitslag* betreft, geldt de regel dat vroegtijdig ontkiste *geprefabriceerde betonprodukten* steeds tegen regen moeten beschermd worden. Condensatie wordt vermeden door vol-

doende verluchting te voorzien. De lucht moet hierbij ook tussen de elementen kunnen circuleren (plaatselijk contact tussen betonprodukten vermijden, afstandhouders voorzien).

5. HOE KALKUITSLAG VERWIJDEREN ?

In contact met de lucht carbonateert vrije kalk tamelijk snel. Het hierbij gevormde calciumcarbonaat is, zoals gezegd, nagenoeg onoplosbaar in water. Althans in theorie... Op vloerelementen die aan weer en wind zijn blootgesteld is kalkuitslag in de meeste gevallen echter al na één jaar verdwenen, dit ten gevolge van de zure regen.

Uitslag op vloeren of wanden kan eventueel op de volgende manier bestreden worden :

- het oppervlak bevochtigen met zuiver water, en dit tot verzadiging (het daarna gebruikte bijtend middel zal op die manier niet in het materiaal kunnen dringen);

- de kalkkorst of -sluier met een zoutzuuroplossing behandelen : 1 tot 3 % voor oppervlakken waarvan de cementsteen niet mag aangetast worden, daarentegen tot 10 % wanneer dit wel toegelaten is (de fijne granulaten komen hierbij bloot te liggen, textuur en kleur worden gewijzigd);

- na inwerking de oplossing en de residu's herhaaldelijk afspoelen.

Deze laatste bewerking is belangrijk omdat uit de reactie van het zuur met de kalk calciumchloride ontstaat, een zeer hygroscopisch zout, dat het oppervlak in normale omstandigheden vochtig houdt, maar bij zeer droog weer als een ... witte neerslag achterblijft.

Overigens is de hele behandeling tijdrovend en zelden 100 % effectief.

WATERAFSTOTENDE MIDDELEN

In de massa verwerkte middelen ('waterdichtingsmiddelen') dichten de capillairen of beïnvloeden de erin heersende oppervlaktespanning.

Ze verminderen op die manier het wateropslopend vermogen van het beton of de mortel... na verharding! Primaire uitslag blijft dus hoe dan ook mogelijk.

Een oppervlaktebehandeling ('hydrofobering') kan per definitie pas worden toegepast op een reeds verhard oppervlak. Eventuele primaire uitslag is op dat ogenblik reeds gevormd...

Op beton met een enigszins open structuur (zie §2) leveren nabehandelingsprodukten niet altijd het gewenste resultaat. Via slecht

afgedichte haarscheurtjes en openingen kan water, dat in veel grotere hoeveelheden over een op die manier behandeld oppervlak afstroomt, in het materiaal binnendringen. De door nabehandelingsprodukten gevormde film is dampdoorlatend, zodat zich onder die film (secundaire) kalkafzettingen kunnen manifesteren. Het gebruik van nabehandelingsprodukten kan aangewezen zijn bij beton met een ogenschijnlijk dicht oppervlak, maar waarvoor een fijne korrelmaat vereist was, met als gevolg een grotere hoeveelheid aanmaakwater (hogere W/C-factor) en een poreuzere structuur...

Aangebracht op een voldoende uitgehard en droog oppervlak slaan hydrofoberingprodukten er inderdaad in om het poriënstelsel af te sluiten. Om helemaal te voldoen moeten de gebruikte harsen bestand zijn tegen alkaliën (cement) en UV-stralen. Voorts mogen ze geen kleurpigmenten bevatten. Poriënvullend effect en filmvorming leiden echter steeds tot een iets donkerder uitzicht.

Op baksteenmetselwerk verschenen vroeger wel vaker afzettin-
gen van in water oplosbare zoutkristallen. Ze waren veelal van
organische oorsprong (meststoffen). Onder andere KNO_3 (kalium-
nitraat of *salpeter*) drong samen met het grondwater in funderin-
gen, steeg door capillariteit en bij afwezigheid van een waterdicht
membraan in de muren op, en kristalliseerde tenslotte uit op het
muuroppervlak (foto 5).

Voor de uitbloeiingen die hier worden besproken (foto 6,7) zijn
geen nitraten, maar *sulfaten* verantwoordelijk, namelijk calcium-
sulfaat CaSO_4 , kaliumsulfaat K_2SO_4 en natriumsulfaat Na_2SO_4 .
Toch, en dus zeer ten onrechte, worden ook deze stoffen soms
nog met de term 'salpeter' aangeduid.

Bij baksteentypes waarvan het poriënstelsel aan de buitenkant fij-
ner is, of eventueel zelfs van de buitenomgeving afgesloten (b.v.
door een verflaag) kan het verdampingsfront zich juist onder die
afdichtende laag bevinden. Door opeenvolgende cycli van bevoch-
ting en uitdroging kunnen zoutkristallen zich in die mate op-
hoppen dat het materiaal onder de druk begeeft en afschilfert. Op
dit fenomeen van *krypto-uitbloeiing* wordt niet verder ingegaan,
en alleen die situatie wordt beschouwd waarbij het verdampings-
front zich aan het oppervlak bevindt (brede capillairen).

1. ZOUTEN AFKOMSTIG UIT DE GEBAKKEN KLEI ZELF.

Hiermee worden de zouten bedoeld die in de grondstof aanwe-
zig zijn, of tijdens het bakken ontstaan.

Zeer oplosbare zouten, als natrium-, kalium- en magnesiumsulfa-
ten, zijn slechts zeer uitzonderlijk aanwezig, aangezien ze bij 950° ,
de huidige minimale baktemperatuur, ontbinden.

Over het algemeen bevatten goed gebakken gevelstenen vandaag
enkel nog *calciumsulfaat* CaSO_4 . Door zijn lage oplosbaarheid komt
het niet tot uitbloeiing, hetgeen ook uit proeven blijkt.

2. VAN BUITENAF INGEBRACHTE ZOUTEN.

In aanwezigheid van ingebrachte alkalische hydraten (KOH en
NaOH) kan het hierboven vermelde CaSO_4 door dismutatie wor-
den omgezet in kalium- en natriumsulfaat, die wél uiterst oplos-
baar zijn:



Ze worden bijgevolg met het migrerende water naar de opper-
vlakte meegevoerd, waar ze vervolgens uitkristalliseren.

Vermits in elk cementtype de alkaliën K_2O en Na_2O aanwezig zijn,
zou uitbloeiing op metselwerk een zeer vaak voorkomend fenomeen
moeten zijn.

Dat dit niet het geval is kan als volgt worden verklaard (fig.3).

Een correct gedoseerde, verharde cementmortel (die daarom nog
niet van een uitzonderlijke kwaliteit hoeft te zijn) vertoont een
veel fijnere capillaire structuur dan baksteen. Omdat water steeds
beweegt van de grote naar de kleine capillairen, kunnen er in prin-
cipe geen bestanddelen uit de mortel in de gebakken klei terecht
komen, tenzij... in een vroeg stadium van de verharding. Het po-
riënstelsel van de cementpasta is dan nog te weinig uitgebouwd

Fig. 3 - Uitbloeiing op baksteenmetselwerk :

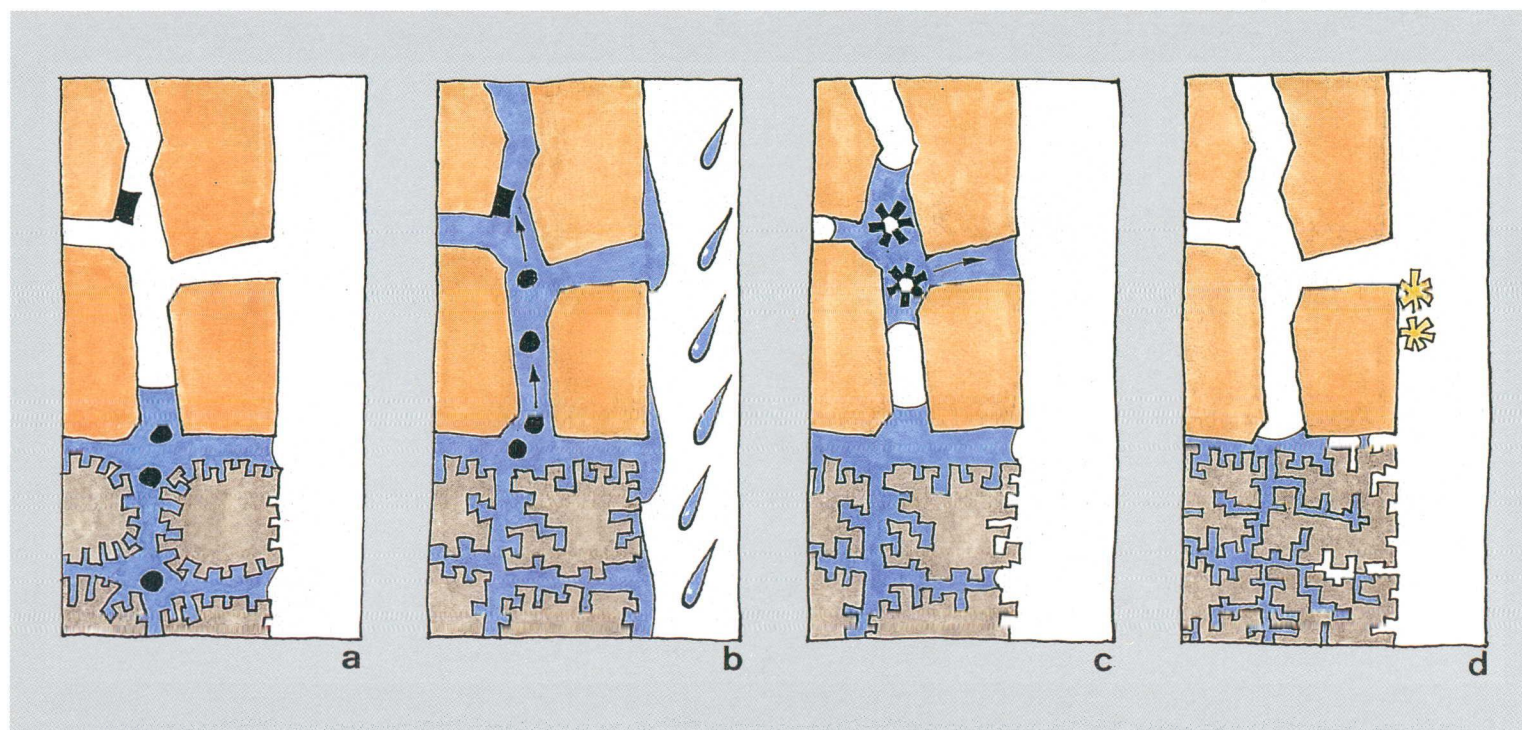
(a) Beginnende hydratatie van de mortel. Het aanmaakwater in de poriën van de
mortel bevat alkaliën (•) afkomstig uit de cement.

(b) Nog niet volledig gehydrateerde cementpasta : de mortel heeft nog steeds brede
poriën. In geval van plotse verzadiging van de baksteenporiën is migratie van deze
alkaliën naar de baksteen mogelijk.

Reactie met het daar aanwezige calciumsulfaat (■).

(c) De gevormde sulfaten (*) zijn oplosbaar in water. Tijdens het droogproces worden
ze meegevoerd naar het baksteenoppervlak, ...

(d) ...waar ze uitkristalliseren.



om te beletten dat bij een voldoende grote waterhoeveelheid, een deel van dat water in de capillairen van de baksteen verdwijnt. De hoeveelheid water die bij het contact van de verse mortel door de droge baksteen wordt opgezogen, stelt niet veel voor. Wanneer het metselwerk echter kort na het binden van de mortel een grote watertoevoer van buitenaf te verduren krijgt (b.v. door een regenbui...), raken de communicerende capillaire netwerken van baksteen en mortel verzadigd. De oplosbare bestanddelen verspreiden zich dan in alle richtingen. Bij het drogen zullen deze stoffen, op dat ogenblik meestal omgezet in sulfaten, aan het baksteenoppervlak worden gedeponereerd.

3. HOE UITBLOEIINGEN VOORKOMEN / TOT EEN MINIMUM BEPERKEN?

- Voor gevelmetselwerk baksteentypes kiezen waarvan het fabricageprocédé en de opgegeven prestaties het gebruik als gevelsteen inderdaad toelaten, en die, voor wat uitbloeiing betreft, beantwoorden aan de norm NBN B23-002.

- De voornaamste oorzaak van het transport van oplosbare bestanddelen van mortel naar baksteen is ... regenwater !

Daarom : *niet metselen in de regen, en pas gemetselde dagvlakken afdekken tot de mortel een voldoende fijne capillaire structuur heeft kunnen ontwikkelen.* Dit duurt minder lang bij zacht weer of bij gebruik van een snelle mortel.

Deze zelfde bescherming van de mortel tijdens het hydratatieproces werd ook aanbevolen om kalkuitslag te voorkomen (zie hoger)!

- Het gebruik van alkali-arme cement (*LA-cement*), dat weliswaar in de eerste plaats ontwikkeld werd om *alkali-granulaat-reacties in beton* te vermijden, lijkt op het eerste gezicht interessant. Toch moet worden opgemerkt dat het alkali-gehalte van dergelijke cement nooit gelijk is aan nul ! Uitbloeiingen kunnen dus op die manier toch niet volledig worden uitgesloten.

4. VERWIJDEREN VAN UITBLOEIINGEN.

- In mortels voor bovengronds metselwerk wordt zelden cement met hoge bestandheid tegen sulfaten (*HSR-cement*) gebruikt, zodat onder bepaalde hygrothermische omstandigheden de voegen eventueel kunnen aangetast worden, en bijgevolg ook de stabiliteit van de constructie. Alleen in een zeldzaam geval van zeer overvloedige sulfaat-uitbloeiingen (waarvan de mogelijke oorzaken overigens steeds nader moeten worden onderzocht !) kunnen dus andere dan louter esthetische overwegingen meespelen, en moeten de zoutafzettingen zo snel mogelijk verwijderd worden...

- In principe zijn de afgezette zouten oplosbaar, en zou het moeten volstaan ze met water af te wassen. Deze werkwijze is in werkelijkheid echter minder eenvoudig dan ze lijkt. Het gevaar bestaat inderdaad dat de baksteen het waswater opslorpt en... de zouten nadien op dezelfde plaats of elders weer afzet !

Daarom is het beter de kristallen eerst zoveel mogelijk droog met een borstel weg te nemen, en het oppervlak nadien met een natte spons af te vegen. Voor een sneller resultaat kunnen beide methodes eventueel gecombineerd worden : afborstelen - afspoelen - laten drogen - afborstelen - opnieuw afspoelen - ...

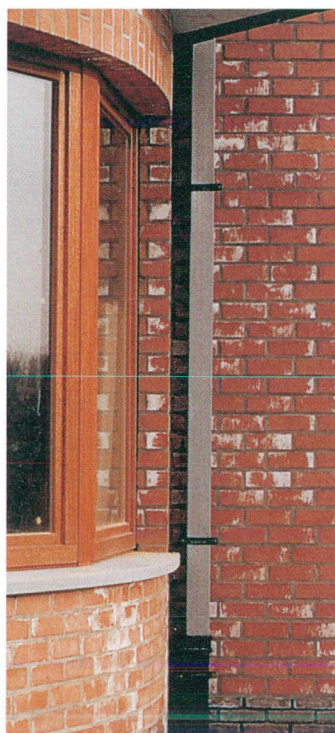
5 - Uitbloeiing veroorzaakt door uit de bodem afkomstige zouten



6 - Uitbloeiing in de vorm van lokale ophoping van zoutkristallen (binnenmuur)



7 - Uitbloeiing in de vorm van een sluier (aan regen blootgesteld jong metselwerk)



BIBLIOGRAFIE

(de tekst van dit bulletin is gebaseerd op een artikelenreeks die tot stand kwam in samenwerking met het WTCB en als bijlage verscheen in *Beton - Tijdschrift van de Federatie van de Betonindustrie* :)

HUBERTY J.M.

- *Watertransport in materialen*
 - *Uitbloeiingen op beton en mortel (Uitslag)*
 - *Uitbloeiingen op baksteenmetselwerk met cementmortel*
- Beton, nrs. 109-111, 1991

(theorie i.v.m. vochttransport :)

HENS H.

Bouwfysica 1 - Warmte- en massatransport
Amersfoort ; Leuven : Acco, 1992
ISBN 90 334 2757 5
p. 161-197

(uitbloeiing/uitslag :)

TRÜB U.

Die Betonoberfläche
Wiesbaden und Berlin : Bauverlag GMBH, 1973

DEICHSEL T.

Ausblühungen - Entstehung, Ursachen, Gegenmaßnahmen
(*Efflorescence - origins, causes, counter-measures*)
Betonwerk + Fertigteil-Technik, Heft 10/82
p. 590-597

MUZZIN G.

Uitbloeiingen in baksteenmetselwerk
WTCB - Tijdschrift (Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf), nr. 4, dec.1982
p. 2-11

VNC (Vereniging Nederlandse Cementindustrie) ;
STUTECH (Studievereniging Betontechnologie)
Schoon beton. Verschijningsvormen en kleuringscriteria.
's-Hertogenbosch : VNC ; STUTECH, 1990

TOMASSETTI A.

Problems and cures in masonry
ASTM Special Technical Publication
STP 1063, July 1990
p. 324-339

BENSTED J.

Efflorescence - a visual problem on buildings
Construction Repair, January/February 1994
p. 47-49



dit bulletin is een publicatie van :
FEBELCEM - Federatie van
de Belgische Cementnijverheid
Voltastraat 8
1050 Brussel
tel. 02 / 645 52 11
fax 02 / 640 06 70
<http://www.febelcem.be>
e-mail: info@febelcem.be

samenstelling :
ir.arch. N. Naert

verantw. uitgever:
J.P. Jacobs

wettelijk depot:
D/2001/0280/02
(herdruk, april 2001)